

ТЕХНОЛОГИИ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Методическое пособие

10-11 классы

Москва, 2024

Содержание учебного пособия «Технологии современного производства» для 10–11-х классов разработано с целью формирования универсальных учебных действий учащихся и подготовки их к инженерной деятельности. Курс включает в себя обучение производственным технологиям, инженерному дизайну, конструированию и программированию, прототипированию. Программа была структурирована таким образом, чтобы обеспечить постепенное усложнение содержания и последовательное овладение учебными материалами. Это помогает учащимся развивать навыки самостоятельной работы, применять полученные знания на практике и оформлять результаты своих исследовательских работ.

Методическое пособие «Технологии современного производства» охватывает ключевые аспекты современных производственных технологий, включая промышленную робототехнику, аддитивные и субтрактивные технологии. Пособие состоит из трех основных глав, каждая из которых делится на несколько тем.

В пособии используются разнообразные методы обучения и подходы, что способствует глубинному усвоению материала и развитию практических навыков обучающихся. Основные методы включают теоретические и практические задания, которые помогают освоить ключевые аспекты современных производственных технологий, а также вопросы и тестовые задания.

Оглавление

Введение	5
Глава 1. Технологии производства в современном мире	6
Технические достижения в современном производстве	6
Аддитивные технологии	11
Субтрактивные технологии	19
Глава 2. Промышленная робототехника	24
Промышленная робототехника. Основные понятия	26
Робот как самостоятельная модель на современном производстве	34
Основные узлы робототехнических комплексов	43
Виды конструкций и обеспечение их функциональности	59
Конструирование прототипов и робототехнических устройств	63
Обеспечение жесткости и прочности конструкций	70
Практикум «Роботизированная маркировка изделий»	74
Глава 3. Аддитивные технологии	82
Геометрические примитивы и эскизирование	83
Формообразующие операции в 3D-моделировании	91
Моделирование как способ создания 3D-объектов	125
3D-принтер	133
Устройство и принцип работы трехмерного принтера	135
Плата управления	141
Экструдер	145
Шаговый двигатель	153
Программное обеспечение для 3D-принтера	162
Настройка и калибровка 3D-принтера	168
Инструменты для работы с 3D-принтером	170
3D-печать. Расходные материалы	174
Параметры 3D-печати	181
Поддержки в 3D-печати	188
Обработка печатных деталей	191
Глава 4. Субтрактивные технологии	197
Фрезерный станок с ЧПУ	199
Устройство и принцип работы электроинструмента	201
Вертикально-сверлильный станок	203
Электролобзик	209
Токарный станок по металлу	214
Вертикально-фрезерный станок	219
Программное обеспечение для станка с ЧПУ	224
Технологические операции	228

Замена инструмента и установка оснастки	230
Обработка детали на станке	235
Нуль и исходные точки станка	237
Технология обработки материалов	243
Материалы для обработки	245
Управляющая программа	249
Проектирование фрезерных операций	260
Параметры и расчеты режима резания	270
Ключи к тестам и интерактивным заданиям	273

ВВЕДЕНИЕ

Современные технологии играют огромную роль во всех сферах общества. Они позволяют нам быстро и эффективно выполнять задачи, улучшать качество жизни и повышать уровень комфорта. Технологии применяются в различных областях, включая медицину, образование, науку, производство и многие другие, давая возможность производить новые продукты и услуги, которые ранее были невозможны. Благодаря развитию 3D-печати мы можем создавать трехмерные модели и прототипы, что значительно ускоряет процесс разработки новых продуктов. Развитие Интернета вещей (IoT) обеспечивает удаленное управление домашними устройствами и системами безопасности, как следствие, делает нашу жизнь более комфортной и безопасной. Современные технологии вносят значительный вклад в устойчивое развитие, способствуя созданию экологически чистого производства и использования ресурсов. Например, технологии переработки и повторного использования материалов снижают негативное воздействие на окружающую среду.

Технологии играют ключевую роль в трансформации нашего общества и экономической среды. Они не только помогают решать сложные задачи, но и формируют новые подходы к изобретательству, исследованию и производству.

Данное пособие помогает учащимся осознать эти современные тенденции и нацелено на формирование у них необходимых компетенций для успешной интеграции в стремительно развивающийся мир технологий.

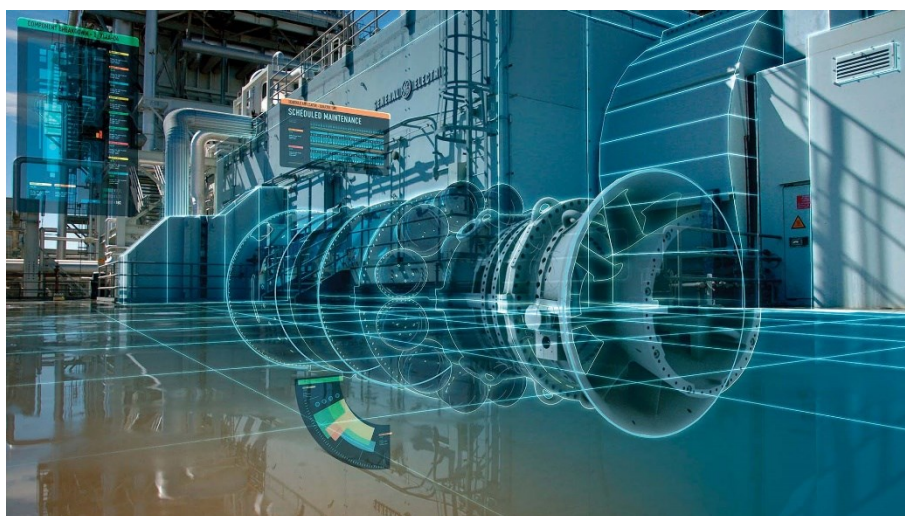


ГЛАВА 1. ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

Технические достижения в современном производстве

Современное производство постоянно находится в центре технологических изменений и инноваций, стремясь к улучшению качества продукции, оптимизации процессов и увеличению эффективности. Технические достижения играют ключевую роль в этом процессе, обеспечивая новые возможности и перспективы развития. Давайте рассмотрим некоторые из основных технических достижений, которые формируют современное производство.

Интеллектуальное производство и цифровизация. Цифровизация производства стала одним из важнейших технологических достижений последних лет. Промышленные предприятия все чаще внедряют системы управления и мониторинга на основе Интернета вещей (IoT), облачных технологий и аналитики больших данных для улучшения производственных процессов. Интеллектуальное производство позволяет автоматизировать и оптимизировать производственные цепочки, увеличивая производительность и сокращая издержки.



Робототехника и автоматизация. Применение роботизированных систем и автоматизированных технологий в производстве становится все более распространенным. Роботы на производстве способны выполнять разнообразные задачи, от сборки и погрузки до обработки материалов и управления складом. Это позволяет повысить скорость работы, снизить риски ошибок и повысить безопасность труда.



Продвинутые материалы и 3D-печать. Продвинутые материалы, такие как наноматериалы, композиты и суперпластики, открывают новые возможности для создания легких, прочных и функциональных деталей. Технология 3D-печати широко используется в прототипировании, изготовлении индивидуальных деталей и даже серийном производстве, обеспечивая его гибкость и экономичность.



Субтрактивные технологии. Числовое программное управление (ЧПУ) позволяет автоматизировать процесс обработки материалов, обеспечивая высокую точность и повторяемость операций. Современные станки с ЧПУ оснащены высокоточными инструментами, способными работать с различными материалами — от металлов и древесины до композитов. С появлением новых материалов и технологий изготовления режущих инструментов улучшились их характеристики. Новые покрытия обеспечивают повышенную износостойкость, остроту и эффективность резания, что влияет на качество обработки и срок службы инструментов.



Промышленная безопасность и помехозащищенность. Современные производства активно внедряют системы промышленной безопасности, включая системы контроля доступа, мониторинга производственных процессов и предотвращения аварий. Технические средства защиты от помех и внешних воздействий обеспечивают надежное функционирование оборудования и систем.



Технические достижения в современном производстве позволяют достичь большей производительности, высокого уровня качества и безопасности. Инновационные технологии становятся важным стимулом для развития отрасли, открывая новые горизонты возможностей и перспектив для будущего производства.

Вопросы

1. Как цифровизация улучшает производственные процессы?
2. Опишите риски и вызовы, связанные с цифровизацией производства.
3. Как IoT-устройства могут помочь в мониторинге оборудования и процессов?
4. Как анализ больших объемов данных может способствовать оптимизации производственных процессов?

5. В какие отрасли производства наиболее активно внедряется роботизированная техника?

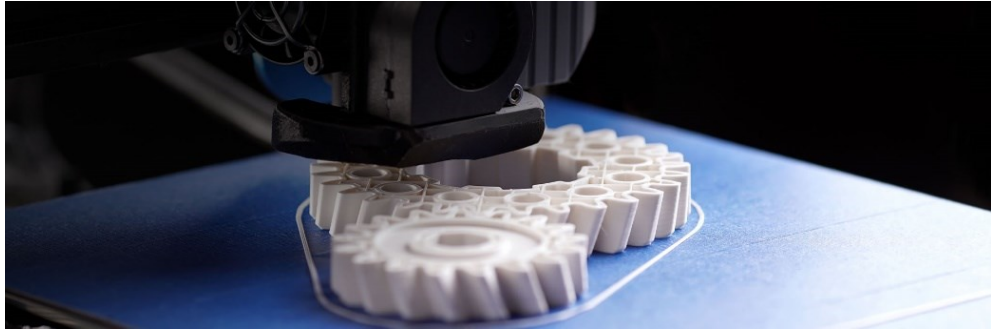
6. Какие современные технологии используются для обеспечения промышленной безопасности?

Аддитивные технологии

Аддитивное производство, или **3D-печать** — процесс создания трехмерных объектов практически любой геометрической формы на основе цифровой модели. 3D-печать основана на концепции построения объекта последовательно наносимыми слоями, отображающими контуры модели. Фактически, 3D-печать является полной противоположностью таких традиционных методов механического производства и обработки, как фрезеровка или резка, при которых формирование облика изделия происходит путем удаления лишнего материала (см. «Субтрактивные технологии»).

3D-принтерами называют станки с числовым программным управлением, выполняющие построение детали аддитивным способом. Хотя технология 3D-печати появилась еще в 80-х годах прошлого века, широкое коммерческое распространение 3D-принтеры получили только в начале 2010-х. Первый дееспособный 3D-принтер был создан Чарльзом Халлом, одним из основателей корпорации 3D Systems. В начале XXI века произошел значительный рост продаж, что привело к резкому падению стоимости устройств. Согласно данным консалтинговой фирмы Wohlers Associates, в 2012 году объем мирового рынка 3D-принтеров и сопутствующих сервисов достиг \$2,2 млрд, показав рост на 29% по сравнению с 2011 годом.

Технологии 3D-печати используются для прототипирования и распределенного производства в архитектуре, строительстве, промышленном дизайне, автомобильной, аэрокосмической, военно-промышленной, инженерной и медицинской отраслях, биоинженерии (для создания искусственных тканей), производстве модной одежды и обуви, ювелирных изделий, в образовании, географических информационных системах, пищевой промышленности и многих других сферах. Согласно исследованиям, домашние 3D-принтеры с открытым исходным кодом позволят отыграть капитальные затраты на собственное приобретение за счет экономичности бытового производства предметов.



Термин «аддитивные» подразумевает технологии создания объектов за счет нанесения последовательных слоев материала. Модели, изготовленные аддитивным методом, могут применяться на любом производственном этапе — как для изготовления опытных образцов (быстрое прототипирование), так и в качестве готовых изделий (быстрое производство). На протяжении первых лет развития аддитивные системы производства были главным образом ориентированы на полимерные материалы. Однако сегодня современные 3D-принтеры, воплощающие концепцию аддитивного производства, способны работать не только с полимерами, но также с инженерными пластиками, композитными порошками, различными металлическими сплавами, керамикой и даже песком. Аддитивные технологии активно применяются во многих областях, таких как машиностроение, промышленность, наука, образование, дизайн, медицина, литейное производство и других сферах.

Виды аддитивных технологий:

1. *Послойное выращивание объекта из пластиковой нити (FDM — Fused Deposition Modeling)*. Это самый распространенный метод в области 3D-печати. Технология встречается в домашних и промышленных принтерах. Расходные материалы для FDM — разные виды пластиков. В основном применяют ABS, PLA, но для изделий, которые будут эксплуатироваться в неблагоприятных условиях, используют HIPS. Послойное выращивание применяют для создания тестовых моделей и продукции для продажи.

2. *Селективное (выборочное) лазерное сплавление металлических порошков (SLM — Selective Laser Melting)*. Этот метод позволяет получать

прототипы из металла с уникальными свойствами. Еще один плюс селективного сплавления — возможность изготовления продукции со сложной геометрией. SLM оборудование также часто встречается у любителей 3D-печати и на предприятиях.

3. **Селективное (выборочное) лазерное спекание полимерных порошков (SLS — Selective Laser Sintering)**. С его помощью можно получать объекты, отличающиеся разными физическими свойствами. Например, высокой термостойкостью и гибкостью. При спекании порошок наносится на платформу, а лазер формирует объект в соответствии с заданной программой.

4. **Лазерная стереолитография (SLA — Stereolithography)**. В процессе обработки фотополимеров лазером исходный материал отвердевает, что позволяет получить очень детальные и высококачественные изделия с самыми разными свойствами. Лидером в данной нише принтеров является американская компания 3D Systems.

Перечисленные методы чаще других используются для производства изделий. Но аддитивные технологии также включают **методы быстрого создания объектов**. Их используют на производстве для создания пробных рабочих образцов техники или мастер-моделей. К этим технологиям относят:

1. **Послойное распределение клеящего вещества (CJP — Color Jet Printing)**. По этому методу заготовки изготавливаются из гипсового материала. CJP подходит для создания цветных моделей. Эту технологию часто применяют для создания дизайнерских и архитектурных макетов, сувениров, украшений.

2. **Отвердевание жидкого полимера под воздействием УФ-излучения (PolyJet)**. Главное преимущество этого метода по сравнению с другими — высокое качество поверхности. Для построения объекта используются два типа материала: модели и поддержки. Когда работа завершена, материал поддержки удаляется в камере промывки. Полученные изделия можно склеивать между собой.

3. **Многоструйное моделирование (MJM — Multi Jet Modeling)**. Оборудование, поддерживающее этот метод, работает с воском и

фотополимерами. С помощью MJM создаются модели для литья в силикон, восковики.

Преимущества

Одним из главных плюсов технологии аддитивного производства является *снижение расхода материала*. Для изготовления объектов применяются специальные полимеры в виде порошка или нитей. Они плавятся, а затем отвердевают. По завершении процесса получается практически готовое к эксплуатации изделие. Другие достоинства технологий аддитивного производства:

- *повышение качества готовых изделий*. Объекты изготавливают послойно без лишних соединительных узлов и элементов и в итоге приобретают более высокую прочность, износостойкость в сравнении с заготовками, полученными с помощью литья или механической обработки материалов;

- *изготовление геометрически сложных моделей за один день и значительное снижение производственных затрат*. Например, охладительные системы на основе сетчатых конструкций можно получить только подобным способом;

- *быстрое прототипирование и запуск образцов в производство*. Благодаря компьютерному моделированию и быстрой передаче данных любой проект можно быстро реализовать. Процесс трехмерной печати полностью безопасен, поэтому для производства тестовых образцов не потребуется разрешение вышестоящих органов;

- *сокращение расходов на логистику*. Складские запасы уменьшаются, т. к. не нужно хранить много ресурсов.

Тест «Аддитивные технологии»

1. Что такое аддитивные технологии?
 - а) технологии, основанные на добавлении материала для создания объекта по слоям
 - б) технологии, основанные на удалении материала для создания объекта по слоям
 - в) технологии, основанные на сжатии материала для создания объекта
 - г) технологии, основанные на модификации материала для создания объекта
2. Какой метод аддитивного производства является наиболее распространенным?
 - а) стереолитография
 - б) послойное выращивание объекта из пластиковой нити
 - в) электронно-лучевая литография
 - г) лазерная сварка
3. Какой материал чаще всего используется в аддитивных технологиях?
 - а) металлы
 - б) пластик
 - в) керамика
 - г) композитные материалы
4. Какие отрасли применяют аддитивные технологии?
 - а) медицина
 - б) авиация
 - в) архитектура
 - г) все вышеперечисленные
5. Что является преимуществом аддитивных технологий по сравнению с традиционными методами производства?
 - а) возможность создания сложных и геометрически сложных деталей
 - б) более низкая стоимость производства
 - в) быстрая скорость производства

г) все вышеперечисленные

6. Какие ограничения существуют при использовании аддитивных технологий?

а) ограниченный выбор материалов

б) ограничения по размерам создаваемых объектов

в) сложность программирования процесса производства

г) все вышеперечисленные ограничения

Практическая работа «Аддитивные технологии»

Задание. Опишите одну из представленных технологий, используя ресурсы Интернета.

Развивающиеся быстрыми темпами аддитивные технологии 3D-печати используются в прогрессивных производствах. Существует несколько видов аддитивных технологий:

1. FDM (Fused Deposition Modeling) — изделие формируется послойно из расплавленной пластиковой нити.

2. CJP (Color Jet Printing) — единственная в мире 3D-полноцветная печать с принципом склеивания порошка, состоящего из гипса.

3. SLS (Selective Laser Sintering) — технология лазерного запекания, при которой образуются особо прочные объекты любых размеров.

4. MJM (Multi Jet Modeling) — многоструйное 3D-моделирование с использованием фотополимеров и воска.

5. SLA (Stereolithography) — с помощью лазера происходит послойное отвердевание жидкого полимера.

Дополнительные (вариативные) практические работы

«Применение 3D-печати в медицине: возможности и перспективы»

В работе можно рассмотреть следующие темы:

1. Обзор существующих методов аддитивного производства в медицине.
2. Процесс 3D-печати и его особенности в контексте создания медицинских протезов, имплантатов, моделей органов и других изделий.
3. Примеры успешного применения 3D-печати в медицинской практике.
4. Анализ преимуществ и недостатков использования 3D-печати в медицине.
5. Перспективы развития и возможные направления дальнейших исследований.

«Применение 3D-печати в авиационной отрасли: перспективы и вызовы»

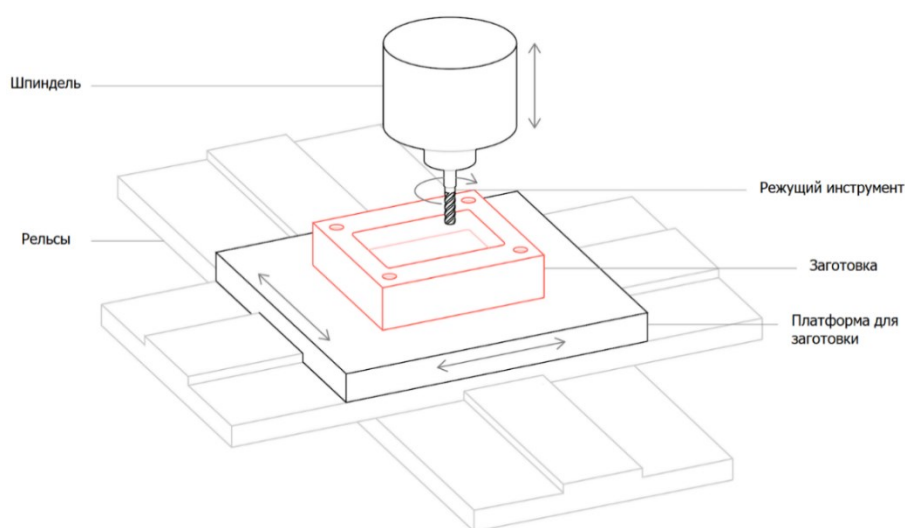
В рамках данной работы можно рассмотреть следующие темы:

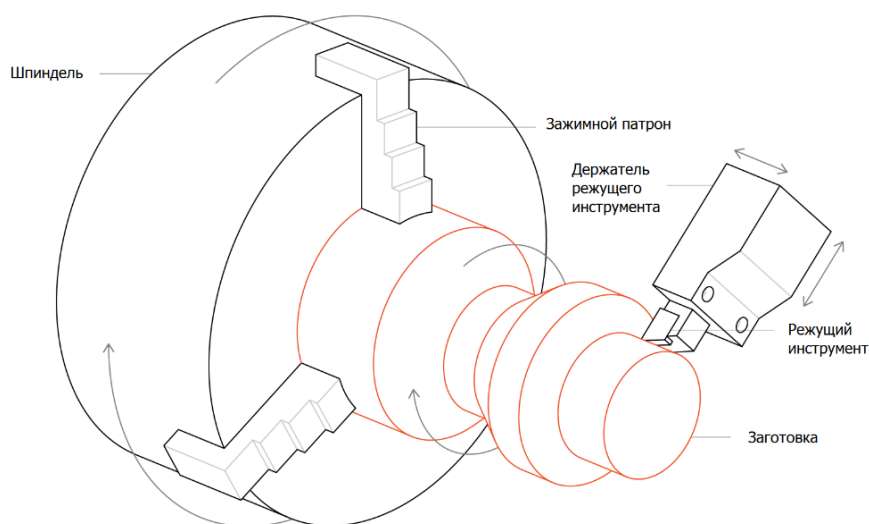
1. Анализ современных тенденций и возможностей применения 3D-печати в авиации.
2. Рассмотрение особенностей и преимуществ использования аддитивного производства для создания деталей и компонентов для авиационной техники.
3. Исследование технологий и материалов, применяемых в 3D-печати для авиационных целей.
4. Оценка экономических, технических и экологических выгод от применения 3D-печати в авиации.
5. Примеры успешного внедрения аддитивного производства в авиационной отрасли.

Субтрактивные технологии

В производстве, особенно в машинной обработке, термин «субтрактивные» подразумевает более традиционные методы и является *ретронимом*, придуманным в последние годы для разграничения традиционных способов и новых аддитивных методов. Хотя традиционное производство на протяжении веков использует, по сути, «аддитивные» методы (склепка, сварка и привинчивание), в них отсутствует трехмерная информационная технологическая составляющая. Машинная же обработка (производство деталей точной формы), как правило, основывается на субтрактивных методах — опиловке, фрезеровании, сверлении и шлифовании.

Субтрактивные технологии представляют собой набор процессов, при которых материал удаляется из заготовки с целью создания детали или компонента определенной формы и размера. Эти методы включают механическое, термическое и химическое удаление материала. Традиционно субтрактивные технологии использовались в таких областях, как машиностроение, производство автомобилей, аэрокосмическая отрасль и многие другие, где требуется высокая точность обработки.





Одним из основных **преимуществ** субтрактивных технологий является их *способность обрабатывать широкий спектр материалов* — от металлов и пластиков до древесины и композитов. Процессы, такие как фрезерование, токарная обработка и шлифование, позволяют достигать высокой степени точности и гладкости поверхности деталей. Однако у субтрактивных технологий есть и свои **ограничения**:

- *отходы материала*. Процессы удаления материала неизбежно создают отходы, что может привести к увеличению чистой стоимости продукта;
- *пределы геометрии*. Некоторые сложные геометрические формы могут быть трудны или невозможны для реализации с помощью традиционных методов, что ограничивает дизайнерские возможности;
- *время обработки*. Процесс может быть времязатратным, особенно при малосерийном производстве, так как требует времени на настройку оборудования и ручные операции.

Сравнение с аддитивными методами, такими как 3D-печать, показывает, что последние в значительной степени устраняют эти недостатки. Аддитивные технологии строят объекты слой за слоем, что снижает количество отходов и дает возможность создавать сложные формы без дополнительных затрат на инструмент. В последние годы наблюдается *тенденция к интеграции субтрактивных и аддитивных методов в единый производственный процесс*,

что позволяет комбинировать преимущества обоих подходов. Например, аддитивное производство может использоваться для создания предварительных форм, после чего детали дорабатываются ступками или фрезерованием для достижения нужной точности. Лишь в сочетании различных технологий производства можно достичь оптимальных результатов как в качественных, так и в количественных показателях, удовлетворяющих современным требованиям к производительности и экономичности. В результате возникают новые подходы, такие как «гибкое производство», где используются как субтрактивные, так и аддитивные технологии в зависимости от специфики задач и характеристик требуемых изделий.

Тест «Субтрактивные технологии»

1. Что означает термин «субтрактивные технологии»?
 - а) методы добавления материала
 - б) методы удаления материала
 - в) методы термической обработки
 - г) методы соединения материалов
2. Какие методы относятся к субтрактивным?
 - а) склепка, сварка, привинчивание
 - б) фрезерование, токарная обработка, шлифование
 - в) литье, прессование
 - г) 3D-печать
3. В каких областях традиционно используются субтрактивные технологии?
 - а) текстильная промышленность
 - б) масштабное сельское хозяйство
 - в) машиностроение, производство автомобилей, аэрокосмическая отрасль
 - г) медицина, фармацевтика
4. Какое из приведенных утверждений не является преимуществом субтрактивных технологий?

- а) возможность обработки широкого спектра материалов
 - б) высокая степень точности и гладкости поверхности
 - в) полное отсутствие отходов материала
 - г) высокая точность обработки
5. Какое утверждение о субтрактивных технологиях является верным?
- а) Процесс всегда происходит без нагрева
 - б) Сложные формы изначально требуют больше отходов
 - в) Могут использоваться только деревянные материалы
 - г) Этот метод всегда дешевле аддитивного

Вопросы

1. Как развитие технологий может изменить подход к производству и какие новшества могут появиться в ближайшие годы?
2. Какой уровень образования и навыков требуется для работы с новыми технологиями?
3. В чем преимущества использования станков с ЧПУ по сравнению с традиционными методами обработки материалов?
4. Как новые материалы и покрытия инструментов влияют на производительность и долговечность инструмента?

Практическая работа «Фрезерование в промышленности: технологии, применение и перспективы»

В рамках данного исследования можно рассмотреть следующие вопросы:

1. Обзор основных принципов и технологий фрезерования.
2. Исследование различных типов фрезерных станков и оборудования.
3. Анализ областей применения фрезерования в промышленности, таких как изготовление деталей, прототипирование, создание форм и матриц и т. д.
4. Сравнение эффективности субтрактивного производства (фрезерования) и аддитивного производства.
5. Перспективы развития и инновационные подходы в области фрезерования.

Практическая работа (эссе)

Напишите эссе на тему «Будущее производства: интеграция субтрактивных и аддитивных технологий». Рассмотрите, как комбинация этих методов может повлиять на эффективность, качество и экономичность производственных процессов.

ГЛАВА 2. ПРОМЫШЛЕННАЯ РОБОТОТЕХНИКА

Модуль «Промышленная робототехника» предлагает познакомиться с основами этой перспективной области, начиная с базовых понятий, таких как «промышленная робототехника» и «промышленный робот». Учащиеся узнают о различных видах конструкций роботов и их функциональности, а также об основных узлах робототехнических комплексов.



Содержание модуля направлено на формирование у обучающихся знания последовательности и методик расчета и конструирования элементов и узлов промышленных роботов, а также умения их практического использования.

Достижение указанной цели способствует развитию компетенций, необходимых для выполнения работы по оптимизации траектории движения роботов в пространстве и управления ими дистанционно, готовности использовать современные методы и средства автоматизации управления производственными процессами и жизненным циклом продукции.

Одной из ключевых задач модуля является конструирование и создание собственных робототехнических моделей. Учащиеся научатся обеспечивать жесткость и прочность конструкций, а также освоят основы механики и программирования рабочих движений роботов. Основным инструментом для освоения содержания модуля является современный учебный комплект — манипулятор DOBOT Magician (пример работы комплекта можно увидеть в

видео, которое доступно по [ссылке](#)). Комплект включает в себя вакуумный и механический хват, комплект линейных перемещений, конвейерную ленту, техническое зрение и лазерную насадку и представляет собой мощный инструмент, который обеспечивает широкий спектр функциональности для обучения промышленной робототехнике.

Разнообразные насадки манипулятора позволяют выполнять различные задачи — от сборки деталей до гравировки и резки материалов. Подобный функционал открывает перед обучающимися множество возможностей для изучения различных современных направлений промышленной робототехники, включая механику, электронику, программирование и автоматизацию.

В завершение изучения модуля учащимся предлагается, скомбинировав полученные в ходе обучения навыки, разработать систему, включающую несколько манипуляторов, которые будут работать вместе на линии сборки, выполняя определенные этапы процесса сборки продукта. Модуль предполагает подготовку и защиту коллективного проекта, что позволит учащимся применить полученные знания на практике и развить свои навыки работы в команде.

Промышленная робототехника. Основные понятия

Роботы как новый класс машин появился в конце 30-х годов XX века. Первым термин «робот» употребил чешский писатель Карел Чапек в 1920 г. в произведении о механических людях. Смысловая нагрузка этого термина была определена чешским словом *robota*. Однако изначально применение роботов носило характер развлечений и никак не связывалось с возможностью их промышленного использования. Робототехника является одним из знаковых направлений развития науки и техники XXI века. Как машина-автомат принципиально нового типа, робот может быть и технологической, и транспортной, и информационной машиной, выполнять функции технологического приспособления или средства автоматизации.

***Робот** — автоматическое устройство, предназначенное для осуществления различного рода механических операций, которое действует по заранее заложенной программе.*

Посмотрите видеофрагмент «История развития промышленной робототехники», который доступен по [ссылке](#), и выполните задание.

Интерактивное задание «Промышленная робототехника»

Выберите верные утверждения.

- а) основное предназначение первого промышленного робота Unimate – перемещение различных грузов
- б) первый промышленный робот Unimate мог перемещать груз массой более 140 кг
- в) первые промышленные роботы были созданы для работы на заводе компании General Motors
- г) робот Unimate, созданный в 1961 году, осуществлял механическую обработку деталей

д) эра промышленных роботов на производстве началась с создания электромеханического робота с ЧПУ

е) робот Asea, разработанный в 1975 году, мог осуществлять покраску, сварку, перемещение грузов

В 20-е годы XX века человечеству было представлено слово «робот», и первые из таких машин увидели свет. Первый промышленный робот, сконструированный американскими инженерами Джорджем Деволом и Джозефом Энгельбергером, в 1961-м уже работал на General Motors. Оснащенный манипулятором и программируемый, он мог поднимать и транспортировать тяжелые грузы и заниматься сваркой автомобильных кузовов.



Джордж Девол, 1961 г.

Этапы развития робототехники

1. *Появление первых механических помощников.* В XIX веке, в годы промышленной революции, возникла необходимость в увеличении

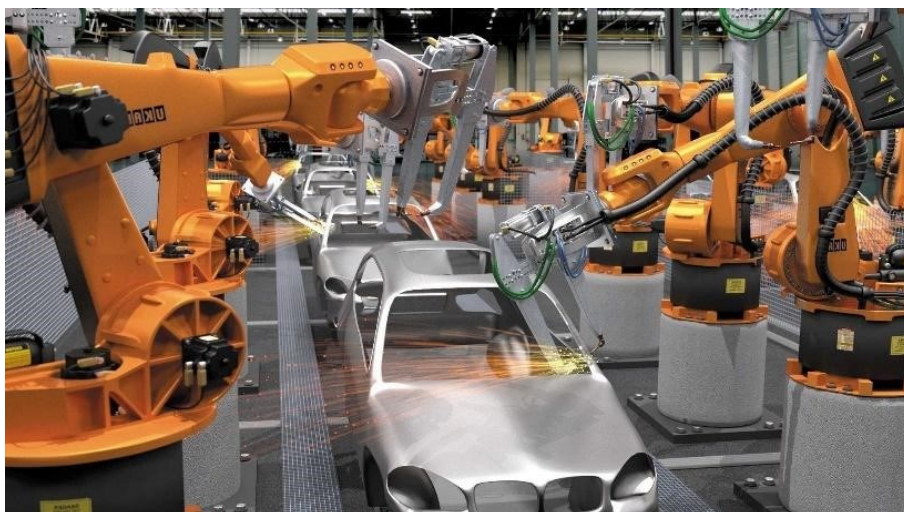
производительности труда. Первые механические устройства, предшественники современных роботов, помогали выполнять повторяющиеся задачи, освобождая человека от рутинной работы.

2. Эра электроники и программирования. С развитием электроники в середине XX века появилась возможность создания умных машин. Программируемые контроллеры и компьютеры стали управлять роботами, позволяя им выполнять сложные задачи с высокой точностью.

3. Роботы в автомобильной промышленности. Прорыв наступил, когда роботы впервые были внедрены в автомобильное производство. Они стали выполнять задачи, требующие высокой степени точности, что привело к увеличению производительности и снижению стоимости производства.

4. Робототехника в медицине и других отраслях. В последние десятилетия робототехника расширила свои горизонты, внедряясь в медицину, науку, исследования и другие отрасли. Хирургические роботы, роботы для исследования космоса и многие другие открывают новые возможности для человечества.

5. Современные вызовы и будущее робототехники. Современные роботы становятся более гибкими и обучаемыми, но их использование связано с проблемами этики и безопасности. В будущем мы, вероятно, будем свидетелями появления еще более сложных и интеллектуальных роботов, способных взаимодействовать с окружающей средой и людьми.



Промышленный робот — это стационарная или передвижная автоматическая машина, состоящая из исполнительного устройства в виде манипулятора, имеющего несколько степеней подвижности, и перепрограммируемого устройства программного управления для выполнения в производственном процессе двигательных и управляющих функций.

Например, в автомобильной промышленности роботы используются для сварки кузовов автомобилей, сборки двигателей и трансмиссий, окраски автомобилей и нанесения защитных покрытий.

В металлообработке они применяются для резки, сварки и формовки металла, а в электронике — для монтажа печатных плат, пайки и тестирования электронных компонентов.

Классификация промышленных роботов

Классификации промышленных роботов (ПР) предусматривает следующие признаки: специализация, грузоподъемность, число степеней подвижности, возможность передвижения, способ установки на рабочем месте, вид системы координат, вид привода, вид управления, способ программирования.

По характеру выполняемых операций различают технологические, вспомогательные и универсальные промышленные роботы. *Технологические ПР* предназначены для выполнения основных технологических операций, т. е. они непосредственно участвуют в технологическом процессе в качестве основного технологического оборудования (производящих машин), изменяя свойства предметов труда (гибка, сварка, окраска, сборка и т. д.). *Вспомогательные или подъемно-транспортные ПР* способны выполнять функции переноса объекта в пространстве. Их применяют для автоматизации операций по обслуживанию основного технологического оборудования (замена инструмента, заготовки, оснастки, удаление стружки, очистка базовых

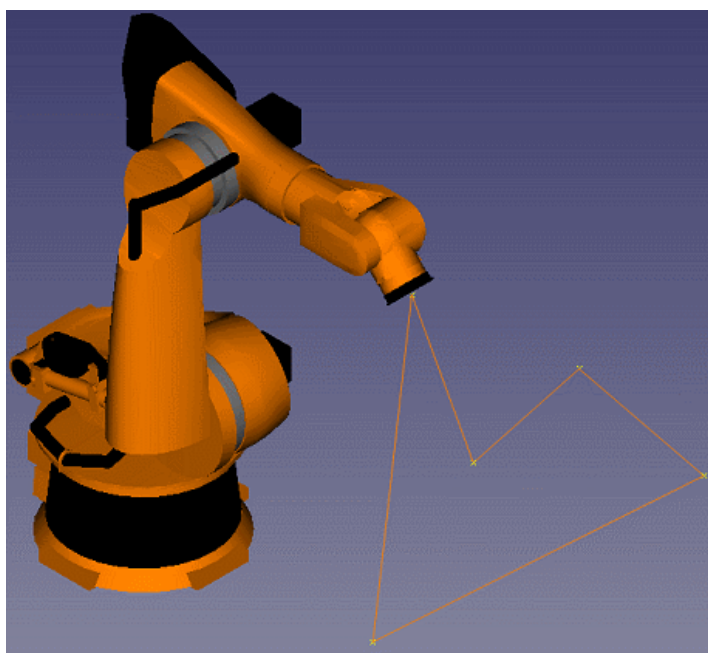
поверхностей и т. д). *Универсальные ПР* способны выполнять как основные технологические, так и вспомогательные операции.

Управление движением мобильных роботов

Движение робота по заранее заданной траектории имеет ряд преимуществ для производственных процессов. Во-первых, оно обеспечивает высокую степень точности и повторяемости операций, что особенно важно в условиях массового производства. Во-вторых, позволяет роботу выполнять сложные манипуляции с объектами. В-третьих, использование заранее определенных траекторий помогает оптимизировать рабочее пространство и повысить общую эффективность производства.

Интерактивное задание «Движения роботов»

Проанализируйте графическое изображение, демонстрирующее симуляцию движения индустриального робота, и выполните задание (доступ для просмотра анимации [по ссылке](#))



В каких производственных процессах может быть экономически выгодно и целесообразно использование движения робота по заранее определенной траектории? Выберите верные высказывания.

- а) окраска и покрытие поверхностей
- б) доставка и перемещение товаров
- в) автоматическая сборка
- г) автоматизированная сварка
- д) упаковка и укладка товаров

Практическая работа «Промышленные роботы-манипуляторы»

Цель: виртуальное проектирование промышленного робота-манипулятора.

Промышленные роботы-манипуляторы, использующие субтрактивные и аддитивные технологии, позволяют выполнять сложные операции по обработке и созданию деталей с высокой степенью точности и качества. Их использование позволяет сократить время производства, уменьшить количество отходов и повысить эффективность работы предприятия.

Задание 1. Предложите отрасль, в которой возможно применение подобного манипулятора (например, машиностроение / строительство / медицина / электроэнергетика и др.).

Задание 2. Какая технология (субтрактивная/аддитивная) лежит в основе вашего робота?

Задание 3. Опишите технологический процесс изготовления детали / объекта / компонента.

Задание 4. Схематично изобразите манипулятор и укажите все подвижные части конструкции.

Вопросы

1. Что послужило толчком к развитию промышленной робототехники в середине XX века?

2. Какие возможности открыли программируемые контроллеры и компьютеры для управления роботами?

3. Как внедрение роботов в автомобильное производство повлияло на производительность и стоимость производства?

4. В каких отраслях, помимо автомобильной промышленности, начали использовать робототехнику?

5. Какие вызовы стоят перед современной робототехникой, и какие решения предлагаются для их преодоления?

6. Как вы думаете, могут ли роботы заменить человеческий труд в будущем? Если да, то в каких сферах?

7. Может ли робототехника представлять угрозу для человечества или экологии? Если да, то какие меры можно предпринять, чтобы избежать этого?

8. Что такое промышленный робот?

9. Приведите примеры роботов, которые используются в медицине и науке.

10. Опишите основные функции и возможности промышленного робота.

11. Составьте интеллект-карту, демонстрирующую основные этапы развития промышленной робототехники и ее влияние на различные отрасли промышленности и сферы жизни.

Робот как самостоятельная модель на современном производстве

Современные промышленные роботы способны значительно увеличить эффективность производства. Они могут полностью заменить человеческий труд, обеспечивая более высокую производительность и качество продукции. Роботы работают без перерывов и могут гарантировать круглосуточную работу производства. Это позволяет снизить затраты на оплату труда и улучшить эффективность работы. Внедрение роботизированных систем может быть дорогостоящим, но при правильной интеграции и настройке, эти затраты могут окупиться в короткие сроки.

Роботизированные безлюдные технологии на производствах приобретают сегодня все большую актуальность хотя бы потому, что вредное влияние на здоровье человека сводится к минимуму. Полный цикл обработки и монтажа осуществляется быстрее, без перерывов и ошибок, свойственных любому производству, где вместо робота действует живой человек. После настройки роботов и запуска технологического процесса человеческий фактор практически исключается.

На сегодняшний день ручной труд в большинстве случаев замещается трудом робота-манипулятора (инструментальный захват, фиксация инструмента, удержание заготовки, подача ее в рабочую зону). Ограничения накладывают лишь грузоподъемность, ограниченность рабочей зоны, предварительно запрограммированные движения.

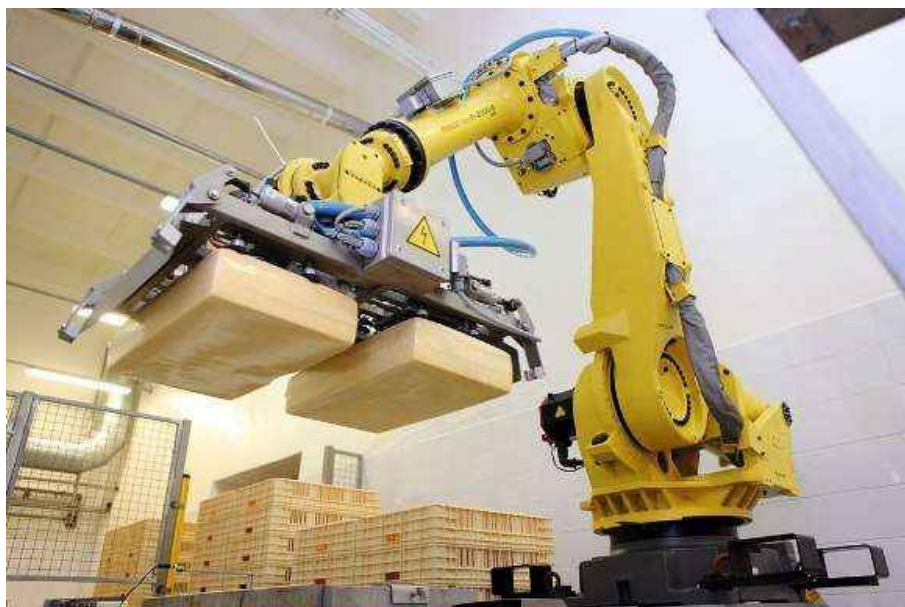
Промышленный робот способен обеспечить:

- высокую производительность, благодаря быстрому и точному позиционированию;
- лучшую экономичность, так как не нужно платить зарплату людям, которых он собой заменяет; достаточно одного оператора;
- высокое качество (точность 0,05 мм, низкая вероятность появления брака);

- безопасность для здоровья людей (при покраске контакт людей с лакокрасочными материалами исключается);
- рабочая зона робота строго ограничена, а обслуживание требуется минимальное; если рабочая среда химически агрессивна, то материал робота выдержит это воздействие.

Промышленные роботы для автоматической загрузки и выгрузки изделий

Промышленные роботы идеально подходят для выполнения задач, связанных с загрузкой и выгрузкой изделий, благодаря своей точности, скорости и способности работать в сложных условиях. Они могут быть использованы для перемещения изделий между различными стадиями производственного процесса, а также для обработки и упаковки готовой продукции.



Промышленные роботы могут использоваться для загрузки и выгрузки деталей на сборочных линиях. Они могут выполнять такие операции, как перемещение деталей между различными станциями, установка деталей на место и проверка правильности их установки.



Работу промышленного робота можно моделировать при помощи учебного манипулятора с установленным механическим захватом. Данная конструкция позволяет продемонстрировать реальные

технологические операции по перемещению и компоновке грузов.

***Манипулятор** — это механизм, осуществляющий управляемые либо программируемые перемещения в пространстве орудий, объектов труда и конструктивных узлов и элементов.*

***Манипуляция** — это совокупность сложных действий или приемов, совершаемых над объектом с целью его перемещения или изменения.*

***Механический захват** — это устройства для безопасного подъема и перемещения объектов в горизонтальном или вертикальном пространственном положении.*

Промышленные роботы для лазерной и плазменной резки

Один такой робот может совмещать в себе и сварку, и резку. Производительность повышается путем внедрения гидроабразивной резки, исключая ненужное тепловое воздействие на материал.

Учебный манипулятор Dobot Magician оснащен модулем лазерной насадкой для обработки различных материалов.

Перед выполнением гравировки необходимо провести настройку фокуса рабочего инструмента. Оптимальной фокусировкой является такое положение

лазера, при котором видимая точка на обрабатываемой поверхности имеет минимальный размер из возможных.

Виды лазерной обработки

Лазерная обработка — это современная технология, основанная на использовании сфокусированного лазерного луча для обработки поверхности материалов. Благодаря высокой концентрации энергии лазерный луч позволяет выполнять сложные и точные технологические операции. Основные виды лазерной обработки включают гравировку, маркировку и резку, каждая из которых имеет свои особенности и области применения. Инженерная роботизированная платформа Dobot Magician обеспечивает доступность этих технологий для обучения, сочетая компактность, универсальность и простоту управления.

Гравировка лазером — это процесс удаления верхнего слоя материала под воздействием высокоэнергетического луча, что позволяет создавать на поверхности четкие и долговечные изображения. Этот метод особенно эффективен для нанесения сложных графических элементов, таких как логотипы, орнаменты, шрифты или рисунки. Гравировка отличается высокой точностью, возможностью детальной проработки изображений и отсутствием необходимости использования дополнительных расходных материалов.

Dobot Magician оснащён лазерной головкой, которая может выполнять гравировку на таких материалах, как дерево, пластик, кожа и даже тонкие металлические покрытия. Управление процессом гравировки осуществляется через программное обеспечение, которое позволяет задать параметры мощности, скорости и траектории лазера. Это упрощает процесс создания сложных изделий, предоставляя возможность точной настройки.

Лазерная маркировка — это метод нанесения информации на поверхность материала путём изменения его структуры или цвета. Лазерный луч может нагревать материал до определённой температуры, вызывая термическую или

химическую реакцию, что приводит к изменению цвета без удаления слоя. Такой подход позволяет наносить на материал уникальную информацию: серийные номера, штрих-коды, QR-коды, технические параметры и другие данные.

Преимущества лазерной маркировки включают:

- высокую точность и разборчивость маркировки;
- стойкость к износу, температурным и химическим воздействиям;
- возможность работы с широким спектром материалов.

С использованием Dobot Magician процесс маркировки становится удобным и доступным. Система позволяет автоматизировать нанесение сложных текстов и кодов, делая её полезной как для образовательных проектов, так и для промышленных задач.

Роботизированные лазерная и плазменная резки позволяют улучшить традиционные линии с плазменными горелками. В автомобилестроении данная технология просто незаменима, так как края изделий необходимо точно и быстро обрезать после штамповки и формовки.



Лазерная резка является одной из самых эффективных технологий обработки материалов. Лазерный луч, сфокусированный в одной точке, нагревает материал до температуры плавления или испарения, разрезая его с высокой точностью и оставляя минимальные следы термического воздействия.

Этот метод широко используется в изготовлении прототипов, макетов, декоративных изделий и деталей для различных конструкций.

Особенности лазерной резки:

- высокая точность и минимальная ширина реза;
- возможность обработки сложных контуров;
- отсутствие механического контакта, что исключает деформацию.

Работа с такими материалами, как акрил, дерево, фанера, картон, ткани и некоторые металлы.

Dobot Magician позволяет интегрировать процесс лазерной резки в образовательные проекты или небольшие производственные процессы. Программное управление позволяет задать траекторию реза, регулировать мощность и скорость лазера для оптимизации работы с разными материалами.

Преимущества использования Dobot Magician для лазерной обработки

Универсальность – возможность выполнять гравировку, маркировку и резку с помощью одной платформы.

Доступность – простота использования делает Dobot Magician идеальным для обучения студентов основам лазерной обработки.

Точность – программируемое управление обеспечивает высокую точность выполнения операций.

Мобильность и компактность – устройство легко адаптируется к различным условиям использования.

Безопасность – Dobot Magician оснащён функциями защиты, что позволяет безопасно использовать его в образовательной среде.

Растровая и векторная графика: особенности и применение на примере Dobot Magician

Графика является основным инструментом для визуализации информации в цифровой среде. Она делится на два типа: растровую и векторную. Эти два подхода различаются принципами формирования изображения, что делает их удобными для решения разных задач.

Растровая графика представляет собой изображение, состоящее из пикселей — мельчайших точек, каждая из которых имеет определенный цвет. Чем больше пикселей, тем выше качество изображения. Основное преимущество растровой графики — способность передавать мелкие детали и сложные градиенты цветов. Однако увеличение изображения без потери качества невозможно, так как масштабирование приводит к размытию. К растровым форматам относятся JPEG, PNG и BMP.

Векторная графика, в отличие от растровой, основана на математических описаниях: линии, точки, кривые и многоугольники. Эти элементы создаются с использованием формул, благодаря чему векторные изображения можно масштабировать без потери качества. Векторная графика отлично подходит для создания логотипов, схем и чертежей. Примеры форматов: SVG, AI, EPS.

Для изучения различий между этими типами графики в учебных условиях возможно использовать роботизированный манипулятор Dobot Magician. Он позволяет наглядно продемонстрировать, как создаются растровые и векторные изображения.

При работе с растровой графикой манипулятор Dobot Magician настраивается для рисования изображения, состоящее из точек (имитация пикселей) в форматах JPEG, PNG и BMP. Чем больше точек нанесет манипулятор, тем четче будет рисунок, но и времени на выполнение потребуется больше. Этот подход объясняет принцип создания растровых изображений, и показывает проблему размытости при увеличении масштаба.

Для демонстрации векторной графики манипулятор может быть настроен на рисование изображения через линии и кривые. Dobot Magician в реальном времени строит геометрические фигуры, которые сохраняют четкость независимо от размера. Подобный способ позволяет понять принцип векторной графики и ее преимущества при масштабировании.

Вопросы

1. Какие области применения лазерной гравировки вам известны?
2. Каковы преимущества лазерной гравировки по сравнению с ручной и механической?
3. Чем отличаются виды лазерной обработки: гравировка, маркировка, резка?
4. В чем отличия растровой гравировки от векторной?

Автоматизация производства автомобилей

В настоящее время большинство автоматизированных предприятий ориентированы на производство одних и тех же деталей в крупных масштабах. Жесткие автоматические линии не допускают смены номенклатуры изделий, поэтому все большее распространение получают «секционные» линии, составленные из группы станков, что позволяет повысить гибкость автоматизированных систем.

Отличительная черта автоматизации современного промышленного производства — создание так называемых *гибких производственных систем*, легко перестраиваемых на выпуск той или иной продукции. При этом их эффективность не зависит от величины партий, которыми выпускаются изделия.

Гибкую производственную систему можно быстро заново перепрограммировать на производство новых деталей и изделий.



Инженер-разработчик конвейерных и поточных производственных линий проектирует и разрабатывает новые модели конвейеров и систем автоматизации; анализирует требования заказчика и определяет оптимальные параметры оборудования; разрабатывает программное обеспечение для управления конвейерными линиями; участвует в тестировании и отладке новых моделей конвейеров.

[Посмотрите видеофрагмент](#), демонстрирующий работу гибкой производственной автоматизированной линии, состоящей из учебных манипуляторов DOBOT Magician, и выполните задание.

Интерактивное задание «Автоматизация производства автомобилей»

Определите основные этапы производственного процесса по сборке модели автомобиля. Выберите верные утверждения.

- а) тестирование на полигоне
- б) стыковка шасси с кузовом автомобиля
- в) установка дверей автомобиля
- г) брендинг
- д) установка люка
- е) контроль геометрии кузова
- ж) сварка
- з) штамповка
- и) процесс окраски (имитация)

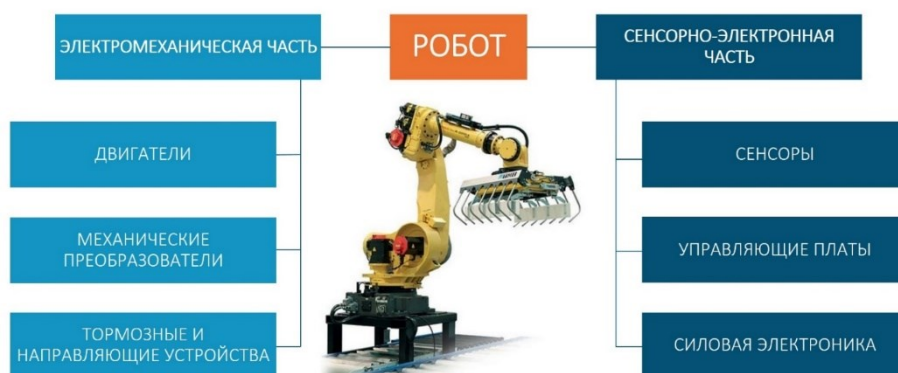
Основные узлы робототехнических комплексов

Основные узлы робототехнических систем играют ключевую роль в функционировании и эффективности работы роботов. Важно понять суть и значение основных узлов в контексте робототехнических комплексов. В данной теме мы рассмотрим основные компоненты систем, которые служат основой для работы и управления роботами, а затем перейдем к конкретному примеру — учебному манипулятору DOBOT Magician.

Все составляющие части робота условно можно разделить на две группы — электромеханическую и сенсорно-электронную. Механические узлы обеспечивают движение и манипулирование объектами, включая механизмы суставов, приводы и захваты. Электрические узлы отвечают за подачу энергии и управление движением, включая электродвигатели, датчики и контроллеры. Программные узлы, такие как операционные системы и алгоритмы управления, координируют работу механических и электрических компонентов для выполнения заданных задач.

К *электромеханической части* относят двигатели, механические преобразователи, тормозные и направляющие устройства. К *сенсорно-электронной части* относят, собственно, сами сенсоры, то есть датчики, измеряющие физические параметры, необходимые для работы робота, а также управляющие платы и силовую электронику, которая управляет подачей питания на исполнительные устройства робота.

ТИПОВОЙ СОСТАВ РОБОТА



[Посмотрите видеофрагмент](#) об основных устройствах электромеханической части робота.

Интеграция электронных компонентов расширяет возможности промышленного робота, делает его более умным, адаптируемым и эффективным. Электронные компоненты служат нервной системой робота, позволяя ему воспринимать окружающую среду, принимать интеллектуальные решения и с высокой точностью выполнять сложные задачи. Благодаря органичной интеграции датчиков, процессоров, исполнительных механизмов и коммуникационных модулей роботы могут взаимодействовать с окружающим миром, реагировать на изменения и выполнять задачи автономно. [Посмотрите видеофрагмент](#) о сенсорно-электронной части робота.

Получив представление об элементах, составляющих робототехнические системы, мы переходим к конкретному примеру — учебному манипулятору DOBOT Magician.

DOBOT Magician представляет собой компактный учебный манипулятор, который содержит все основные узлы робототехнической системы. Его механические узлы включают манипулятор с несколькими степенями свободы и различными инструментами, такими как механический захват и пневматический захват. Электрические компоненты — шаговые двигатели для управления движением и датчики обратной связи, регистрирующие объекты, находящиеся на конвейерной ленте. Программное обеспечение DOBOT Studio

позволяет программировать его для выполнения различных задач, от простых движений до сложных операций в автоматическом режиме.

Состав и устройство манипулятора

Изучение учебного манипулятора DOBOT Magician на примере основных узлов робототехнической системы показывает, как эти узлы взаимодействуют друг с другом и каким образом они используются для выполнения инженерных задач в области робототехники и автоматизации. Понимание работы механических, электрических и программных компонентов робототехнических систем обеспечивает основу для создания и разработки собственных роботов и автоматизированных систем в различных областях, таких как производство, медицина, исследования и многих других. Далее мы подробно рассмотрим каждый узел DOBOT Magician, чтобы лучше понять их роль в общей механике робота.

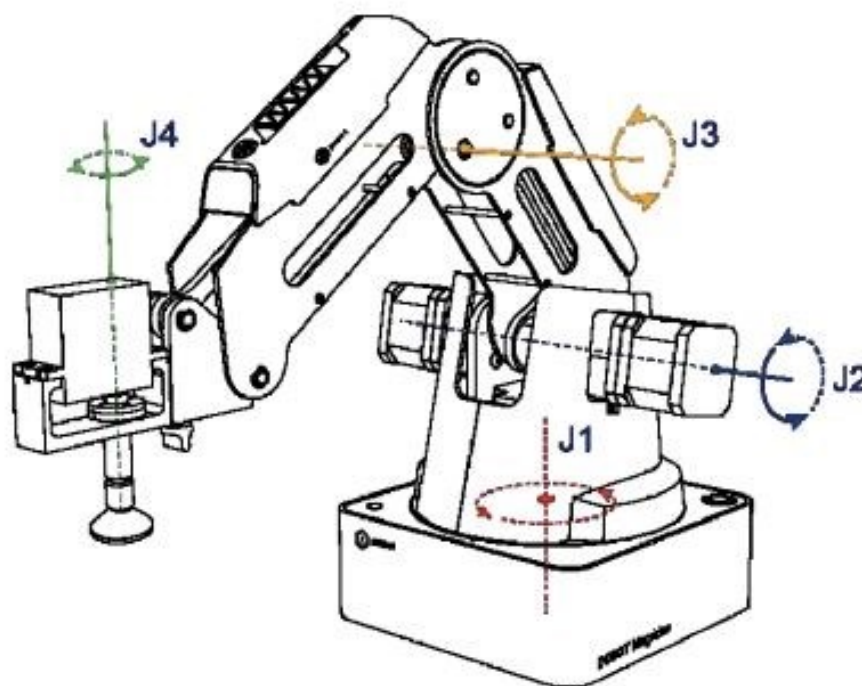
Основание соединяется с колонной при помощи вала, двигателя и подшипника. Плечо к колонне крепится также посредством вала, подшипника и двигателя. Стрела и плечо соединены рычагом первого рода. Для того чтобы рабочий инструмент всегда находился под одним и тем же углом к плоскости горизонта, используются рычаги, которые соединены между собой в виде параллелограмма. Один параллелограмм крепится к площадке рабочего инструмента и находится внутри стрелы, второй размещен внутри плеча. Второй параллелограмм (внутри плеча) заставляет первый (внутри стрелы) двигаться, то есть при любом движении стрелы и площадки рабочего инструмента стороны рычагов всегда параллельны друг другу. Рабочий инструмент вставляется в специальное отверстие в площадке и фиксируется. Сервопривод крепится к рабочему инструменту при помощи болтов, а к манипулятору — специальным проводом.

Рабочий инструмент манипулятора DOBOT Magician имеет несколько модификаций: вакуумный захват (присасывает предметы с относительно

гладкой поверхностью), механический захват (захватывает предметы с рельефной поверхностью), захват для пишущего инструмента (позволяет писать и рисовать на ровной поверхности), экструдер (печатает 3D-элементы), лазерный гравёр (гравировает или отрезает лазером).



Внутри колонны манипулятора и на ней крепится три шаговых двигателя, один из которых (внутри колонны) соединен с основанием и отвечает за вращение в горизонтальной плоскости всего манипулятора относительно основания (ось вращения перпендикулярна основанию).



Еще два двигателя расположены снаружи колонны: один отвечает за движение плеча (ось вращения параллельна основанию), другой — за движение стрелы относительно плеча (ось вращения параллельна основанию). Рабочий инструмент вращается сервоприводом. Для того чтобы провода не путались и

не попадали под рабочий инструмент, разъемы для датчиков и исполнительных устройств, в том числе для сервопривода рабочего инструмента, находятся на стреле.

Опорная конструкция (или основание) снизу снабжена противоскользящими накладками, чтобы манипулятор надежно фиксировался на поверхности и не скользил во время работы. При этом основание манипулятора должно быть достаточно массивным, чтобы оборудование обладало устойчивостью, даже если необходимо добраться до далеко отстоящих объектов. На верхней части основания располагаются кнопка включения и индикатор состояния. Красный цвет индикатора означает, что манипулятор не включился или рабочий инструмент находится вне рабочей зоны, зеленый — манипулятор готов к работе. На боковой поверхности размещены разъемы для подключения питания. На основании находится сам манипулятор, состоящий из колонны, плеча, стрелы, площадки для рабочего инструмента, рабочего инструмента и сервопривода. Рассмотрите манипулятор и ответьте на вопросы.

Вопросы

1. Что может делать робот-манипулятор?
2. Какие применения роботов-манипуляторов в жизни вы знаете?
3. Как элементы манипулятора соединены между собой?
4. За счет чего происходит движение элементов манипулятора?

Важно!

*На стреле предусмотрена **кнопка** разблокировки шаговых двигателей. Для чего она нужна? Когда манипулятор находится во включенном состоянии, попытка смены положения рабочего инструмента вручную с приложением усилий может привести к поломке двигателей. Чтобы этого избежать, необходимо **нажимать на кнопку**.*

Практическая работа «Устройство манипулятора»



Цель: понять функциональное назначение каждого узла и его взаимосвязь с другими частями манипулятора.

Алгоритм выполнения работы

1. Изучите функциональные узлы манипулятора.
2. Опишите основные характеристики каждого узла.
3. Укажите взаимосвязь узла с другими частями системы.
4. Заполните таблицу.

Для заполнения таблицы используйте набор тезисов:

1. Взаимосвязь с другими узлами
2. Контролирует вертикальное движение
3. Подключается к основной конструкции манипулятора и к системе управления
4. Обеспечивает вращение манипулятора по горизонтали
5. Связана с верхним блоком и основной конструкцией
6. Позволяет захватывать и перемещать предметы с помощью вакуума

7. Подключается к механизму захвата на конце манипулятора и к системе управления

8. Фиксирует объекты для перемещения

9. Присоединяется к концу манипулятора и к системе управления

10. Предоставляет базовую поддержку манипулятора

11. Поддерживает все остальные узлы манипулятора и обеспечивает его мобильность

12. Контролирует движение и операции манипулятора

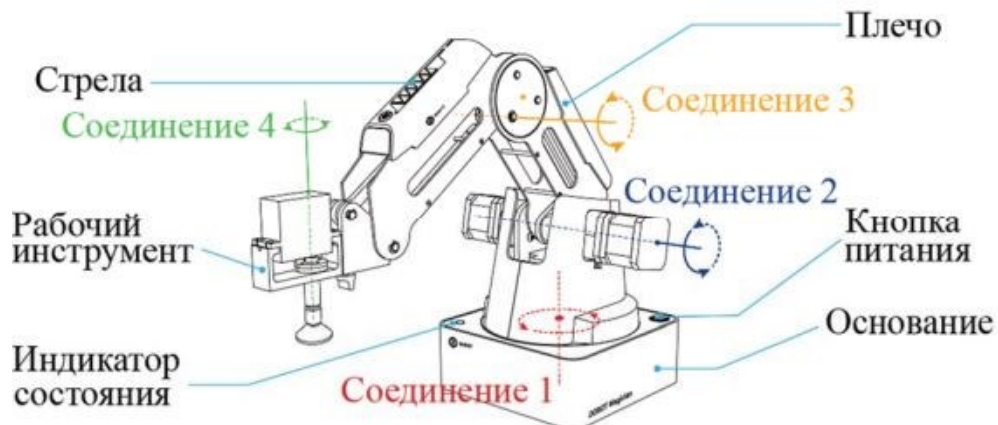
13. Подключается ко всем узлам манипулятора для координированного управления

Узел	Функциональное назначение	Взаимосвязь с другими узлами
Верхний сервопривод		
Вращающаяся платформа		
Вакуумный захват		
Механизм захвата		
Система управления		

Примечание.

Работа выполняется с использованием манипулятора с вакуумным захватом.

Механические узлы. Кинематика манипулятора



Изучение конструкции манипулятора и его кинематики позволяет понять, каким образом робот перемещается в пространстве и какие ограничения имеются при его движении.



Для того чтобы оператор научился качественно управлять манипулятором, манипулятор должен войти в его «схему тела», то есть он должен ощущаться как продолжение рук. Это возможно только в том случае, когда понятна логика движения всех его частей по отдельности и в совокупности. Только тогда оператор сможет безошибочно выполнять сложные действия. При этом для манипуляций с предметами необходимо представлять точное местоположение этих предметов относительно манипулятора, чтобы «объяснить» инструменту,

как до них добраться. По сути, так работают абсолютно все машины, совершающие перемещения объектов, будь то экскаватор, подъемный кран или квадрокоптер.

Использование манипулятора DOBOT Magician развивает моторику и пространственное воображение, а также служит пропедевтикой таких математических тем, как *метод координат, система координат, координатные плоскости*.

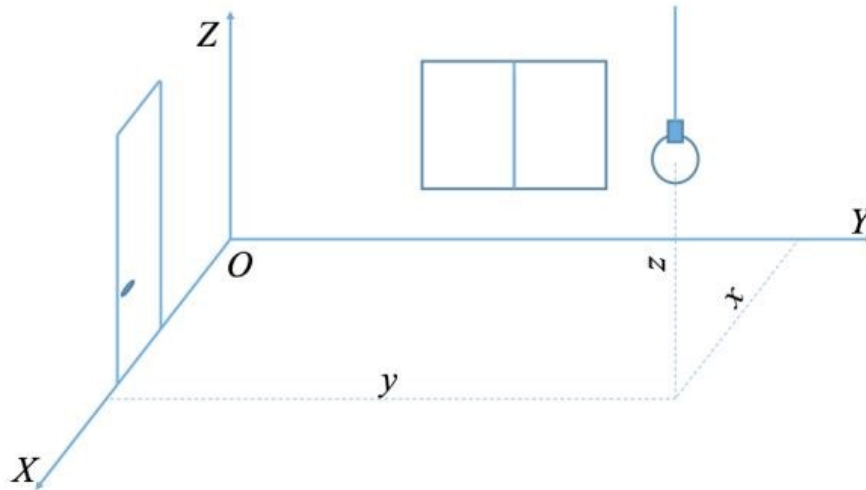
Система координат и ее разновидности

Для точного определения положения предмета в пространстве используется специальная система отсчета — система координат.

Вопросы

1. Что такое система координат?
2. Какие системы координат существуют и чем отличается декартова (прямоугольная) система координат от сферической?

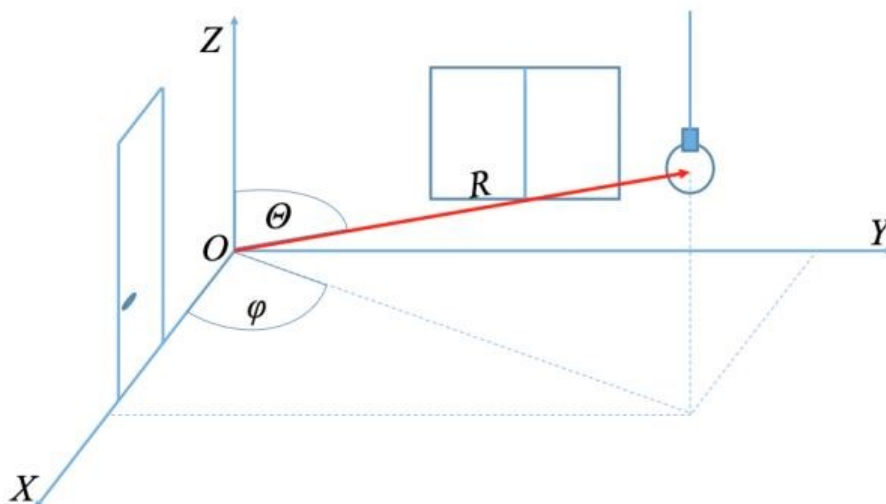
Представьте, что вы зашли в комнату, остановились на пороге и посмотрели в левый от входа угол. Плинтус под стеной с дверью — это ось X , плинтус под перпендикулярной стеной (с окном) — ось Y , а направление от стыка плинтусов к потолку — ось Z . Место пересечения всех трех осей — точка O , которая будет выступать в качестве начала координат. Это декартова (или прямоугольная) система координат.



Обратите внимание на то, что мы произвольно назначили началом координат именно нижний левый угол. С тем же успехом это мог быть верхний левый угол или любой другой угол комнаты. Однако, где бы мы ни расположили точку начала координат, взаимное направление осей координат всегда должно остаться неизменным.

Для того чтобы в декартовой системе координат описать положение любого предмета (например, лампочки под потолком), потребуется указать три его координаты: Z — кратчайшее расстояние от этого предмета до пола, Y — расстояние до стены с дверью, X — до стены с окном.

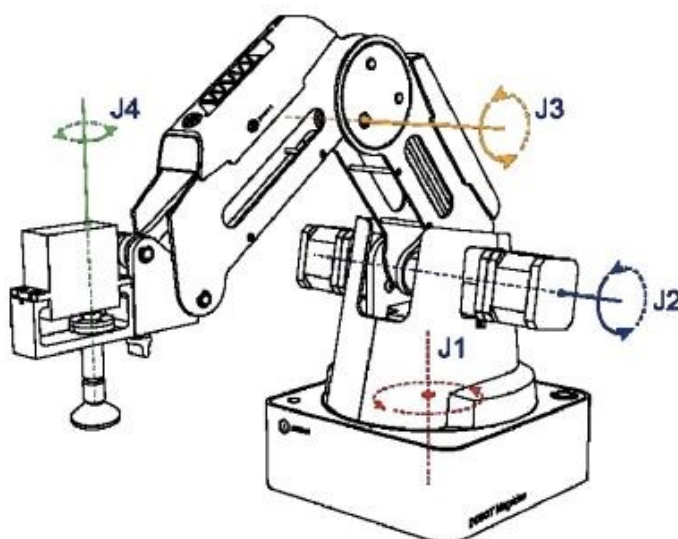
Можно описать положение предмета и другим способом. Для этого проведем радиус-вектор R от центра координат до предмета (в нашем случае от угла O до лампочки).



Далее укажем длину этого радиуса-вектора, угол от него до линии вертикального подъема над точкой начала координат (так называемый зенитный угол) и азимутальный угол. Азимутальный угол — это угол между радиусом-вектором, идущим от точки начала координат до точки пересечения линии вертикального спуска с лампочки и пола, и другим лучом этой плоскости, имеющим общее начало с R . Так выглядит сферическая система координат.

Работа двигателей в сферической системе координат

Если мы будем использовать по отдельности любой двигатель манипулятора, то рабочий инструмент опишет окружность в горизонтальной или вертикальной плоскости. Для перемещения предмета из точки А в точку Б достаточно задействовать один двигатель. Если задействовать два двигателя, оси которых перпендикулярны друг другу, рабочий инструмент манипулятора сможет попасть в любую точку сферы, но при этом не сможет приближаться к точке начала координат манипулятора и отдаляться от нее. Расширить зону действия помогает третий двигатель.



Совместная работа двух вертикальных двигателей обеспечивает изменение длины радиус-вектора.

Декартова система координат — это прямолинейная система координат с взаимно перпендикулярными осями на плоскости или в пространстве.

Координата — это число, определяющее положение точки в системе координат.

Координатная плоскость — это плоскость, на которой задана определенная система координат.

Метод координат — это способ определять положение точки или тела с помощью чисел или других символов.

Полярная система координат — это двумерная система координат, в которой каждая точка на плоскости определяется двумя числами: полярным углом и полярным радиусом.

Система координат — это система отсчета, используемая для определения положения точки в пространстве с помощью чисел или других символов.

Сферическая система координат — это система координат для отображения геометрических свойств фигуры в трех измерениях посредством задания трех координат: кратчайшего расстояния до начала координат (радиальное расстояние), зенитного угла, азимутального угла.

«Схема тела» — это нейрофизиологический феномен, при котором ощущение человеком размеров своего тела расширяется до границ инструментов, которыми он пользуется.

Практическая работа «Работа с виртуальным манипулятором»

Цель: изучить механизмы манипулятора и определить количество степеней подвижности.

Алгоритм выполнения

1. Откройте виртуальную лабораторию МЭШ «Технология. Моделирование роботов».
2. Запустите визуализацию.
3. Изучите структуру манипулятора и определите отдельные сегменты или сочленения.
4. Проанализируйте управляющую программу.
5. Заполните таблицу. Укажите значение каждого параметра.

Виртуальная лаборатория «Технология. Моделирование роботов»

Сцена «Перемещение предмета»



Контролируемый параметр	Значение
Тип движения	
Количество степеней подвижности	
Количество сервоприводов	
Количество степеней подвижности, задействованные в процессе перемещения объекта	

Вопросы

1. Каково основное предназначение робота-манипулятора?
2. Какие преимущества имеет манипулятор с большим количеством степеней подвижности?
3. Как можно расширить функциональные возможности робота-манипулятора?

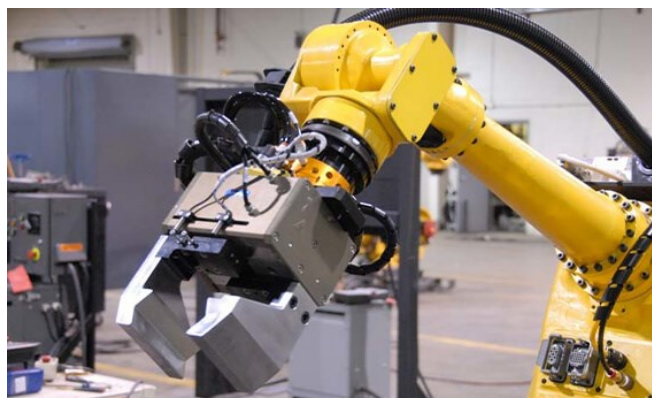
Электрические узлы и управление двигателями робота.

Учебный манипулятор Dobot Magician и производственные образцы

Электрические узлы манипуляторов обеспечивают их работоспособность, точность и надежность. На примере учебного манипулятора Dobot Magician и производственного робота можно рассмотреть особенности конструкции, управления двигателями и систем обратной связи.

Dobot Magician выполнен из легких материалов, таких как алюминиевые сплавы и пластик, что снижает стоимость и упрощает обслуживание. Его конструкция оптимизирована для обучения: робот устойчив, компактный и безопасный для использования в учебных аудиториях. В производственных манипуляторах применяются более прочные материалы, например, высокопрочные стали и композиты, что обеспечивает долговечность и надежность при эксплуатации в сложных условиях. Конструкция таких роботов

позволяет выдерживать большие нагрузки и часто предусматривает модульность для последующих модификаций.



В Dobot Magician используются шаговые двигатели, которые обеспечивают плавность и точность движений. Управление этими двигателями осуществляется через встроенные драйверы с использованием простых алгоритмов, таких как микрошаговое управление. Это позволяет, используя образовательную инженерную платформу, изучить базовые принципы работы шаговых двигателей и их применения.

Производственные манипуляторы, как правило, оснащаются более мощными серводвигателями, которые обеспечивают большую скорость и нагрузочную способность. Управление в таких системах включает сложные алгоритмы, такие как векторное управление (FOC), позволяющие повысить производительность и энергоэффективность.

Dobot Magician оснащен базовыми датчиками обратной связи, такими как энкодеры, которые фиксируют положение осей. Это позволяет изучить принципы обратной связи и калибровки робота. Для задач обучения этого достаточно, но в производственных роботах используются более сложные системы: датчики момента, линейные энкодеры и гироскопы. Они обеспечивают высокую точность и стабильность движения, а также позволяют компенсировать внешние воздействия.

Образовательное решение Dobot Magician используется, как упрощенная модель, позволяющая на практике освоить принципы управления роботами и работы их электрических узлов. Производственные образцы, благодаря более сложным конструктивным и электронным решениям, ориентированы на выполнение задач высокой сложности, что делает их незаменимыми в автоматизации современных производств.

Виды конструкций и обеспечение их функциональности

На данном этапе мы рассмотрим классификацию и функции различных типов роботов, основываясь на их конструктивных особенностях.



Все существующие роботы могут быть условно разделены на три основные категории:

1. **Манипуляционные механизмы**, известные как «промышленные роботы», — эти устройства обычно используются для автоматизации процессов перемещения объектов или выполнения сложных производственных задач. Они обычно состоят из трех ключевых компонентов: базы, плеча и руки, могут быть запрограммированы для выполнения различных задач.

2. **Мобильные роботы** предназначены для передвижения по различным поверхностям, таким как земля, вода, воздух или даже космическое пространство. Они обычно оснащены колесами, гусеницами или ногами для передвижения и могут быть дополнительно оснащены датчиками и камерами, чтобы помочь им в навигации и выполнении своих задач.

3. **Комбинированные роботы** сочетают в себе функции манипуляционных и мобильных роботов, что позволяет им передвигаться по разным поверхностям и выполнять разнообразные задачи. Например, они могут использоваться для сборки деталей, сварки или других сложных операций.

В каждой из этих категорий существует множество подтипов роботов, каждый из которых разработан для выполнения определенных задач и функционирует в соответствии со своими специфическими характеристиками.

[Посмотрите видеофрагмент](#), демонстрирующий манипуляционные роботизированные комплексы с последовательной и параллельной кинематикой.

[Посмотрите видеофрагмент](#), демонстрирующий функциональность мобильных и комбинированных робототехнических систем.

Всенаправленное колесо или поликолесо — это колесо с небольшими дисками по окружности, перпендикулярными направлению вращения.

Особенность такого колеса заключается в том, что оно может приводиться в полную силу, но будет скользить в боковом направлении с большой лёгкостью.



Практическая работа «Работа с виртуальным манипулятором»

Цель: виртуальное проектирование концепции робота для выполнения определенной задачи.

Алгоритм выполнения работы

1. Разработайте концепцию робота для выполнения определенной задачи, выбрав подходящие типы конструкций. *Задачу сформулируйте самостоятельно.*
2. Обоснуйте инженерное решение с точки зрения конструкции и взаимодействия отдельных элементов.
3. Опишите преимущества и недостатки роботизированной конструкции.

Пример. Мобильная платформа с манипулятором для уборки школьных помещений

Обоснование выбора роботизированной конструкции. Школьные помещения имеют различные поверхности, включая полы, ковры и лестницы. Мобильная платформа обеспечит роботу возможность передвижения по всему школьному зданию, чтобы осуществлять уборку в разных зонах. Установленный на шасси манипулятор позволит роботу собирать мусор, вытирать пыль, убирать предметы с пола и даже подметать. Это позволит роботу эффективно выполнять разнообразные задачи уборки в школьных помещениях.

Особенности робота. Встроенная система навигации с датчиками поможет роботу избегать препятствий и ориентироваться в пространстве школьного здания. Робот оснащен интерфейсом программирования для задания маршрутов уборки и выполнения определенных задач в определенных зонах. Робот должен быть оборудован системой безопасности, предотвращающей столкновения с людьми и защищающей от несчастных случаев.

Преимущества. Уменьшение нагрузки на обслуживающий персонал школы.

Повышение уровня чистоты и гигиены в школьных помещениях.
Эффективное использование времени и ресурсов.

Недостатки. Высокие затраты на разработку и внедрение такого робота.
Необходимость обслуживания и технической поддержки робота со временем.

Конструирование прототипов и робототехнических устройств

Конструирование прототипов и робототехнических устройств — это важный этап в разработке инновационных технологий, позволяющий проверять идеи и концепции, тестировать функциональные возможности и выявлять потенциальные улучшения еще до начала массового производства. В современных условиях использование роботизированных платформ для создания прототипов становится все более востребованным благодаря их универсальности, точности и способности выполнять сложные задачи.

Одним из таких универсальных инструментов является роботизированный манипулятор DOBOT Magician. Использование манипулятора помогает глубже понять принципы конструирования робототехнических систем, их программирования и взаимодействия с окружающей средой. Рассмотрим несколько примеров.

Проект 1. Робот для автоматизированной сборки



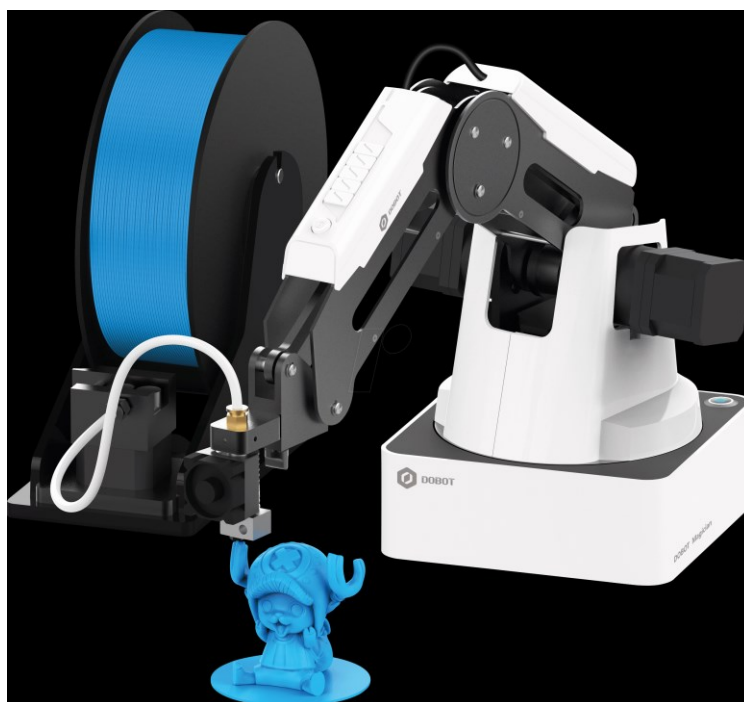
Цель проекта — создание прототипа робототехнического устройства для автоматической сборки компонентов. Робот должен быть запрограммирован на сборку изделий из отдельных частей, что симулирует процессы на сборочных линиях в промышленности.

Функциональность конструкции:

- программирование манипулятора для последовательного захвата и размещения деталей в заданных точках;
- использование датчиков для точного позиционирования и контроля процесса сборки;
- автоматизация работы с несколькими видами компонентов для создания более сложных конструкций.

Этот проект позволяет изучить основные принципы автоматизации и роботизированной сборки, которые широко используются в производственных процессах.

Проект 2. Прототип роботизированной 3D-печати



DOBOT Magician можно использовать для создания прототипов с помощью 3D-печати. В этом проекте робот превращается в устройство для

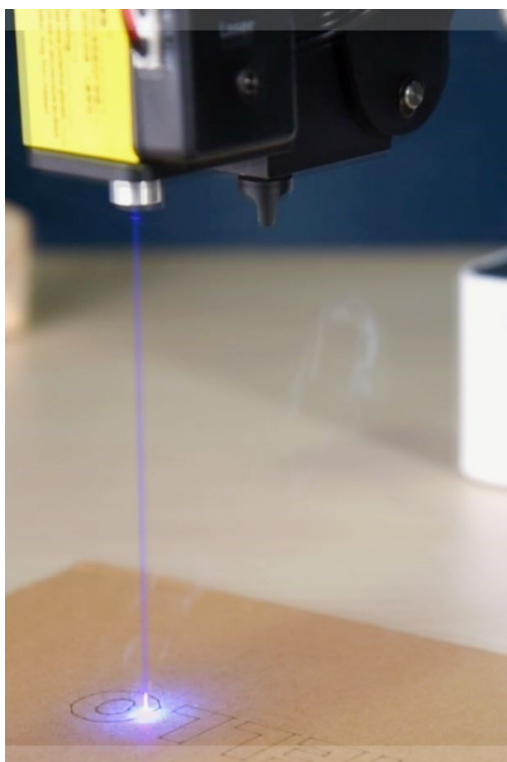
аддитивного производства, создавая трехмерные объекты из пластика или других материалов.

Функциональность конструкции:

- управление экструдером для послойного нанесения материала;
- программирование точных траекторий печати и контроля параметров печатного процесса;
- изучение основ создания трехмерных моделей и их воплощение в физическом виде.

Этот проект позволяет освоить технологии аддитивного производства и 3D-моделирования, которые становятся все более актуальными в современной инженерной практике.

Проект 3. Робот для точной лазерной гравировки



В этом проекте роботизированный манипулятор оснащается модулем лазера, что позволяет ему выполнять гравировку на различных поверхностях, таких как дерево, металл или пластик. Проект подходит для изучения

принципов работы лазеров, точного позиционирования и программирования сложных траекторий.

Функциональность конструкции:

- программирование манипулятора для точного перемещения лазера по заданной траектории;
- контроль мощности и времени воздействия лазера для создания качественной гравировки;
- работа с изображениями и векторами для переноса графических данных на материал.

Такой проект помогает развить навыки точного программирования движений и изучить принципы работы лазерных технологий.

Проект 4. Робот для сортировки объектов на производственной линии

Этот проект направлен на создание системы для автоматической сортировки предметов по заданным критериям (например, вес, цвет, форма). С помощью манипулятора можно построить функциональную модель производственной линии для учебных или исследовательских целей.



Функциональность конструкции:

- использование датчиков для анализа характеристик объектов (цвет, вес, форма);
- программирование манипулятора для автоматического захвата и сортировки предметов в зависимости от данных, полученных от датчиков;
- автоматизация процесса для повышения скорости и точности сортировки.

Такой проект развивает навыки работы с системами автоматизации, датчиками и алгоритмами принятия решений в реальном времени.

Конструирование прототипов на базе робототехнических устройств включает следующие этапы:

- *постановка задачи и определение требований.* На этом этапе определяется цель прототипа, его основные функции и параметры, а также условия, при которых он должен работать;
- *проектирование конструкции.* На этом этапе разрабатывается физическая и программная структура прототипа, которая включает компоненты, схемы работы, алгоритмы управления и интерфейсы с внешними устройствами;
- *программирование и настройка.* После разработки конструкции осуществляется программирование манипулятора для выполнения необходимых действий и операций;
- *тестирование и оптимизация.* Готовый прототип проходит тестирование для выявления ошибок и улучшения его работы. На этом этапе могут быть внесены изменения в конструкцию и программное обеспечение.
- *анализ результатов и выводы.* После успешного тестирования оценивается эффективность прототипа, делаются выводы о его потенциальном применении и возможностях для улучшения.

***Прототип** — это первоначальная версия изделия или устройства, созданная для тестирования и проверки его функциональности. Прототипы позволяют инженерам и разработчикам проверять идеи, выявлять проблемы*

и вносить улучшения на ранних этапах разработки. В области робототехники прототип может включать механические компоненты, программное обеспечение и элементы управления.

Модульность — это свойство конструкции, которое подразумевает возможность замены или добавления различных функциональных модулей без полной перестройки системы. В робототехнике модульность позволяет интегрировать различные исполнительные механизмы (например, захваты, лазеры, экструдеры) для выполнения различных задач с одним устройством.

Автоматизация — это процесс выполнения задач и операций без участия человека, с использованием машин и программного обеспечения. В робототехнических системах автоматизация включает управление действиями роботов для выполнения заранее запрограммированных операций, таких как сборка, сортировка или обработка данных.

Степени свободы — это количество независимых параметров, определяющих положение и движение объекта в пространстве. В роботизированных манипуляторах степени свободы относятся к числу подвижных соединений (шарниров или осей), которые позволяют роботу перемещаться и вращаться в различных направлениях.

Алгоритм — это четкая последовательность действий, которая позволяет решить задачу или выполнить определенную операцию. В контексте робототехники алгоритмы задают манипулятору последовательность команд, которые он должен выполнить для выполнения задачи, например, захвата и перемещения объекта.

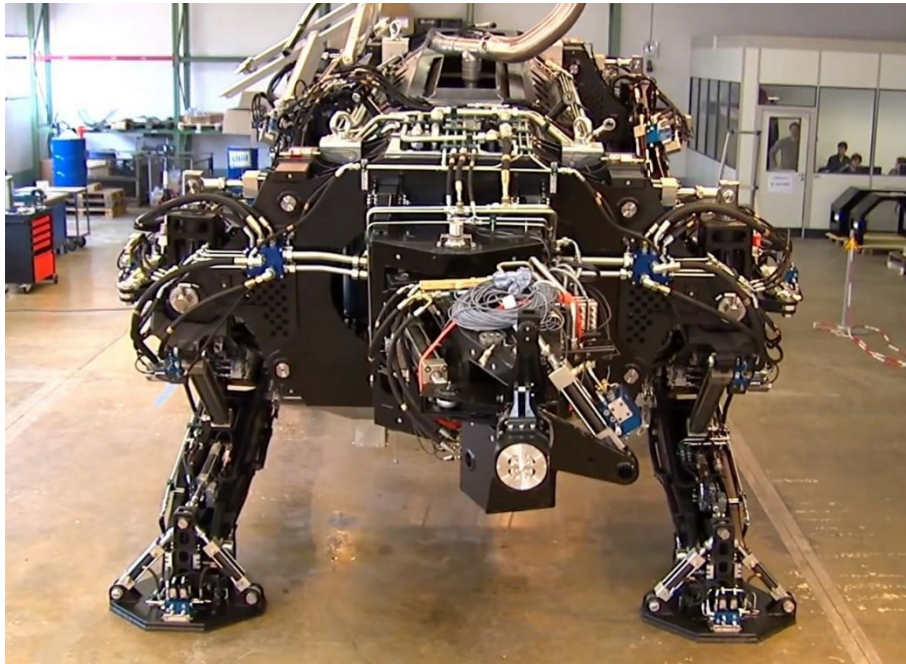
Роботизированный манипулятор предоставляет широкий спектр возможностей для конструирования прототипов и робототехнических устройств. Создаваемые проекты помогают освоить принципы робототехники, автоматизации и программирования, а также развить навыки, необходимые для работы в современных высокотехнологичных отраслях. Конструирование прототипов — не только полезный учебный процесс, но и возможность воплощать в жизнь реальные инновационные идеи.

Вопросы

1. Что такое прототип и какова его роль в процессе разработки робототехнических устройств?
2. Что подразумевается под понятием «модульность» в робототехнике? Какие преимущества она дает при создании прототипов?
3. Какие этапы включает процесс конструирования прототипов с использованием робототехнических систем?
4. Какое значение имеют датчики в робототехнических устройствах? Как они помогают обеспечить точность выполнения задач?
5. В чем заключается автоматизация процессов в робототехнических системах и как она реализуется на практике с помощью программирования?

Обеспечение жесткости и прочности конструкций роботов

Жесткость и прочность – ключевые характеристики конструкции любого робота. От них зависит точность движений, долговечность и безопасность работы.



Факторы, влияющие на жесткость и прочность конструкции

- **Материал.** Металлы (сталь, алюминий, титан), композиты, пластики. Каждый материал обладает уникальным сочетанием прочности, веса и стоимости.
- **Геометрия.** Форма и размеры элементов конструкции. Оптимизация геометрии позволяет снизить вес и повысить жесткость.
- **Соединения.** Сварка, клепка, болтовые соединения. Выбор типа соединения зависит от требований к прочности, точности и стоимости.
- **Нагрузки.** Статические (вес робота, внешние силы), динамические (вибрации, удары). Расчет нагрузок позволяет определить необходимые размеры элементов конструкции.

Методы повышения жесткости и прочности

- Усиление элементов. Добавление ребер жесткости, использование профилей вместо листов.
- Оптимизация геометрии. Использование элементов с минимальной площадью поверхности при сохранении необходимой прочности.
- Применение композитных материалов. Композиты позволяют создавать легкие и прочные конструкции.
- Использование симуляционного моделирования. Компьютерное моделирование позволяет оценить прочность конструкции до ее изготовления.

Важность жесткости и прочности

- Точность движений. Гибкая конструкция приводит к потере точности позиционирования.
- Долговечность. Недостаточная прочность может привести к преждевременному износу или поломке.
- Безопасность. Прочная конструкция защищает робота и окружающих от повреждений.

Примеры применения роботов

- Промышленные роботы. Требуется высокая жесткость для точного выполнения операций.
- Роботы-манипуляторы. Необходима прочная конструкция для работы с тяжелыми грузами.
- Роботы для экстремальных условий. Требуется высокая прочность и устойчивость к внешним воздействиям.

Для обеспечения жесткости и прочности конструкций роботов инженеры-робототехники решают комплексную задачу, требующую учета множества факторов. Оптимальное решение зависит от конкретных условий эксплуатации робота.

Вопросы

1. Почему жесткость и прочность так важны для роботов?
2. Какие материалы чаще всего используют для создания прочных и легких конструкций роботов?
3. Как геометрия элементов конструкции влияет на ее прочность и жесткость? Приведите примеры.
4. Какие методы используют инженеры для повышения жесткости и прочности роботов? Опишите один из них подробнее.
5. Представьте, что вы создаете робота для работы на строительной площадке. Какие требования к прочности и жесткости будут для него наиболее важными? Обоснуйте свой ответ.

Практическая работа «Оценка прочности конструкции робота»

Задание. Создайте макет робота из деталей конструктора и проведите эксперименты по определению прочности конструкции. В случае отсутствия робототехнического набора соберите робота, используя картон, клей и другие доступные материалы.

Проведите следующие испытания:

1. Испытание на устойчивость. Поставьте робота на ровную поверхность и попробуйте его опрокинуть.
2. Испытание на прочность соединений. Попытайтесь разорвать соединения между деталями робота вручную.
3. Испытание на гибкость. Согните конечности робота и проверьте, насколько они устойчивы к деформации.
4. Запишите результаты экспериментов и сделайте выводы о прочности конструкции вашего робота.

Вопросы

1. Какие материалы и инструменты вы использовали для создания макета робота?
2. Опишите процесс сборки макета робота, включая используемые детали и соединения.
3. Опишите результаты каждого испытания и их влияние на конструкцию робота.
4. Какие улучшения или модификации вы бы внесли в конструкцию робота, чтобы повысить его прочность?
5. Как вы считаете, какие ещё факторы могут влиять на прочность конструкции робота и как их учесть при разработке и тестировании?

Практикум «Роботизированная маркировка изделий»

Цель: сконструировать прототип автоматизированной лазерной резки и выполнить гравировку логотипа.

Используемое оборудование и материалы: робот-манипулятор DOBOT Magician, модуль лазерной гравировки, компьютер с установленной программой DobotStudio, учебно-методическое пособие «DOBOT Magician. Образовательная инженерная платформа», картон, специальное стекло, бумажный скотч.

Задание

Используя инструкцию или собственный замысел, сконструируйте роботизированную систему для лазерной резки. Система должна включать коллаборативного робота, лазерный аппарат и программное обеспечение для создания траекторий движения робота. Робот должен обеспечивать высокую точность и качество резки. Импортируйте эскиз фирменного знака предприятия и выполните гравировку созданного изображения.

Алгоритм выполнения задания

1. Соберите конструкцию роботизированной установки.
2. Загрузите на компьютер изображение для выполнения гравировки.
3. Положите лист картона на стеклянную поверхность (входит в комплект), которая должна находиться в рабочей зоне манипулятора, и зафиксируйте его с помощью бумажного скотча.
4. Зайдите в режим «Лазерная гравировка».
5. Установите манипулятор в исходное положение (нажмите кнопку «Домой»).
6. Настройте фокус рабочего инструмента в соответствии с Инструкцией по настройке фокуса.

7. Импортируйте загруженный файл (кнопка «Откр») в программное обеспечение DobotStudio.

8. Откорректируйте положение и масштаб изображения.

9. Нажмите кнопку «Синхр».

10. Нажмите кнопку «Старт» для выполнения гравировки.

11. Важно! Все работы по настройке лазерного луча необходимо проводить в защитных очках и с соблюдением требований техники безопасности.



Краткий теоретический материал к практической работе

Лазерная гравировка — это высокотехнологичный прогрессивный метод нанесения изображения или текста на поверхность различных материалов. С ее помощью можно наносить сложнейшие оригинальные рисунки, придающие эксклюзивность любым объектам, поскольку лазерный луч способен воспроизвести мельчайшие детали изображения с максимальной точностью, а бесконтактная обработка материалов обеспечивает отсутствие повреждений обрабатываемых поверхностей. При этом лазерная гравировка является постоянной и устойчивой к истиранию.

С помощью модуля лазерной гравировки манипулятор DOBOT Magician может гравировать на различных материалах, например, на бумаге, дереве, коже.

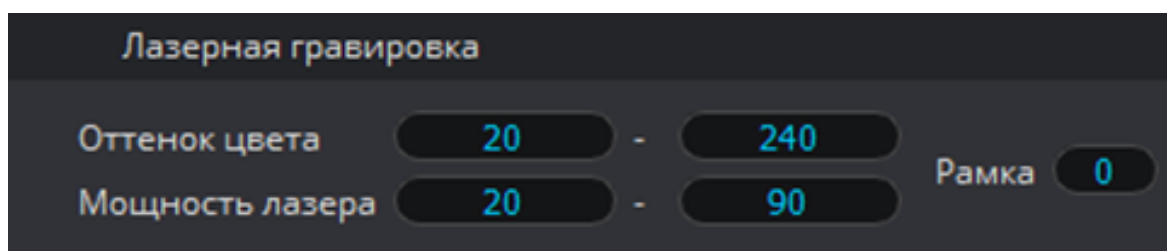
Рабочая зона режима лазерной гравировки расположена между двумя дугами с диаметрами 200 мм и 315 мм. Если изображение или текст выходят за пределы рабочей зоны, то изображение будет иметь красный цвет вместо синего. Режим лазерной гравировки работает с растровой картинкой в формате BMP, JPEG или PNG. Растровый механизм предусматривает создание графического образа с помощью точек и пикселей высокой разрешающей способности.



Интерфейс режима лазерной гравировки

Перед выполнением гравировки необходимо провести настройку фокуса рабочего инструмента. Оптимальной фокусировкой является такое положение лазера, при котором видимая точка на обрабатываемой поверхности имеет минимальный размер из возможных.

Глубина гравировки обрабатываемого изделия непосредственно зависит от мощности лазера. При фокусировке луча в пятно с наименьшим диаметром происходит высокотемпературное воздействие на поверхность материала, и при движении этого пучка энергии происходит выжигание изображения или текста на поверхности. Повышение мощности изменяет глубину и толщину проникновения луча, обеспечивает прорезывание (так называемую лазерную резку) обрабатываемого материала.



Настройка параметров лазерной обработки

Лазерная гравировка изделий пользуется широкой популярностью. С помощью этой технологии можно нанести наименование, указать параметры, написать номер партии, разместить фирменный знак, выполнить украшение сувенира.

Фирменный знак — это визуальный символ, представляющий идентичность компании. Это яркое изображение, которое отражает суть бренда для улучшения узнаваемости и распознаваемости в обществе. Фирменные знаки обычно более абстрактны или минималистичны по своему дизайну.

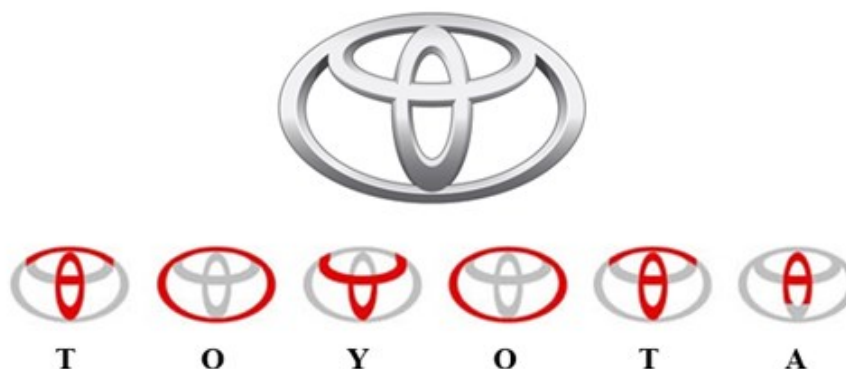
Отрасль	Примеры фирменных знаков
Телекоммуникации и информационные технологии	
Индустрия моды и косметика	
Общественное питание	

Примеры фирменных знаков известных компаний в различных отраслях экономики

Например, фирменный знак японской автомобилестроительной корпорации Toyota состоит из трех овалов (эллипсов) разного размера. Два из них пересекаются и образуют фигуру, напоминающую букву Т, с которой

начинается наименование автопроизводителя, также это пересечение символизирует тесную связь между сердцами клиентов и сердцем корпорации.

В трех пересекающихся овалах заключены все буквы, используемые для написания названия компании. Большой овал — это символ окружающего мира, который отражает известность и популярность продукции компании на всей планете.



Значение фирменного знака Toyota

Техника безопасности при работе с лазерным гравером

1. Используйте специальные защитные очки при работе с лазером.
2. Не начинайте работу с лазером без разрешения преподавателя.
3. Перед началом работы убедитесь в исправности манипулятора и его комплектующих.
4. Убедитесь в готовности рабочего места к началу работы: рабочая поверхность перед манипулятором должна быть очищена от загрязнений и посторонних предметов.
5. Избегайте попадания рук, других частей тела, волос и одежды в рабочую зону лазера.
6. Нельзя направлять лазер на человека и его одежду.
7. При работе лазера не смотрите на его луч.
8. Не оставляйте работающее оборудование без присмотра.

9. В случае обнаружения неисправности отключите манипулятор и поставьте в известность преподавателя.

10. Не пытайтесь самостоятельно чинить неисправный манипулятор.

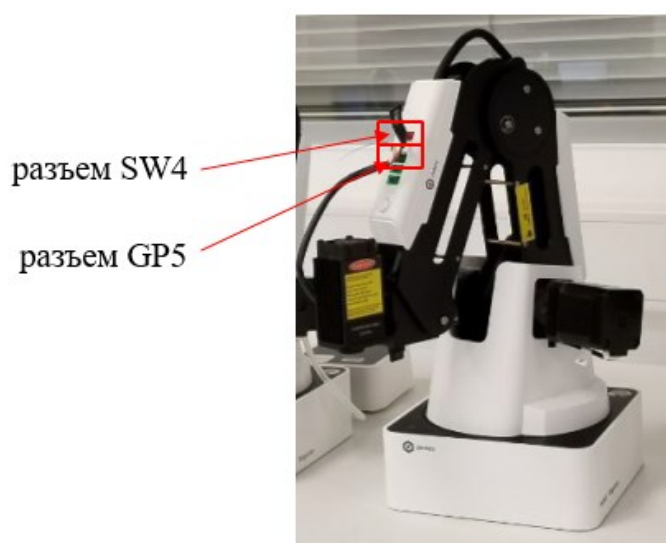
11. По окончании работы отключите оборудование от электропитания.

Инструкция по установке модуля лазерной гравировки

Важно! При подключении лазерного гравера манипулятор DOBOT Magician должен быть отключен от сети.

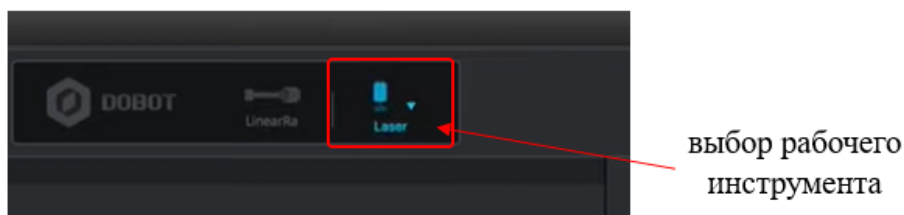
1. Установите лазерный гравер на манипуляторе, используя винт-бабочку на площадке для крепления рабочего инструмента.

2. Подключите провод питания SW4 и провод управления GP5 в соответствующие разъемы SW4 и GP5 на стреле манипулятора.



3. Включите ПК, запустите ПО DobotStudio и выполните подключение манипулятора к компьютеру.

4. Смените тип рабочего инструмента: нажмите на раскрывающийся список, расположенный в верхней центральной части окна, и выберите пункт «Лазер».



Инструкция по настройке фокуса рабочего инструмента

1. Перемещайте манипулятор по оси Z, используя панель управления, для определения оптимального положения рабочего инструмента. Поднимайте и опускайте высоту лазерного гравера до тех пор, пока лазер не станет самым ярким с наименьшим возможным размером пятна.

2. После получения подходящей фокусировки снимите флажок «Лазер» на странице панели управления, чтобы выключить лазер.

3. Если не получается настроить лазер на минимальную фокусировку, вероятнее всего, используется слишком длинное фокусное расстояние. Чтобы уменьшить фокусное расстояние, слегка поверните кольцо объектива в нижней части лазерного гравера.

Важно! Регулировать кольцо объектива можно только при выключенном лазере!

4. Нажмите кнопку «Авто Z», расположенную над окном с рабочей зоной манипулятора. Значение высоты будет сохранено.

Задания

1. Опишите смысл созданного вами фирменного знака.
2. Оцените качество выполненной работы.
3. Сделайте вывод. Каким образом настройки лазерной гравировки влияют на качество исполнения? Какие параметры пришлось менять в ходе выполнения задания?

Вопросы

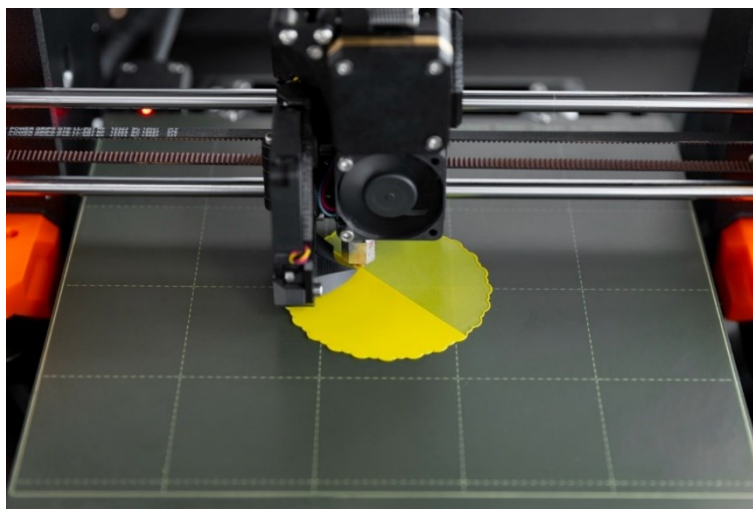
1. В чем особенности и преимущества лазерной гравировки?

2. В чем заключается принцип действия лазерного гравера?
3. Каким образом происходит создание графического образа с помощью лазерного гравера?
4. В чем отличия растровой гравировки от векторной?
5. Какие параметры настройки лазерного луча необходимо изменить, чтобы вместо лазерной гравировки получилась лазерная резка?
6. На каких материалах может гравировать DOBOT Magician? Опишите принцип действия лазерного гравера.

ГЛАВА 3. АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

3D-печать — это автоматизированный процесс аддитивного производства, при котором 3D-принтер создает физическую модель на основе цифровых данных (3D-объект). Существует ряд различных технологий 3D-печати, но наиболее часто используется технология, называемая FFF (Fused Filament Fabrication — изготовление наплавлением волокон).

В отличие от субтрактивных технологий производства, где с изготавливаемого объекта снимается лишний материал, 3D-печать является аддитивным технологическим процессом, при котором объект создается послойным нанесением материала. Слои сплавляются между собой для получения монолитного 3D-объекта.



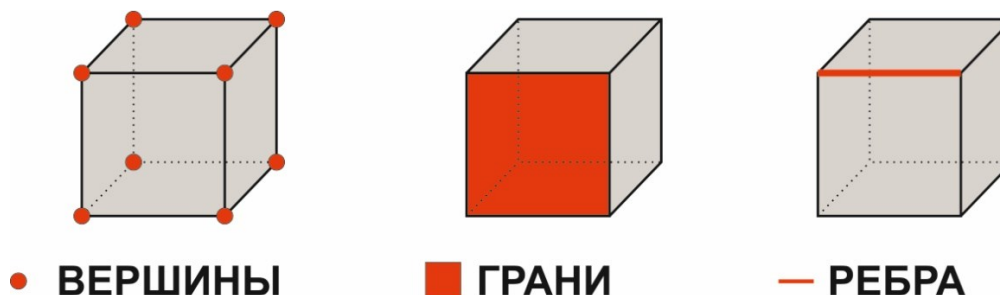
Вопросы

1. Приведите примеры объектов, полученных послойным нанесением материала.
2. В каких случаях предпочтительно использовать аддитивные технологии, а в каких — субтрактивные?
3. Какие перспективные направления развития существуют для 3D-печати?
4. Как 3D-печать может повлиять на устойчивое производство и экологию?

Геометрические примитивы и эскизирование

Геометрические объекты состоят из **примитивов**. Примитивами являются:

- вершина,
- ребро,
- грань.



Вершина — примитив, представляющий собой точку либо окончание ребра. Частным случаем вершины является ребро нулевой длины (например, вершина конуса).

Ребро — примитив, представляющий собой участок кривой либо граничной линии грани, ограниченный вершинами и не содержащий внутри себя других вершин. В частных случаях ребро может не ограничиваться вершинами (замкнутые ребра).

Грань — примитив, представляющий собой часть поверхности либо поверхность, ограниченную ребрами и не содержащую внутри себя других ребер. В частных случаях грань может не ограничиваться ребрами (например, сферические и тороидальные грани).

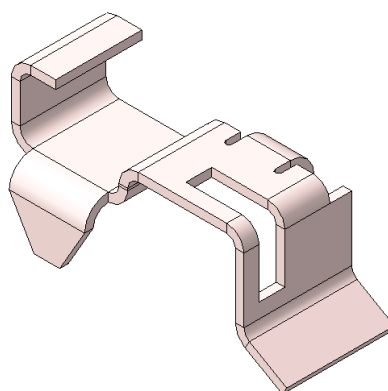
Такие объекты, как плоскости и оси, не имеют примитивов. Остальные объекты, в зависимости от своего типа, состоят из одного или нескольких примитивов. Например, объект «точка» состоит из одной вершины, ломаные и эскизы — из ребер и вершин, тела — из ребер, вершин и граней.

Тело — объект модели, имеющий некоторый объем и соотнесенный с каким-либо материалом. Тело не имеет самостоятельного файлового представления.

Тело, как правило, представляет собой совокупность граней, ребер и вершин. В частном случае тело может быть представлено одной гранью (например, сферическое и тороидальное тела).

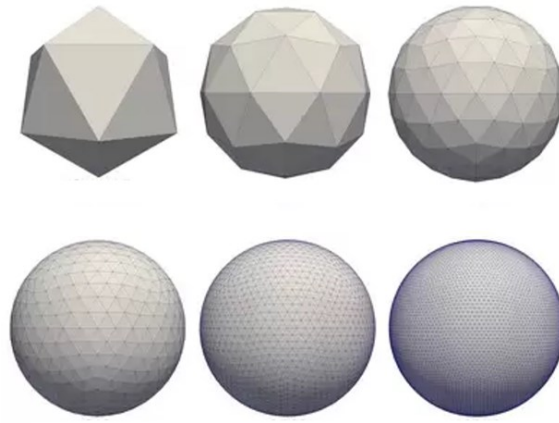
Грани тела образуют замкнутую поверхность. Нарушение замкнутости приводит к нарушению целостности тела.

Особый вид тел — **листовые тела**. Они предназначены для моделирования деталей, полученных из листового материала с помощью операций гибки.

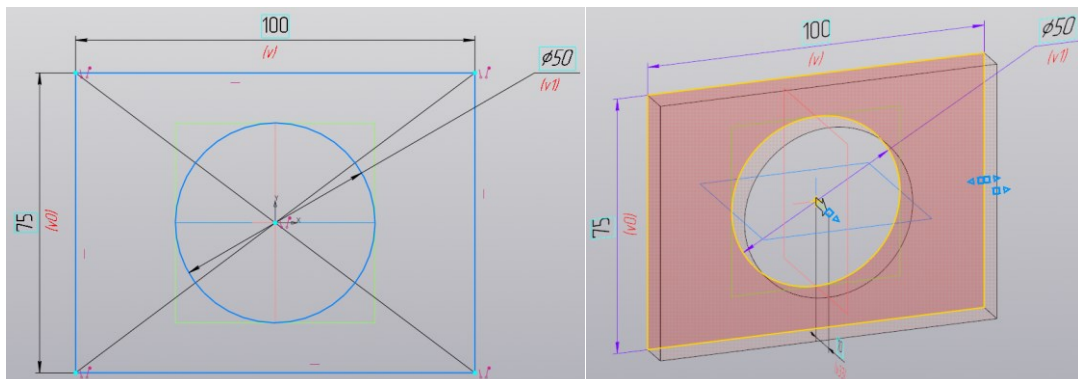


Поверхность — геометрический объект, представленный связной совокупностью граней или одной гранью. Грани поверхности не могут являться гранями каких-либо других объектов (других поверхностей, тел).

Полигональный объект — объект модели, представляющий данные о поверхности в виде триангуляционной сетки.



Эскиз — объект трехмерного моделирования, созданный на плоскости или плоской грани средствами чертежно-графического редактора. Эскизы используются в некоторых операциях. Например, эскиз может задавать форму сечения тела, полученного операцией выдавливания, контур ребра жесткости и т. п. Требования к эскизу определяются операцией, в которой он используется.



Эскиз может располагаться на координатной или вспомогательной плоскости, а также на плоской грани. Эскиз может содержать одну или несколько цепочек объектов — контуров эскиза. Контуров могут быть замкнуты или разомкнуты. Они могут пересекаться друг с другом. Если при этом образуются замкнутые области, то эти области можно указывать в качестве исходных элементов при различных построениях. Самопересечение контуров не допускается. Один и тот же эскиз может использоваться в нескольких различных операциях. Для выполнения некоторых операций можно указать как

эскиз целиком, так и замкнутую область в эскизе, ограниченную контуром или несколькими пересекающимися контурами.

Объектами вспомогательной геометрии являются:

- системы координат,
- координатные и вспомогательные плоскости,
- координатные и вспомогательные оси,
- контрольные точки,
- присоединительные точки.

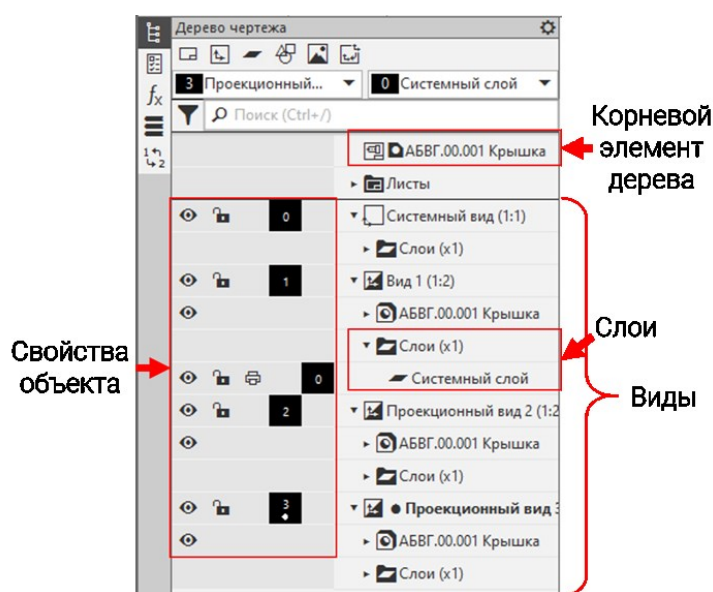
Вопросы

1. Какие примитивы являются составными частями геометрических объектов?
2. Что представляет собой вершина в геометрических объектах?
3. Что означает понятие ребра в контексте геометрических объектов?
4. Как можно описать грань в геометрии?
5. Какие объекты не имеют примитивов в геометрии?

Практическая работа «Построение чертежа»

ГОСТ 2.102–2013 «Виды и комплектность конструкторских документов» устанавливает виды и комплектность конструкторских документов на изделия для всех отраслей промышленности. К конструкторским документам относят графические и текстовые документы, которые в отдельности или в совокупности определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки или изготовления, контроля, приемки, эксплуатации и ремонта. Основным конструкторским документ изделия полностью и однозначно определяет данное изделие и его состав. Чертеж детали наряду с электронной моделью детали является основным конструкторским документом детали. Чертеж детали — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля. Чертеж детали является основным конструкторским документом для детали.

Дерево чертежа в «КОМПАС-3D» отображает его структуру и позволяет работать с объектами, составляющими структуру чертежа.



Список объектов, составляющих структуру документа, — листы, виды, слои, вставки (фрагменты, рисунки, изображения из вида другого чертежа). Объекты появляются в дереве автоматически после их создания.

Списки видов и слоев — отображается имя текущего вида, в списке слоев отображается имя текущего слоя в этом виде. Для смены текущего вида и слоя можно выбрать нужную строку из каждого списка.

Корневой элемент дерева — текущий документ (чертеж или фрагмент).

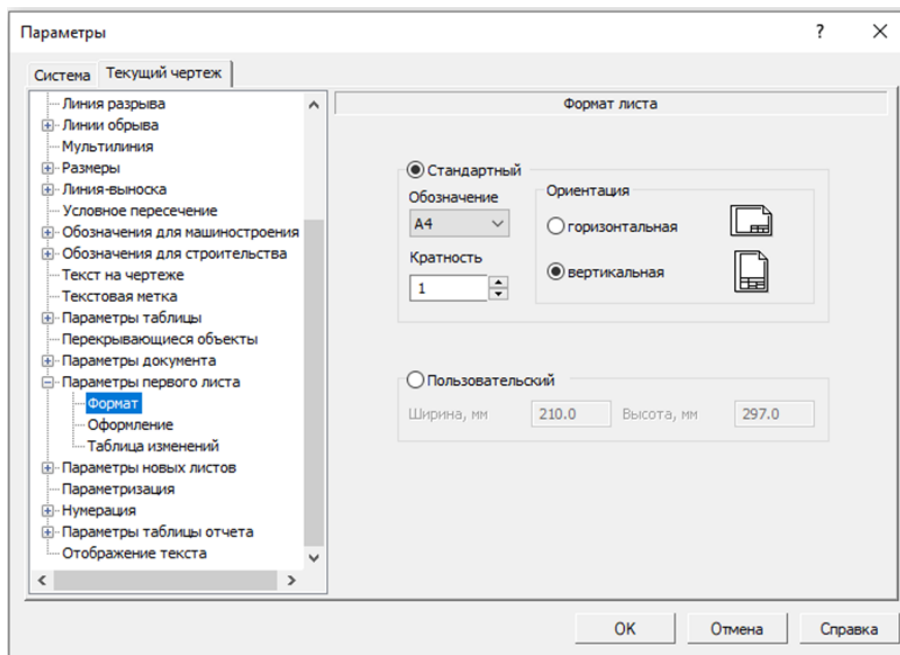
Листы — отображается количество листов чертежа, форматы, ориентация форматов, оформление.

Виды — каждый вид образует отдельную ветвь дерева. В вид, в свою очередь, входят слои, вставки, макроэлементы. Если вид ассоциативный, то на его ветви размещается также модель-источник и составляющие ее объекты.

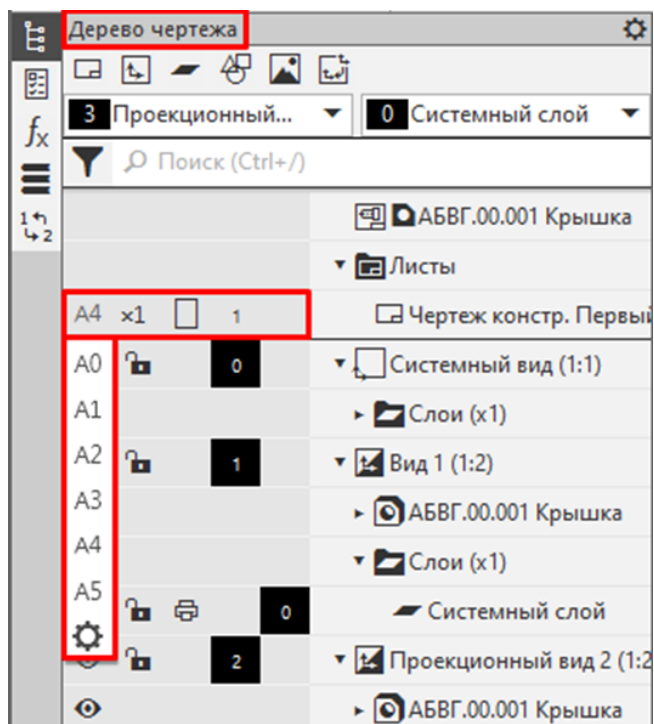
Управление свойствами объектов — номер вида или слоя отображается в специальном поле в левой части дерева документа. В этом же поле показан цвет вида/слоя в активном состоянии. Признак того, что вид/слой является текущим, — точка под номером. Виды можно сделать активными/фоновыми, видимыми/погашенными.

Исходя из габаритных размеров детали, количества изображений, выбирают формат листа для чертежа, его ориентацию (горизонтальную или вертикальную). При создании чертежа в «КОМПАС-3D» по умолчанию открывается пустой лист формата А4.

Изменение формата первого листа чертежа

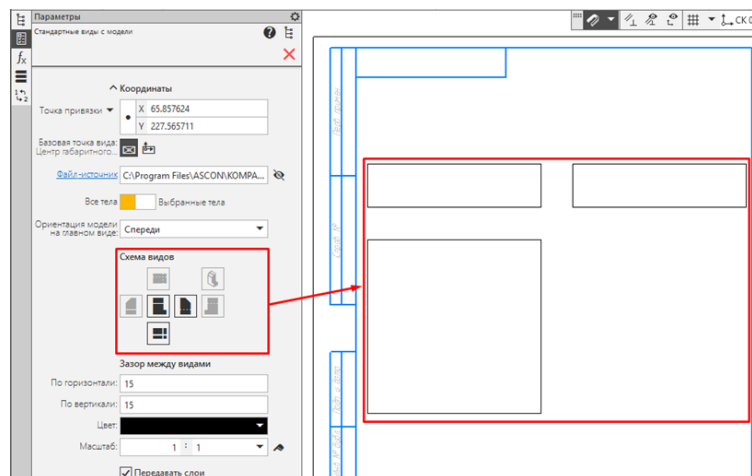


Изменение формата созданного чертежа



Вид с модели — произвольный вид модели. В параметрах можно задать пользовательские ориентацию модели, угол поворота изображения.

Стандартные виды с модели — команда для создания одного или нескольких стандартных ассоциативных видов модели.



Проекционный вид строится в одном из ортогональных направлений относительно имеющегося в чертеже ассоциативного вида.

Для построения чертежа по созданной модели необходимо перейти на вкладку **Чертеж | Создать чертеж по модели**.

Создать чертеж по модели



Создание нового чертежа с ассоциативным видом текущей модели.

Можно настроить параметры вида, его надпись, отрисовку линий; выбрать отображаемые объекты и элементы оформления.

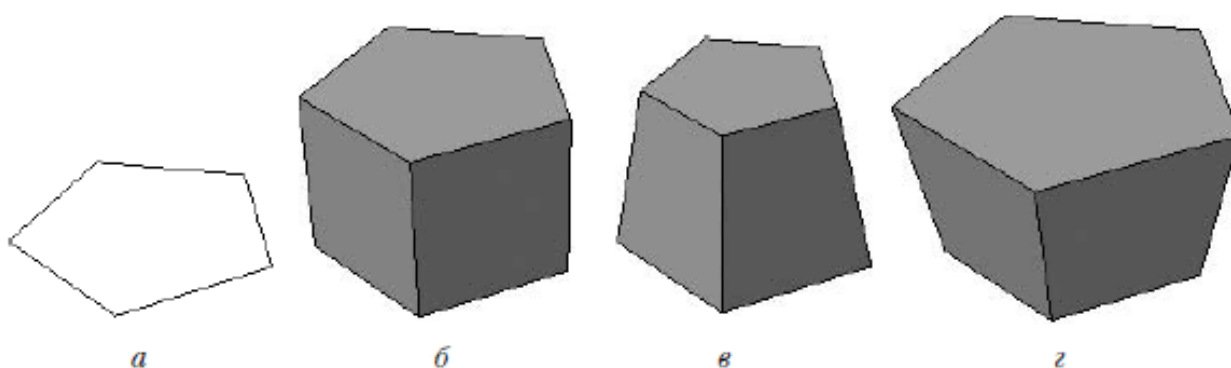
Выполните построение чертежа в «КОМПАС-3D». При необходимости можно скачать файл детали:

- [Деталь \(.m3d\)](#)
- [Деталь \(.step\)](#)

Формообразующие операции в 3D-моделировании

Формообразующие операции в 3D-моделировании являются важным инструментом для создания и изменения геометрических объектов в трехмерном пространстве. Они позволяют преобразовывать исходные формы, создавать сложные детали и придавать объектам желаемый внешний вид. Формообразующие операции выполняются с использованием различных алгоритмов и инструментов, которые позволяют изменять геометрию объектов путем добавления, удаления или модификации их компонентов.

1. Операция «Выдавливание»

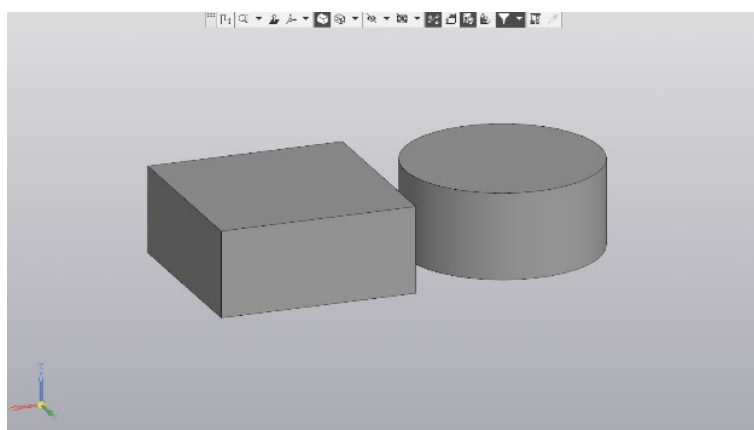
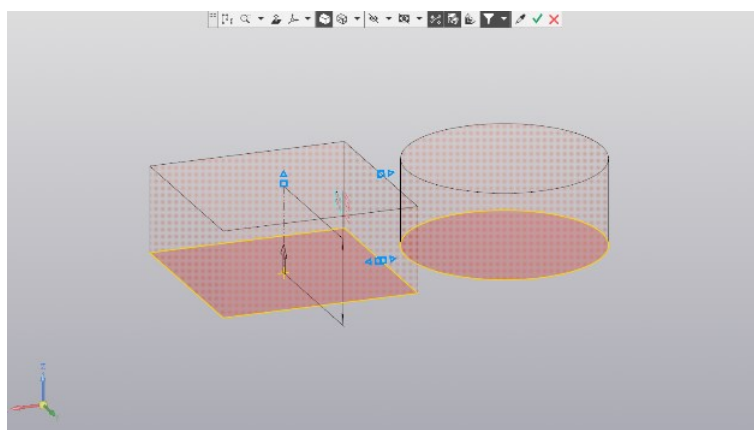
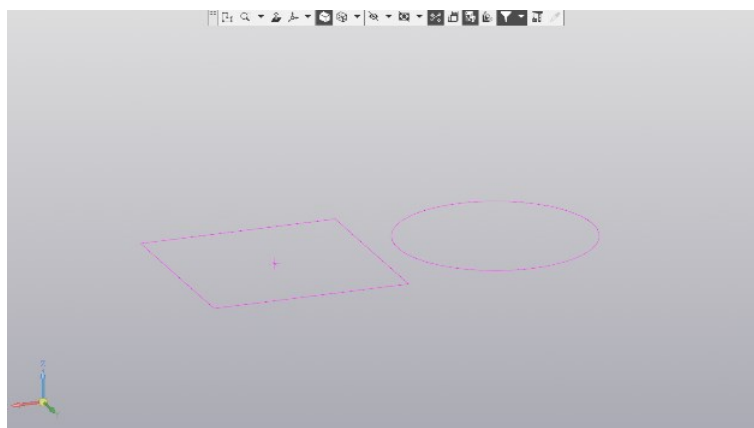


Создание разнообразных трехмерных объектов в большинстве программ основано на использовании одного простого принципа — «вытягивания» плоских 2D-поверхностей в третье измерение. Инструмент, который выполняет это действие, обычно называется «выдавливанием» (Extrude) в 3D-редакторах.

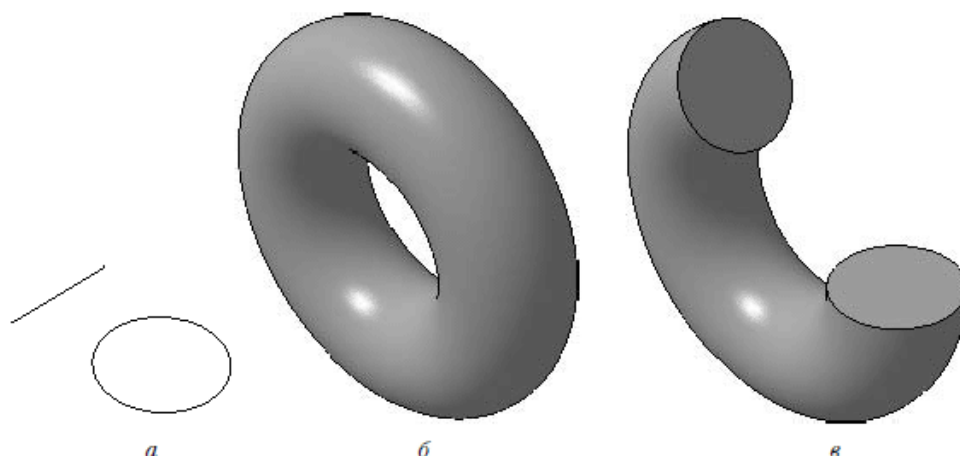
Форма трехмерного элемента образуется путем смещения эскиза операции строго по нормали к его плоскости. Во время выдавливания можно задать уклон внутрь или наружу. Контур эскиза выдавливания не должен иметь самопересечений. Эскизом могут быть: один замкнутый контур, один незамкнутый контур или несколько замкнутых контуров (они не должны пересекаться между собой). Если вы формируете основание твердого тела выдавливанием и используете в эскизе несколько замкнутых контуров, то все

эти контуры должны размещаться внутри одного габаритного контура, иначе вы не сможете выполнить операцию.

Построение выдавливания начинается с построения эскиза с замкнутым или разомкнутым контуром. Эскиз может быть построен только на плоской поверхности или грани.

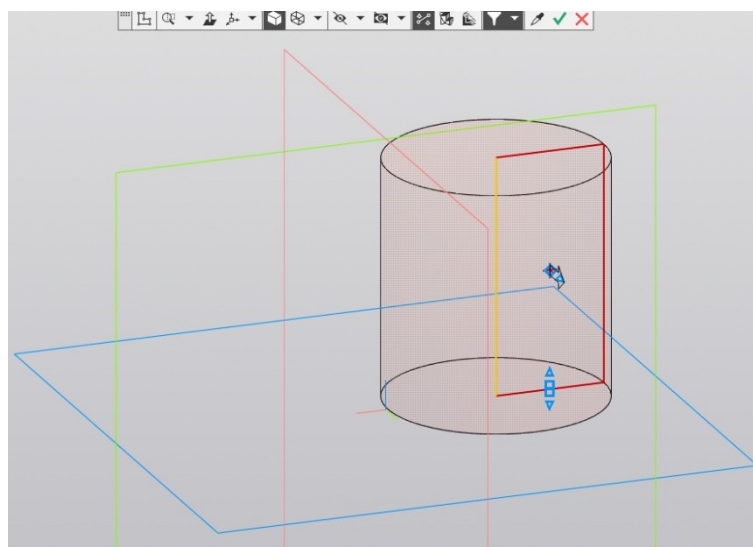


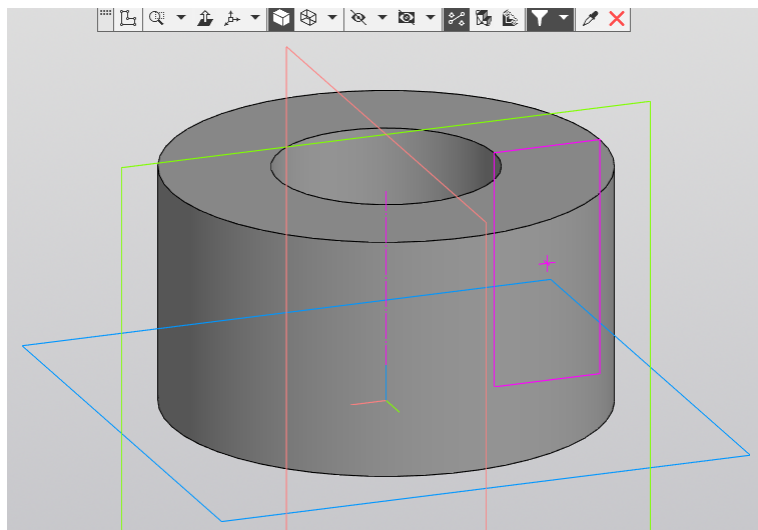
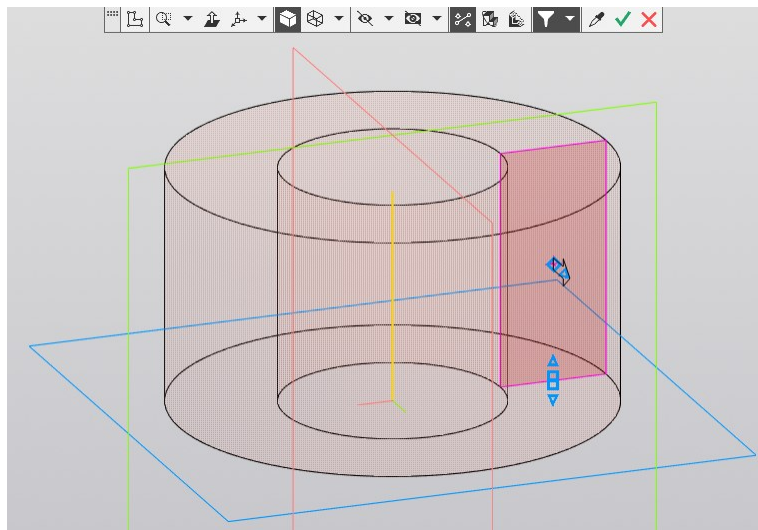
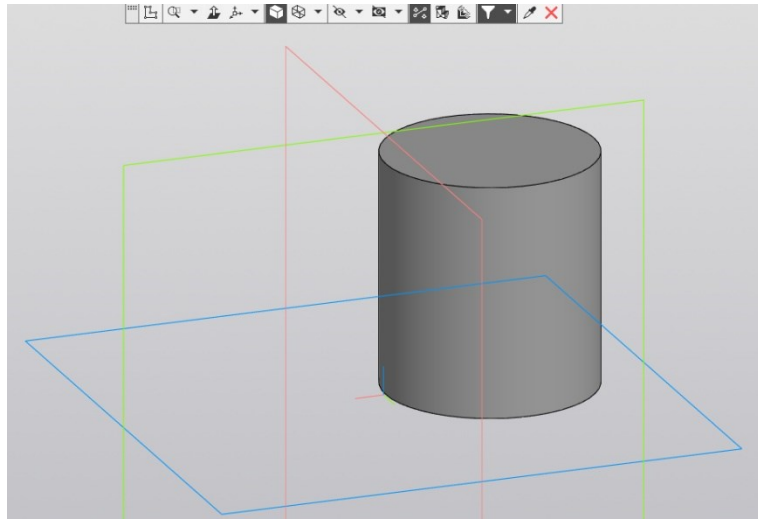
2. Операция «Вращение»



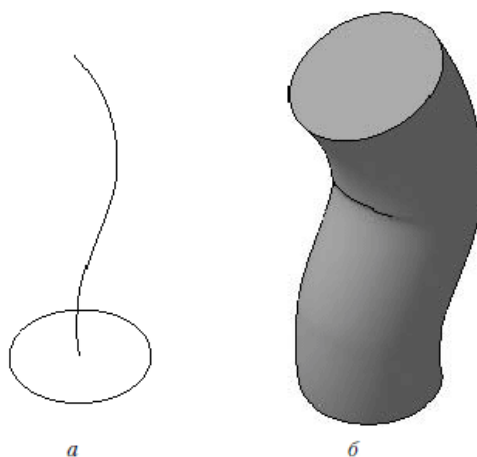
Формообразующий элемент является результатом вращения эскиза в пространстве вокруг произвольной оси. Вращение может происходить на угол 360° или меньше. Обратите внимание: ось вращения ни в коем случае не должна пересекать изображение эскиза!

Построение тела вращения начинается с построения эскиза с замкнутым или разомкнутым контуром и осью вращения. Эскиз может быть построен только на плоской поверхности или грани. Построение эскиза элемента вращения аналогично построению эскиза элемента выдавливания. Кроме этого, в эскизе элемента вращения должна присутствовать ось вращения, вокруг которой будет производиться поворот контура эскиза.

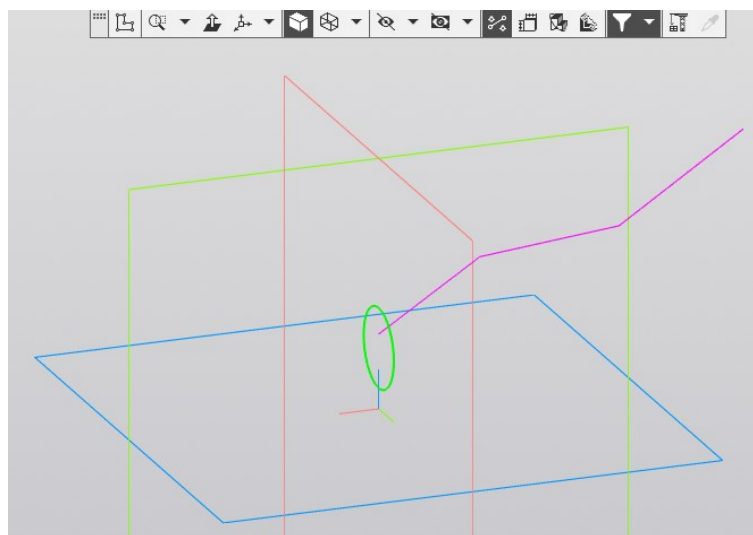


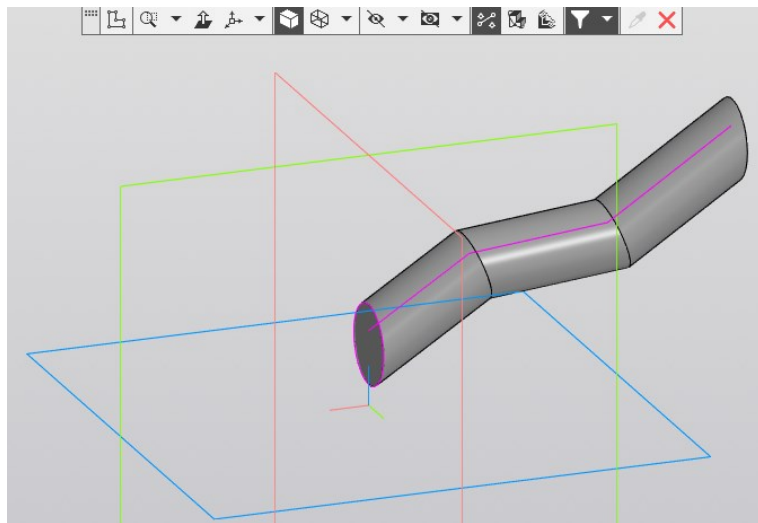
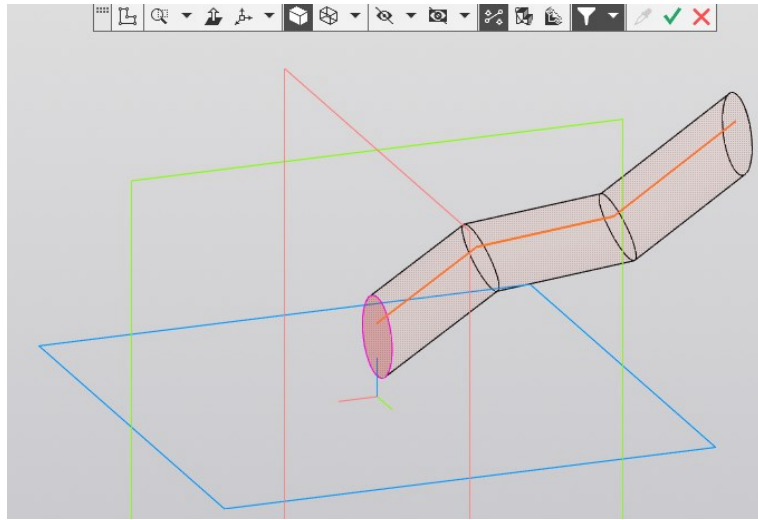


3. Кинематическая операция «Траектория»

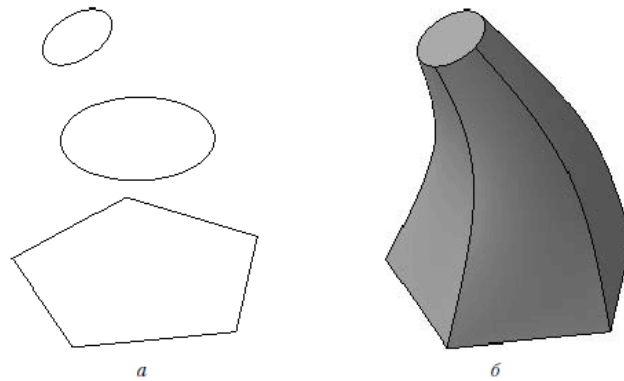


Поверхность элемента формируется в результате перемещения эскиза операции вдоль произвольной трехмерной кривой. Эскиз обязательно должен содержать замкнутый контур, а траектория перемещения в большинстве случаев должна брать начало в плоскости эскиза. Разумеется, траектория должна не иметь разрывов.

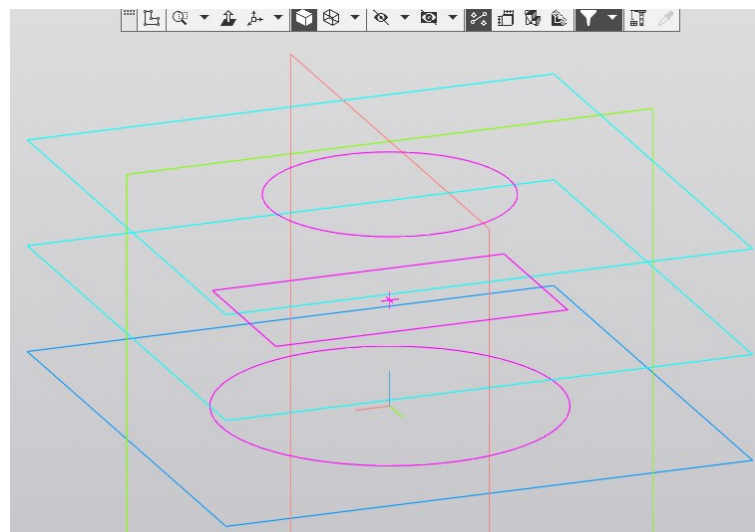


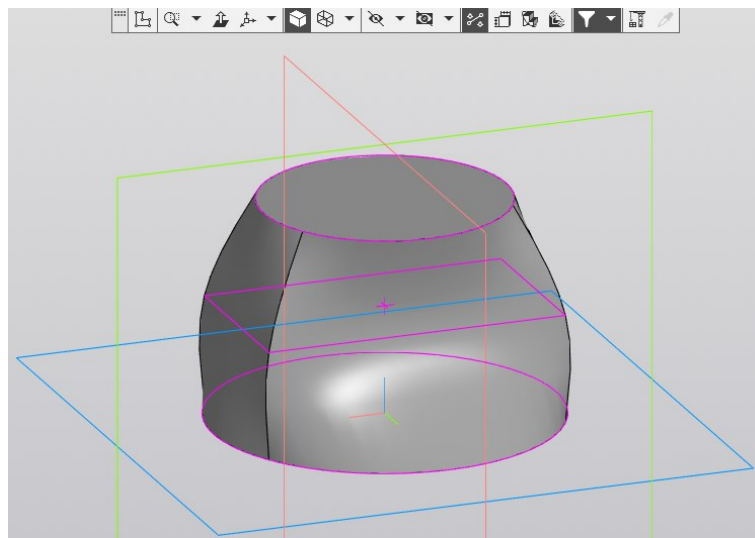
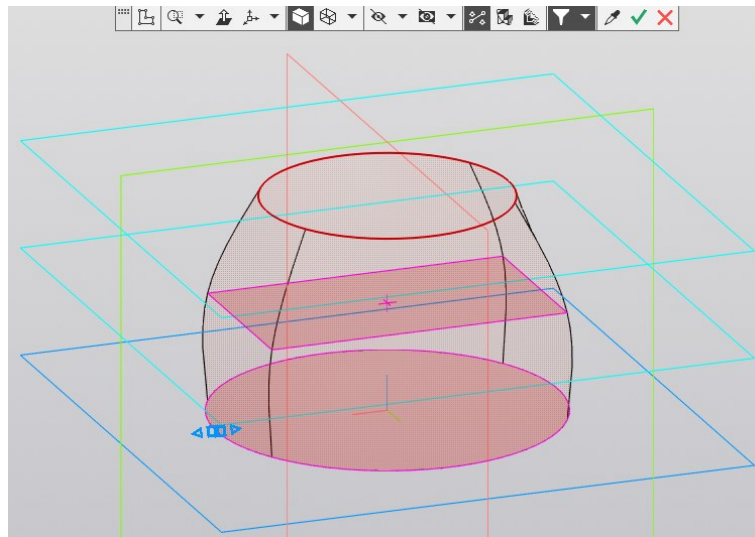


4. Операция по сечениям



Трехмерный элемент создается по нескольким сечениям-эскизам. Эскизов может быть сколько угодно, и они могут быть размещены в произвольно ориентированных плоскостях. Эскизы должны быть замкнутыми контурами или незамкнутыми кривыми. В последнем эскизе может размещаться точка.





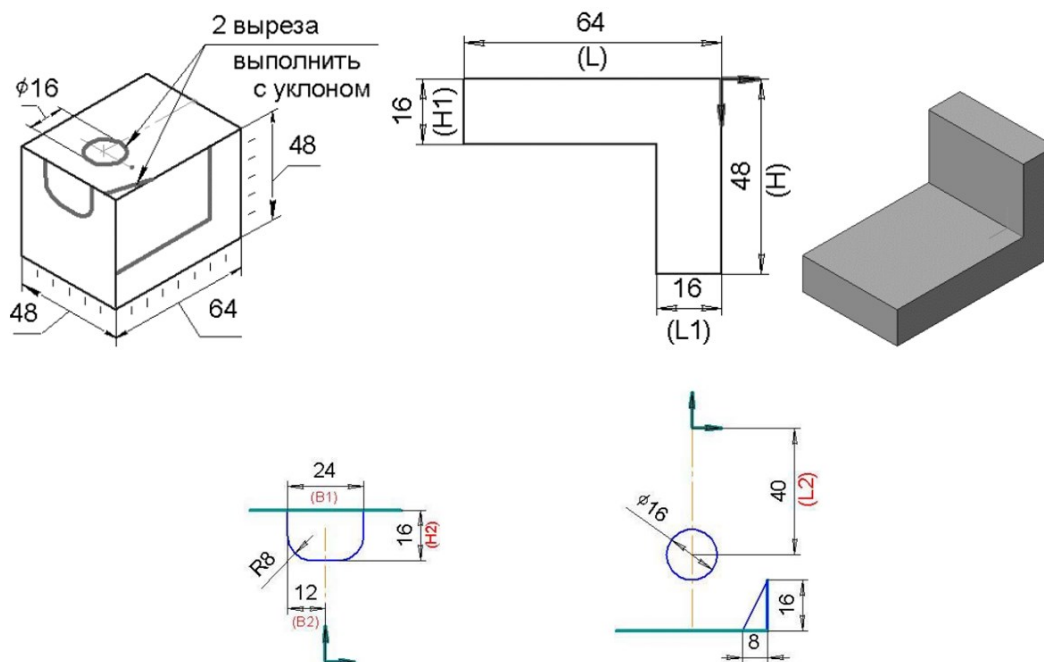
Вопрос

Какие операции формообразования можно использовать при создании фигуры «цилиндр»?

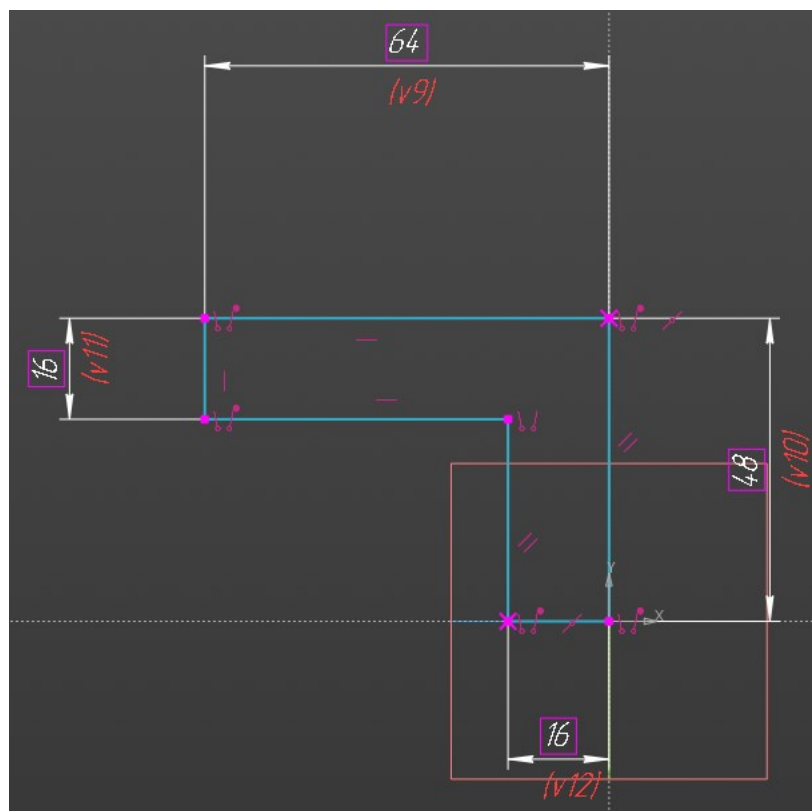
1. Выдавливание, вращение
2. Операция по сечениям, траектория
3. Выдавливание, вращение, траектория, операция по сечениям
4. Операция по сечениям, выдавливание

Практическая работа «Операция "Выдавливание"»

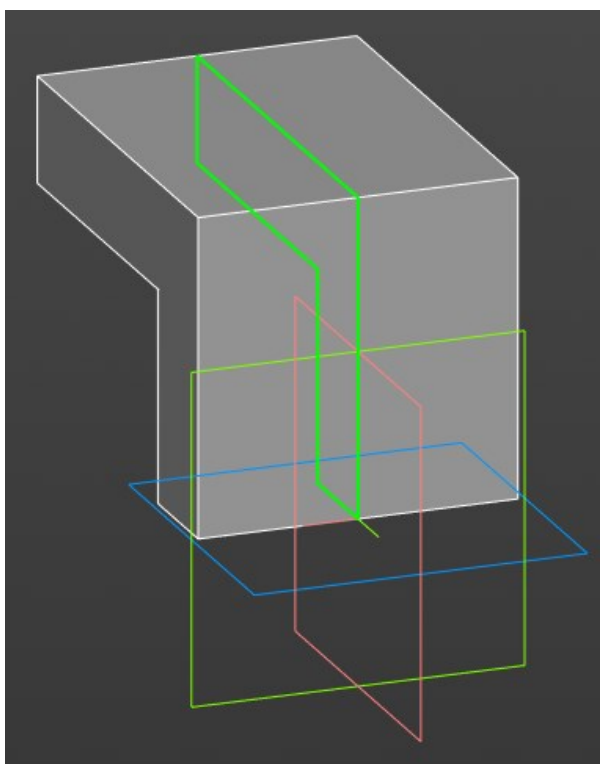
Создадим трехмерную модель опоры, у которой сделаны сквозные вырезы по нанесенной разметке.



1. Нажмите кнопку **Создать** на **Стандартной панели**. В открывшемся окне выберите тип нового документа **Деталь**.
2. На панели **Вид** нажмите кнопку списка справа от кнопки **Ориентация** и укажите вариант **Изометрия XYZ**.
3. В дереве модели укажите **Плоскость ZY**.
4. Нажмите кнопку **Эскиз** на панели **Текущее состояние**.
5. Выполните установку глобальных привязок: **Ближайшая точка, Пересечение, Выравнивание, Угловая привязка**.
6. Используя команду **Автолиния**, приблизительно прорисуйте контур.
7. Нанесите 4 размера: L, L1, H, H1.

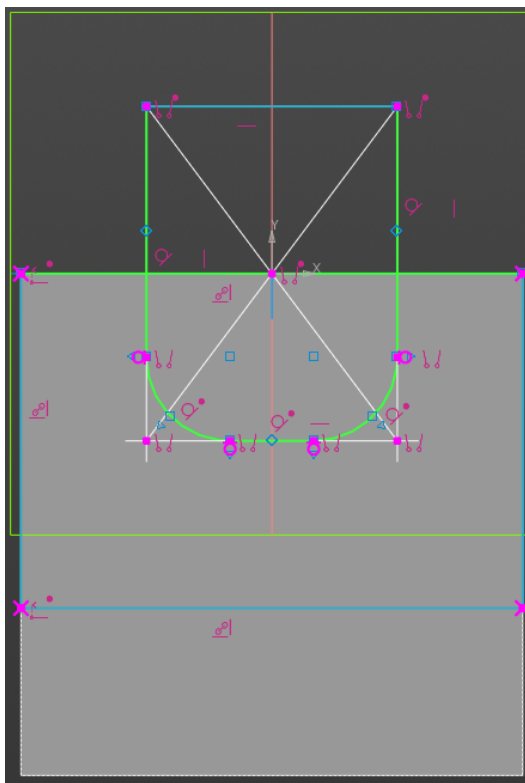


8. Закройте эскиз и примените к нему операцию **Выдавливание** | **Симметрично**, указав 24. Получим модель основания опоры.



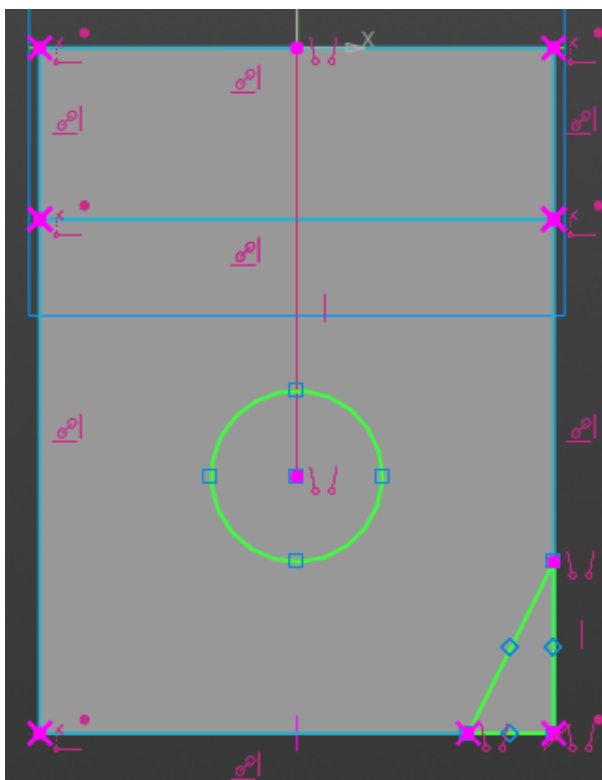
9. Выберите **Плоскость XZ**. Открыв эскиз, выполните команду **Операции | Спроецировать объект**.

10. Постройте прямоугольник с двумя скругленными углами, используя **Скругление**.

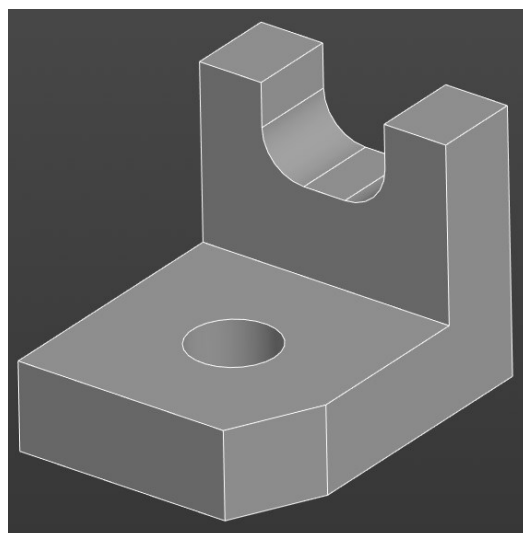
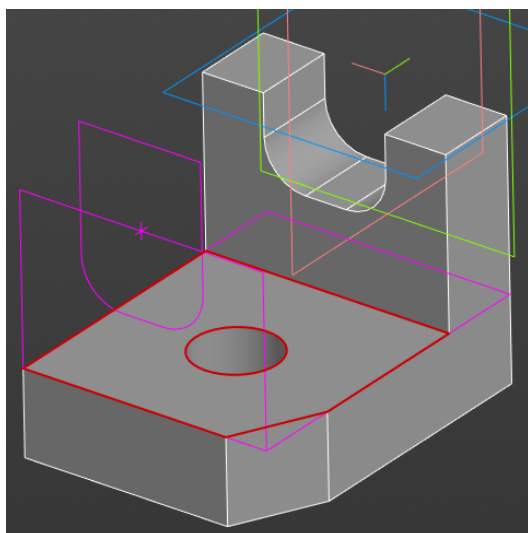


11. Выберите **Плоскость XY**. Открыв эскиз, выполните команду **Операции | Спроецировать объект**.

12. Постройте окружность и треугольник.

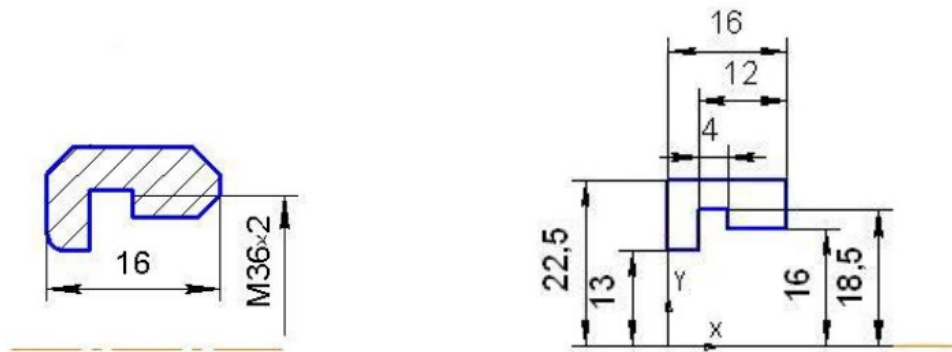


13. Нажмите кнопку **Вырезать выдавливанием**. На вкладке **Параметры** выберите **Через все**.

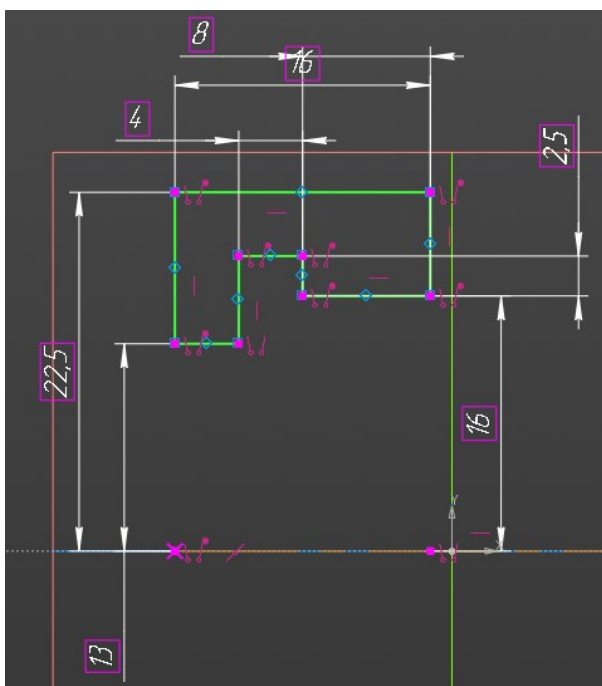


Практическая работа «Операция "Вращение"»

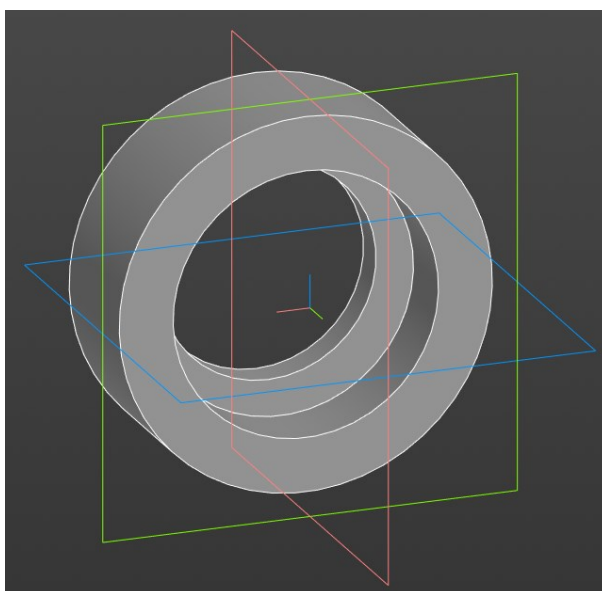
По заданному сечению создадим трехмерную модель кольца.



1. Нажмите кнопку **Создать** на **Стандартной панели**. В открывшемся окне выберите тип нового документа **Деталь**.
2. На панели **Вид** нажмите кнопку списка справа от кнопки **Ориентация** и укажите вариант **Изометрия XYZ**.
3. В дереве модели укажите **Плоскость ZY**.
4. Нажмите кнопку **Эскиз** на панели **Текущее состояние**. Выполните глобальные привязки **Ближайшая точка**, **Пересечение**, **Выравнивание**, **Угловая привязка**.
5. Проведите осевую линию. Используя команду **Непрерывный ввод объектов**, приближенно прорисуйте контур.
6. Нанесите 7 размеров. Завершите **Эскиз**.

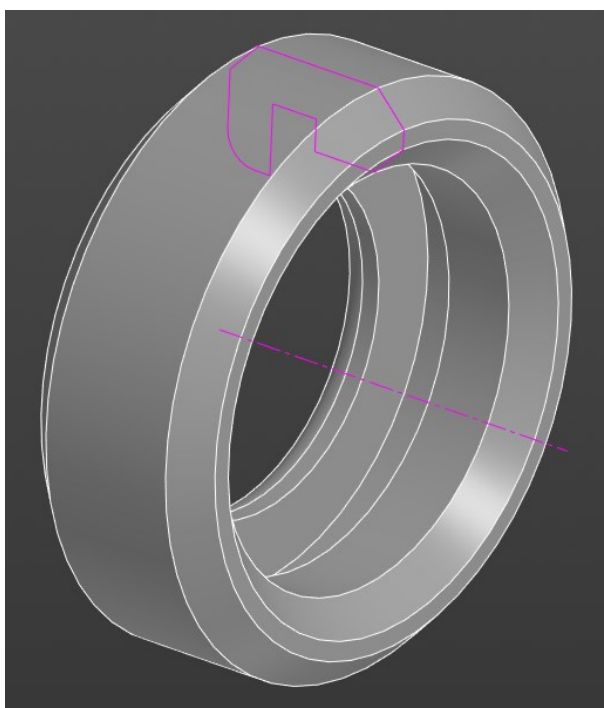
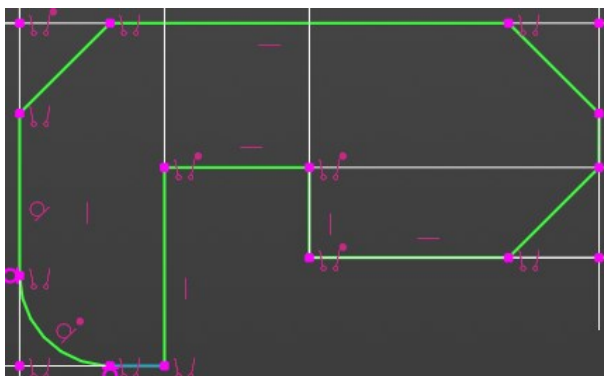


7. На панели **Построение детали** выберите в раскрывающемся меню **Операции** тип выполняемого действия **Операция вращения**. Выберите прямое направление, угол 360° . Нажмите кнопку **Создать объект**.



8. Выделите **Эскиз:1** в **дереве модели**. Вызовите из контекстного меню панели **Текущее состояние** команду **Редактировать эскиз**. Внесите

исправления в эскиз, дополнив его изображением трех фасок (2,5 мм) и одного скругления (2,5 мм). Закройте эскиз. Сохраните файл с именем **Кольцо**.



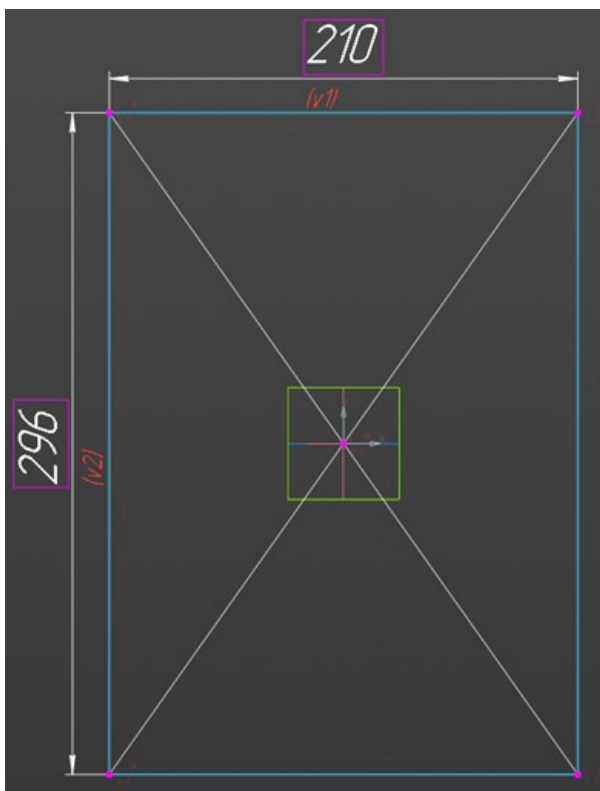
Практическая работа «Операция (кинематическая) "Траектория"»

Выполним построение модели картины в рамке.

Построение рамки

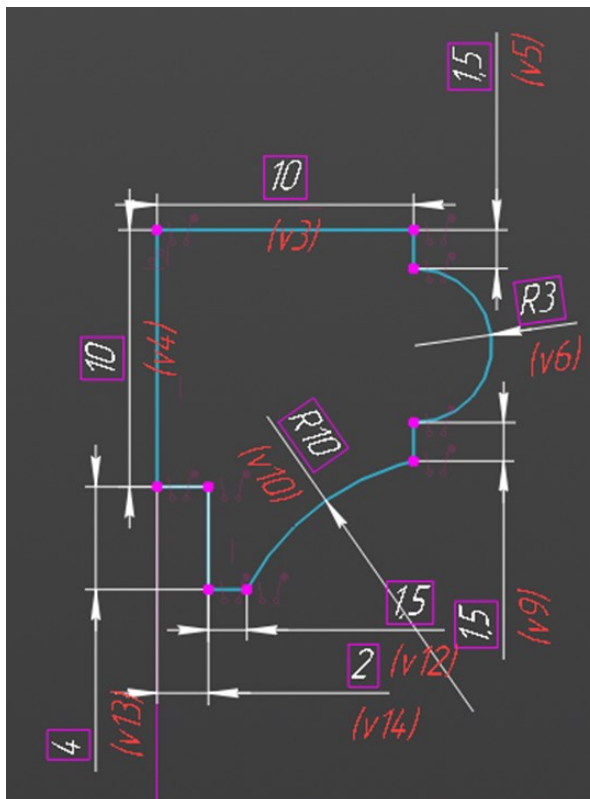
1. Выберите команду **Файл | Создать | Деталь**.

Выберите в дереве модели **Плоскость ZX**, войдите в режим создания **Эскиза**. Постройте прямоугольник, используя команду **Геометрия | Прямоугольник**, проставьте размеры согласно рисунку. Выйдите из эскиза, нажав кнопку **Эскиз**.



2. Выберите в дереве модели **Плоскость ZY**, войдите в режим создания эскиза. Постройте профиль рамки — замкнутый контур, используя команды **Автолиния**, **Дуга по 3 точкам**, **Дуга по 2 точкам**, проставьте размеры согласно рисунку.

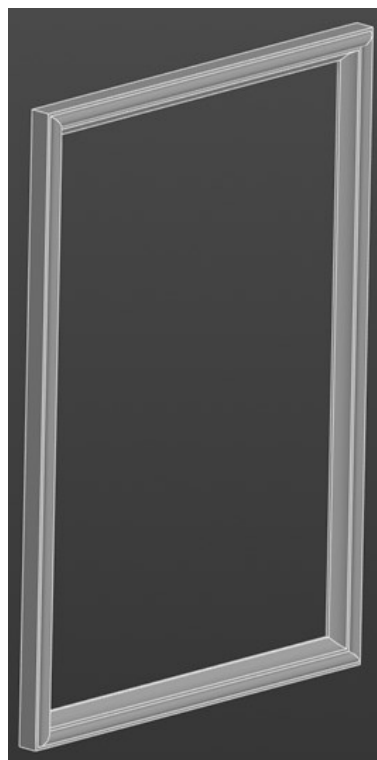
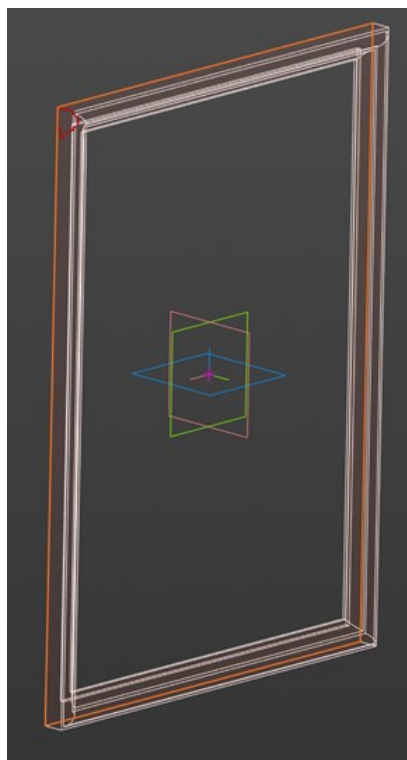
Спроецируйте верхнюю сторону прямоугольника в текущий эскиз (команда **Спроецировать объект**). Совместите данную точку с точкой эскиза, используя команду **Объединить точки**. Выйдите из эскиза, нажав кнопку **Эскиз**.



3. Выберите команду из списка наборов **Твердотельное моделирование** | **Элементы тела** | **Элемент по траектории**.

На панели свойств в качестве **Сечения** укажите **Эскиз 2**, в качестве **Траектории** — **Эскиз 1**, выберите опцию **Движения по траектории** — **Ортогонально траектории**.

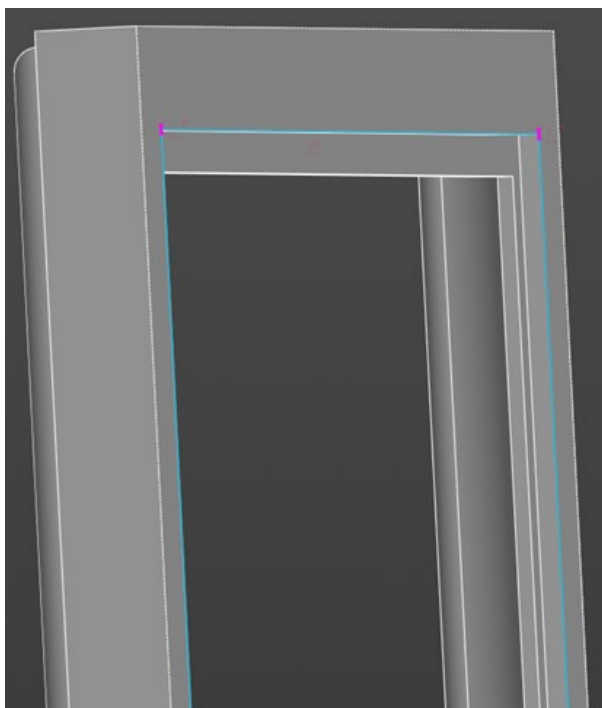
Завершите команду. В итоге получится рамка.



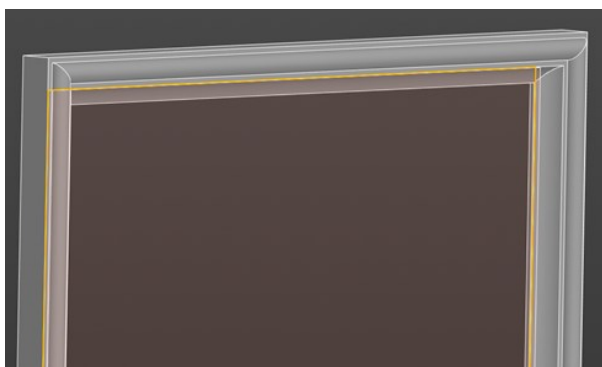
Создание подрамника

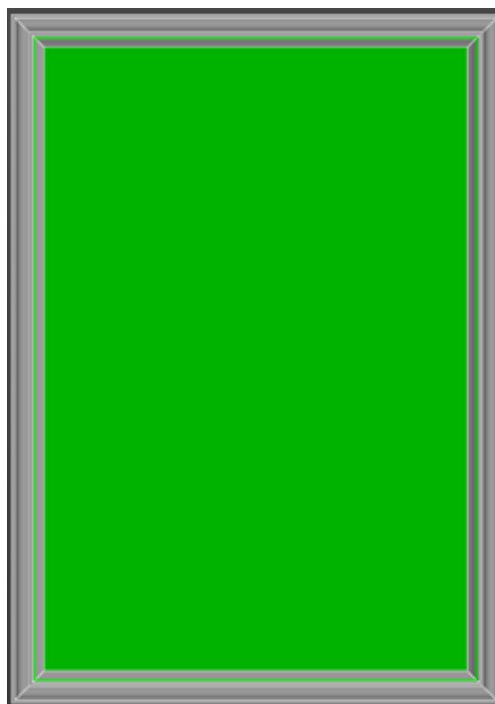
4. Вставим в эту рамку подрамник, для этого выделите плоскость углубления под него.

Войдите в режим создания эскиза, вызовите команду панели **Геометрия** | **Спроецировать объект**, укажите внешние ребра углубления под подрамник, выйдите из эскиза.



5. Выберите команду **Выдавить выдавливанием** и выдавите на **1,8 мм**.





Вставка изображения

6. Для вставки картинки выделите переднюю плоскость подрамника, войдите в режим создания эскиза, выберите команду **Вставка | Рисунок**, укажите нужное изображение. Задайте положение и размеры рисунка, выйдите из эскиза. Сохраните файл.

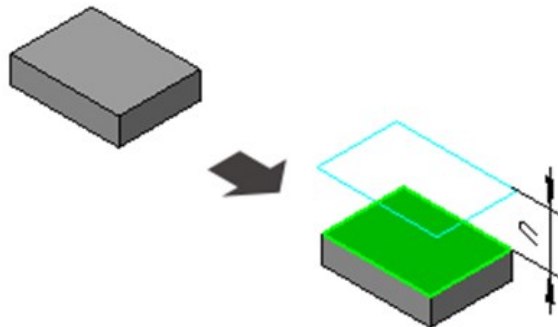


Практическая работа «Операция по сечениям»

Выполним построение модели молотка.

Построение вспомогательных плоскостей

Смещенная плоскость

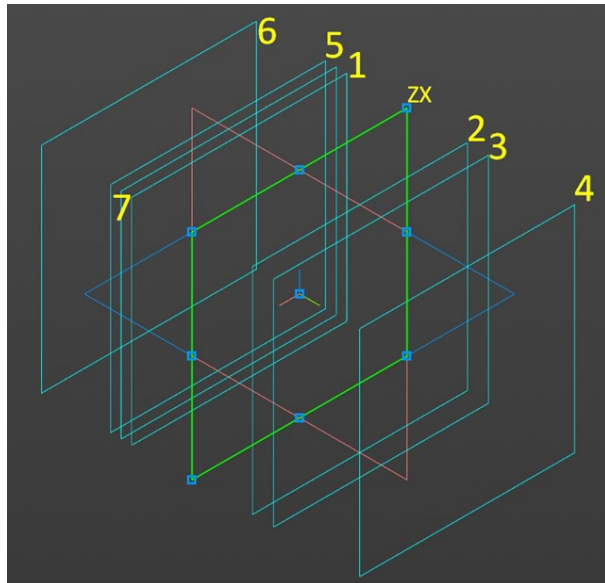


Создание плоскости, расположенной на заданном расстоянии от выбранного плоского объекта.

При построении можно задать направление и расстояние смещения от объекта до плоскости.

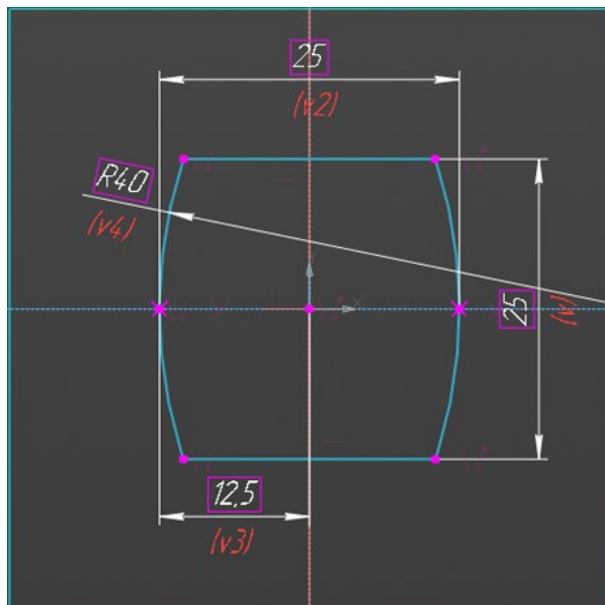
1. Создайте файл **Деталь**. Выберите в дереве модели **Плоскость ZX**. Выберите команду **Вспомогательная геометрия | Смещенная плоскость**. Выберите **Прямое направление**, **Расстояние 14 мм**, в итоге построим плоскость № 1.

- Плоскость № 2 — Плоскость ZX, Обратное направление, расстояние **14 мм**.
- Плоскость № 3 — Плоскость № 2, Обратное направление, расстояние **5 мм**.
- Плоскость № 4 — Плоскость № 3, Обратное направление, расстояние **20 мм**.
- Плоскость № 5 — Плоскость № 1, Прямое направление, расстояние **5 мм**.
- Плоскость № 6 — Плоскость № 5, Прямое направление, расстояние **16 мм**.
- Плоскость № 7 — Плоскость № 1, Прямое направление, расстояние **2,5 мм**.

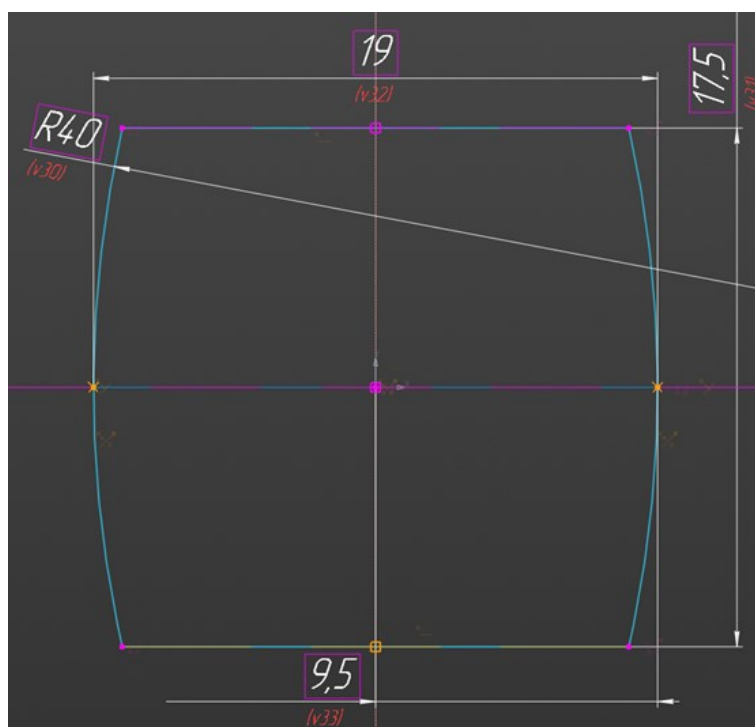


Построение молотка

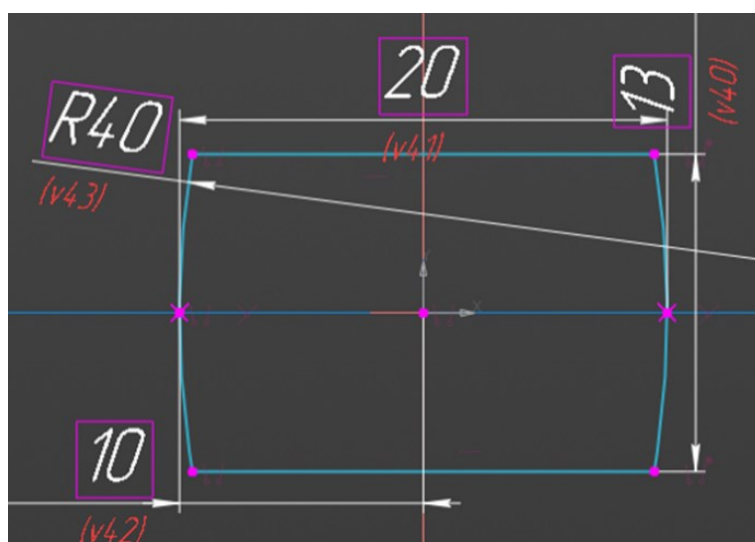
2. Выберите **Плоскость ZX**, войдите в режим создания эскиза, постройте эскиз согласно рисунку.



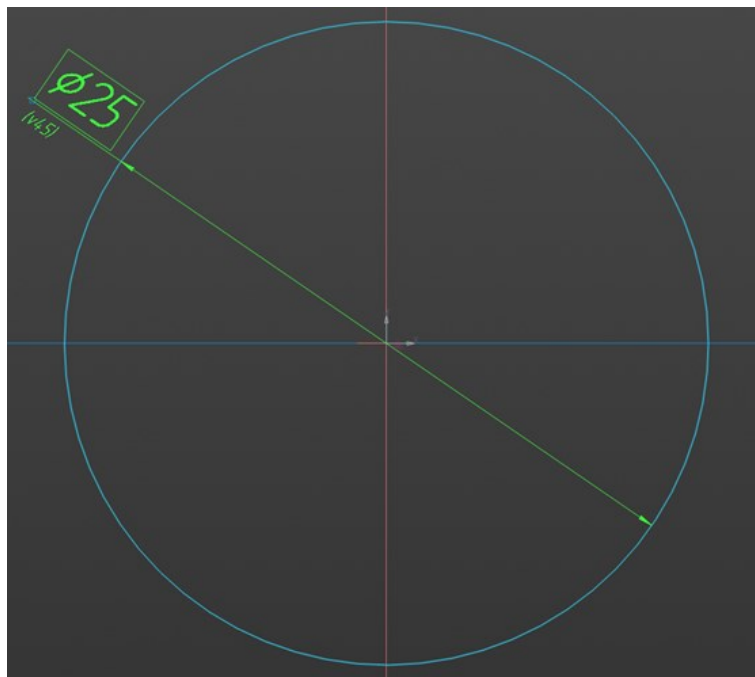
3. Выберите **Плоскость № 1**, постройте эскиз согласно рисунку.



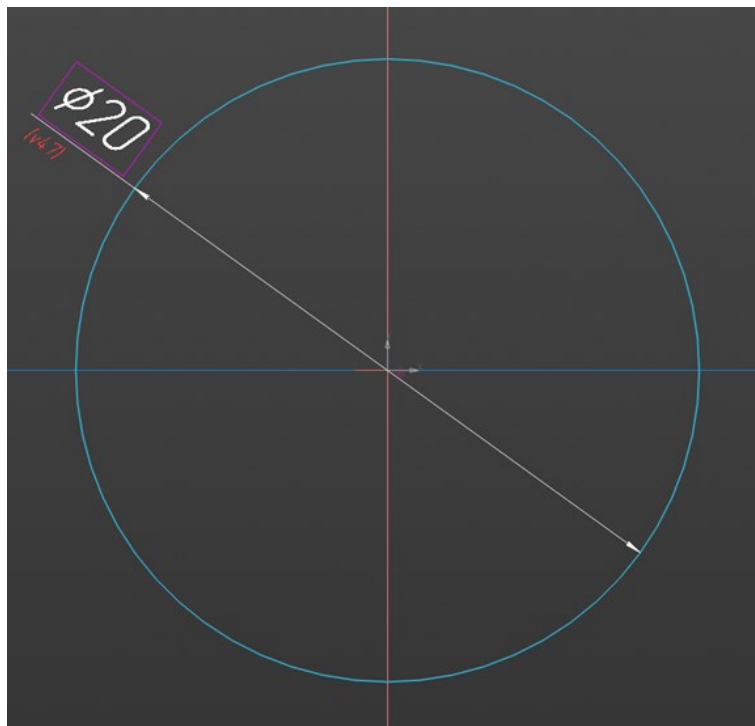
4. Выберите **Плоскость № 2**, постройте эскиз согласно рисунку.



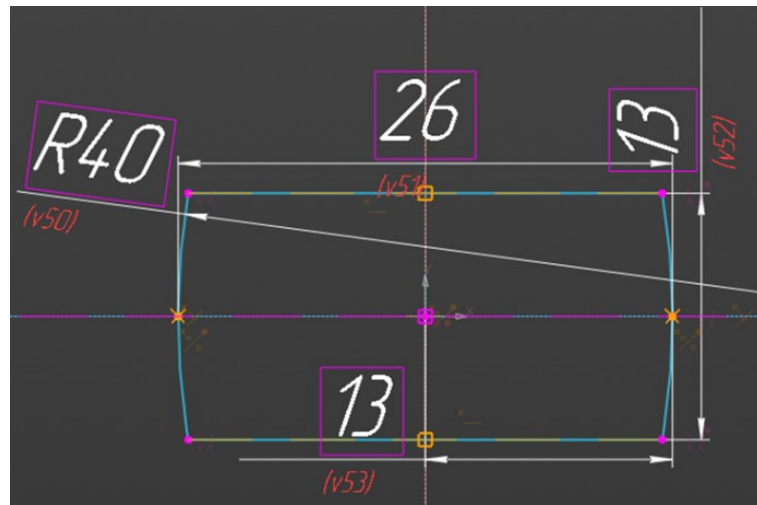
5. Выберите **Плоскость № 5**, постройте эскиз согласно рисунку.



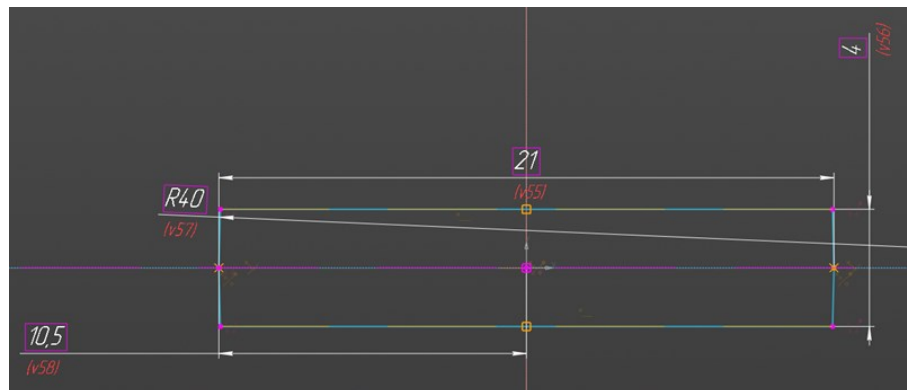
6. Выберите **Плоскость № 6**, постройте эскиз согласно рисунку.



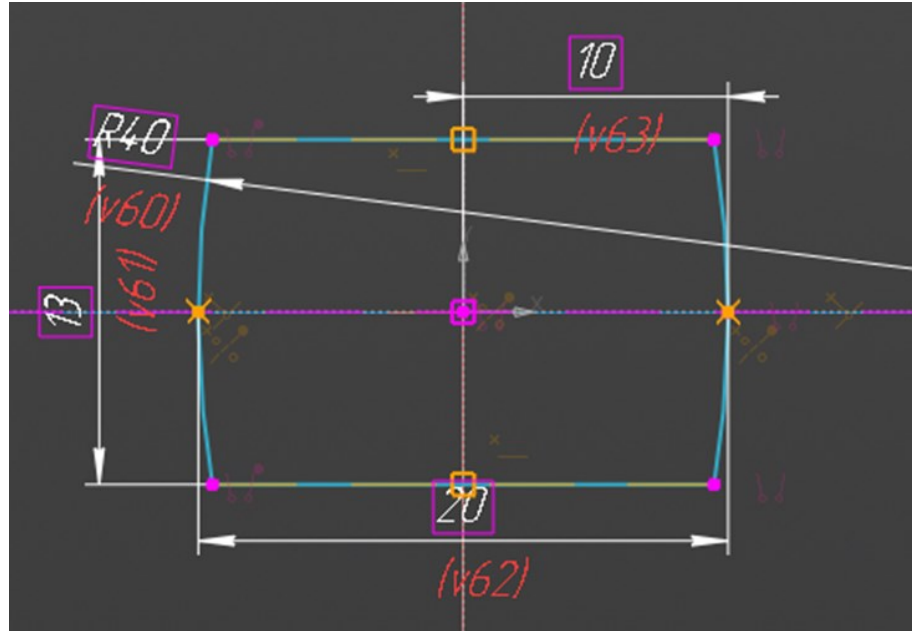
7. Выберите **Плоскость № 3**, постройте эскиз согласно рисунку.



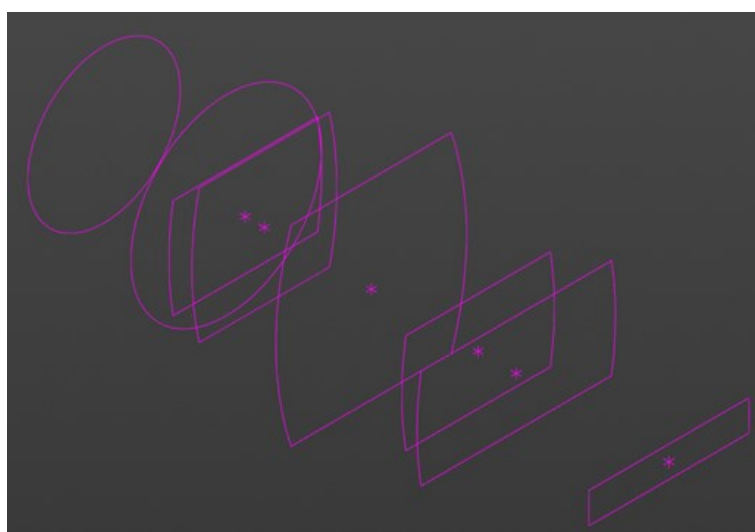
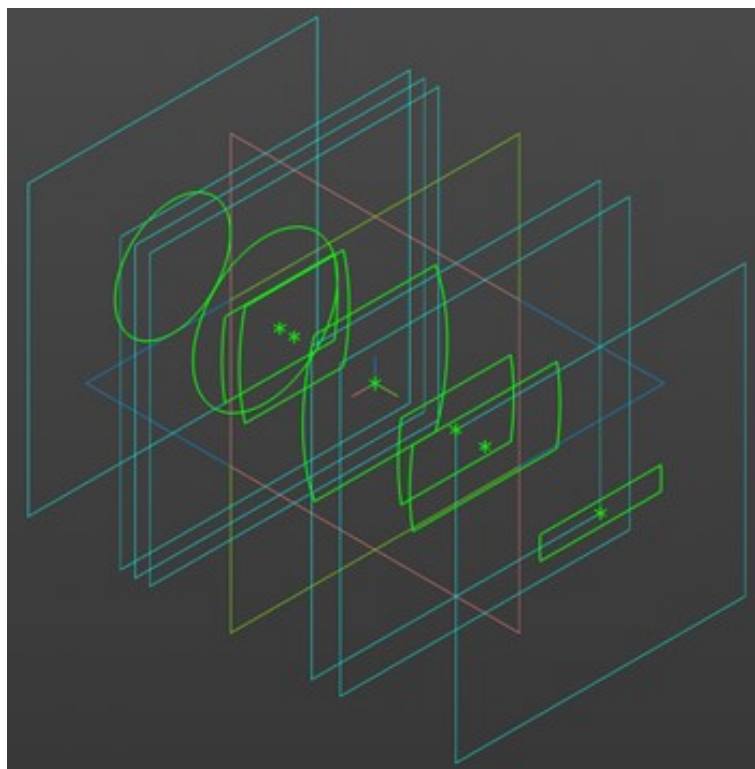
8. Выберите **Плоскость № 4**, постройте эскиз согласно рисунку.



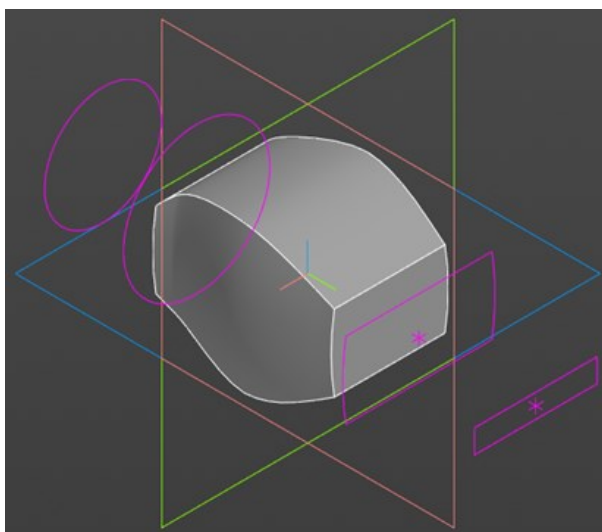
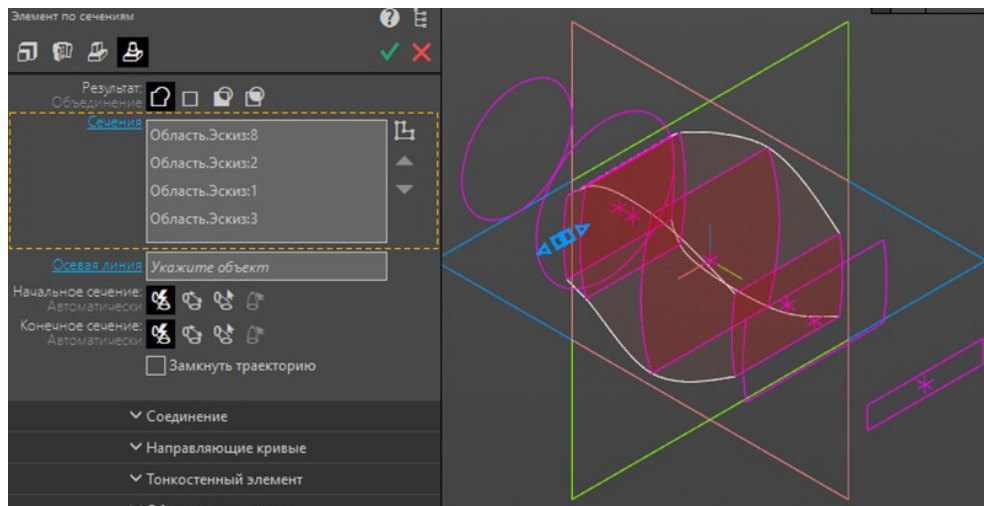
9. Выберите **Плоскость № 7**, постройте эскиз согласно рисунку.



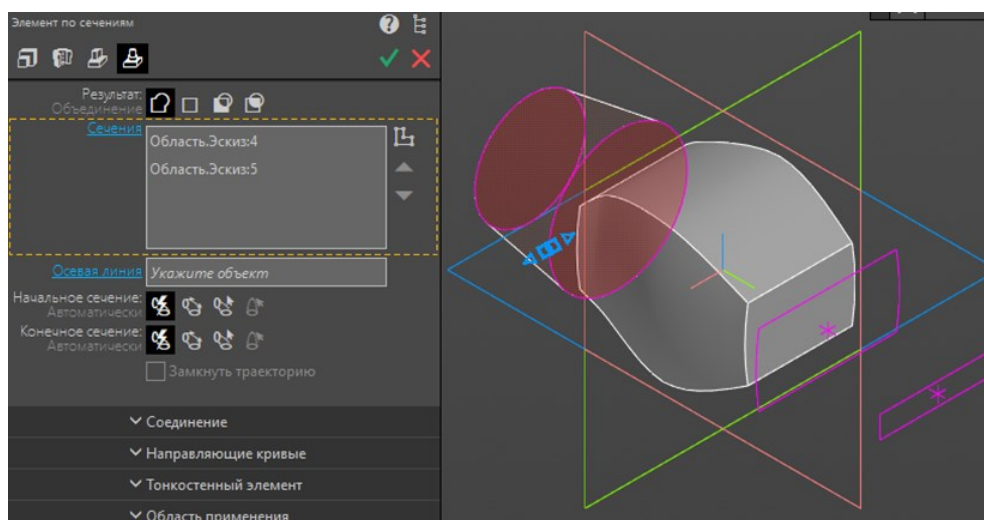
10. В результате получим 8 эскизов, расположенных в различных плоскостях.

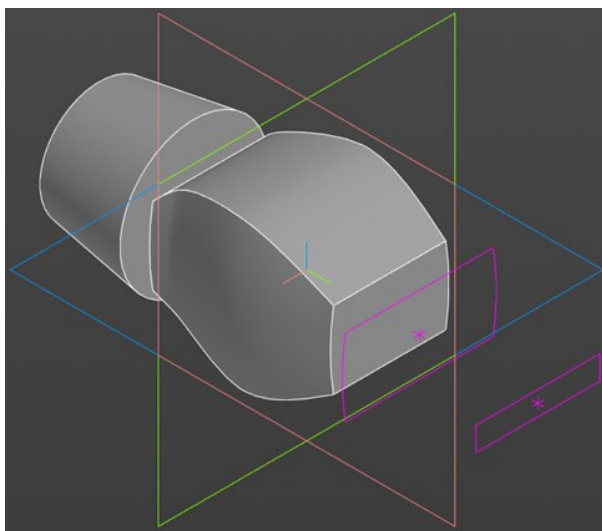


11. Выберите команду **Элемент по сечениям**. Укажите последовательно эскизы 8, 2, 1, 3. Завершите команду. Получите модель средней части молотка.

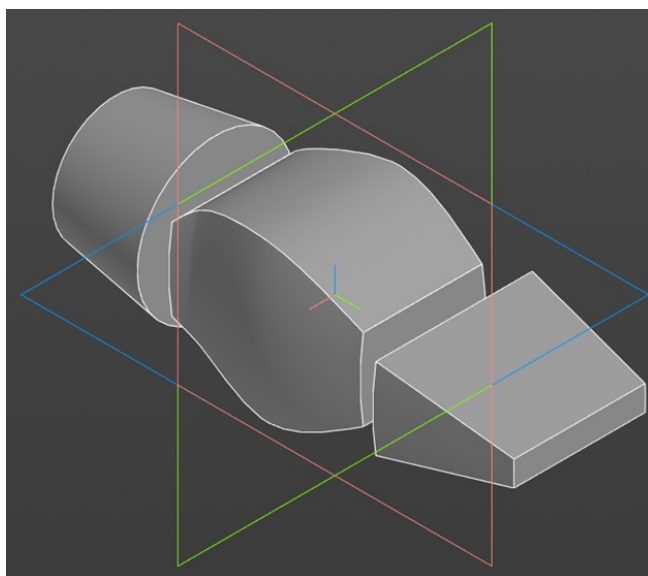


12. Выберите команду **Операция по сечениям**. Укажите последовательно эскизы 4, 5. Завершите команду.

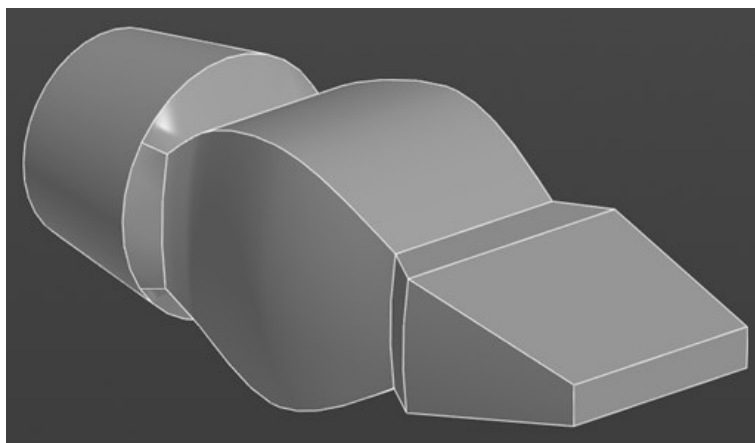




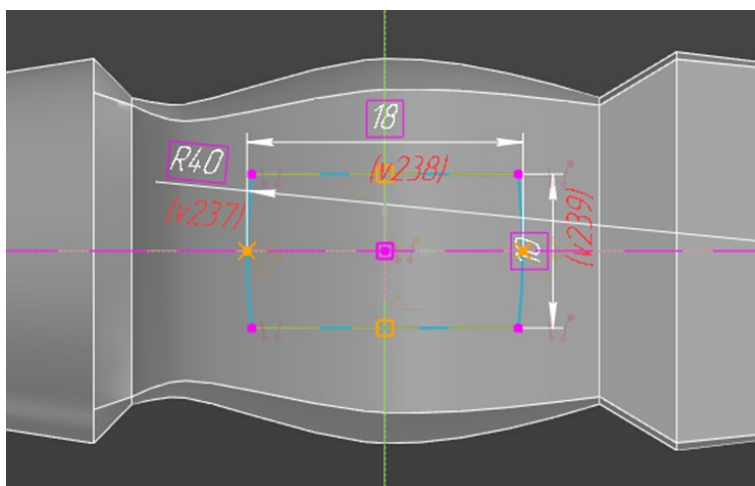
13. Выберите команду **Операция по сечениям**. Укажите последовательно эскизы 6, 7. Завершите команду.



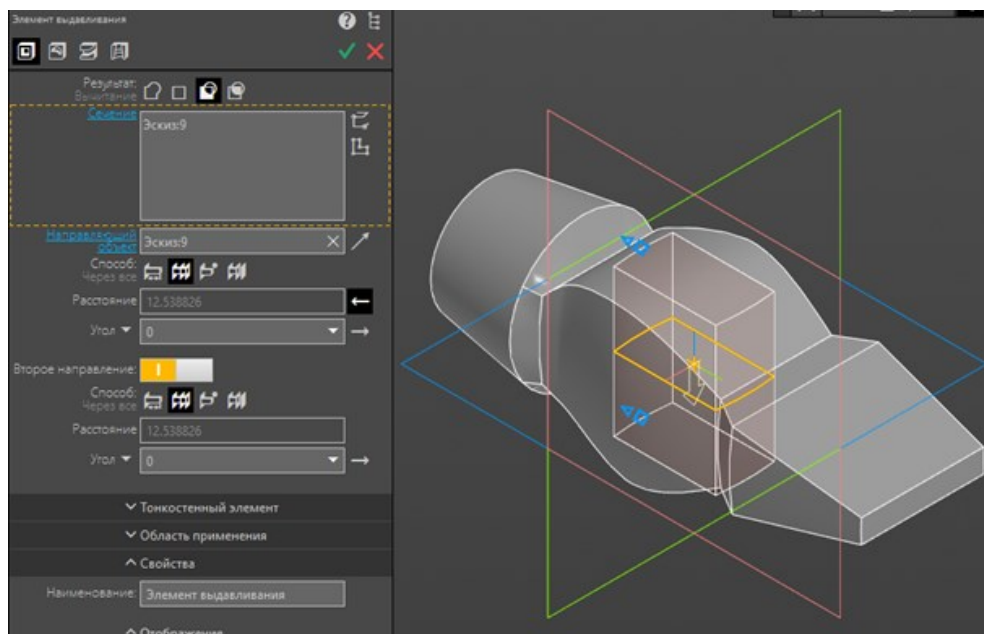
14. Выберите команду **Операция по сечениям**. Укажите последовательно эскизы 4, 8. Завершите команду. Вызовите еще раз эту команду и выберите эскизы 6, 3. Завершите команду.



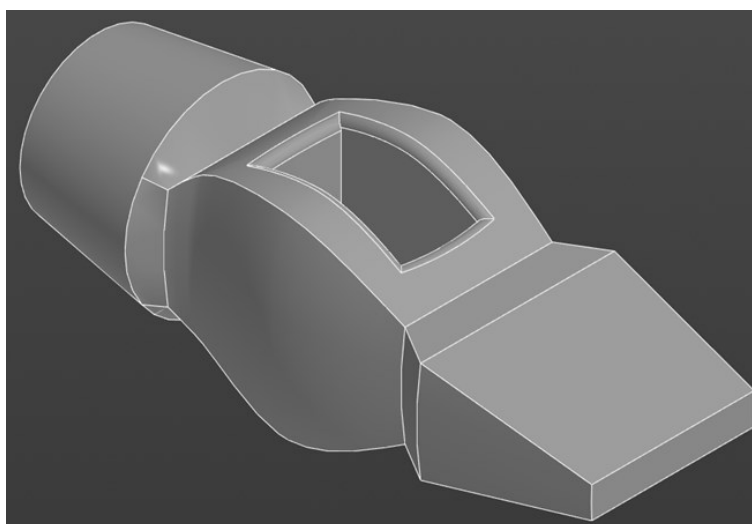
15. Выберите **Плоскость XY**, войдите в режим создания эскиза, постройте эскиз согласно рисунку.



16. Выберите команду **Вырезать выдавливанием**. Укажите только что построенный эскиз. Выберите **Два направления** и **Через все**. Завершите команду.

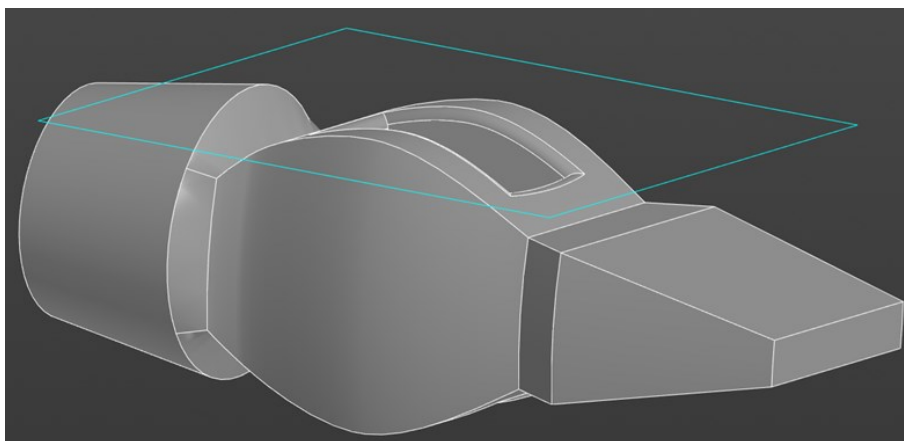


17. Выберите команду **Скругление**. Укажите с двух сторон ребра отверстия под ручку. Задайте величину радиуса **1 мм**. Завершите команду. Сохраните файл под именем **Молоток**.

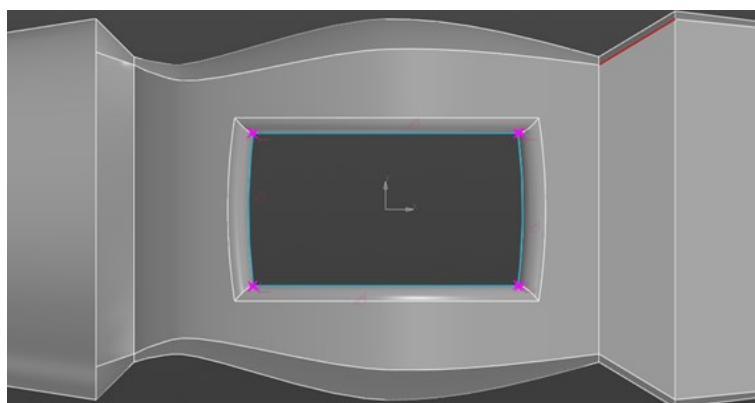


Построение ручки

18. Выберите в дереве модели **Плоскость XY**. Выберите команду **Вспомогательная геометрия | Смещенная плоскость**. Выберите **Прямое направление**, **Расстояние 12,5 мм**, в итоге построим плоскость 1.



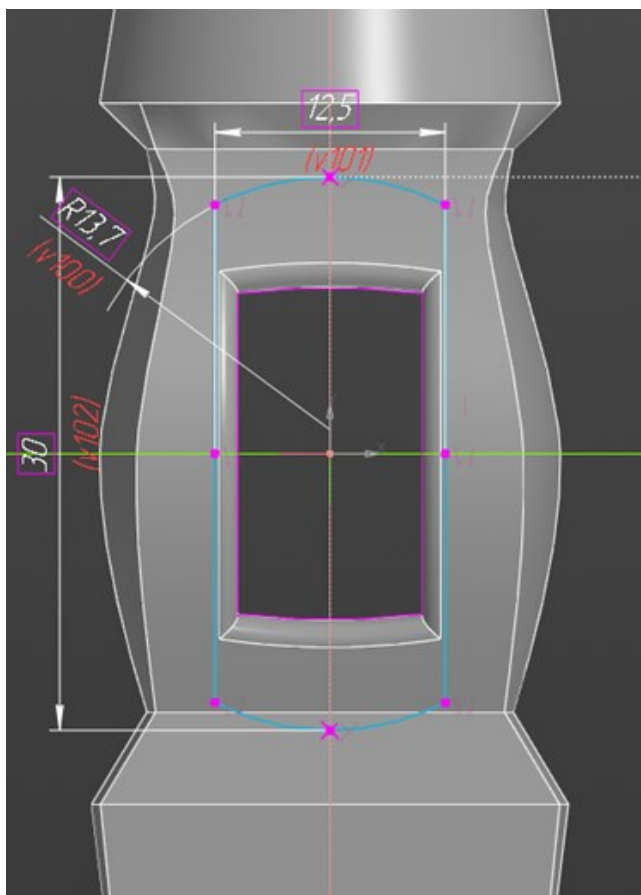
19. Выделите плоскость 1, выберите команду **Создать эскиз**, задайте имя файла — **Ручка**, программа автоматически войдет в режим создания эскиза новой детали. Выберите команду **Спроецировать объект**. Укажите ребра отверстия под ручку.



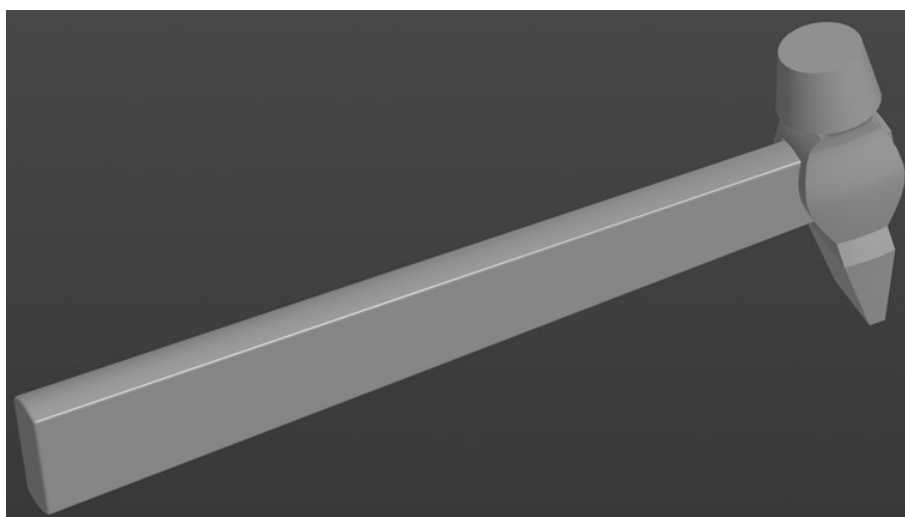
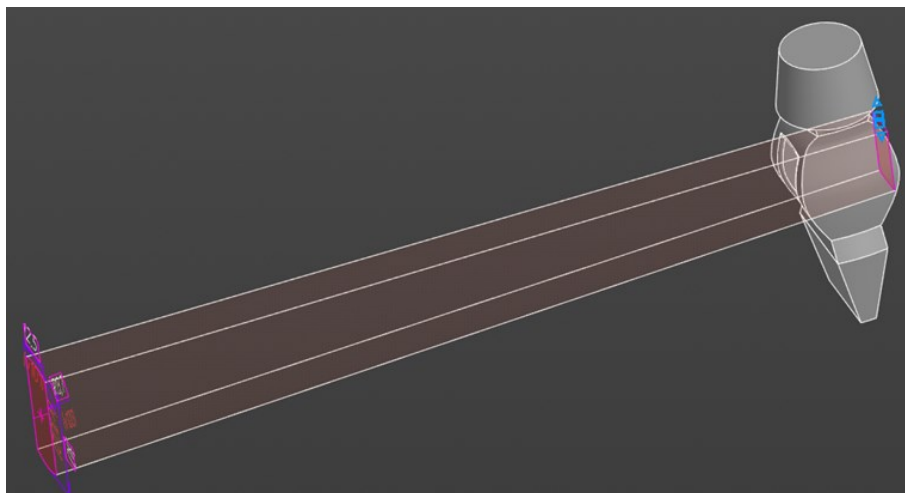
20. Выберите только что построенную плоскость и параллельно ей постройте смещенную на **220 мм**.



21. Постройте в ней эскиз согласно рисунку.



22. Выберите команду **Операция по сечениям**, укажите оба эскиза. В итоге получим ручку. Скруглите боковые ребра и ребра торца ручки радиусом **1 мм**. Сохраните файл.



3D-моделирование является одним из ключевых аспектов современной компьютерной графики и дизайна. Оно позволяет создавать трехмерные виртуальные модели, которые визуализируются на экране компьютера или используются в различных приложениях в таких областях, как архитектура, инженерия, игровая индустрия и медицинская визуализация.

Моделирование предоставляет возможность создавать объекты с высокой степенью детализации и реализма. С помощью специализированного программного обеспечения моделлеры могут создавать сложные формы, управлять освещением и материалами, анимировать объекты и взаимодействовать с ними виртуально. Одним из ключевых аспектов моделирования является создание геометрических моделей. Они состоят из вершин, ребер и граней, которые определяют форму и структуру объекта.

Существует несколько основных типов 3D-моделирования (в контексте САПР), используемых в различных отраслях:

- **Полигоны.** Этот метод используется для создания сложных форм путем объединения множества маленьких плоских поверхностей (полигонов). Это очень популярно в компьютерной графике и игровой индустрии.

- **NURBS (неравномерные рациональные В-сплайны)** используется для создания гладких и точных кривых и поверхностей. Этот метод часто применяют в промышленном дизайне и автомобилестроении.

- **Твердотельное моделирование.** Этот метод создает полноценные трехмерные объекты с внутренними объемами (например, в программе «КОМПАС-3D»), что полезно для инженерии и производства.

Основные инструменты и функции САПР для 3D-моделирования:

- **Примитивные объекты:** начальные блоки для создания моделей (кубы, сферы, цилиндры и т. д.).

- **Сглаживание:** инструменты сглаживания поверхностей для создания гладких переходов между частями модели.

- **Экструзия и вытягивание** используются для создания трехмерных форм из 2D-эскизов путем вытягивания.

- **Булевы операции:** объединения, пересечения и вычитания геометрических форм для создания более сложных объектов.

- **Моделирование по кривым:** создание моделей на основе направляющих кривых для более точного контроля формы.

Основные принципы работы в САПР:

- **Эскизирование.** Создание двумерных эскизов, которые служат основой для трехмерных моделей.

- **Параметрическое моделирование.** Пользователь задает параметры (размеры, углы и т. д.), которые можно легко изменять, чтобы обновить модель.

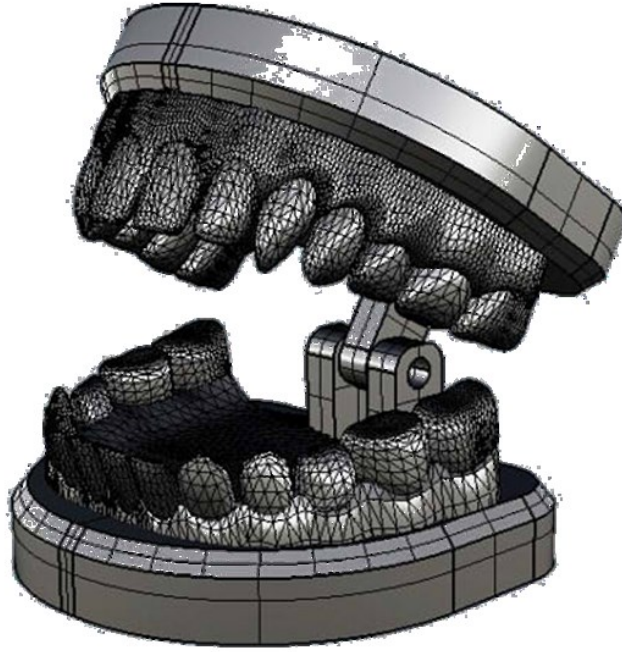
- **Сборки.** Создание комплекса из нескольких отдельных частей, которые можно подгонять и тестировать вместе.

- **Анализ и симуляция.** Проведение симуляций для анализа поведения модели под различными условиями (например, нагрузка, температура).

Примеры применения 3D-моделирования: создание подробных планов и визуализаций зданий, проектирование деталей и узлов для машин и механизмов, разработка новых продуктов — от бытовой техники до транспортных средств, создание моделей для протезов, имплантов и медицинских инструментов.







Вопросы

1. В каких отраслях применяется 3D-моделирование?
2. Какие примитивные объекты используются в 3D-моделировании?
3. Почему 3D-моделирование важно для игровой индустрии?
4. Как, по вашему мнению, будет развиваться 3D-моделирование в будущем?

Практическая работа «Моделирование по образцу (реальному объекту)»

Выберите один из предложенных вариантов задания и создайте 3D-модель, используя программное обеспечение для САД-моделирования.

Вариант 1. Моделирование колеса из робототехнического набора

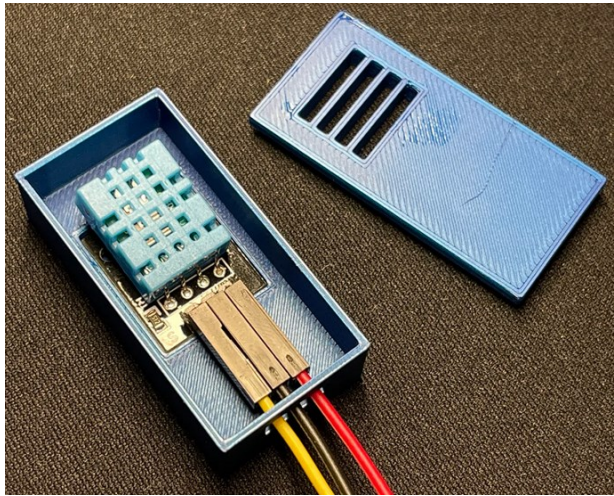
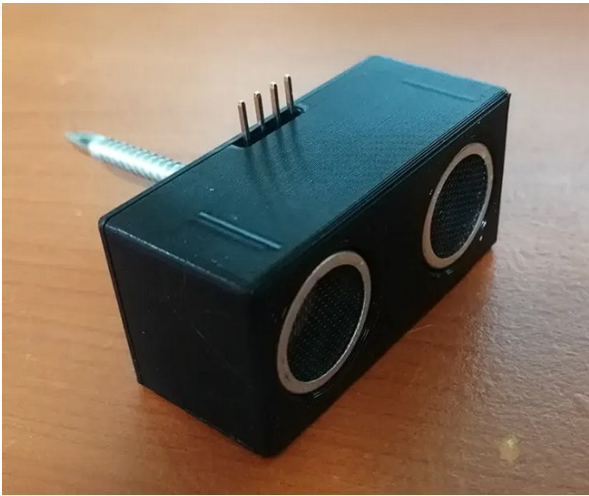
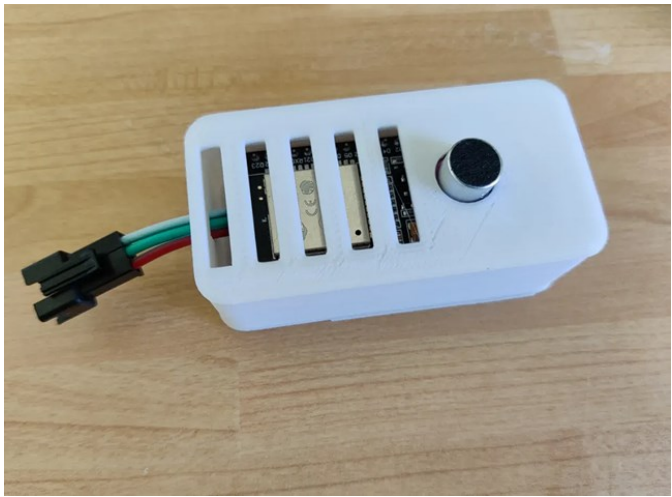
- Изучите конструкцию колеса, его элементы и размеры.
- Проведите замеры (если есть доступ к реальному объекту) или используйте предоставленные размеры.
- Начните работу в САД-системе, создав базовые формы (диск, протектор, ось).
- Примените выдавливание для создания объема модели.
- Добавьте все необходимые детали, такие как отверстия для крепления и вентиляционные каналы (если необходимо).
- Проведите финальную проверку модели на соответствие оригиналу.





Вариант 2. Моделирование корпуса (крепления) для датчика

- Изучите конструкцию и размеры корпуса датчика.
- Проведите необходимые замеры или используйте предоставленные параметры.
- Создайте набросок на основе эскизов крепления, включая все необходимые отверстия и вырезы.
- Смоделируйте основные части корпуса и примените выдавливание для придания объема.
- Разработайте монтажные штифты или другие элементы крепления.
- Проведите проверку модели на стабильность и надежность.



3D-принтер

3D-принтер — это устройство, способное превращать цифровую 3D-модель в реальный физический объект. Оно открывает перед нами совершенно новые возможности в области производства и творчества.



Основная идея 3D-принтера заключается в том, что он использует специальные материалы, известные как филаменты или сырьевые материалы, для создания объектов путем последовательного нанесения слоев материала на основу. Это отличается от обычного процесса прямого вырезания материала. Вместо этого 3D-принтер добавляет материал, создавая объемную модель с высокой точностью.

3D-принтеры имеют широкий спектр применения, от прототипирования и производства до медицины и дизайна. Они могут создавать различные объекты, начиная от простых геометрических фигур и заканчивая сложными деталями с внутренними полостями и подвижными элементами. Например, 3D-принтеры могут использоваться для создания деталей в авиационной и автомобильной промышленности, выпуска уникальных изделий рукоделия и даже для воссоздания античных произведений искусства.

Особенностью 3D-принтеров является их способность производить индивидуальные изделия по индивидуальным запросам. Это означает, что каждый объект может быть уникальным и специально созданным под определенные требования и предпочтения. Благодаря своей гибкости и точности 3D-принтеры становятся все более востребованными в различных отраслях, позволяя нам воплотить самые смелые идеи в реальность.

Будущее 3D-принтеров обещает быть захватывающим. С развитием технологии они становятся доступнее, быстрее и проще в использовании. Новые материалы и подходы к печати открывают возможности для создания более сложных и функциональных моделей. 3D-принтеры уже изменили наше представление о производстве и творчестве, а будущие инновации обещают еще больше расширить границы возможностей, которые предоставляют нам эти устройства.

Вопросы

1. В чем отличие 3D-печати от традиционных методов производства, таких как лазерная резка?
2. В каких отраслях используются 3D-принтеры? Приведите примеры.
3. Как вы видите перспективы использования 3D-принтеров в обычной жизни?
4. Какие уникальные изделия, на ваш взгляд, можно было бы создать с помощью 3D-принтера?

Устройство и принцип работы трехмерного принтера

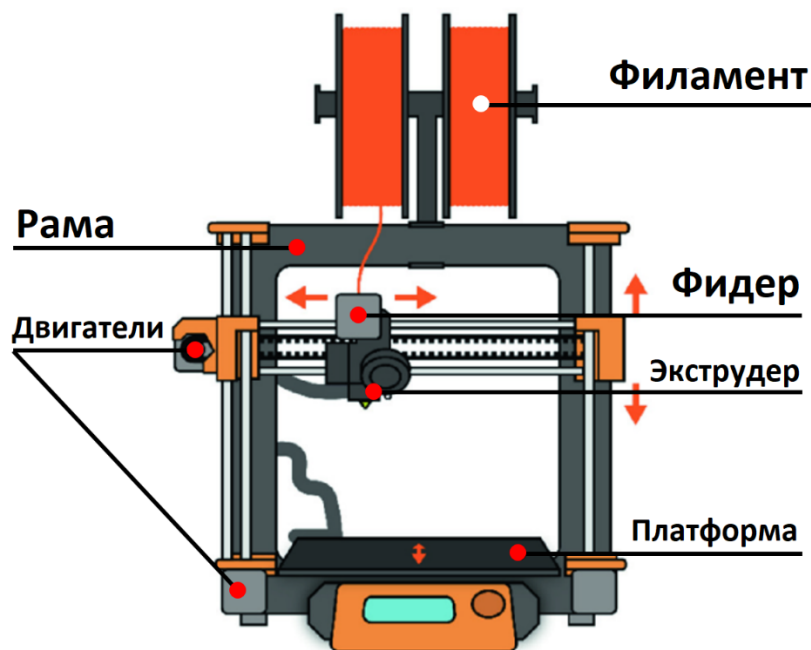
FDM/FFF — самая распространенная и самая доступная технология 3D-печати, подходящая для создания функциональных механических деталей и прототипов. В качестве основного ресурса принтер использует нить пластика. Катушка с нитью пластика называется **филаментом**. Типовой диаметр нити пластика — 1,75 мм. Все еще распространены 3-миллиметровые прутки, однако их точность печати довольно низкая, и их использование не рекомендуется. По сравнению с жидкими смолами или порошкообразными материалами филамент относительно безопасен и с ним легко работать. Недостаток FDM-печати — слои на печатных объектах видны невооруженным глазом. Обычная высота слоя (при использовании сопла 0,4 мм) составляет от 0,1 до 0,3 мм.



Основных частей у любого FDM-принтера всего две: стол (он же платформа), на котором крепится печатаемая деталь, и экструдер — узел, из которого подается размягченный материал. Всего, как известно, у трехмерного объекта три оси — X , Y и Z , где Z — традиционно вертикальная. То, как два элемента принтера делят эти три направления, и является принципом работы каждого из видов. Каждый 3D-принтер имеет собственную кинематическую

схему, согласно которой приводятся в движение механические части устройства: платформы и экструдеры.

Основные компоненты 3D-принтера



Рама и оси. Рама является основой принтера и поддерживает все его части. Она должна быть жесткой, чтобы предотвратить вибрации, которые могут повлиять на качество печати. Оси (X , Y и Z) управляют движением экструдера и/или платформы. Ось X обычно управляет движением экструдера влево и вправо, ось Y отвечает за движение вперед-назад, а ось Z — за вертикальное движение.

Экструдер. Хотэнд нагревает материал до состояния, в котором он может быть экструдирован. Радиатор предотвращает преждевременное плавление материала.

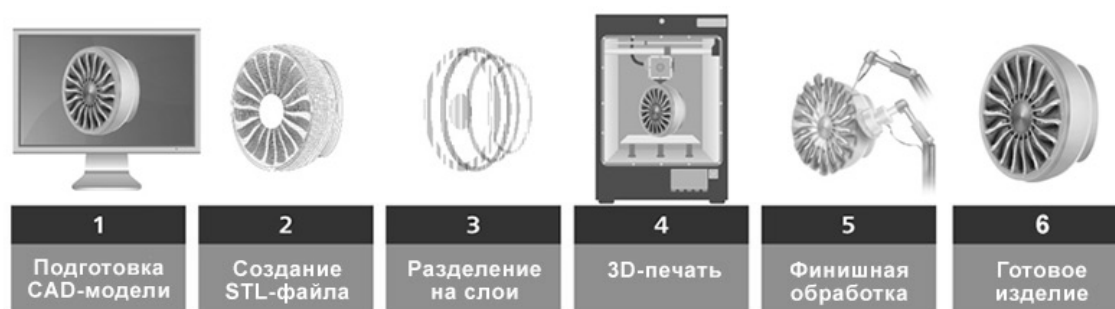
Фидер. Механизм, который подает пластиковую нить (филамент) в экструдер.

Стол (платформа) для печати. Платформа, на которой происходит процесс печати, часто подогреваемая для улучшения адгезии первого слоя и предотвращения деформации.

Контроллер и драйверы шаговых двигателей. Контроллер (плата управления) — это «мозг» принтера, который координирует движения и работу других компонентов. Драйверы шаговых двигателей управляют движением осей.

Датчики и калибровочные системы. Датчики уровня платформы помогают в автоматической настройке высоты печати.

От разработки до печати 3D-моделей



Создание 3D-модели. Процесс начинается с создания цифровой 3D-модели в специальном программном обеспечении (например, «КОМПАС-3D», Blender или SOLIDWORKS).

Подготовка модели для печати. Модель должна быть разделена на слои с помощью специального программного обеспечения для нарезки (slicing software), например Cura или PrusaSlicer. Такое программное обеспечение генерирует G-код, который является инструкциями для 3D-принтера.

Загрузка модели в принтер. G-код передается в принтер через SD-карту, USB или Wi-Fi.

Печать. Принтер нагревает экструдер и платформу до нужной температуры. Филамент подается в хотенд и плавится. Экструдер начинает движение

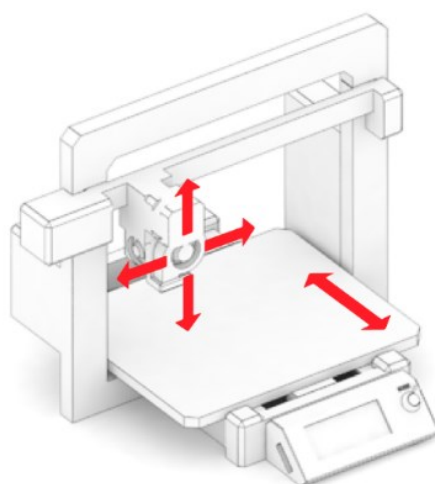
согласно G-коду, выкладывая расплавленный пластик слой за слоем на платформу. После каждого завершенного слоя платформа опускается (или экструдер поднимается) для нанесения следующего слоя.

Завершение печати. После завершения последнего слоя принтер останавливается и остывает. Готовое изделие можно снять с платформы и при необходимости подвергнуть постобработке (например, удалить опорные структуры или отшлифовать поверхности).

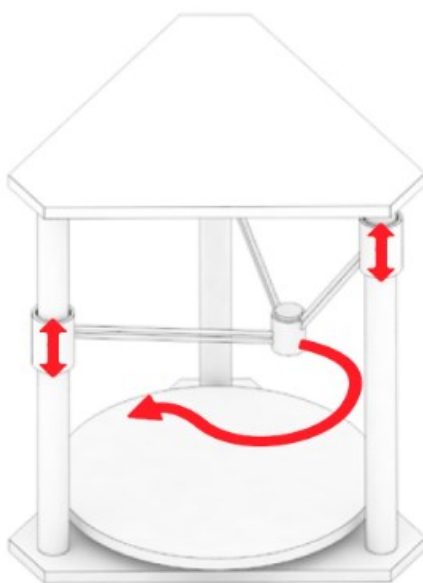
Наиболее распространены **3D-принтеры с картезианской кинематикой**. Они основаны на декартовой системе координат — осях X , Y и Z . По ним задаются координаты, по которым печатающая головка и платформа стола меняют положение.

Рассмотрим основные вариации перемещения в данной кинематике:

1. Платформа передвигается по одной из горизонтальных осей — X или Y , экструдер движется по второй горизонтальной оси и по вертикальной оси Z .
2. Платформа перемещается вверх-вниз по оси Z , а экструдер передвигается по двум осям вперед-назад и влево-вправо.
3. Платформа движется по двум осям, одна из которых — горизонтальная, а вторая вертикальная ось Z , экструдер — по другой горизонтальной оси.
4. Платформа движется по двум горизонтальным осям X и Y , а экструдер перемещается только по оси Z .
5. Платформа неподвижна, экструдер передвигается по всем трем осям.



Дельта-принтеры перемещают экструдер с помощью трех подвижных рычагов, закрепленных на самом экструдере. Основными преимуществами являются скорость печати и большие объемы печати. Однако для принтера необходима чрезвычайно точная сборка и калибровка. Геометрия принтера требует сложных расчетов движений шаговых двигателей в каждом из рычагов.



Также существуют полярная кинематика, роботизированные манипуляторы, SCARA-кинематика и пятиосевые принтеры.

Вопросы

1. Как называется самая распространенная и доступная технология 3D-печати?
2. Какими габаритными размерами ограничены FDM-принтеры?
3. Что такое экструдер и для чего он нужен в 3D-принтере?
4. Какие этапы включает в себя процесс печати на 3D-принтере?

Практическая работа «Рынок 3D-принтеров»

Заполните таблицу сравнения 3D-принтеров разной ценовой категории, используя интернет-ресурсы.

Характеристики	FDM-принтер № 1 «Название»	FDM-принтер № 2 «Название»	FDM-принтер № 3 «Название»
Количество экструдеров			
Тип экструдера			
Область печати			
Максимальная скорость печати			
Максимальная температура печати			
Максимальная температура стола (при наличии)			
Система кинематики			
Размер принтера			

Плата управления

Управление работой 3D-принтера, включая установку параметров температуры сопла и рабочей платформы, скорость подачи пластика и функционирование шаговых двигателей для позиционирования экструдера, реализуется через электронные контроллеры.

Плата управления (контроллер) — это основной элемент управления экструдером, двигателем, датчиком и нагретым слоем филамента у любого 3D-принтера. Материнская плата выполняет задаваемые пользователем команды, после чего внутренний набор элементов микрочипа преобразует электрические импульсы в механические движения шаговых двигателей. В результате этого трехмерная компьютерная модель будет слой за слоем печататься на рабочей поверхности 3D-принтера.

Основные функции платы управления:

1. Управление температурами. Контроллер отвечает за поддержание заданных пользователем температур экструдера и нагревательной платформы. Он контролирует нагрев и охлаждение, обеспечивая правильные условия для печати.

2. Контроль подачи пластика. Плата управления регулирует скорость подачи филамента через экструдер, что влияет на качество и скорость печати.

3. Управление шаговыми двигателями. Шаговые двигатели используются для перемещения различных частей принтера. Контроллер управляет их работой, обеспечивая точное позиционирование экструдера и стола по осям X , Y и Z .

4. Обратная связь и мониторинг. Современные контроллеры предоставляют отчетность о процессе печати и состоянии принтера, включая температуру, положение и состояние датчиков.

Компоненты платы управления:

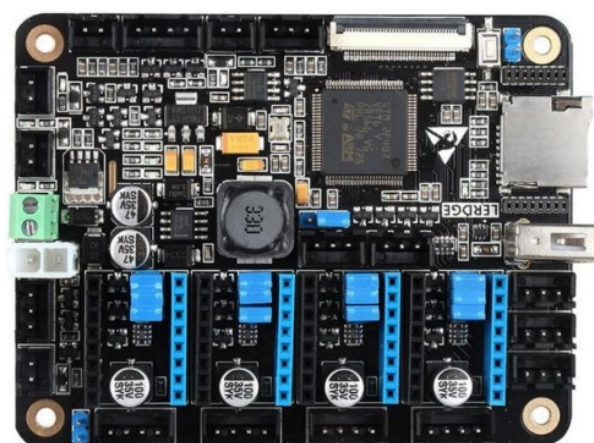
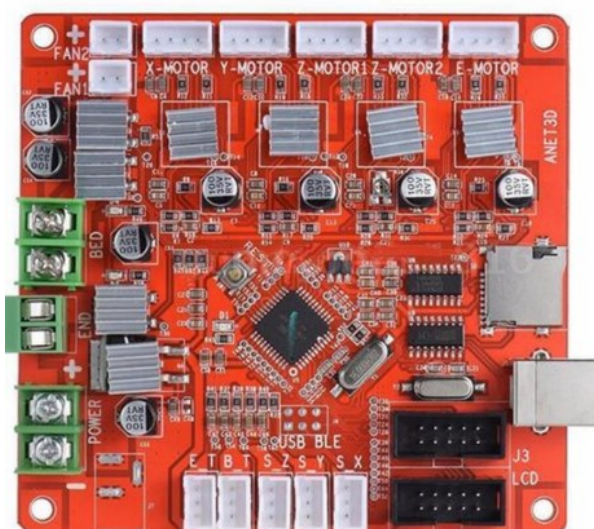
1. Микроконтроллер — центральный элемент, который обрабатывает команды пользователя и управляет всеми другими компонентами платы.

2. Драйверы двигателей. Обеспечивают питание и контроль шаговых двигателей, регулируя их скорость и направление.

3. MOSFET-транзисторы. Управляют высокомоощными нагрузками, такими как нагреватели и вентиляторы.

4. Коннекторы для датчиков. Плата управления получает данные от разнообразных датчиков, таких как термисторы для измерения температуры и концевые выключатели для определения положения частей принтера.

5. Интерфейсы связи. Работают с различными интерфейсами (USB, SD-карты или Wi-Fi) для загрузки моделей и обновления прошивки.



При выборе материнской платы для 3D-принтера рекомендуется обратить внимание на несколько параметров:

1. Количество поддерживаемых экструдеров (два и более).

2. Встроенные или съемные драйверы. Желательно, чтобы драйверы в плате были съемными, так как при поломке их можно будет легко снять и починить или заменить в случае полной неисправности.

3. Количество двигателей (четыре и более).

4. Наличие Wi-Fi. Встроенный модуль позволит не подключать принтер постоянно к компьютеру при каждой печати.

5. Поддержка прошивок. Желательно, чтобы плата поддерживала различные виды прошивок.

6. Наличие защиты от неправильного включения элементов.

Вопросы

1. Какие дополнительные функции могут содержать современные платы управления?

2. Что происходит в случае сбоя платы управления во время печати?

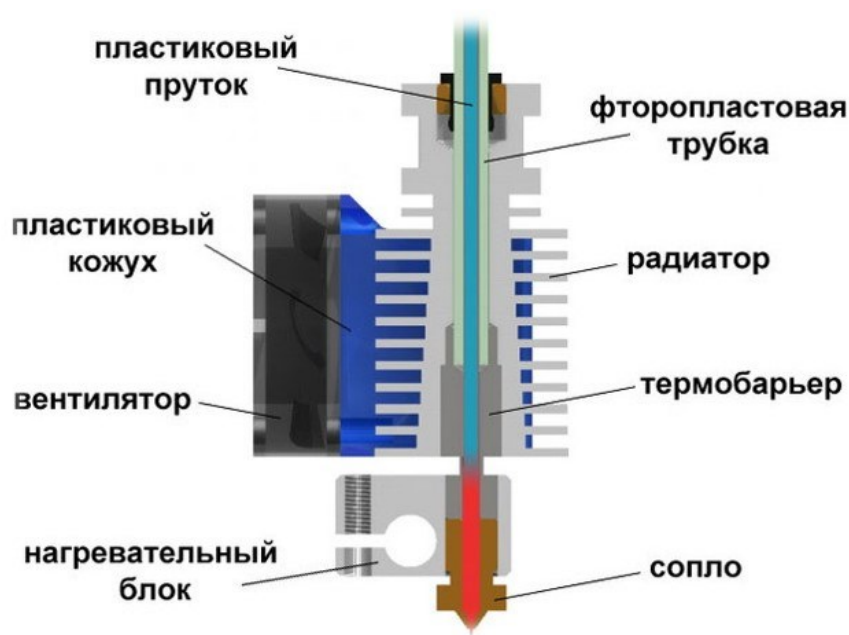
Практическая работа «Разновидности плат управления 3D-принтером»

Заполните таблицу технических характеристик различных плат управления 3D-принтеров, используя интернет-ресурсы.

Технические характеристики	Плата управления № 1 «Название»	Плата управления № 2 «Название»	Плата управления № 2 «Название»
Микропроцессор			
Поддерживаемые драйверы			
Программное обеспечение			
Поддерживаемая прошивка			
Кинематика			
Интерфейсы двигателей			
Входное напряжение (рекомендуемое)			
Дополнительные модули			

Экструдер

Экструдер — это основная часть печатной головки FDM-принтера. Хотя технически экструдер включает только подающий механизм, в современной терминологии он обычно используется для описания всей сборки печатной головки. Это связано с устоявшейся практикой и воспринимается как обобщенное название для всего устройства печати FDM-принтера.



Экструдер состоит из нескольких ключевых компонентов, каждый из которых играет важную роль в процессе печати.

1. Подающий механизм отвечает за подачу филамента (нити пластика) к нагревательному блоку. Подача может быть осуществлена с помощью шагового двигателя, работающего в паре с шестернями, создающими движение филамента.

2. Нагревательный блок — это часть экструдера, где филамент плавится до жидкого состояния. В нагревательном блоке используются специальный нагревательный элемент и термодатчик для точного контроля температуры.

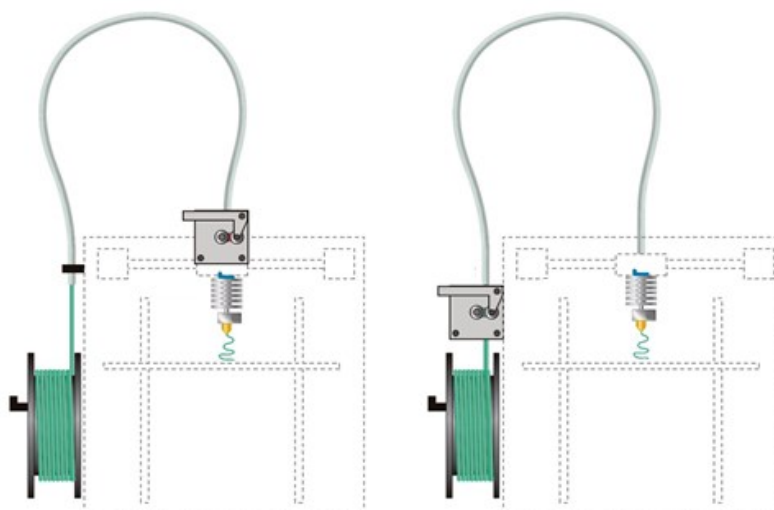
3. Сопло. После плавления филамента в нагревательном блоке пластик выдавливается через сопло, нанося слой за слоем материал на печатную платформу. Диаметр сопла влияет на качество и детализацию печати.

4. Радиатор и вентилятор используются для охлаждения верхней части печатной головки, чтобы предотвратить преждевременное плавление филамента и обеспечить стабильную подачу материала.

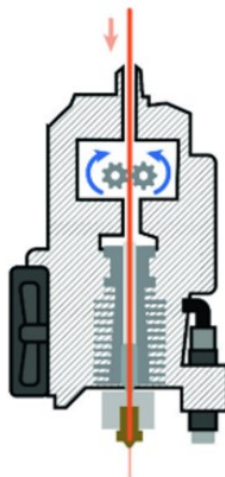
Теория работы экструдера основывается на принципах термопластавтоматов и экструзии пластмассы, где материал через нагревание и давление принуждается к изменению формы. В процессе FDM-печати пластик (PLA, ABS, PETG) через подающий механизм попадает в нагревательную зону, где плавится и далее через сопло наносится на печатную платформу, создавая объект слой за слоем.

Температура играет ключевую роль в эффективной и качественной печати. Например, для PLA оптимальная температура плавления составляет 180–220 °С, тогда как для ABS — 230–260 °С. Контроль температуры нагревательного блока и скорости подачи материала важен для предотвращения засора сопла и обеспечения равномерного нанесения слоев.

Внимание! При работе с 3D-принтером экструдер может нагреваться до 260 °С. Не касайтесь экструдера руками во время нагрева и во время печати, так как это может привести к ожогам.



Экструдер с прямой подачей (Direct Drive) устанавливается вместе с хотэндом и проталкивает филамент непосредственно в сопло. Таким образом, все компоненты для работы с филаментом расположены на печатающей головке вместе.



Это имеет как преимущества, так и недостатки, которые нужно учитывать перед покупкой принтера.

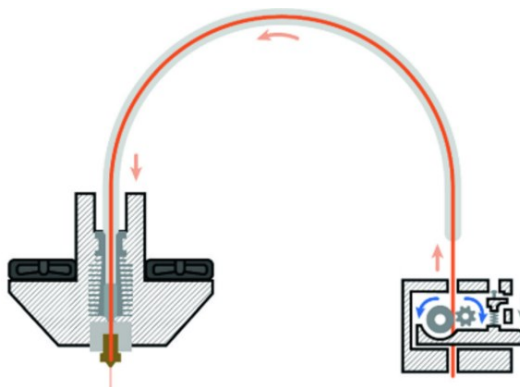
Преимущества:

- Лучшее экструдирование. Поскольку экструдер расположен непосредственно на печатающей головке, двигателю легко проталкивать филамент через сопло.
- Более быстрое втягивание. Благодаря близости экструдера и сопла филамент можно быстро втянуть, а во многих случаях настройка втягивания даже не требуется.
- Можно использовать меньшие по размерам и мощности двигатели. Благодаря небольшому расстоянию между экструдером и соплом для проталкивания филамента от двигателя требуется меньший крутящий момент.
- Более широкий выбор филаментов. Прямые экструдеры совместимы с широким спектром филаментов — они надежно печатают даже абразивными и гибкими материалами.

К **недостаткам** можно отнести большую нагрузку на печатающую головку. Поскольку экструдер закреплен на хотэнде, эта часть конструкции утяжеляется, что приводит:

- к повышению потребляемой мощности;
- к повышению износа зубчатых ремней и подшипников;
- к снижению скорости печати;
- к более сложному техобслуживанию.

В отличие от экструдера с прямой подачей, боуденовский экструдер (Bowden) прикреплен к раме 3D-принтера и через длинную трубку из ПТФЭ проталкивает филамент в хотэнд.



Преимуществом здесь является меньший вес головки печати / меньше перемещаемая масса. Поскольку на головку печати не оказывается дополнительной нагрузки, происходит следующее:

- движения становятся чище;
- скорость печати увеличивается;
- головка вибрирует меньше, а значит, печать получается качественнее.

Недостатки:

- Необходим более мощный двигатель. Для управления филаментом требуется более мощный двигатель с большим крутящим моментом, поскольку пластик необходимо проталкивать через трубку из ПТФЭ.

- Больше время отклика. Повышенное трение в боуденовской трубке приводит к увеличению времени отклика. Такие экструдеры требуют более длительного и быстрого втягивания, чтобы избежать задержек.

- Меньше выбор филаментов. Гибкие или абразивные филаменты будут изнашивать трубку и хуже печататься, чем в экструдере с прямым приводом, из-за более длинного пути подачи.

Вопросы

1. Чем различаются экструдеры Direct Drive и Bowden и какие преимущества и недостатки есть у каждого из них?

2. Как диаметр сопла влияет на характеристики печати и какие советы можно дать при выборе сопла для различных типов печати?

3. Как проблемы с экструдером, такие как забивание или неправильная подача филамента, могут влиять на результаты печати и как их решать?

Практическая работа «Замена филамента»

Для замены пластика на 3D-принтере необходимо выполнить предварительные шаги, уделяя им особое внимание. Основной задачей пользователя, который планирует заменить филамент на своем 3D-принтере, является подготовка устройства. При этом следует соблюдать определенную последовательность действий:

1. С помощью управляющей панели 3D-принтера необходимо запустить процесс нагрева устройства до рабочей температуры. Удалять старый филамент из принтера, который еще не достиг нужной температуры, крайне трудно. Кроме того, это может повредить механизмы.
2. После достижения необходимой температуры принтера следует осмотреть выходное отверстие экструдера на предмет видимых повреждений и ненужных застоев материала. Также необходимо подготовить необходимые для замены материалы и инструменты.

Чтобы удалить пластик из экструдера, выполните следующие действия:

1. Включите нагрев 3D-принтера.
2. Дождитесь достижения необходимой температуры. Предварительно настройте параметры температурного режима в соответствии с характеристиками используемых материалов (например, для разных видов пластика, таких как ABS и PLA, потребуются разные температуры плавления, поэтому замену материала следует проводить максимально быстро. Использование повышенной температуры может привести к деформации PLA и засорению сопла).
3. Если программное обеспечение не имеет функции обратного хода, необходимо вручную очистить канал максимально близко к выходному отверстию, обрезав старую нить и вставив новую.
4. В ходе прогона предыдущий пластик постепенно выйдет из сопла экструдера и его место займет новый филамент.

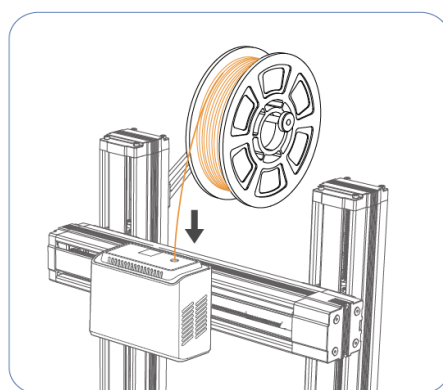
Чтобы заменить пластик в экструдере на новый материал:

1. Удалите остатки старого материала.
2. Очистите экструдер от остатков филамента.
3. Аккуратно вытащите пруток филамента из экструдера, нажимая на прижимной механизм, и осторожно тяните пластиковую нить вверх.
4. Вставьте конец новой пластиковой нити из новой катушки, ослабляя прижимной механизм и аккуратно вставляя конец прутка.
5. Протяните филамент. Рекомендуется выдавить 30–50 ед. материала, прогреть принтер до необходимой температуры и немедленно удалить выдаваемый материал. Выберите соответствующую команду на управляющей панели, чтобы выполнить эту операцию.
6. Убедитесь, что выделяемый материал однороден и в процессе нет потеков — это будет сигналом успешной замены пластиковой нити в 3D-принтере.

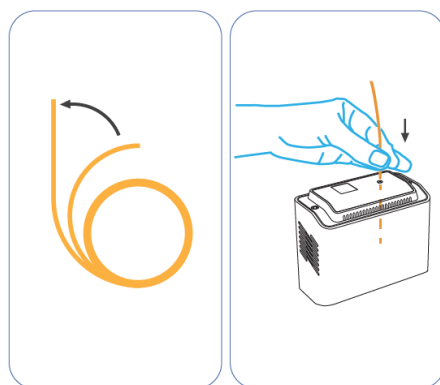
Внимание! Замена или заправка осуществляется при нагретом экструдере до необходимой температуры соответствующего пластика.

Загрузка филамента (инструкция на примере 3D-принтера Dobot MOOZ):

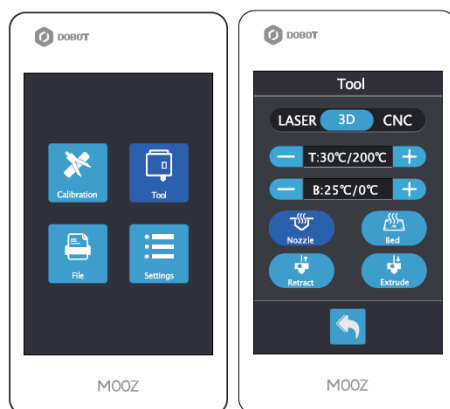
1. Установите катушку с пластиком на устройстве.



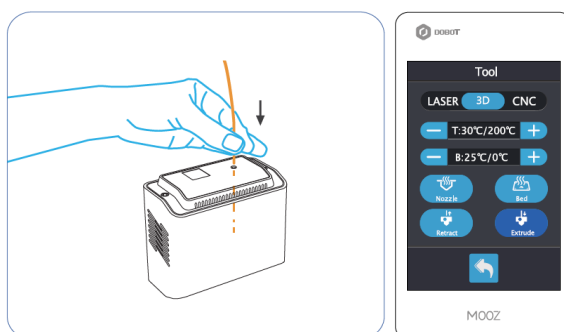
2. Вставьте пластик в отверстие.



3. Выберите пункт в меню настроек сопла и включите нагрев экструдера. Ожидайте нагрева 200 °С.



4. Надавите на пластик вниз и одновременно нажмите на кнопку подачи пластика. Расплавленная нить начнет вытекать из сопла.



Шаговый двигатель

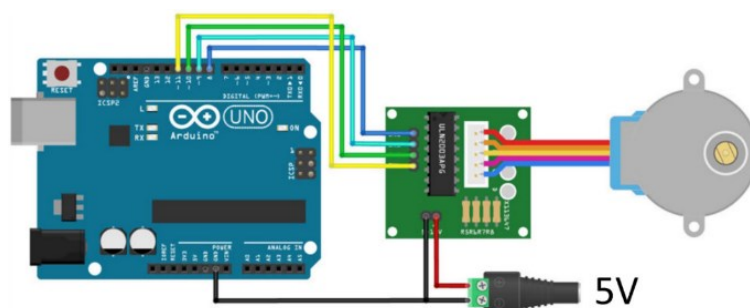
Шаговый двигатель — это бесщеточный двигатель постоянного тока, который преобразует электрические импульсы в механическое движение. Каждый импульс — это поворот ротора на небольшой угол (шаг). Шаговые двигатели используются для управления движением на различных осях, включая перемещение экструдера, стола и регулирование подачи филамента. Преимущество данного типа двигателей заключается в возможности точной настройки управляемых шагов.



Для подключения шаговых двигателей к микроконтроллерам необходимы специальные драйверы. Широко распространенные и доступные по цене моторы 28BYJ-48-5V часто поставляются в комплекте с драйвером ULN2003 (транзисторная сборка). Например, подключив к любым четырем пинам Arduino-контроллера, можно легко их использовать в проектах.



Для работы с шаговыми двигателями (например, Nema 17, которые используются в 3D-принтерах) необходимо использовать специализированные драйверы (A4988, DRV8825, TMC2208 и т. д.). Эти драйверы одинаково подключаются и работают, так как разработаны для использования на станках с ЧПУ и взаимозаменяемы. Для настройки тока у этих драйверов используется потенциометр на плате. Можно провести настройку на глаз, запуская двигатель вращения и регулируя потенциометр. Двигатель должен вращаться плавно, без лишних вибраций и перегрева. Главное преимущество драйверов типа TMC — отсутствие шума/свиста/вибраций при работе, так как драйвер своими силами интерполирует сигнал до микрошага 1/256.



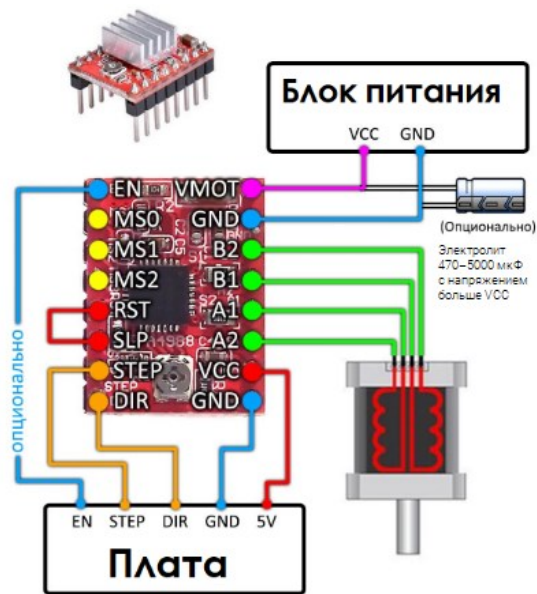
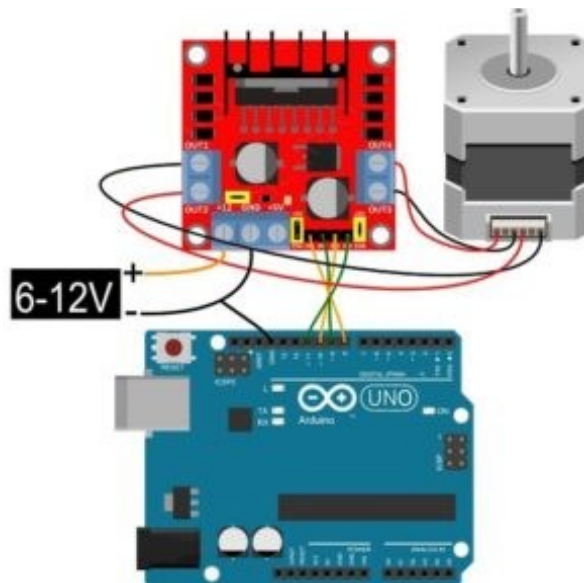


Схема подключения биполярного шагового двигателя Nema 17 через драйвер L298 выглядит следующим образом.



Вопросы

1. Что такое шаговый двигатель и как он преобразует электрические импульсы в механическое движение?
2. Каковы преимущества шаговых двигателей по сравнению с другими типами двигателей, такими как сервомоторы?
3. Как шаговые двигатели влияют на качество печати при производстве моделей на 3D-принтере?

Практическая работа «Подключение шаговых двигателей»

В этой работе подключим шаговый двигатель к микроконтроллеру Arduino. Шаговые двигатели широко используются в 3D-принтерах, CNC-машинах и других устройствах, требующих точного контроля перемещения.

Необходимые компоненты:

- микроконтроллер (например, Arduino Uno или Nano);
- шаговый двигатель (например, Nema 17);
- драйвер для шагового двигателя (например, A4988 или DRV8825);
- источник питания (в зависимости от типа шагового двигателя);
- провода для подключения;
- макетная плата (по желанию).

Подключение драйвера к Arduino:

1. Подключите VDD и GND драйвера к 5V и GND на Arduino.
2. Подключите VMOT (или аналогичный вывод) к источнику питания. Обратите внимание на напряжение: оно должно соответствовать спецификации вашего шагового двигателя.
3. Подключите выводы STEP и DIR драйвера к цифровым выходам Arduino (например, D2 для STEP и D3 для DIR).
4. Подключите выводы шагового двигателя к драйверу, следуя схемам подключения, предоставленным производителем.
5. Подключите шаговый двигатель. Обычно у шагового двигателя четыре провода, которые нужно подключить к соответствующим выводам драйвера (например, A+, A-, B+, B-).

Схема подключения



1. Подключить шаговый двигатель. Подключение шагового двигателя производится напрямую к выводам драйвера **1A-1B** и **2A-2B**. Стоит отметить, что драйвер предназначен для подключения биполярных шаговых двигателей, имеющих две обмотки, но этот драйвер также можно использовать и с униполярными двигателями.

2. Подать питание. Драйвер требует двойного питания: 3–5 В для работы логической части микросхемы (выводы **VDD** и **GND**) и 8–35 В (в зависимости от используемого шагового двигателя) для силовой части (выводы **VMOT** и **GND**). На примере выше питание логической части осуществляется от платы Arduino Uno и составляет 5 В. Питание силовой части рекомендуется осуществлять от отдельного блока питания. Кроме того, рекомендуется устанавливать электролитический конденсатор в цепи питания силовой части емкостью не менее 470 мкФ и рабочим напряжением выше напряжения питания силовой части.

3. Установить режим микрошага. Современные шаговые двигатели позволяют с высокой точностью контролировать угол поворота своей оси. Например, шаговый двигатель размера Nema 17 делает 200 шагов за один полный оборот вала, что соответствует углу в $1,8^\circ$ на шаг. Однако для некоторых задач такая точность может оказаться недостаточной. Кроме того, можно встретить старые модели шаговых двигателей (обычно униполярные,

часто использовавшиеся в матричных принтерах), которые имеют всего 48 шагов на один оборот, что эквивалентно $7,5^\circ$ на шаг. Эти двигатели перемещаются рывками между фиксированными положениями. Для увеличения точности позиционирования и для уменьшения рывков используют микрошаги — деление одного шага на несколько частей.

Драйвер A4988 способен делить шаги двигателя в 2, 4, 8 или 16 раз, что позволяет достичь точности до $0,1125^\circ$ при делении на 16 и сделать движение более плавным. Для установки режима микрошага используются выводы MS1–3. По умолчанию эти выводы подтянуты к «земле» встроенными резисторами и находятся в состоянии логического нуля. Для активации деления шага необходимо подключить выводы MS1–3 к положительному полюсу питания (3–5 В).

Для определения коэффициента деления микрошага используется следующая таблица:

MS1	MS2	MS3	Шаг
0	0	0	Полный шаг
1	0	0	1/2 шага
0	1	0	1/4 шага
1	1	0	1/8 шага
1	1	1	1/16 шага

На примере подключения выше все конфигурационные выводы подтянуты к положительному полюсу питания логической части, что дает дробление шага в 16 раз. При включении дробления шага сигнал на выходе силовой части драйвера принимает форму ступенчатой синусоиды (изображена зеленым цветом), пример на изображении ниже. Сигнал на входе STEP изображен в нижней части осциллограммы синим цветом и представляет собой прямоугольные импульсы.

4. Установить конфигурацию работы драйвера. Помимо входов MS1–3, драйвер A4988 имеет три входа конфигурации, которые управляют питанием драйвера:

- **SLEEP** — подача низкого логического уровня переводит микросхему драйвера в спящий режим, подача высокого логического уровня выводит драйвер из спящего режима. Но на самом деле подача высокого логического уровня не нужна, так как вывод SLEEP подтянут к положительному полюсу логической части питания драйвера через внутренний резистор;

- **RESET** — подача низкого логического уровня сбрасывает логику микросхемы (транслятор) в предопределенное состояние. Также пока на выводе RESET присутствует логическая единица, драйвер игнорирует все входящие сигналы управления. Зачастую вход RESET не используют для сброса транслятора и соединяют его с выводом SLEEP, на котором присутствует логическая единица, что и изображено на вышеприведенной схеме подключения.

- **ENABLE** — вход включения драйвера, активируется логическим нулем (присутствует по умолчанию), логическая единица запрещает работу драйвера. Данный вывод можно не использовать, так как встроенный подтягивающий резистор всегда разрешает работу драйвера. Тем не менее в ЧПУ-станках и 3D-принтерах данный вывод активно используется для разблокировки шаговых двигателей для ручного перемещения без обесточивания всего станка либо для снижения энергопотребления.

5. Настроить ограничение силы тока шаговых двигателей. Важно ограничить силу тока, протекающего через обмотки шагового двигателя. Для этого на плате драйвера предусмотрен подстроечный резистор, который задает опорное напряжение на выводе 17 микросхемы A4988. Далее микросхема A4988 на основе опорного напряжения и данных, полученных по каналам обратной связи, ограничивает силу тока на обмотках шагового двигателя. Правильно установить силу тока нам поможет даташит, который предлагает формулу для расчета тока:

$$I_{TripMAX} = V_{REF} / (8 \cdot R_S),$$

где V_{REF} — напряжение на входе 17 микросхемы драйвера; R_S — номинал резисторов R7 и R8 (см. принципиальную схему драйвера), которые могут иметь номинал 0,1 или 0,05 Ом.

Необходимую силу тока можно получить из даташита на шаговый двигатель, номинал сопротивления R_S также известен, поэтому формула приобретает вид

$$V_{REF} = I_{TripMAX} \cdot 8 \cdot R_S.$$

В качестве примера приведем расчет опорного напряжения для шагового двигателя Nema 17, который имеет номинальный ток 1,33 А. Сопротивление R_S имеет номинал 0,1 Ом, поэтому опорное напряжение равно

$$1,33 \cdot 0,1 \cdot 8 = 1,064 \text{ В.}$$

Но в таком случае шаговый двигатель будет работать на пределе своих возможностей, поэтому рекомендуется ограничить ток 70 % от максимального, а это значит, что полученное опорное напряжение необходимо умножить на 0,7. Тогда получим

$$1,064 \cdot 0,7 = 0,7448 \text{ В.}$$

Чтобы измерить опорное напряжение, необходимо измерить напряжение между выводом GND и центральной частью подстроечного резистора, при необходимости подстраивая резистор в определенное положение. Работа без радиатора допустима при токе не более 1 А, но в любом случае рекомендуется использовать радиатор, поставляющийся в комплекте с драйвером, а при необходимости использовать активное воздушное охлаждение.

Пример кода на Arduino для управления шаговым двигателем:

```
#define STEP_PIN 2 // Пин для шага
#define DIR_PIN 3  // Пин для направления

void setup() {
  pinMode(STEP_PIN, OUTPUT);
  pinMode(DIR_PIN, OUTPUT);
}
```



```

    // Установите направление вращения
    digitalWrite(DIR_PIN, HIGH); // Вращение в одном направлении
}
void loop() {
    // Выполните 200 шагов
    for (int i = 0; i < 200; i++) {
        digitalWrite(STEP_PIN, HIGH); // Делаем шаг
        delay (1000); // Задержка для выполнения шага
        digitalWrite(STEP_PIN, LOW); // Подготовка к следующему шагу
        delay (1000);
    }
    delay(1000); // Задержка перед изменением направления
    // Измените направление вращения
    digitalWrite(DIR_PIN, LOW); // Вращение в другом направлении
    // Выполните 200 шагов
    for (int i = 0; i < 200; i++) {
        digitalWrite(STEP_PIN, HIGH); // Делаем шаг
        delay (1000); // Задержка для выполнения шага
        digitalWrite(STEP_PIN, LOW); // Подготовка к следующему шагу
        delay (1000);
    }
    delay(1000); // Задержка перед следующим циклом
}

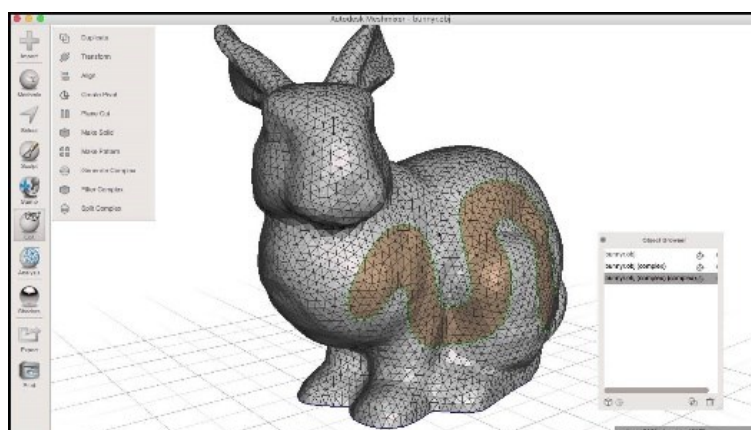
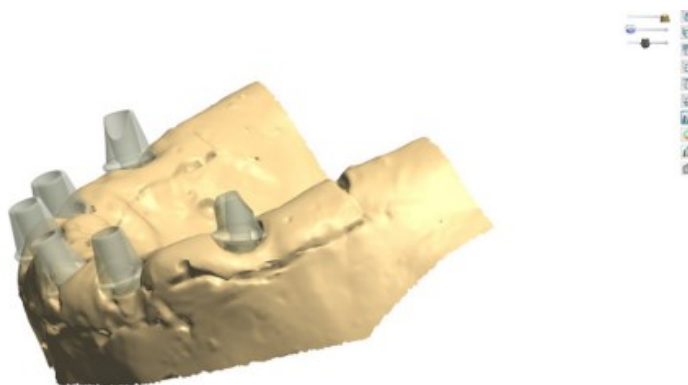
```

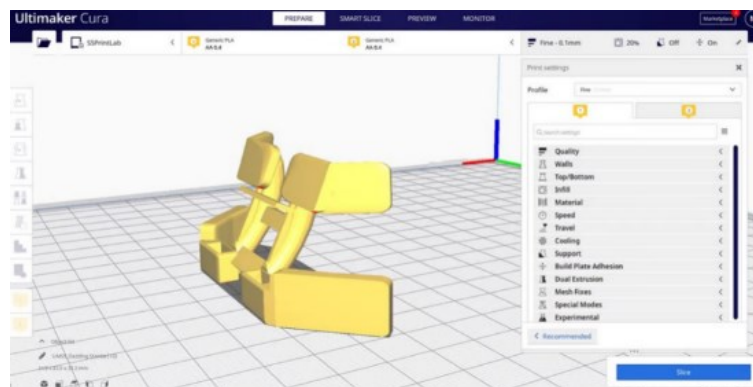
Программное обеспечение для 3D-принтера

Существует множество различных программ для 3D-печати, и их описание невозможно вместить в одну главу. Мы сосредоточимся на классификации наиболее популярных программных средств 3D-печати по функциональному назначению и предоставим краткое введение.

Современное программное обеспечение для 3D-печати позволяет автоматизировать процесс печати и упростить работу с высокотехнологичным оборудованием. Программное обеспечение для аддитивных технологий можно разделить на три группы:

1. Программы для сканирования и моделирования объектов.
2. Программы для подготовки 3D-моделей к печати.
3. Программное обеспечение для управления процессом печати.





Программы для 3D-печати постоянно совершенствуются, чтобы улучшить процесс автоматизации и повысить эффективность рабочих процессов.

Для начала процесса трехмерной печати необходимо иметь цифровую модель желаемого объекта. Есть несколько способов получить такую модель:

- 1) найти готовую 3D-модель в онлайн-каталогах;
- 2) создать модель с помощью специального 3D-редактора;
- 3) отсканировать уже существующий объект.

Есть два способа 3D-сканирования:

- 1) использовать 3D-сканер с соответствующим программным обеспечением;
- 2) использовать фотокамеру и специальные программы для захвата 3D-моделей по фотографиям.

Если есть 3D-принтер, но нет возможности сканировать объекты или же вам нужно создать объект, который существует только в вашем воображении, то лучше использовать специализированный 3D-редактор. Даже после сканирования реального объекта, скорее всего, вам придется вносить изменения. Поэтому сейчас 3D-редактор становится неотъемлемым инструментом для тех, кто хочет печатать уникальные и оригинальные модели.

Для создания моделей часто используются системы автоматизированного проектирования (САПР, CAD). САПР — широкий термин, включающий CAD, CAE (системы расчетов и анализа), CAM (системы проектирования производственных процессов), PDM (системы управления проектными данными), SCM (системы управления цепочками поставок).

Существует множество различных форматов файлов для хранения 3D-моделей, но в большинстве 3D-принтеров используется STL-формат. Однако не все файлы в формате STL подходят для печати. Модель для успешной печати должна иметь закрытую и сплошную поверхность без пропусков, которая четко разграничивает внутренние и внешние части объекта. Программы для создания 3D-моделей (например, Blender) обычно моделируют поверхность без учета аспекта «герметичности». Поэтому рекомендуется использовать специализированные программы, такие как «КОМПАС-3D», которые обеспечивают создание монолитных моделей, особенно на начальных этапах.

Основные виды трехмерного моделирования в «КОМПАС-3D»:

- твердотельное — за счет операций формообразующих (выдавливания, вращения, по сечениям и др.) и формоизменяющих (фасок, скруглений, отверстий, уклонов и др.);
- поверхностное — получение геометрии модели на основе поверхностей (линейчатых, конического сечения, по сети кривых или точек, по траектории и др.);
- листовое — моделирование листовых деталей методом гибки или штамповки с дальнейшим получением «развертки»;
- объектное — моделирование сборочных единиц с использованием готовых типовых отраслевых деталей (крепежа, кабельных каналов, шлангов, металлоконструкций и др.).

Для того чтобы начать печать объекта на 3D-принтере, устройству необходимо получить специальный входной сигнал в форме G-кода, который является программным языком, предназначенным для станков с числовым управлением. Для инициации процесса печати информация о 3D-модели, представленной в формате STL, должна быть преобразована в G-код с помощью специализированной программы, называемой программой-слайсером.

Программа-слайсер (от англ. slice — «кусочек», «срез») выполняет процесс «нарезки» 3D-модели на слои и устанавливает параметры перемещения экструдера, а также около сотни других параметров, определяющих толщину и

температуру слоя, технические и электронные характеристики конкретной модели 3D-принтера, необходимость использования поддержек и др. Каждый из этих параметров является критически важным и оказывает существенное влияние на скорость и качество окончательной печати. Наиболее распространенные виды слайсеров: UltiMaker Cura, Repetier, Simplify3D, OrcaSlicer.

Вопросы

1. Какой из типов программного обеспечения вы считаете наиболее важным для 3D-печати и почему?
2. Какие форматы файлов наиболее часто используются для 3D-моделей?
3. Как важно осуществлять мониторинг процесса печати и какие средства и инструменты могут помочь в этом?

Практическая работа «Программы в 3D-печати»

Опишите подробно одну из программ для подготовки моделей к 3D-печати (в формате презентации или текста).

Программы-слайсеры для 3D-печати играют ключевую роль в процессе подготовки 3D-моделей к печати. Они отвечают за разбиение трехмерной модели на тонкие слои (слои печати), преобразование их в инструкции для 3D-принтера и оптимизацию параметров печати. Рассмотрим некоторые разновидности программ-слайсеров и их особенности.

1. Cura — один из наиболее популярных и бесплатных программ-слайсеров. Он поддерживает широкий спектр 3D-принтеров и материалов, а также предлагает обширные возможности настройки параметров печати. В Cura доступны инструменты для работы с поддержками, настройки скорости и качества печати, а также просмотра модели в разрезе.



2. Simplify3D является платным программным обеспечением, обладающим высокими возможностями по настройке параметров печати. Он позволяет оптимизировать процесс печати для достижения высокой точности и качества изделий. Simplify3D предлагает широкие возможности по управлению поддержками, настройке параметров заполнения, скорости и температуры печати.



3. PrusaSlicer это бесплатное программное обеспечение, разработанное специально для 3D-принтеров Prusa. Однако его также можно использовать с другими принтерами. Программа обладает удобным интерфейсом, интуитивными инструментами настройки параметров печати и возможностью добавления различных слоев и деталей к модели.



4. Orca — это программное обеспечение для подготовки 3D-моделей к печати на 3D-принтерах. Программа предназначена для упрощения процесса подготовки моделей и включает в себя множество функций, которые делают ее удобным и эффективным инструментом как для новичков, так и для опытных пользователей. Orca использует специальные алгоритмы, что позволяет обеспечить более точное и эффективное позиционирование сопла, минимизируя количество наложений и улучшая качество печати.

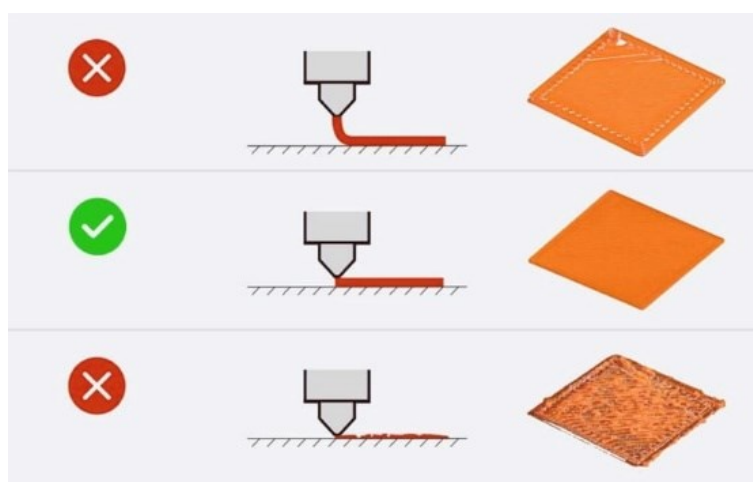


Каждая из перечисленных программ-слайсеров имеет свои особенности и преимущества, поэтому выбор конкретной зависит от потребностей пользователя и технических характеристик используемого 3D-принтера. Однако в целом все они обеспечивают возможность эффективной подготовки моделей к печати, а также высокое качество и точность окончательного изделия.

Настройка и калибровка 3D-принтера

Построение моделей происходит на платформе. Часто используется платформа с подогревом, оснащенная нагревательными элементами. Подогрев необходим для работы с различными видами пластика, включая ABS, который сильно сжимается при охлаждении. Быстрая конденсация холодных слоев относительно свеженанесенного материала может привести к деформации или образованию трещин в модели. Подогретая платформа позволяет сгладить разницу в температуре между верхними и нижними слоями. Однако для некоторых материалов подогрев не рекомендуется (например, для PLA), поскольку требует длительного времени для застывания.

Перед началом печати платформу необходимо откалибровать, чтобы сопло не задевало уже нанесенные слои и не отклонялось слишком далеко, что может привести к появлению «вермишели» из пластика. Процесс калибровки может быть выполнен вручную или автоматически. Вручную калибровку проводят, перемещая сопло в разные точки платформы и регулируя уровень платформы с помощью опорных винтов для достижения оптимального расстояния между соплом и поверхностью.



Калибровка платформы — это процесс точной настройки расстояния между соплом и поверхностью платформы для обеспечения равномерного

нанесения слоев. Некорректная калибровка может привести ко множеству проблем, включая неполное нанесение первого слоя (если сопло слишком далеко) или появление лишнего материала, образующего «вермишель» (если сопло слишком близко).

Ручная калибровка. Во время ручной калибровки пользователь перемещает сопло к разным точкам на платформе и регулирует уровень платформы с помощью опорных винтов. Обычно используется лист бумаги, который должен слегка задевать сопло во всех точках проверки.

Автоматическая калибровка. Современные 3D-принтеры оснащены системами автоматической калибровки, которые используют датчики для измерения расстояния между соплом и платформой. Эти системы значительно упрощают процесс настройки и повышают точность печати.

Правильная калибровка платформы критически важна для создания высококачественных моделей, так как она обеспечивает равномерное и прочное нанесение каждого слоя, что в свою очередь влияет на прочность и точность готового изделия.

Вопросы

1. Что такое калибровка 3D-принтера и почему она необходима для успешной печати?
2. Какие основные элементы 3D-принтера требуют калибровки?
3. Опишите процесс калибровки уровня платформы. Каковы основные шаги, которые необходимо выполнить?
4. Какие признаки указывают на то, что 3D-принтер не откалиброван корректно?

Инструменты для работы с 3D-принтером

Для работы с 3D-принтером необходимо иметь определенный набор инструментов, который обеспечит эффективную настройку, обслуживание и использование устройства. Рассмотрим основные инструменты, которые могут понадобиться при работе с 3D-принтером.

1. Нож для PTFE-трубок и зачистки проводов используется для точного обрезания высокотемпературных трубок, применяемых в подающей системе экструдеров 3D-принтера. Зачистка проводов необходима для подготовки проводов к пайке или соединению. Точное и чистое обрезание PTFE-трубок необходимо для предотвращения заклинивания филамента. Зачистка проводов помогает обеспечить надежный электрический контакт.



2. Пинцет нужен для монтажа и демонтажа мелких электронных компонентов, а также для удаления остывшего пластика с сопла. Пинцет позволяет аккуратно и безопасно работать с мелкими деталями, предотвращая их повреждение.



3. Резец для удаления заусенцев используется для удаления заусенцев и исправления мелких дефектов на поверхности напечатанных моделей. Обеспечивает чистую и гладкую поверхность модели, улучшая ее внешний вид и функциональность.



4. Кусачки-бокореzy предназначены для обрезки пластиковых нитей, обрезки проводов и удаления поддержек. Обеспечивают точное и чистое обрезание, минимизируя риск повреждения модели или компонентов.



5. Шпатель универсальный используется для аккуратного снятия готовой модели с платформы после завершения печати. Универсальный шпатель снижает риск повреждения модели и пластины. Некоторые шпатели оснащены гибкими лезвиями для работы на сложных поверхностях.



6. Набор шестигранных отверток используется для сборки, разборки и настройки механических частей 3D-принтера. Набор включает разные размеры шестигранников, необходимые для работы с крепежами различных типов и размеров.



7. Набор надфилей используется для постобработки напечатанных моделей, устранения мелких дефектов и придания деталям точных форм. Набор обычно включает надфили разной формы и грануляции для работы с различными материалами и участками модели.



8. Суперклей используется для склеивания разъединенных частей модели или фиксации мелких дефектов. Обеспечивает быстрое и надежное склеивание термопластичных материалов.



9. Штангенциркуль применяется для измерения деталей и компонентов и используется для проверки точности напечатанных моделей. Он обеспечивает измерение с высокой точностью, что особенно важно для функциональных и инженерных деталей.



Наличие полного набора инструментов для работы с 3D-принтером значительно упрощает процесс настройки, обслуживания и использования устройства. Важно помнить, что качество печати и долговечность принтера зависят не только от соблюдения технологий и материалов, но и от правильного ухода за устройством с помощью специализированных инструментов.

Вопросы

1. Как использование штангенциркуля помогает в процессе печати?
2. Какие меры безопасности необходимо соблюдать при работе с инструментами, такими как резец и пинцет?
3. Почему важно аккуратно использовать шпатель при снятии модели с платформы?
4. Представьте, что вы разрабатываете свой собственный набор инструментов для 3D-принтера. Какие дополнительные инструменты вы бы добавили и почему?

3D-печать. Расходные материалы

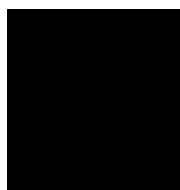
Распространение 3D-принтеров привело к увеличению спроса на расходные материалы, что стимулировало рост производства и снижение цен. Новые материалы с уникальными свойствами все еще могут иметь более высокие цены. С приходом популярности на рынке также появились новые нити неизвестного происхождения и качества, что является неотъемлемой частью этой тенденции. Рассмотрим наиболее распространенные типы полимерных материалов для 3D-печати.

Пластиковая нить доступна в стандартных диаметрах 1,75 мм и 3 мм. Эти диаметры не являются взаимозаменяемыми, и для выбора подходящего диаметра необходимо обратиться к характеристикам принтера. Пластик поставляется на катушках и измеряется по весу, а не по длине. Для каждого типа материала необходимо знать рабочую температуру, до которой его следует нагревать в печатающей головке, а также температуру подогрева рабочего стола для лучшего прилипания первого слоя печатаемого объекта. Эти параметры могут варьироваться даже у материалов одного типа, поэтому рекомендуется учитывать примерный диапазон значений. В идеале оптимальные температуры должны быть указаны на упаковке катушки или в сопроводительной документации, однако такая информация может и отсутствовать, и иногда приходится экспериментально подбирать подходящие параметры.





Полилактид (полимолочная кислота, ПЛА, polylactic acid, PLA) — один из широко используемых в 3D-печати полимеров. Это биоразлагаемый, биосовместимый, термопластичный, алифатический полиэфир, мономером которого является молочная кислота.

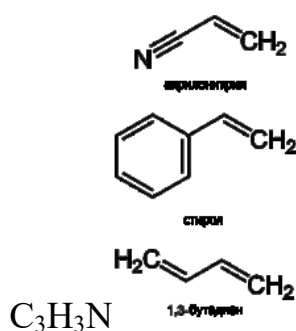


Использование полилактида в аддитивном производстве обусловлено двумя ключевыми моментами: 1) он полностью экологически безопасен; 2) поскольку это полимер, производный от молочной кислоты, полилактид является полностью биоразлагаемым. Как правило, модели из PLA не предназначены для функционального использования, а служат в качестве дизайнерских моделей, сувениров и игрушек.

Одним из основных преимуществ использования полилактида в 3D-печати является его низкая температура плавления — всего 170–180 °С, что экономит электроэнергию и позволяет использовать доступные сопла из латуни и алюминия. Обычно для экструзии PLA требуется нагрев до 160–170 °С. В то же время полилактид имеет медленную скорость застывания (температура стеклования около 50 °С). Рекомендуется использовать устройство с открытым

корпусом, подогреваемой рабочей платформой (для предотвращения деформации крупных моделей) и, желательно, с дополнительными вентиляторами для охлаждения «свежих» слоев.

ABS-пластик (акрилонитрилбутадиенстирол, ABS) — это ударопрочный термопластичный полимер, полученный сополимеризацией акрилонитрила с бутадиеном и стиролом (название пластика образовано из начальных букв наименований мономеров). Пропорции этих компонентов в составе ABS-пластика могут варьироваться в пределах 15–35 % для акрилонитрила, 5–30 % для бутадиена и 40–60 % для стирола.



Популярность ABS-пластика объясняется его выдающимися механическими характеристиками, долговечностью и относительно низкой стоимостью. Этот материал широко используется в промышленности.

ABS-пластик устойчив к влаге, кислотам и маслу, имеет достаточно высокие показатели термоустойчивости — от 90 до 110 °С. Несмотря на относительно высокую температуру стеклования (около 100 °С), ABS-пластик имеет относительно невысокую температуру плавления. Ввиду аморфности материала ABS-пластик не имеет точки плавления как таковой, но приемлемой для экструзии считается температура в пределах 180–200 °С (примерно на одном уровне с полилактидом). Низкий интервал между температурами экструзии и стеклования способствует более быстрому застыванию ABS-пластика по сравнению с полилактидом.

Основным недостатком ABS-пластика можно считать высокую степень усадки при охлаждении — материал может потерять до 0,8 % объема. Этот

эффект может привести к значительной деформации модели, закручиванию первых слоев и растрескиванию. Для борьбы с этими неприятными явлениями используются два основных решения: 1) применяются подогреваемые рабочие платформы, способствующие снижению градиента температур между нижними и верхними слоями модели; 2) 3D-принтеры для печати ABS-пластиком зачастую используют закрытые корпуса и регулировку фоновой температуры рабочей камеры. Это позволяет поддерживать температуру нанесенных слоев на отметке чуть ниже порога стеклования, снижая степень усадки. Полное охлаждение проводится после получения готовой модели.

При комнатной температуре ABS-пластик безопасен для здоровья. Однако при нагревании пластика выделяются пары акрилонитрила, вредного соединения, которое может вызвать раздражение слизистых и отравление. При небольшом объеме акрилонитрата, выделяемого в процессе печати, важно обеспечить хорошую вентиляцию помещения или использовать вытяжку. Не рекомендуется использовать ABS-пластик для изготовления посуды или пищевых контейнеров (особенно для хранения горячей еды), а также для изготовления игрушек для детей.

Хорошая растворимость ABS-пластика в ацетоне является весьма полезным свойством, поскольку позволяет создавать крупные модели путем сборки из нескольких частей, что значительно расширяет возможности доступных настольных принтеров и позволяет создавать более сложные конструкции.

И еще несколько типов популярных пластиков:

- Политерефталатгликоль (PETG) — это прочный, термостойкий и влагостойкий материал, который сочетает в себе преимущества PLA и ABS. Имеет хорошие механические свойства и низкую степень усадки, что делает его подходящим для печати сложных функциональных деталей. PETG легко экструзируется при температуре около 220–250 °C и отличается хорошей адгезией слоев, что предотвращает растрескивание моделей.

- Нейлон (Nylon) — это прочный и гибкий полимер, который часто используется для печати функциональных деталей, таких как зубчики, механизмы и прототипы. Нейлон обладает хорошими адгезионными свойствами между слоями, но требует более высоких температур печати (230–250 °C). Кроме того, он подвержен поглощению влаги из воздуха, что может негативно сказаться на качестве печати, поэтому его следует хранить в герметичных контейнерах.

- Термопластичный полиуретан (TPU) — это гибкий, эластичный полимер, который широко используется для создания моделей, требующих высокой степени гибкости, таких как чехлы для телефонов или детали для обуви. TPU имеет хорошую устойчивость к износу и химическим веществам, однако его экструзия требует специальной настройки принтера и применения сопел с меньшими диаметрами для достижения качественного результата.

Каждый из этих материалов имеет свои уникальные свойства и характеристики, что позволяет выбирать подходящий тип пластика в зависимости от целей и требований проекта. При выборе нужного материала необходимо учитывать не только механические свойства, но и условия, в которых будет использоваться конечный продукт, а также возможности вашего 3D-принтера.

Вопросы

1. В чем разница между диаметрами пластиковых нитей 1,75 мм и 3 мм и почему это важно при выборе принтера?

2. Каковы основные преимущества использования полилактида (PLA) в 3D-печати?

3. Каковы недостатки использования ABS-пластика и какие меры можно предпринять для их минимизации?

4. Как правильно хранить материалы для 3D-печати, чтобы предотвратить снижение качества?

Практическая работа «Сравнительный анализ свойств и характеристик различных материалов»

В данной работе рекомендуется рассмотреть следующие характеристики:

1. Прочность — одно из ключевых свойств материала, которое определяет его способность выдерживать механические нагрузки без разрушения. Прочность материала особенно важна при изготовлении функциональных деталей с использованием 3D-печати.

2. Жесткость — характеристика, определяющая способность материала сохранять форму под воздействием нагрузки. Жесткие материалы сохраняют форму лучше, что важно при создании точных деталей.

3. Термостойкость — способность материала сохранять свои свойства при высоких температурах. Это важно при печати деталей, которые подвергаются термообработке или эксплуатации в условиях высоких температур.

4. Химическая стойкость определяет устойчивость материала к воздействию агрессивных сред, химических реактивов и других веществ. Это важное свойство для деталей, которые будут эксплуатироваться в агрессивных средах.

5. Внешний вид и текстура изделий из различных материалов: каждый материал придает изделиям свой уникальный внешний вид и текстуру. Например, пластик ABS может иметь матовую или глянцевую поверхность, а металлические материалы дают металлический блеск. Выбор материала влияет не только на свойства изделия, но и на его внешний вид.

Заполните таблицу характеристик различных материалов для 3D-печати, используя интернет-ресурсы.

Характеристики	PLA	PETG	ABS	TPU (FLEX)	Nylon
Температура экструзии					
Температура плавления					
Прочность					
Жесткость					
Плотность					
Токсичность					
Химическая обработка (растворитель)					
Цена (средняя)					

Параметры 3D-печати

3D-печать стала неотъемлемой частью современной промышленности, прототипирования и домашнего создания. Однако, чтобы добиться качественной и точной печати, необходимо правильно настроить параметры печати в программе-слайсере. Слайсеры (Cura, PrusaSlicer, Simplify3D и др.) позволяют управлять различными аспектами процесса 3D-печати, включая скорость печати, температуру экструдера, тип и процент заполнения деталей и другие параметры.

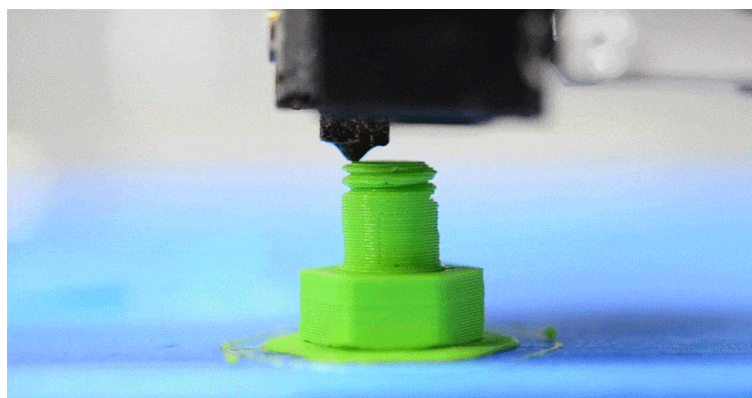


ORCA SLICER

Слайсер (от англ. *slice* — «нарезать») — программа, преобразующая виртуальную модель формата *.stl* в G-код.



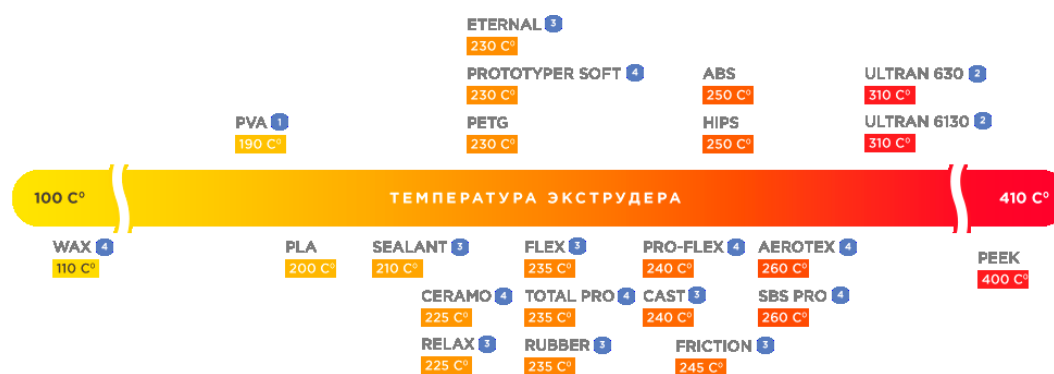
```
26 ;Layer count: 336
27 ;LAYER:0
28 M107
29 G0 F9000 X91.800 Y93.520 Z0.300
30 ETYPE:SKIRT
31 G1 F1200 X92.617 Y92.870 E0.01964
32 G1 X93.518 Y92.412 E0.03865
33 G1 X94.458 Y92.141 E0.05705
34 G1 X95.218 Y92.072 E0.07141
35 G1 X95.998 Y92.064 E0.08608
36 G1 X96.894 Y92.071 E0.10294
37 G1 X98.900 Y92.070 E0.14067
38 G1 X100.514 Y92.071 E0.17103
39 G1 X101.565 Y92.065 E0.19080
40 G1 X102.277 Y92.081 E0.20420
41 G1 X102.421 Y92.091 E0.20691
42 G1 X103.374 Y92.066 E0.22484
43 G1 X103.774 Y92.065 E0.23237
44 G1 X104.490 Y92.070 E0.24584
45 G1 X106.878 Y92.069 E0.29076
```



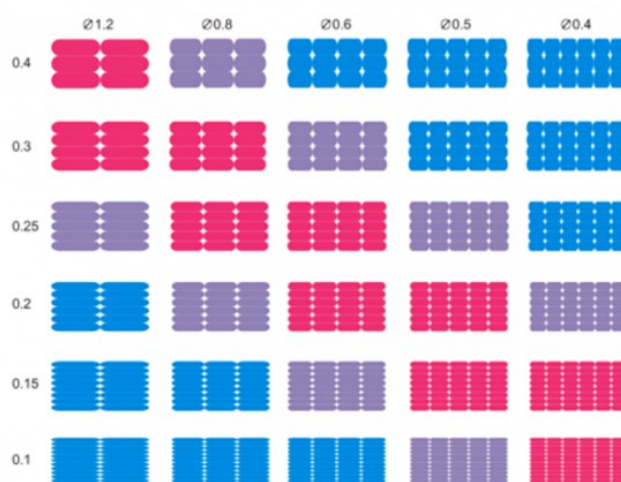
1. Скорость печати. Один из ключевых параметров 3D-печати — скорость печати. Ее увеличение может существенно сократить время изготовления детали, однако это может повлиять на качество. Высокая скорость может

привести к искажению деталей, отклонению от заданных размеров и появлению дефектов на поверхности. Необходимо найти баланс между скоростью и качеством и подобрать оптимальное сочетание этих параметров.

2. Температура экструдера (сопла) и подогрев платформы. Температура экструдера и подогрев платформы напрямую влияют на качество и адгезию детали к поверхности. Различные материалы требуют разных температур для оптимальной печати. Например, PLA печатается при более низких температурах, чем ABS. Подогрев платформы помогает предотвратить деформацию детали и обеспечить ее равномерное сцепление с поверхностью платформы.

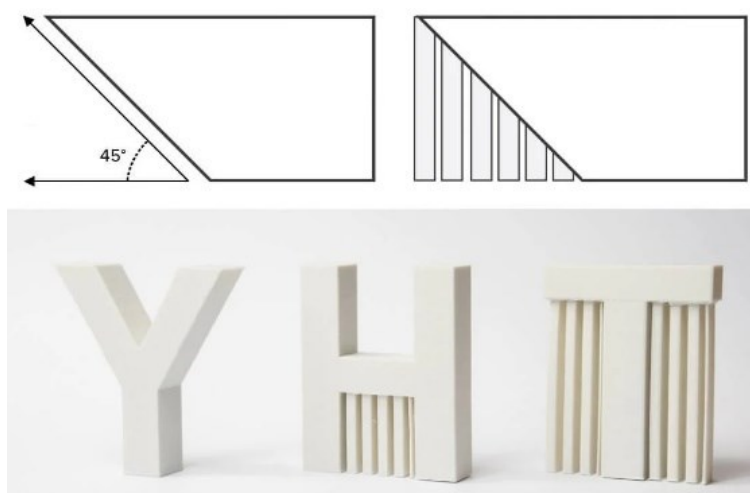


3. Высота слоя. Высота слоя — еще один важный параметр 3D-печати. Чем тоньше слой, тем более точной будет деталь, но при этом увеличится время печати.





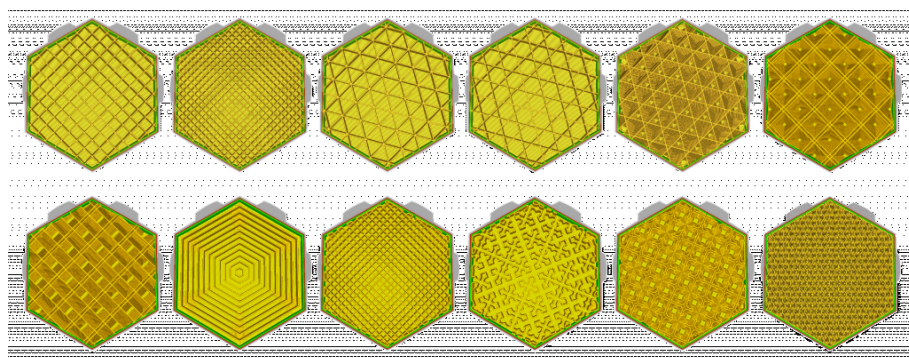
4. Поддержки (Supports). Поддержка — это особая структура, которая создается во время печати для поддержания свисающих частей детали. Поддержка помогает предотвратить деформацию и обеспечить правильное формирование детали. В программе-слайсере можно настроить параметры поддержки, такие как плотность, форма и способ удаления после печати.



5. Параметры охлаждения. Охлаждение — это важный аспект 3D-печати, который помогает предотвратить деформацию детали, улучшить качество печати и избежать проблем с высокими температурами. В программе-слайсере можно настроить параметры охлаждения, такие как скорость вентилятора, температура охлаждения, начальное время охлаждения и др.



6. Тип и процент заполнения (Infill). Заполнение детали играет важную роль в прочности и структурной целостности распечатываемого объекта. В программе-слайсере можно выбрать различные типы заполнения (сотовое, сетчатое, сплошное и др.), а также настроить процент заполнения для оптимальных результатов.



7. Параметры перемещения (Travel). Параметры перемещения влияют на скорость перемещения сопла принтера между различными участками детали и поддерживающими структурами. Настройка параметров перемещения позволяет снизить время печати, предотвратить появление следов материала на поверхности детали и обеспечить более плавные перемещения. Ретракты используются для предотвращения вытекания пластика из сопла при перемещении между различными частями модели или при перемещении без печати. Это позволяет избежать появления неэстетичных следов материала на поверхности детали.

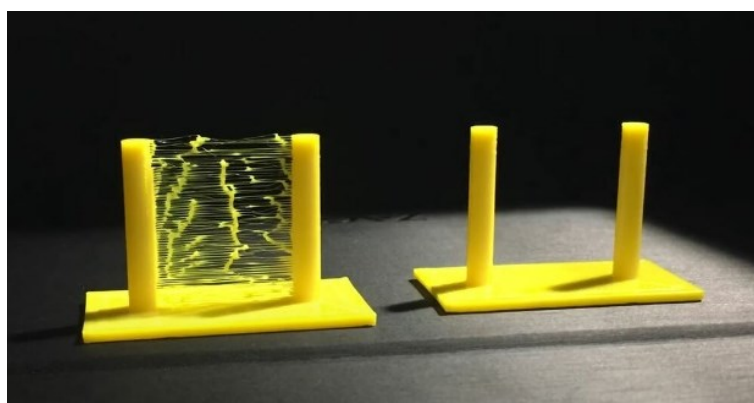
В программе-слайсере для 3D-печати можно настроить следующие параметры ретрактов:

1. Длина ретракта (Retraction Length). Параметр определяет расстояние, на которое пластик должен быть втянут обратно в сопло перед перемещением. Обычно это значение выражается в миллиметрах.

2. Скорость ретракта (Retraction Speed). Параметр определяет скорость, с которой материал должен быть втянут внутрь сопла. Выбор оптимальной скорости ретракта поможет избежать образования blobs и строк на печатаемой детали.

Для правильной настройки ретрактов рекомендуется начать с типичных значений (например, длина ретракта 6–8 мм, скорость ретракта 25–50 мм/с для Bowden-экструдеров) и провести небольшие тестовые печати для оценки качества. При необходимости можно поэкспериментировать с параметрами, чтобы достичь наилучших результатов в конкретных условиях печати.

Оптимальные значения ретрактов могут зависеть от типа используемого пластика, модели принтера и иных факторов, поэтому регулярная проверка и настройка этого параметра могут помочь улучшить качество 3D-печати.



Понимание ключевых параметров 3D-печати в программе-слайсере позволяет получить высококачественные и точные детали. Экспериментирование с параметрами печати, поиск оптимальных настроек и постоянное совершенствование процесса помогут достичь отличных

результатов. Важно проводить тестовые печати, анализировать результаты и постепенно настраивать параметры для оптимальных результатов.

Вопросы

1. Как выбор температуры экструдера зависит от типа используемого материала?
2. Почему высота слоя важна для детализации моделей?
3. Как параметры охлаждения могут повлиять на качество печати?

Практическая работа «Параметры 3D-печати»

Цель работы: изучение влияния различных параметров на качество и скорость печати на 3D-принтере.

1. Установка параметров. Установите необходимые параметры печати: скорость печати, температуру экструдера и подогрева платформы, толщину слоя и др.

2. Выбор материала. Выберите различные типы пластика для проведения экспериментов. Например, PLA, PETG, TPU и т. д.

3. Эксперименты. Напечатайте один и тот же объект с разными параметрами, например, изменяя скорость печати, температуру, толщину слоя, процент заполнения. Запишите время, затраченное на каждую печать, и оцените качество получившихся деталей.

4. Анализ результатов. Сравните полученные объекты по качеству, точности и скорости печати. Определите оптимальные параметры для каждого типа материала и конкретного объекта.

5. Выводы. Сделайте выводы о том, какие параметры печати оказывают наибольшее влияние на качество и скорость 3D-печати. Сформулируйте рекомендации по оптимизации параметров для достижения наилучших результатов.

Поддержки в 3D-печати

Использование поддержек в 3D-печати является неотъемлемой частью процесса создания качественных и сложных деталей.



Поддержки — это вспомогательные структуры, которые создаются внутри модели во время печати для поддержания элементов, которые без этого могли бы обвиснуть или обрушиться. Они удерживают пластик во время печати и предотвращают его провисание. Поддержки обычно требуются при печати элементов с большим углом наклона, пустотами или выступами, которые невозможно напечатать без вспомогательных структур. Также они могут быть необходимы при печати сложных геометрических деталей, чтобы избежать деформации или искажения.

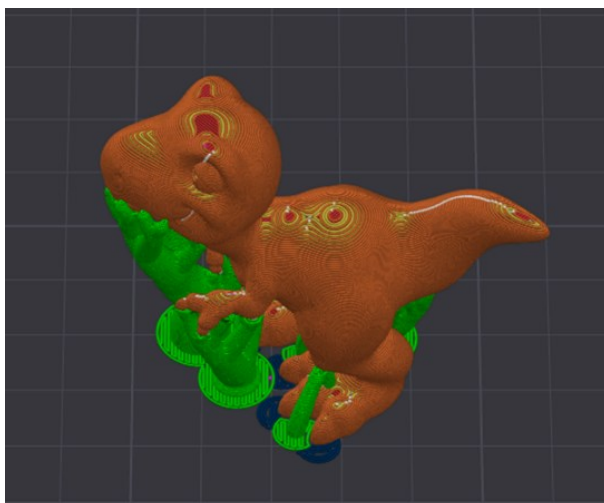
В программах-слайсерах для 3D-печати можно настроить параметры поддержек (толщину, плотность, тип) и их расположение. Обычно поддержки создаются из специального материала, который легко удаляется после печати, чтобы не повредить окончательную деталь.

Существует несколько типов поддержек:

1. Поддержки в виде столбцов: вертикальные структуры, поддерживающие выступающие части модели.



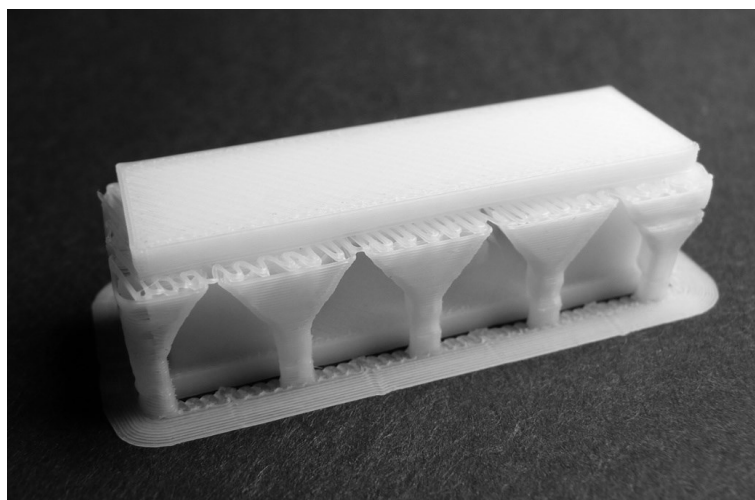
2. Поддержки древовидной структуры: обладают определенной прочностью и позволяют поддерживать большие области без риска прогиба.



Практическая работа «Применение поддержек в 3D-печати»

Проведите серию экспериментов с различными параметрами поддержек:

1. Сравните качество моделей с использованием и без использования поддержек.
2. Оцените влияние различных типов поддержек на конечный результат.
3. Сформулируйте рекомендации по оптимальному выбору параметров поддержек.



Обработка печатных деталей

3D-печать стала неотъемлемой частью современного производства, позволяя создавать сложные детали и изделия из различных материалов. Однако после завершения процесса печати часто требуется дополнительная обработка деталей для придания им нужных свойств и характеристик. Химическая и физическая обработка являются важными этапами послепечатной обработки, позволяющими улучшить качество и функциональные характеристики печатных деталей.

Важно! Необходимо соблюдение техники безопасности:

- *Использование индивидуальных средств защиты (ИПЗ):* такие как перчатки, защитные очки и маски. Это поможет избежать контакта с опасными химическими веществами.

- *Обеспечение вентиляции:* химическая обработка часто сопровождается выделением паров и токсичных газов, поэтому важно проводить такие работы в хорошо проветриваемых помещениях или использовать вытяжные системы.

- *Знание свойств превращаемых веществ:* перед проведением работы необходимо ознакомиться с материалами, используемыми для обработки, и изучить их безопасность, чтобы предотвратить возможные несчастные случаи.

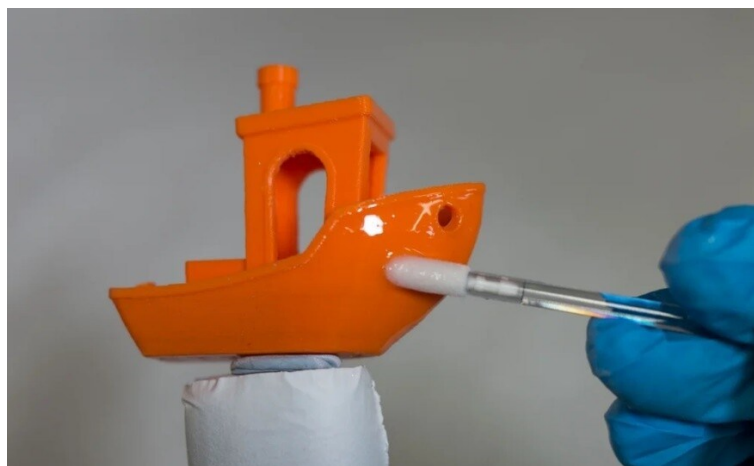
- *Наличие средств для оказания первой помощи:* в случае контакта с опасными веществами должно быть под рукой необходимое оборудование и препараты для экстренной помощи.



Химическая обработка может быть использована для различных целей, таких как улучшение прочности материала, придание влагостойкости, изменение внешнего вида или повышение устойчивости к износу. Химическую обработку после печати производят для сглаживания печатных слоев и придания глянца поверхности модели. Помимо внешнего вида это улучшает адгезию слоев за счет сплавления, но может «съесть» мелкие детали. При обработке химией важно выдержать баланс между выравниванием поверхности и избыточным «расплавлением» модели.

Самый известный метод для обработки ABS-пластика — так называемая ацетоновая баня. Она неприменима для обработки PLA, так как PLA практически инертен к ацетону.

Обработка дихлорэтаном или дихлорметаном. Как и метиловый и этиловый спирты, они сходны по некоторым свойствам, но как метиловый спирт является ядом, так и дихлорэтан ядовит. Дихлорэтан является ядовитым, дихлорметан же имеет «относительно малую токсичность». Метод подходит для обработки большинства типов пластиков.



Физическая обработка направлена на изменение формы, структуры или свойств печатных деталей без применения химических реакций. Среди основных методов физической обработки можно выделить:

1) шлифовку и полировку (использование абразивных материалов для удаления слоев материала и придания деталям гладкой поверхности);

2) термическую обработку (обработка деталей при определенных температурах для изменения их структуры и свойств, например, для улучшения упругости или твердости материала).



Часто наилучшие результаты достигаются при сочетании различных методов обработки. Например, сначала можно применить химическую обработку для укрепления материала, а затем провести физическую обработку для придания детали желаемой формы и гладкой поверхности. Важно

учитывать особенности материала и требования к конечному изделию при выборе методов обработки.

Химическая обработка и физическая обработка 3D-печатных деталей играют важную роль в создании высококачественных изделий с нужными свойствами. Правильный выбор методов обработки, их последовательное применение и контроль процесса позволяют достичь оптимальных результатов и удовлетворить требования заказчика.

Практическая работа «Постобработка деталей»

Изучите различные методы постобработки печатных деталей, изготовленных из PLA (ABS, PETG).

Рассмотрим такие методы, как шлифовка, обработка химическими веществами и покраска.

Материалы и оборудование:

- 3D-модель детали (например, корпус для электроники);
- пластики PLA, PETG и другие;
- шлифовальная бумага (разные градации) или надфили;
- акриловая краска и грунт;
- ацетон или иной химикат (при необходимости);
- угольная маска и перчатки (для работы с химикатами).

Шлифовка:

- 1) использовать шлифовальную бумагу, начиная с более грубой (например, 120 grit) и постепенно переходя к более мелкой (240 grit);
- 2) обработать все поверхности детали для достижения гладкой текстуры.

Химическая обработка:

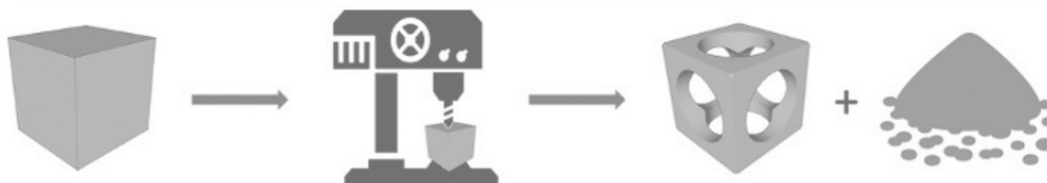
- 1) для создания эффектного блеска и улучшения гладкости можно использовать ацетон. Однако необходимо помнить, что ацетон растворяет ABS, но не растворяет PLA. Этот этап можно заменить, например, распылением специального грунта или средства для удаления ржавчины;
- 2) все операции проводить в хорошо проветриваемом помещении, используя защитные средства.

Покраска:

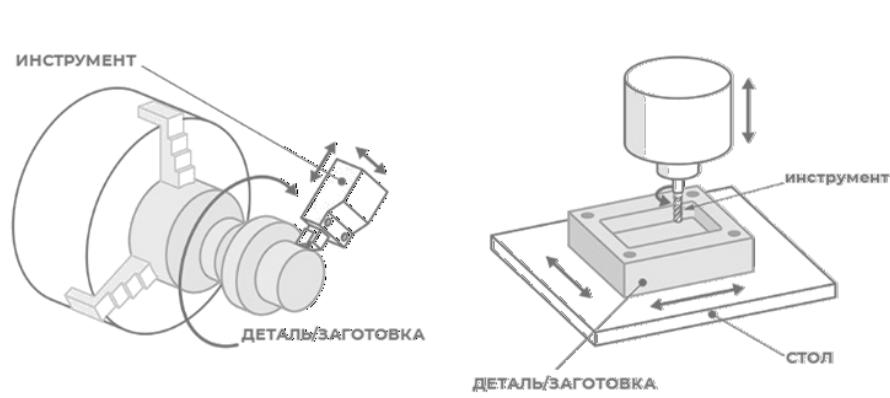
- 1) нанести грунт на деталь для лучшей адгезии краски;
- 2) после высыхания грунта использовать аэрозольную краску, равномерно распыляя ее на поверхность детали;
- 3) дать краске высохнуть (учитывая время, указанное на упаковке краски) и при необходимости нанести второй слой.

Результаты работы демонстрируют, что с помощью простых методов можно добиться значительного улучшения качества конечного продукта, что особенно важно для изделий, предназначенных для использования в видимых местах или в функциональных узлах.

ГЛАВА 4. СУБТРАКТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ



Субтрактивные технологии представляют собой методы обработки материалов, основанные на удалении избыточного материала для создания необходимых форм и деталей. В отличие от аддитивных технологий, где изделия создаются путем наращивания материала, субтрактивные технологии используются для вырезания, фрезерования, точения, шлифования и других процессов удаления материала.



Основные особенности субтрактивных технологий:

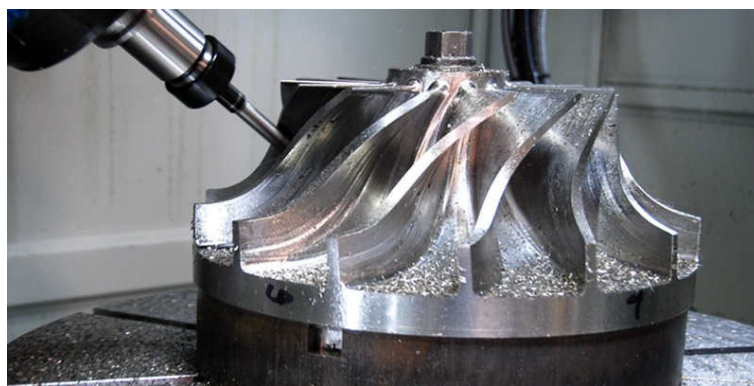
1. Высокие точность и качество. Субтрактивные методы позволяют достичь высокой точности и качества обработки изделий благодаря возможности контролировать процесс удаления материала и использовать различные инструменты для получения требуемых параметров.

2. Широкий выбор материалов. Субтрактивные технологии подходят для обработки различных материалов, таких как металлы, дерево, пластик, керамика и др. Это делает их универсальным инструментом в различных отраслях промышленности.

3. Эффективное удаление материала. Субтрактивные методы позволяют быстро и эффективно удалять избыточный материал, что особенно важно при создании деталей с комплексной геометрией или высокой точностью.

4. Возможность обработки больших объемов. Субтрактивные технологии позволяют обрабатывать как небольшие детали, так и крупные заготовки, что делает их применимыми для различных масштабов производства.

5. Большой выбор методов обработки. Субтрактивные технологии включают в себя множество различных методов, таких как фрезерование, токарная обработка, лазерная резка, электроэрозионная обработка и др., что позволяет выбрать оптимальный способ в зависимости от конкретной задачи.

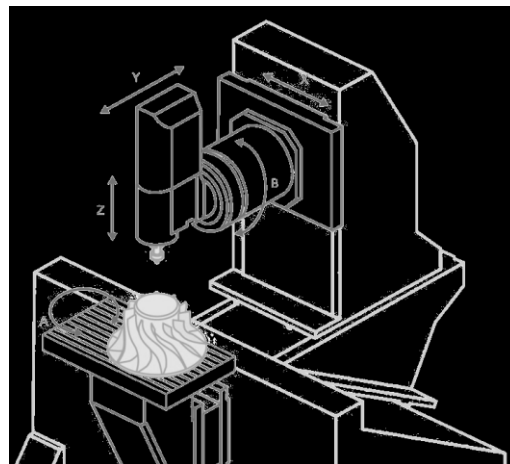
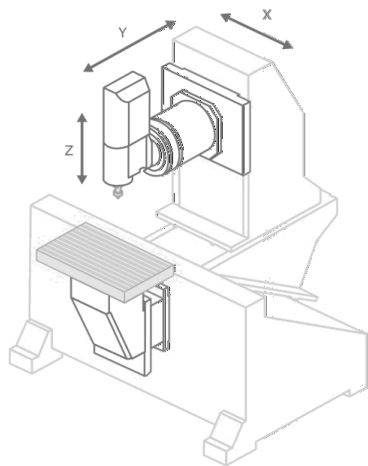


Субтрактивные технологии играют ключевую роль в современной промышленности и производстве, позволяя создавать высококачественные изделия и детали путем удаления материала. Этот подход к производству широко используется в различных областях, включая машиностроение, автомобильную промышленность, медицинское производство и многие другие.

Фрезерный станок с ЧПУ

В последние десятилетия технологии обработки материалов претерпели значительные изменения, и одним из ведущих достижений в этой области стало появление фрезерных станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Эти станки привнесли революционные изменения в машиностроение и производство, они позволили существенно повысить точность, эффективность и универсальность операций по обработке материалов. Фрезерные станки с ЧПУ являются одним из ключевых инструментов современного производства, позволяя автоматизировать и ускорить процесс обработки различных материалов. В данной главе мы рассмотрим принципы работы, основные компоненты, преимущества и области применения фрезерных станков с ЧПУ, а также ознакомимся с процессом создания и программирования управляющих программ для станков с ЧПУ. Эта тема является важным звеном в изучении современного производственного процесса и имеет широкие перспективы для применения в различных отраслях промышленности.

Фрезерный станок с ЧПУ — это автоматизированное оборудование, управляемое компьютером, которое используется для резки, фрезеровки, сверления и других видов механической обработки материалов. Основное преимущество таких станков заключается в возможности программировать и выполнять сложные геометрические операции с высокой точностью, минимизируя человеческий фактор и исключая необходимость ручного вмешательства.



Точность и повторяемость. ЧПУ станки могут обработать материал с микронной точностью, что критически важно для производства деталей, где каждая микронная доля миллиметра имеет значение.

Эффективность. Автоматизация процесса позволяет значительно сократить время на производство деталей, что, в свою очередь, увеличивает объемы производства.

Универсальность. Фрезерные станки с ЧПУ могут работать с различными материалами, включая металлы, пластики, дерево и композиты, расширяя возможности применения этого оборудования.

Снижение трудоемкости. Благодаря высокой степени автоматизации специалистам необходимо меньше вмешиваться в процесс, что снижает вероятность ошибок и улучшает рабочие условия.

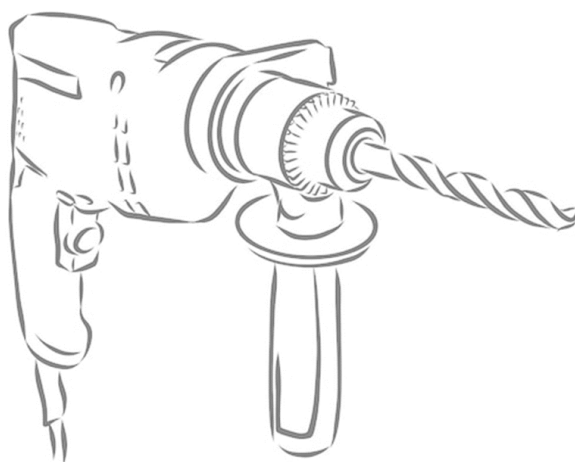
Вопросы

1. Что такое фрезерный станок с ЧПУ и чем он отличается от обычных фрезерных станков?
2. Как фрезерные станки с ЧПУ способствуют снижению трудоемкости в производстве?

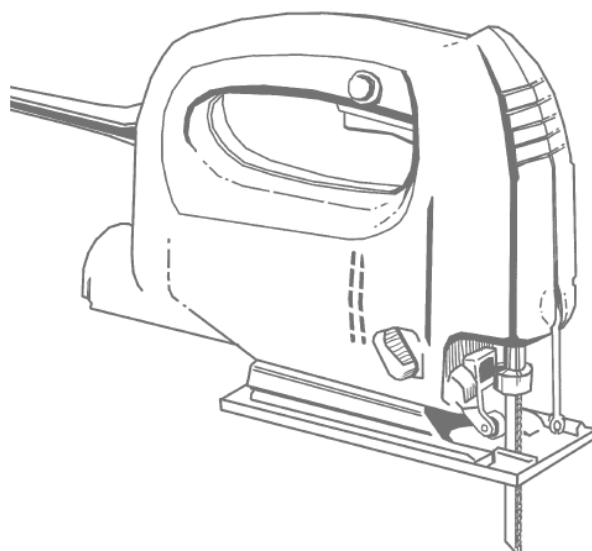
Устройство и принцип работы электроинструмента

Электроинструмент — это неотъемлемая часть нашей повседневной жизни, позволяющая упростить и ускорить выполнение многих видов работ. Разнообразие электроинструментов включает в себя такие устройства, как дрели, лобзики, токарные и фрезерные станки — каждое из которых имеет свою уникальную конструкцию и принцип работы.

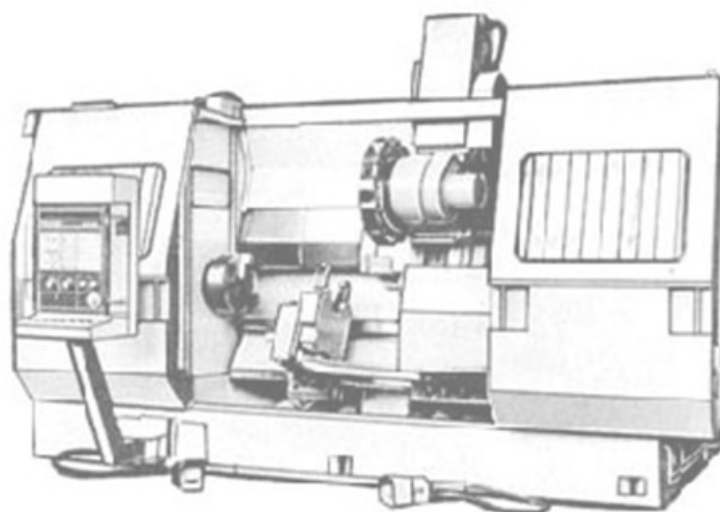
Дрель — один из самых распространенных электроинструментов, предназначенный для сверления отверстий различного диаметра в различных материалах. Устройство дрели включает в себя электродвигатель, переключатель скоростей, патрон для фиксации сверла и электрический шнур с вилкой. Принцип работы дрели заключается в преобразовании электрической энергии в механическую благодаря вращению шпинделя, на который устанавливается сверло.



Лобзик — это электроинструмент, используемый для выполнения прямолинейных и криволинейных распилов различных материалов, таких как дерево, пластик, металл и другие. Устройство лобзика включает в себя электродвигатель, ножевой ходовой механизм, плиту для регулировки угла распила и удобные рукоятки для управления инструментом. Принцип работы лобзика основан на перемещении пильной платформы вверх-вниз с высокой частотой, что обеспечивает точный и чистый распил материала.



Токарный станок — это электроинструмент, применяемый для обработки деталей вращением по заданным размерам и формам. Устройство токарного станка состоит из главного шпинделя, станины, операционного инструмента и привода подачи резцов. Принцип работы токарного станка заключается во вращении заготовки и подаче режущего инструмента по заданной траектории, что позволяет создавать детали необходимых форм и размеров.



Таким образом, электроинструменты, такие как дрели, лобзики и токарные станки, являются незаменимыми помощниками в различных отраслях промышленности и быта, обеспечивая высокую эффективность и качество выполнения работ.

Вертикально-сверлильный станок

Вертикально-сверлильный станок — это оборудование, используемое в школьных мастерских для обучения навыкам работы с различными видами инструментов (рис.). Он предназначен для сверления отверстий в различных материалах, таких как металл, дерево и пластик.

Основные компоненты учебного станка:

- рабочий стол, на котором закрепляется обрабатываемая деталь;
- редуктор, приводящий в движение шпиндель с патроном;
- механизм подачи, позволяющий перемещать шпиндель вертикально по направляющей (длинная станина).

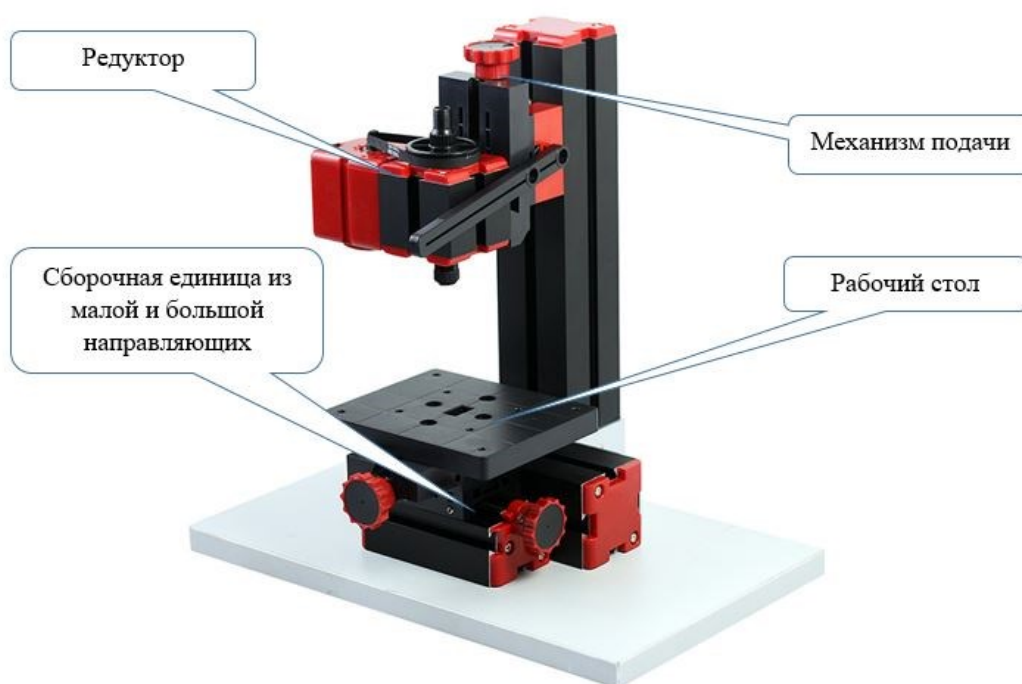


Рис. Вертикально-сверлильный станок

Сверлильные станки применяются в гаражах, столярных мастерских, производственных цехах.

С помощью станков выполняют сверление отверстий при изготовлении техники, оборудования, генераторов и турбин, сборке трубопроводов в

нефтяной и газовой промышленности, бытовом и промышленном водоснабжении.

Основные понятия

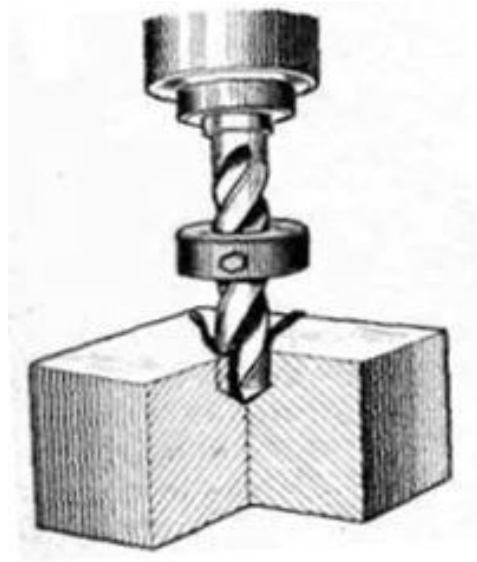
Сверлением называется образование отверстий под влиянием силы резания частиц металла и образования элементов стружки в сплошном материале с помощью режущего инструмента — сверла. При сверлении на вертикально-сверлильном станке обрабатываемую деталь неподвижно закрепляют в приспособлении (станочных тисках), а сверлу сообщают два одновременных движения — вращательное (рабочее) относительно своей оси и поступательное вдоль оси сверла.

Сверление применяется:

- для получения неотчетливых отверстий невысокой степени точности и значительной шероховатости, например под крепежные болты, заклепки, шпильки и т. д.;
- для получения отверстий под нарезание резьбы, развертывания, зенкерования.

При сверлении различают сквозные, глухие и неполные отверстия. Высококачественные отверстия обеспечиваются правильным выбором приемов сверления, а также правильным расположением сверла относительно обрабатываемой поверхности и совмещением оси сверла с центром будущего отверстия.

Сверление глухих отверстий на заданную глубину осуществляют по втулочному упору на сверле.



Использование втулочного упора

Рассверливанием называется процесс увеличения размера отверстия в сплошном материале. Все виды сверлильных станков можно разделить на вертикально-сверлильные, горизонтально-сверлильные, радиально-сверлильные, координатно-расточные, алмазно-расточные, одношпиндельные, многошпиндельные.

Практическая работа «Сверление сквозных отверстий в заготовке»

Задание

1. Следуя [инструкции по сборке модульных станков](#), соберите вертикально-сверлильный станок (стр. 28–29).
2. Выполните разметку детали согласно чертежу (рис.).
3. Произведите сверление сквозных отверстий в заготовке.

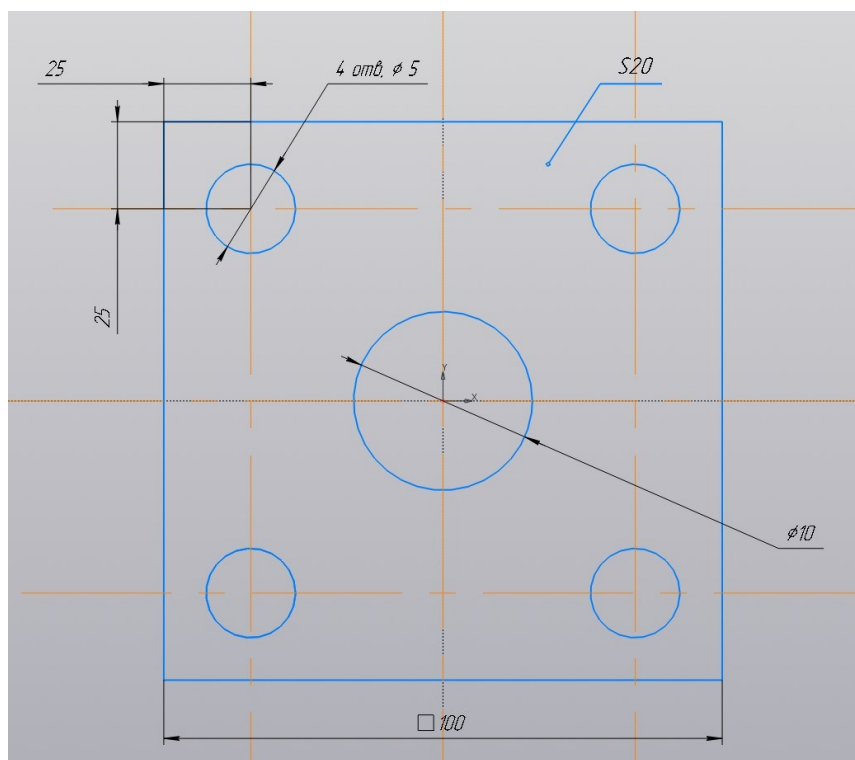


Рис. Практическое занятие — сверление сквозных отверстий в заготовке

Алгоритм выполнения работы

1. После того как станок будет собран, выберите и подготовьте деталь для сверления.
2. Выполните разметку детали согласно чертежу.
3. Убедитесь, что сверло прочно зафиксировано в патроне.
4. Запустите станок вхолостую для проверки.
5. Закрепите деталь на столе станка с помощью упоров.

6. Наденьте защитные очки.
7. Просверлите отверстия.
8. По окончании работы отключите станок, уберите стружку щеткой.
9. Оцените качество выполненной работы.
10. Выполните уборку рабочего места.

Техника безопасности

- Перед началом работы на сверлильном станке подготовьте рабочее место: уберите все лишнее со станка и вокруг него, подготовьте и разложите только нужные инструменты и приспособления.
- Заправьте одежду. Застегните все пуговицы. Длинные волосы уберите под берет.
- Не включайте станок без разрешения учителя.
- Перед пуском станка наденьте защитные очки.
- Закрепляйте инструмент максимально крепко перед началом обработки заготовки.
- Удерживать просверливаемую деталь руками запрещается (используйте зажимы).
- При ослаблении крепления патрона сверла или детали немедленно остановите станок.
- Крепить деталь, приспособление или инструмент на ходу станка запрещается.
- Удалять стружку с просверливаемой детали и стола можно только тогда, когда инструмент остановлен.
- Не прикасаться к шпинделю и патрону со сверлом до полной остановки станка.
- При сверлении сквозных отверстий или мелкими сверлами не превышать усилие подачи.

- Перед остановкой станка обязательно отвести инструмент от обработанной детали.
- Всегда нажимайте кнопку выключения «OFF» в случае возникновения аварийных ситуаций.
- В случае, если привод остановился или заметно замедлился, немедленно остановите работу для предотвращения возможных поломок механизма станка.
- После завершения работы отключите адаптер питания.
- Подвергайте подвижные механизмы своевременной смазке.

Вопросы

1. Что такое сверление и как оно происходит?
2. Какие виды движений сообщает сверло при работе на вертикально-сверлильном станке?
3. Для чего используется рассверливание и какие инструменты используются для этого процесса?
4. Какие типы и назначения существуют для сверл?
5. Как обрабатываются отверстия после сверления, чтобы повысить их точность и качество поверхности?

Электролобзик

Много красивых изделий можно изготовить из фанеры, если научиться работать электрическим лобзиком — инструментом для выпиливания криволинейных контуров. Рассмотрите его устройство (рис.).

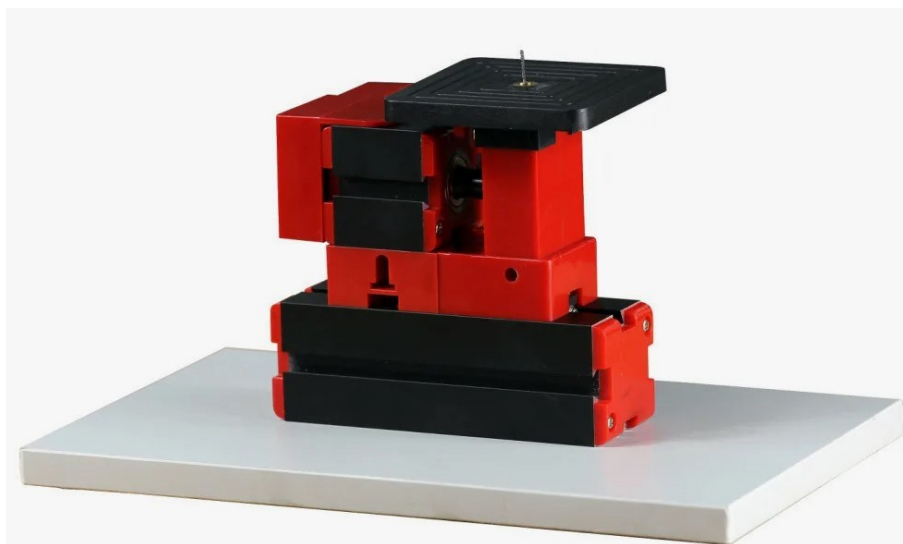


Рис. Электролобзик

С помощью электрического лобзика выполняют прямые и фигурные пропилы в древесине, металле, пластике.

Несмотря на то, что принцип работы инструмента довольно прост, существуют нюансы, которые необходимо знать — они касаются типов распиловки и материалов.

Электрические лобзики способны работать с различными по твердости материалами и эффективно справляться с их распиловкой. Пильные полотна различаются по назначению: для обработки мягких металлов они выполняются из быстрорежущей стали, для распиловки древесины — из хромованадиевой или высокоуглеродистой стали, для оргстекла и керамики — из более твердых материалов, например сплава карбида и вольфрама. Есть универсальные пилки, которые применяются для древесных материалов и пластика. Правильный выбор является залогом качественного пропила. Стоит отметить, что пилки

годятся для работы только с однородным материалом. Например, нельзя выполнять рез в деревянной заготовке с металлическими включениями — гвоздями или шурупами, так как можно повредить не только оснастку, но и сам инструмент.

Для учебного электрического лобзика определены максимально допустимые значения по толщине распиливаемых заготовок. Не рекомендуется превышать указанные производителем рекомендации. Например, параметры могут составлять для фанеры (4 мм), плотной древесины (7 мм), мягких металлов (0,5 мм). Значит, толщина обрабатываемых заготовок не должна превышать их.

Перед выпиливанием лобзик надо наладить, то есть подготовить его к работе (необходимо установить лезвие и затянуть крепежный винт). Закрепить инструмент максимально крепко перед началом обработки заготовки.

Размечают заготовку по рисунку через копировальную бумагу или по шаблону. Выпиливание деталей начинают с внутренних контуров. Для этого сначала во внутренних контурах просверливают отверстия диаметром 3 мм. После выпиливания внутренних контуров начинают выпиливать наружные. Необходимо контролировать скорость и направление движения заготовки, плотно прижимать заготовку к рабочему столу лобзика и производить распил без лишних усилий.

На деревообрабатывающих предприятиях выпиливание фигурных деталей выполняют станочники-распиловщики на специальных лобзиковых станках. Рабочие должны хорошо знать свойства древесины, устройство станков, способы выпиливания, быть точными и аккуратными в работе.

Основные понятия

- Режущий орган — стальное лезвие, или пилка.
- Количество зубьев на дюйм — влияет на качество пропила.
- Опорная «подошва» (рабочий стол) — обеспечивает перпендикулярность пильного полотна к обрабатываемой поверхности.

Практическая работа

«Изготовление изделия с помощью электролобзика»

Задание

1. Следуя [инструкции по сборке модульных станков](#), соберите электролобзик (стр. 18–20).
2. Ознакомьтесь с технологической картой изготовления изделия «Салфетница» (Приложение 1).
3. Выполните разметку и копирование рисунка.
4. Подготовьте необходимые материалы и инструменты для работы с заготовкой.
5. Следуя технологической карте, изготовьте изделие с помощью электролобзика.

Примечание. Чтобы получить хороший результат своей работы, необходимо знать требования к качеству изделия:

- края изделия должны быть ровными, без зазубрин и углов;
- боковые стенки должны крепко держаться на основании.

Алгоритм выполнения работы

1. Выполните разметку.
2. Нанесите рисунок с помощью копировальной бумаги на заготовку.
3. Просверлите отверстие диаметром 3 мм и выполните пропил внутри изделия.
4. Выпилите изделие по линиям разметки по внешнему контуру (при выпиливании четко придерживайтесь линии разметки).
5. Обрабатывайте детали изделия наждачной бумагой.
6. Выполните сборку изделия.
7. Оцените качество выполненной работы.
8. Выполните уборку рабочего места.

Техника безопасности






- Перед началом работы с электрическим лобзиком подготовьте рабочее место: уберите все лишнее со станка и вокруг него, подготовьте и разложите только нужные инструменты и приспособления.
- Не включайте станок без разрешения учителя.
- Заправьте одежду. Застегните все пуговицы. Длинные волосы уберите под берет.
- Перед пуском станка наденьте защитные очки.
- Располагайте обрабатываемую деталь перпендикулярно пильному полотну и прижимайте ее к рабочему столу.
- Выполняйте работу медленно, чтобы освоиться с инструментом и понять, как он взаимодействует с материалом.
- Не прилагайте чрезмерных усилий при выпиливании криволинейных фигур, чтобы не сломать полотно и не испортить заготовку.
- Всегда нажимайте кнопку выключения «OFF» в случае возникновения аварийных ситуаций.
- В случае, если привод остановился или заметно замедлился, немедленно остановите его для предотвращения возможных поломок механизма. После остановки проверьте причину возникшего происшествия и устраните неполадки.
- После завершения работы отключите адаптер питания.
- Подвергайте подвижные механизмы своевременной смазке.

Вопросы

1. Какие вы знаете электрифицированные инструменты для деревообработки?
2. Как устанавливается полотно в лобзике?
3. Из каких основных частей состоит лобзик?
4. Нужно ли сильно нажимать на пилку во время выпиливания?
5. Почему выпиливание начинают с внутренних контуров?

Приложение 1

Технологическая карта изготовления изделия «Салфетница»

№	Действие	Рисунок	Размеры	Инструменты, материалы
1	Нанесение разметки боковых стенок на фанеру (2 шт.)		160x80 мм	Копировальная бумага, карандаш, линейка
2	Нанесение разметки основания на фанеру (1 шт.)		190x60 мм	Копировальная бумага, карандаш, линейка
3	Выполнение пропилов внутри изделия. Выпиливание боковых стенок и обработка наждачной бумагой		160x80 мм	Сверлильный станок, электрический лобзик, фанера, наждачная бумага
4	Выполнение пропилов внутри изделия. Выпиливание основания и обработка наждачной бумагой		190x60 мм	Сверлильный станок, электрический лобзик, фанера, наждачная бумага
6	Сборка изделия		190x80x60 мм	Фанера, клей ПВА

Токарный станок по металлу

Токарный станок по металлу (рис.) позволяет выполнять следующие основные операции: точение наружных и растачивание внутренних цилиндрических и конических поверхностей, подрезание торцов и уступов, отрезание заготовок, сверление отверстий и нарезание резьбы. Станок предназначен для обработки мягких металлов (алюминий, латунь).

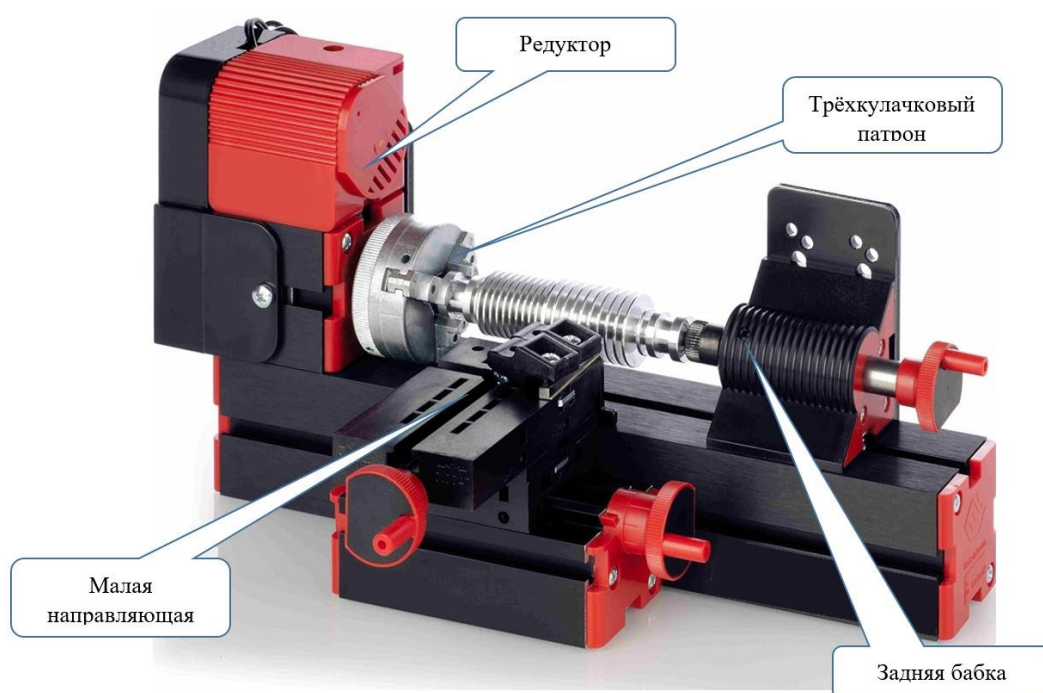


Рис. Мини-токарный станок по металлу

В токарном станке различают главное движение и движение подачи заготовки или инструмента. При токарной обработке главным движением является вращение заготовки, а движение подачи — поступательное перемещение резца.

Основные понятия

Резец — основной режущий инструмент для выполнения простейших операций по обработке металлов на токарном станке. Токарный резец

представляет собой стержень прямоугольного или квадратного сечения (тело резца), рабочая часть которого (головка) имеет режущие кромки в форме клина. Изготавливают резцы из стали, по твердости превышающей обрабатываемый материал. Резцы отличаются друг от друга по конструкции, но все они имеют и общие части.

Существует пять основных видов резцов

- **Прходной.** Служит для снятия металла при продольном проходе. Бывает чистовым и черновым.
- **Отрезной.** Применяется для отрезки и прямой торцовки заготовок подходящего диаметра, а также для выточки канавок.
- **Расточной.** Имеет форму, позволяющую обрабатывать внутреннюю поверхность сквозных и глухих отверстий.
- **Фасонный.** Имеет режущую кромку, шаблонно формирующую необходимый профиль.
- **Резьбовой.** Служит для нарезки наружной и внутренней резьбы при механической продольной подаче.

Важными характеристиками токарного резца являются углы его резания. Угол резания — это угол между передней частью резца и плоскостью резания. Он должен составлять от 60 до 100 градусов.

При токарных работах важно контролировать размеры обрабатываемой детали, чтобы обеспечить высокое качество изделия и соответствие требованиям стандартов. Для этого используется штангенциркуль — высокоточный измерительный инструмент, состоящий из штанги с делениями, губок для наружных и внутренних измерений и вспомогательной шкалы — нониуса.

Важно помнить **о мерах безопасности** при работе на токарном станке. Небрежность в работе, нарушение правил безопасности и обслуживания могут привести к поломке оборудования и серьезным травмам.

Практическая работа «Обтачивание цилиндрических поверхностей»

Задание

1. Следуя [инструкции по сборке модульных станков](#), соберите токарный станок (стр. 21–23).
2. Ознакомьтесь с технологической картой изделия (Приложение 2).
3. Подготовьте необходимые материалы и инструменты для работы с заготовкой.
4. Следуя технологической карте, обработайте заготовку на токарном станке.

Алгоритм выполнения работы

1. После того как станок будет собран, выберите и подготовьте заготовку для токарной обработки на станке.
2. Вставьте резец в резцедержатель.
3. Закрепите заготовку в патроне.
4. Выполните торцевание заготовки.
5. Выполните разметку.
6. Выполните токарную обработку детали.
7. Оцените качество выполненной работы.
8. Выполните уборку рабочего места.

Техника безопасности

- Не включайте станок без разрешения учителя.
- Закрепляйте инструмент максимально крепко перед началом обработки заготовки.
- Во время работы прочно и надежно закрепляйте заготовку и режущий инструмент.

- Перед работой на токарном станке подготовьте рабочее место: уберите все лишнее со станка и вокруг него, подготовьте и разложите только нужные инструменты и приспособления.

- Заправьте одежду. Застегните все пуговицы. Длинные волосы уберите под берет.

- Перед пуском станка наденьте защитные очки.

- Нельзя осматривать, трогать руками или измерять заготовку, не выключив станок.

- Нельзя брать руками стружку, которая образуется во время работы.

- Всегда нажимайте кнопку выключения «OFF» в случае возникновения аварийных ситуаций.

- В случае, если привод остановился или заметно замедлился, немедленно остановите его для предотвращения возможных поломок механизма. После остановки проверьте причину возникшего происшествия и устраните неполадки.

- О всех неисправностях станка во время работы немедленно сообщайте учителю.

- После завершения работы отключите адаптер питания.

- Подвергайте подвижные механизмы своевременной смазке.

Вопросы

1. Какие формы деталей можно получить с помощью токарной обработки?
2. Из каких основных элементов состоит токарный резец?
3. Из какого материала изготавливают резцы?
4. Как называется подвижная рамка в устройстве штангенциркуля?
5. Кто выполняет токарные работы на производственных предприятиях?

Приложение 2

Технологическая карта «Обтачивание цилиндрических поверхностей»

№ п/п	Последовательность выполнения работ	Графическое изображение
1.	Подготовить рабочее место	
2.	Установить и закрепить заготовку в патроне. Установить и закрепить проходной резец в резцедержателе.	
3.	Включить станок. Установить резец на требуемую глубину резания. Обточить поверхность заготовки на длине 3..5 мм с ручной подачей резца.	
4.	Отвести резец от заготовки и выключить станок. Измерить диаметр обработанной поверхности штангенциркулем. Если диаметр оказался больше требуемого, подсчитать, на сколько делений лимба нужно подать резец, чтобы получить требуемый диаметр.	
5.	Повторить контрольное обтачивание, внося изменения в глубину резания, и вновь провести измерения. Обточить заготовку с ручной или металлической подачей резца. Не доходя до кулачков патрона 20...30 мм, отвести резец в исходное положение и выключить станок.	
6.	Переставить заготовку в патрон и отрезать заготовку. Отвести резец и выключить станок. Снять заготовку. Произвести контрольное измерение.	

Вертикально-фрезерный станок

Вертикально-фрезерный станок предназначен для обработки наружных и внутренних плоских, фасонных поверхностей, уступов, пазов, прямых и винтовых канавок, шлицев на валах, нарезания зубчатых колес и широко применяется в ювелирной, мебельной и рекламной промышленности, в интерьере и декорировании, для производства пластиковых дверей и окон.

Без фрезерования нельзя представить современное машиностроение и самолетостроение, а также производство медицинского оборудования. Фрезерная обработка обладает высокой точностью, а поверхность получается идеально чистой и гладкой.

Основными компонентами вертикально-фрезерного станка (рис.) являются: фреза — режущий инструмент с несколькими лезвиями, закрепленный на шпинделе; редуктор, приводящий в движение шпиндель с патроном; тиски, в которых закрепляется обрабатываемая деталь; механизм подачи, позволяющий перемещать шпиндель вертикально по направляющей (длинная станина).

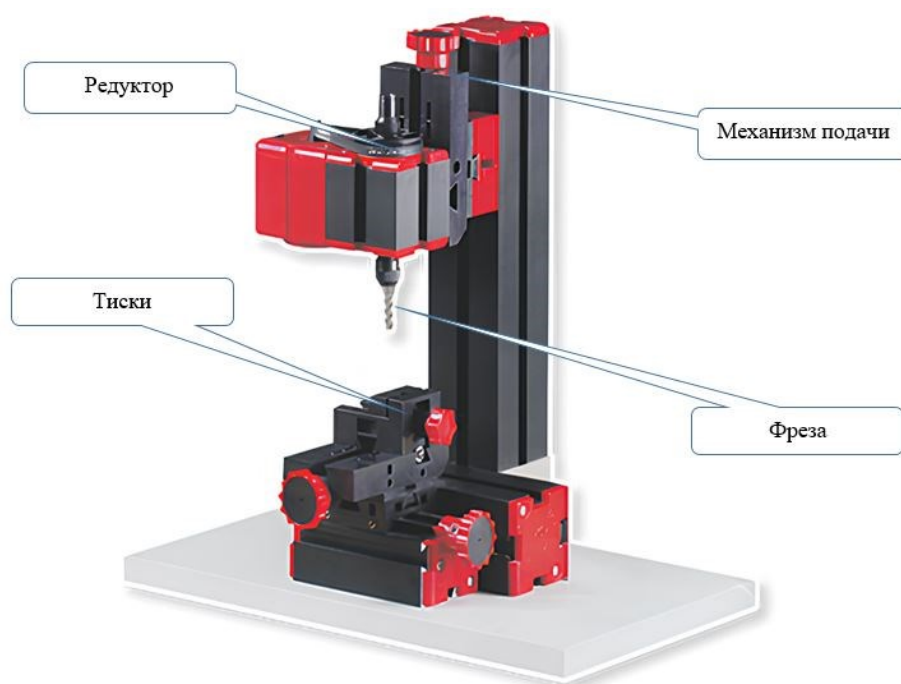


Рис. Вертикально-фрезерный станок

По конструктивным особенностям эти станки подразделяют на:

- станки консольные (стол расположен на подъемном кронштейне-консоли)
- станки бесконсольные (стол перемещается на неподвижной станине в продольном и поперечном направлениях)
- станки непрерывного действия (карусельные и барабанные).

Промышленность выпускает множество фрезерных станков, каждый из которых выполняет определенный набор операций. Тип управления станком может быть ручным, автоматизированным, управляемым с помощью системы ЧПУ.

Станки с ЧПУ означают, что устройство снабжено числовым программным управлением, позволяющим автоматизировать процесс фрезеровки. Такой станок повышает производительность, поскольку время обработки каждой детали значительно уменьшается.

Фрезы, применяемые для обработки материалов, различаются по форме и назначению:

- пазовые фрезы используются для создания пазов различной конфигурации;
- кромочные фрезы предназначены для обработки кромок и придания им определенной формы;
- торцевые фрезы обрабатывают вертикальные поверхности;
- дисковые фрезы формируют канавки (могут быть пазовыми, двусторонними и трехсторонними);
- угловые фрезы предназначены для фрезеровки угловых пазов;
- концевые фрезы вырезают контурные выемки и создают уступы;
- шпоночные фрезы сверлят отверстия;
- фасонные фрезы могут быть затылованными или остроконечными.

Практическая работа «Фрезерование глухих отверстий»

Задание

1. Следуя [инструкции по сборке модульных станков](#), соберите вертикально-фрезерный станок (стр. 30–31).
2. Выполните фрезеровку поверхности детали согласно чертежу (рис.). Требуется сделать глухие отверстия глубиной 2 мм.

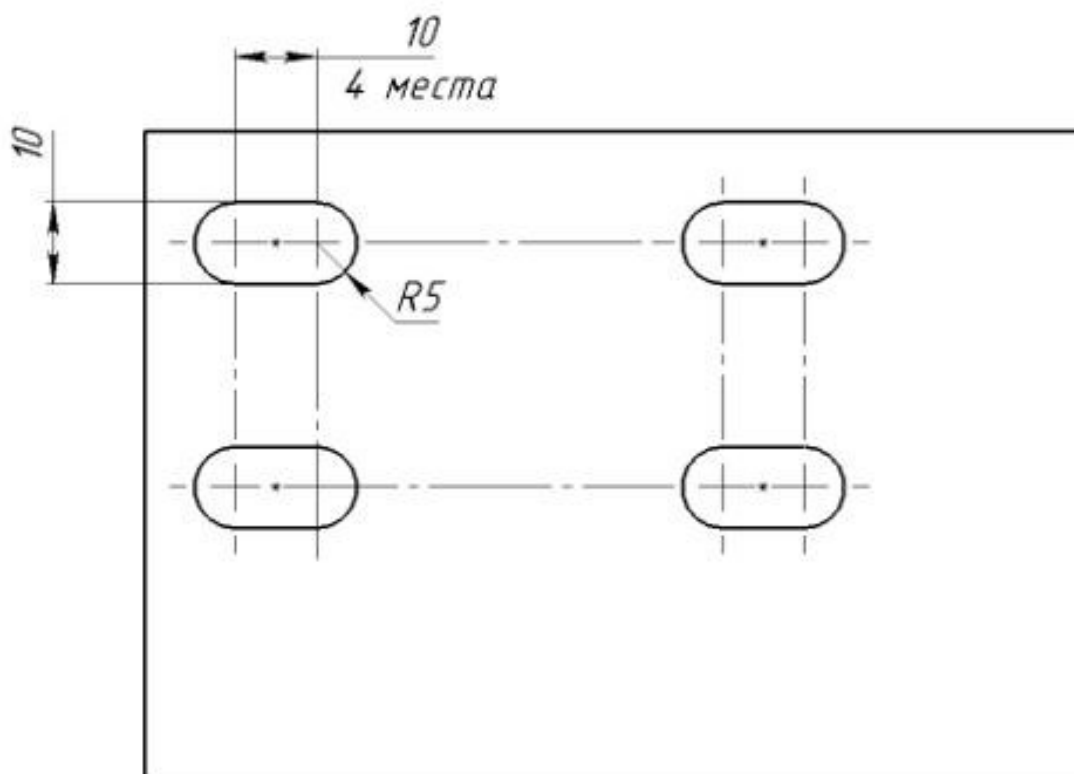


Рис. Практическое занятие — фрезерование глухих отверстий

Алгоритм выполнения работы

1. После того как станок будет собран, выберите и подготовьте деталь для фрезерования.
2. Убедитесь, что фреза прочно зафиксирована в патроне.
3. Запустите станок вхолостую для проверки.
4. Закрепите деталь на столе станка с помощью тисков.
5. Наденьте защитные очки.
6. Выполните фрезеровку.

7. По окончании работы отключите станок, уберите стружку щеткой.
8. Оцените качество выполненной работы.
9. Выполните уборку рабочего места.

Техника безопасности

- Перед началом работы на фрезерном станке подготовьте рабочее место: уберите все лишнее со станка и вокруг него, подготовьте и разложите только нужные инструменты и приспособления.
 - Заправьте одежду. Застегните все пуговицы. Длинные волосы уберите под берет.
 - Не включайте станок без разрешения учителя.
 - Перед пуском станка наденьте защитные очки.
 - Закрепляйте инструмент максимально крепко перед началом обработки заготовки.
 - Удерживать фрезеруемую деталь руками запрещается (используйте тиски)
 - При ослаблении крепления патрона фрезы или детали немедленно остановите станок.
 - Крепить деталь, приспособление или инструмент на ходу станка запрещается.
 - Удалять стружку с просверливаемой детали и стола можно только тогда, когда инструмент остановлен.
 - Не прикасаться к шпинделю и патрону с фрезой до полной остановки станка.
 - При фрезеровании не превышать усилие подачи.
 - Перед остановкой станка обязательно отвести инструмент от обработанной детали.
 - Всегда нажимайте кнопку выключения «OFF» в случае возникновения аварийных ситуаций.

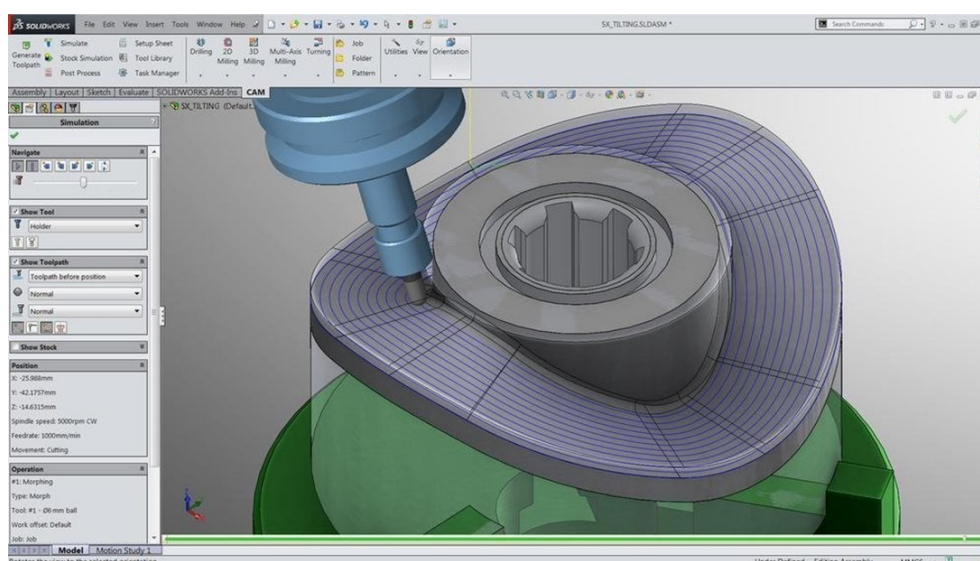
- В случае, если привод остановился или заметно замедлился, немедленно остановите работу для предотвращения возможных поломок механизма станка.
- После завершения работы отключите адаптер питания.
- Подвергайте подвижные механизмы своевременной смазке.

Вопросы

1. Какой режущий инструмент применяют при фрезеровании?
2. Какие конструкции фрез различают?
3. Что собой представляют цельные, составные и сборные фрезы?
4. По каким признакам классифицируют фрезы?
5. Какие типы фрез являются наиболее распространенными?
6. Что собой представляет режущий элемент фрезы?
7. Из каких материалов изготавливают режущую часть фрезы?

Программное обеспечение для станка с ЧПУ

Программное обеспечение для станка с ЧПУ (числовым программным управлением) играет ключевую роль в автоматизации процесса обработки материалов на станках. Эти программы позволяют управлять движением режущего инструмента с высокой точностью и эффективностью, что, в свою очередь, способствует повышению производительности и качества готовой продукции.



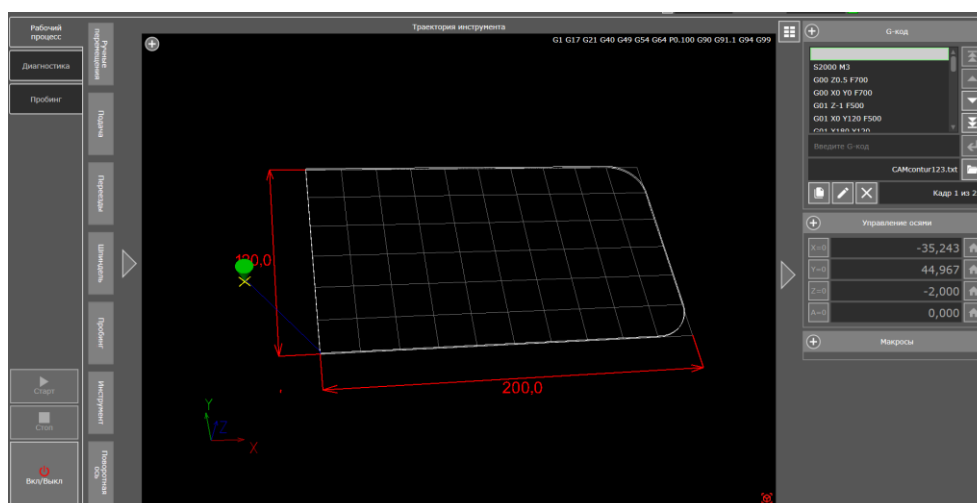
Программное обеспечение для станка с ЧПУ включает в себя специализированные CAD/CAM-системы, которые позволяют создавать детальные 3D-модели будущего изделия и генерировать соответствующие управляющие программы для станка. Также существуют специализированные программные пакеты, которые предоставляют возможность разработки и редактирования CNC-программ, оптимизации процесса обработки и контроля качества выпускаемой продукции.

Программное обеспечение для станка с ЧПУ позволяет учитывать различные параметры обработки, такие как скорость резания, глубина обработки, данные о материале заготовки и т. д. Таким образом, оператору станка необходимо только загрузить подготовленную программу в систему

ЧПУ и запустить процесс обработки, а большая часть работы по управлению станком будет выполнена автоматически.

Эффективное программное обеспечение для станков с ЧПУ существенно увеличивает производительность технологического процесса, сокращает время настройки и переналадки станка, а также улучшает точность и повторяемость обработки. Благодаря использованию современных программных продуктов, предназначенных для управления станками с ЧПУ, предприятия могут значительно улучшить свою конкурентоспособность, сократить издержки и увеличить качество выпускаемой продукции.

ПО для станка Purelogic PUMOTIX — программно-аппаратное решение для управления станком с ЧПУ, инновационная российская разработка.



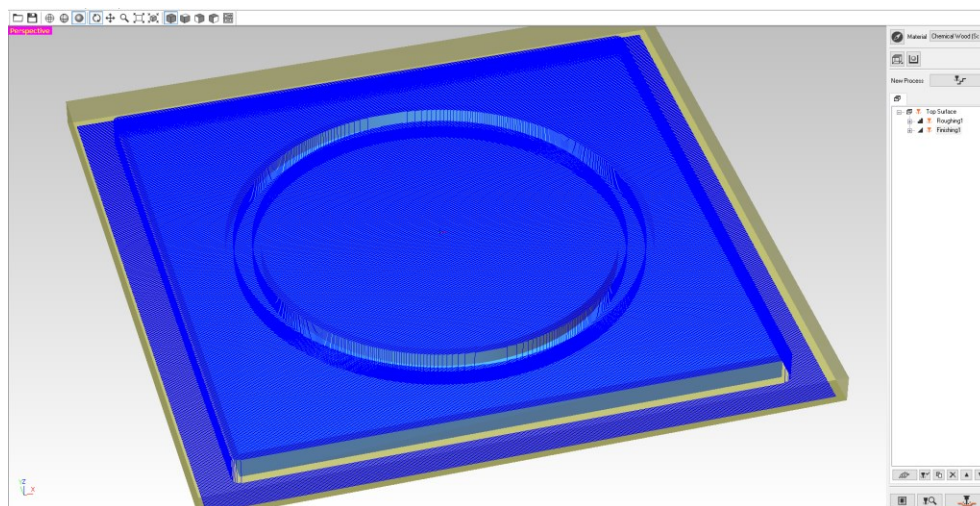
Возможности программы:

- расширенный сервис голографических управляющих программ;
- поддержка адаптивного интерфейса и сенсорных экранов;
- визуализация управления программой в режиме 3D-surface;
- поддержка внешних устройств управления (брелоков и геймпадов);
- режим симуляции для тестирования выполнения управления программой;
- двуязычный интерфейс (RU/EN);
- неограниченный срок действия заказанных опций.

ПО для станка Roland SRM-20. Modela Player — это специальное программное обеспечение, разработанное для работы с плоттерами и станками с ЧПУ, такими как Roland SRM-20. Эта программа играет ключевую роль в процессе обработки и управления устройством, предлагая пользователям интуитивно понятный интерфейс и ряд функций, которые облегчают моделирование и изготовление конечных продуктов.

VPanel — это программное обеспечение, предназначенное для управления и настройки работы станка Roland SRM-20. Оно предоставляет пользователям удобный интерфейс для управления и осуществления различных операций, связанных с обработкой материалов.





Вопросы

1. Какова роль режима симуляции в программном обеспечении для ЧПУ?
2. Как программное обеспечение для станков с ЧПУ сокращает время настройки и переналадки оборудования?

Технологические операции

Технологические операции при работе на станке с ЧПУ являются ключевым элементом в процессе обработки различных материалов с высокой точностью и эффективностью. Вот некоторые из основных технологических операций, которые выполняются на станке с ЧПУ.

Загрузка программы. Оператор загружает подготовленную программу в систему ЧПУ, которая содержит инструкции для выполнения определенных операций обработки материала.

Выравнивание заготовки. Прежде чем начать обработку, заготовка должна быть правильно и точно зафиксирована на станке с ЧПУ. Это гарантирует стабильность и точность выполнения операций.

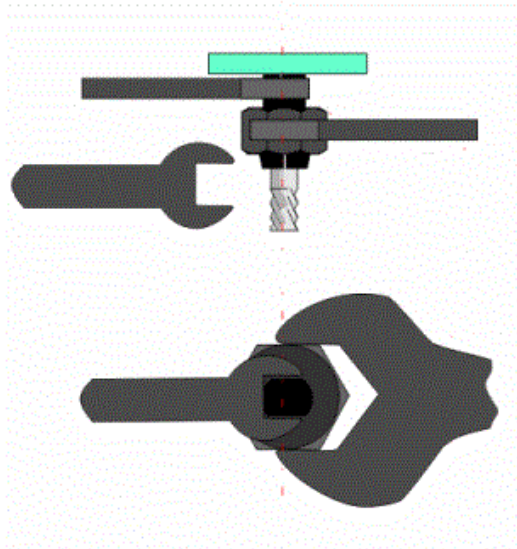
Наладка инструмента. Оператор устанавливает и настраивает необходимые инструменты (фрезы, сверла и т. д.), чтобы обеспечить правильную обработку материала с учетом требований программы.

Обработка. Сам процесс обработки включает в себя различные технологические операции, такие как фрезерование, сверление, точение и другие действия, выполняемые в соответствии с предварительно загруженной программой.

Контроль качества. По мере выполнения операций обработки оператор систематически контролирует качество и точность обрабатываемой детали, осуществляя необходимые корректировки при необходимости.

Смена инструмента. При необходимости смены инструмента оператор производит соответствующие настройки и замены, чтобы продолжать процесс обработки без перебоев.

Завершение работы и выгрузка детали. По завершении всех технологических операций деталь готова и может быть извлечена со станка с ЧПУ для дальнейшей обработки или использования.



Технологические операции при работе на станке с ЧПУ обеспечивают высокую точность, повышенную производительность и качество готовых изделий, что делает этот процесс особенно важным и востребованным в современной промышленности.

Вопросы

1. Почему выравнивание заготовки является критически важным этапом перед началом обработки?
2. Какие инструменты могут использоваться при наладке станка с ЧПУ и как оператор определяет их выбор?

Замена инструмента и установка оснастки

Замена инструмента и установка оснастки являются важными процедурами при работе на станках с ЧПУ, поскольку это позволяет эффективно выполнять различные операции обработки материалов. Вот некоторые основные аспекты процесса замены инструмента и установки оснастки.

Подготовка к замене инструмента. Перед тем как начать процесс замены инструмента, необходимо убедиться, что станок выключен и отключен от источника питания. Также важно иметь под рукой необходимые инструменты для замены.

Снятие текущего инструмента. Оператор снимает текущий инструмент со шпинделя, следуя указаниям производителя оборудования. Обычно это включает в себя откручивание крепежных болтов или гаек.

Очистка шпинделя и инструмента. После снятия инструмента необходимо тщательно очистить шпиндель и новый инструмент от остатков стружки или других загрязнений для обеспечения правильной установки.

Установка нового инструмента. Новый инструмент устанавливается на шпиндель согласно предписаниям производителя оборудования. Оператор должен убедиться, что инструмент надежно закреплен и правильно выровнен.

Проверка установки. После установки нового инструмента следует провести проверку, чтобы удостовериться, что он правильно установлен и готов к использованию.

Настройка параметров инструмента. После замены инструмента оператор должен также выполнить необходимые настройки параметров режимов работы, скоростей и подач для обеспечения оптимальной производительности и качества обработки.

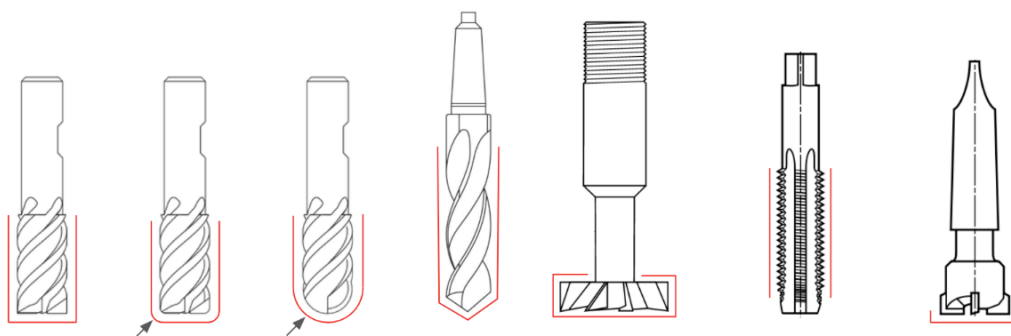
Тестирование и корректировка. После замены инструмента рекомендуется провести небольшие тестовые обработки для проверки

правильности установки и корректности работы нового инструмента. При необходимости можно вносить корректировки.



Замена инструмента и установка оснастки в станках с ЧПУ требует внимательности, аккуратности и соблюдения процедур безопасности, чтобы обеспечить эффективную и безаварийную работу оборудования.

Типы режущих инструментов станков с ЧПУ



Для создания различных геометрических форм применяются разнообразные режущие инструменты для станков с числовым программным управлением (ЧПУ). Рассмотрим несколько из самых распространенных фрезерных инструментов, используемых в ЧПУ.

Плоские и концевые фрезы с шаровой головкой служат для обработки машинных пазов, канавок, полостей и вертикальных стенок. Их многообразие геометрий позволяет работать с элементами, обладающими различными деталями. Инструменты с шаровой головкой также часто применяются при 5-осевой обработке на станках с ЧПУ для создания изогнутых поверхностей и произвольных геометрических форм.

Сверла являются популярным и эффективным способом создания отверстий. Существуют таблицы стандартных размеров сверл, а для получения отверстий нестандартного диаметра можно использовать врезные концевые фрезы с плоской головкой, выполняя обработку по спиралевидной траектории.

Диаметр вала пазовых фрез меньше диаметра их режущей кромки, что позволяет этим инструментам вырезать Т-образные пазы и другие углубления, удаляя материал с вертикальных стенок.

Метчики используются для нарезки резьбы в отверстиях. Для точного создания резьбы необходим строгий контроль за скоростью вращения и линейной скоростью метчика. В некоторых механических мастерских до сих пор применяется ручной способ нарезки резьбы метчиком.

Торцевые фрезы предназначены для удаления материалов с больших плоских поверхностей. Они имеют больший диаметр, чем концевые фрезы, что позволяет обрабатывать обширные площади с меньшим количеством проходов, сокращая общее время обработки и обеспечивая получение ровных поверхностей. Этап торцевого фрезерования часто выполняется в начале цикла обработки для подготовки размеров заготовки.

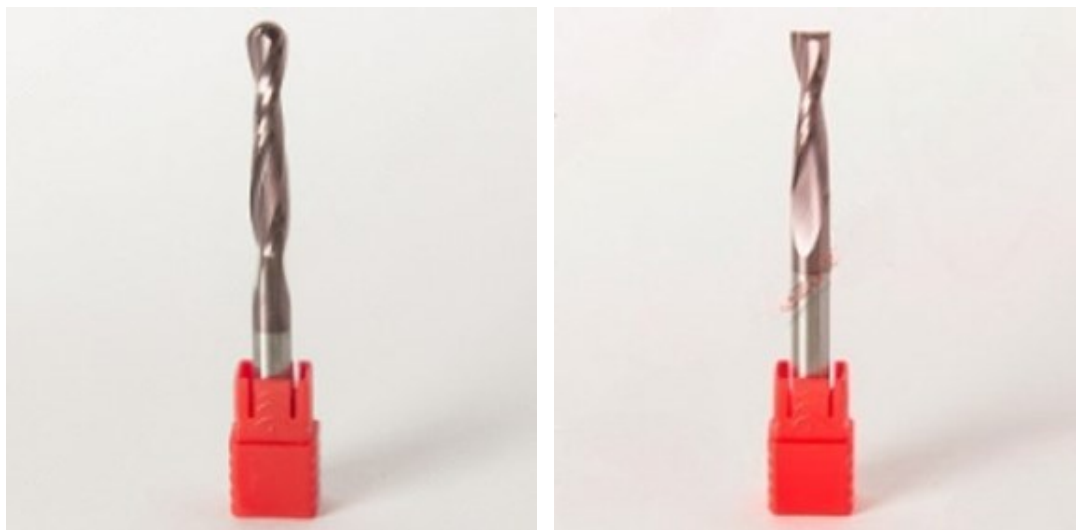
Такой же широкий ассортимент режущих инструментов используется и в токарной обработке с ЧПУ, включая торцевание, нарезание резьбы и канавок.

Однозаходные фрезы с выбросом стружки вверх



Фрезы такого типа идеально подходят для обработки вязких легкоплавких материалов, например сплавов алюминия и полимерных материалов. Образующаяся стружка налипает на инструмент, а при работе однозаходным инструментом материал не разогревается до температуры плавления. При необходимости обработки пластика фрезой диаметром менее 9,5 мм рекомендуется использовать однолезвийные инструменты. В случае применения инструмента большего диаметра более целесообразно выбрать двухзаходную фрезу. Однозаходные фрезы с разным углом заточки используются при обработке ПВХ, пенопласта, акрила, древесины, цветных металлов и их сплавов.

Двухзаходные фрезы с выбросом стружки вверх



Фрезы с двумя лезвиями предназначены для обработки неплавких легких материалов, прежде всего — древесины. В типоразмерном ряду двухзаходных фрез для станков с ЧПУ представлены инструменты разного диаметра, начиная с минимального. Двухзаходные фрезы диаметром свыше 8 мм можно использовать для работы с полимерными материалами. Двухзаходные фрезы по металлу часто имеют защитное покрытие, благодаря которому их можно использовать для обработки практически всех металлов. Для обработки алюминия рекомендованы двухлезвийные фрезы с осевым углом 45° – 55° . За счет довольно большого угла лезвия преодолевают сопротивление материала с минимально возможным усилием, металл не разогревается до температуры плавления. Пологие канавки обеспечивают наиболее эффективный выброс стружки из зоны резания.

Вопросы

1. Почему важно отключать станок от источника питания перед заменой инструмента?
2. Почему после установки нового инструмента необходимо настраивать его параметры?
3. Что такое торцевые фрезы и в каких случаях они наиболее эффективно используются?

Обработка детали на станке

Обработка детали на станке с ЧПУ представляет собой сложный и многоэтапный процесс, который позволяет выполнять различные виды обработки материалов с высокой точностью и эффективностью. Вот основные этапы обработки детали на станке с ЧПУ:

1. Программирование. Первым шагом является создание программы обработки детали. Программа включает в себя инструкции для станка о том, как именно следует выполнить операции по обработке детали, такие как фрезеровка, сверление, резка и т. д.

2. Подготовка оборудования. После создания программы необходимо загрузить ее в управляющую систему станка с ЧПУ. Также важно правильно настроить рабочий инструмент и оснастку для обработки детали.

3. Зажим и фиксация детали. Деталь крепится на столе станка с помощью специальных крепежных элементов для обеспечения надежности фиксации во время обработки.

4. Начало обработки. После подготовки оборудования станок запускается, и процесс обработки начинается согласно заданным параметрам и инструкциям в программе.

5. Мониторинг процесса. Во время обработки оператор внимательно следит за процессом, чтобы убедиться, что деталь обрабатывается корректно и качественно. При необходимости могут корректироваться параметры обработки.

6. Окончание обработки. По завершении обработки детали станок автоматически останавливается, и деталь готова для дальнейшего использования или последующих операций обработки.

7. Контроль качества. После обработки детали проводится контроль качества, чтобы убедиться, что все размеры и параметры соответствуют требованиям чертежа или спецификации.

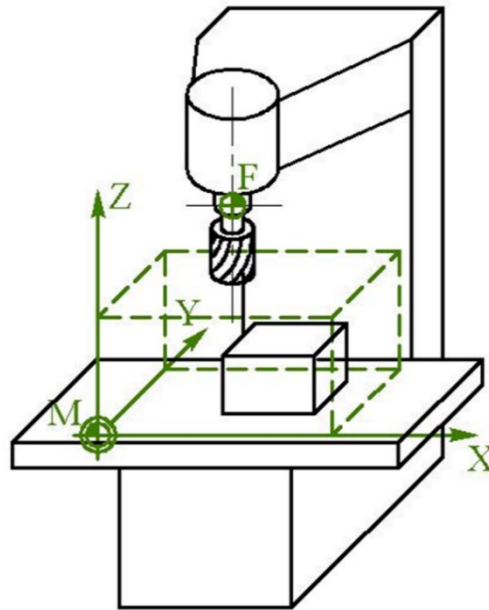


Обработка детали на станке с ЧПУ требует хороших навыков программирования, технического понимания процесса обработки и внимания к деталям. Правильно выполненная обработка с использованием ЧПУ позволяет достигнуть высокой точности, повысить производительность и обеспечить высокое качество изготовления деталей.

Вопросы

1. Почему важно правильно зажимать и фиксировать деталь на столе станка?
2. В чем заключается необходимость мониторинга процесса обработки?
3. Назовите основные виды обработки, которые могут быть выполнены на станках с ЧПУ.

Нуль и исходные точки станка



Нуль и исходные точки на станке с ЧПУ играют важную роль в процессе обработки деталей. Нулевая точка (Zero Point) является опорной точкой, относительно которой определяются координаты для обработки детали. Исходные точки (Home Position) на станке с ЧПУ представляют собой предопределенные позиции для различных осей станка, где инструмент или стол станка располагаются в начальном положении до начала обработки.

Нулевая точка:

- нулевая точка может быть установлена оператором станка в удобном для него месте на обрабатываемой детали;
- программирование обработки детали на станке с ЧПУ происходит относительно установленной нулевой точки;
- правильная установка нулевой точки обеспечивает точность и корректное выполнение операций обработки.

Исходные точки:

- исходные точки задаются в памяти управляющей системы станка с ЧПУ для каждой из осей (X , Y , Z) до начала работы;

- после включения станка инструмент или стол станка возвращаются к исходным точкам, что позволяет избежать столкновений и обеспечить безопасное начало работы;

- задание исходных точек является важным шагом перед обработкой, так как это определяет начальные координаты для всех операций.

Применение правильных нулевых и исходных точек на станке с ЧПУ позволяет упростить программирование, обеспечить надежность и безопасность процесса обработки, а также повысить качество изготовленных деталей. Операторы станков с ЧПУ должны уметь правильно устанавливать и использовать нулевые и исходные точки для эффективной и точной обработки деталей.

Практическая работа «Установка нулевой точки заготовки на фрезерном станке с ЧПУ»

Нулевая точка заготовки W при работе на фрезерном станке с ЧПУ может располагаться в любом месте в пределах рабочей зоны станка. Желательно, чтобы, как и в случае токарной обработки, нулевая точка заготовки была совмещена с нулевой точкой детали на чертеже. Для упрощения разработки управляющей программы при выборе координат расположения нулевой точки заготовки и ориентации ее координатной системы рекомендуется руководствоваться следующими правилами:

- нуль заготовки назначать таким образом, чтобы все или как можно большая часть опорных точек имели положительные значения координат;
- координатные оси заготовки совмещать с осями симметрии детали или с выносными линиями, относительно которых проставлено наибольшее количество размеров;
- координатные плоскости заготовки совмещать с поверхностями технологических баз или располагать параллельно;
- направление осей координат заготовки совмещать с направлением осей координат станка.

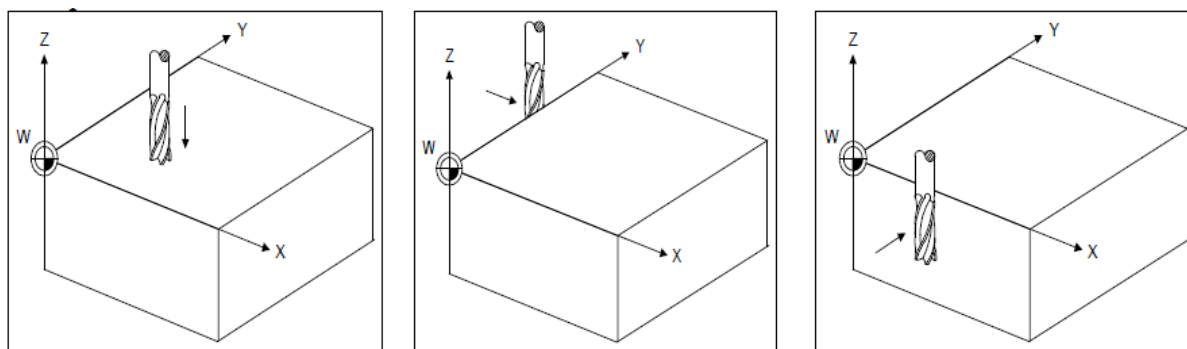
В качестве примера рассмотрим вариант назначения нулевой точки заготовки, закрепленной на рабочем столе вертикально-фрезерного станка, который соответствует вышеперечисленным критериям.

Расположение нулевой точки заготовки задается относительно нулевой точки станка M . Нуль вертикально-фрезерного станка с ЧПУ в стандартной системе координат располагается обычно над левым краем рабочего стола с лицевой стороны станка. Расстояние между нулем станка M и нулем заготовки W называется смещением нуля отсчета, определяется как смещение по каждой из трех осей координат и обозначается как X_w , Y_w и Z_w . Численные значения смещения нуля отсчета должны быть обязательно учтены в управляющей программе.

Последовательность действий при установке нулевой точки заготовки на вертикально-фрезерном станке с ЧПУ следующая.

Предварительные условия для установки:

- геометрические размеры режущей части необходимых для обработки режущих инструментов измерены и учтены в управляющей программе;
- отобранные инструменты закреплены в устройстве автоматической смены инструмента;
- вылеты инструментов относительно устройства автоматической смены инструмента учтены в управляющей программе (если станок не укомплектован устройством коррекции вылета инструмента);
- заготовка установлена и надежно закреплена на рабочем столе в положении, при котором ее оси координат параллельны осям координат станка;
- первый по порядку применения инструмент установлен и закреплен в шпинделе;
- вращение шпинделя включено.



Установка нулевой точки заготовки по оси Z:

1. Убедиться, что нижний торец рабочего инструмента гарантированно расположен выше верхней поверхности заготовки.
2. При помощи ручного управления или соответствующих клавиш на пульте станка переместить заготовку в плоскости XY под рабочий инструмент.

3. Подвести рабочий инструмент к верхней плоскости заготовки, коснуться поверхности заготовки вершиной режущей части инструмента до появления заметного визуального следа и остановить перемещение инструмента.

4. Определить по системе индикации ЧПУ текущее значение положения шпинделя станка по оси Z .

5. Ввести данное значение координаты в качестве смещения нуля отсчета в систему ЧПУ и нажать клавишу обнуления системы отсчета координат. Если необходимо учесть припуск на обработку верхней плоскости заготовки, то это рекомендуется сделать заранее, перед вводом координаты текущего положения шпинделя в систему ЧПУ, внося соответствующую коррекцию в численное значение этой координаты.

Установка нулевой точки заготовки по оси X :

1. При помощи ручного управления или соответствующих клавиш на пульте станка переместить рабочий инструмент вверх по оси Z на высоту, исключая его соприкосновение с заготовкой.

2. Переместить заготовку вдоль оси X в сторону отрицательных значений координат в положение, при котором диаметральный габарит режущей части рабочего инструмента с гарантированным зазором выходит за габарит заготовки в указанном направлении.

3. Переместить рабочий инструмент по оси Z вниз до положения, при котором режущая часть инструмента будет расположена ниже верхней плоскости заготовки.

4. Подвести рабочий инструмент по оси X к боковой поверхности заготовки, коснуться поверхности заготовки вершиной режущей части инструмента до появления заметного визуального следа и остановить перемещение инструмента.

5. Определить по системе индикации ЧПУ текущее значение положения шпинделя станка по оси X .

6. Пересчитать данное значение координаты с учетом радиуса режущей части инструмента и внести полученное значение в систему ЧПУ в качестве

смещения нуля отсчета. Например, если радиус фрезы равен 15 мм, то в систему ЧПУ вносится значение $X_w = -15$.

7. Нажать клавишу обнуления системы отсчета координат на пульте управления станка.

Установка нулевой точки заготовки по оси Y :
порядок установки нулевой точки заготовки по оси Y идентичен порядку установки по оси X .

Обработка материалов на станках с ЧПУ представляет собой высокотехнологичный процесс, который широко применяется в различных отраслях промышленности. С помощью станков с ЧПУ можно выполнять широкий спектр операций, таких как фрезерование, токарная обработка, сверление, резка и другие виды обработки материалов с высокой точностью и эффективностью.

Основные принципы и особенности технологии обработки материалов на станках с ЧПУ:

1. Программирование. Процесс обработки материалов на станке с ЧПУ начинается с создания специальной программы, в которой задаются параметры обработки, координаты точек и другие инструкции для станка. Программа может быть создана вручную или с помощью специализированного программного обеспечения.

2. Управление движением. Система ЧПУ управляет движением режущего инструмента или стола станка по заранее заданным координатам, обеспечивая точность и повторяемость операций обработки.

3. Использование различных инструментов. Станки с ЧПУ могут оснащаться разнообразными режущими инструментами, что позволяет выполнять множество операций обработки — от фрезерования до точной резки.

4. Мониторинг и контроль процесса. Системы ЧПУ обеспечивают возможность мониторинга и контроля процесса обработки в реальном времени, позволяя операторам отслеживать выполнение программы и корректировать параметры при необходимости.

5. Высокая точность и производительность. Благодаря использованию ЧПУ станки способны работать с высокой точностью и скоростью, что позволяет сократить время обработки и повысить качество изготавливаемых деталей.

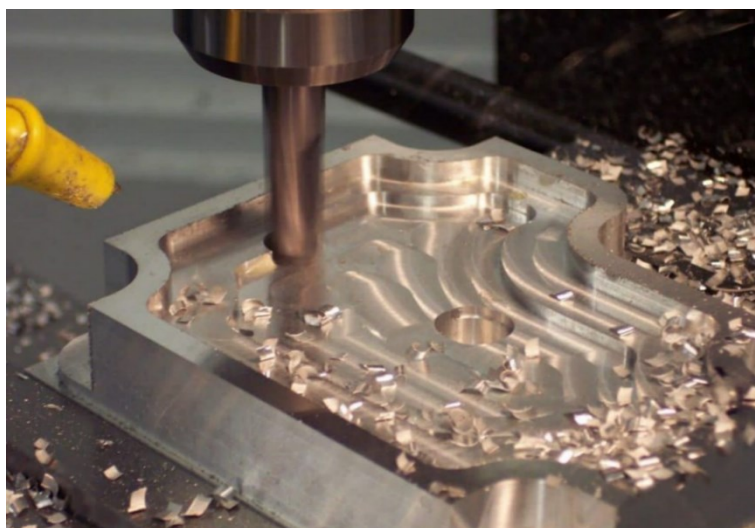
Технология обработки материалов на станках с ЧПУ является важным направлением в современной промышленности, обеспечивая эффективность, точность и гибкость в производстве различных изделий.

Материалы для обработки

Материалы, подлежащие обработке на станках с ЧПУ, играют ключевую роль в промышленности и производстве различных изделий. Выбор материала зависит от конкретных требований к детали, таких как прочность, теплопроводность, химическая стойкость и другие характеристики. Вот некоторые распространенные материалы, которые часто обрабатываются на станках с ЧПУ:

1. Металлы:

- чугун — применяется для изготовления деталей, требующих высокой прочности и износостойкости;
- алюминий — легкий металл с хорошей прочностью и коррозионной стойкостью, часто используется в авиации и автомобильной промышленности;
- сталь — один из самых распространенных материалов, обрабатываемых на станках с ЧПУ, благодаря своей прочности и долговечности.



2. Пластмассы:

- полипропилен — легкий и прочный материал, используется в производстве различных деталей и изделий;

- акрил — прозрачный материал с хорошей устойчивостью к воздействию солнечных лучей, часто применяется в дизайне.



3. Композитные материалы:

- углепластик — обладает высокой прочностью и легкостью, широко используется в авиации и автомобильной промышленности;
- стеклопластик — имеет высокую прочность и стойкость к агрессивным средам, применяется в строительстве и производстве спортивного оборудования.



- ### 4. Дерево является одним из наиболее распространенных материалов в промышленности и строительстве, обрабатываемых на станках с ЧПУ.

Различные виды древесины обладают уникальными характеристиками, что делает их подходящими для различных видов производства. Популярные виды древесины, часто используемые для обработки на станках с ЧПУ:

- дуб — твердый и прочный вид дерева, широко применяется в мебельном производстве, изготовлении лестниц, полов и других конструкций, требующих высокой надежности и долговечности;
- береза — легкая и устойчивая древесина, часто используется для изготовления мебели, игрушек, декоративных элементов и музыкальных инструментов;
- сосна — мягкий и легкий вид дерева, идеально подходит для обработки на станках с ЧПУ при создании строительных элементов, мебели, дверей и окон;
- массивная древесина — натуральная древесина без дополнительной обработки, часто используется для создания эксклюзивных изделий, таких как столешницы, скульптуры и декоративные элементы.



Обработка древесины на станках с ЧПУ позволяет создавать сложные детали, сохраняя при этом красоту и уникальные текстурные особенности материала. Точность работы станка позволяет реализовать самые смелые дизайнерские задумки и проекты с использованием древесины как универсального и экологически чистого материала.

Выбор материала для обработки на станках с ЧПУ зависит от конкретных целей производства, требований к детали и ее дальнейшему применению. Эффективное использование подходящих материалов позволяет достигать высоких результатов в производстве качественных и функциональных изделий.

Вопросы:

1. Какие характеристики материалов являются ключевыми для выбора подходящего материала при обработке на станках с ЧПУ?
2. Что отличает композитные материалы, такие как углепластик и стеклопластик, от традиционных металлов и дерева?
3. Какие факторы необходимо учитывать при выборе дерева для обработки на станках с ЧПУ?

Управляющая программа

На производстве, где работают различные станки с числовым программным управлением, используется множество различного программного обеспечения. Однако в основном все управляющие программы используют общий код — G-code. Это специальный язык коммуникации между станком, оборудованным ЧПУ, компьютером и оператором ПК. В повседневной жизни этот язык часто называют «G-код». Он должен быть знаком каждому оператору или программисту станков с ЧПУ. Подробнее познакомимся с этим языком.

G-код был создан около полувека назад, затем доработан в феврале 1980 года и стандартизирован как RS274D. Комитет ISO утвердил G-код как стандарт ISO 6983-1:1982, а Госкомитет СССР — как ГОСТ 20999-83. В технической литературе Советского Союза G-код обозначается как ИСО 7-бит. С тех пор этот стандарт широко использовали производители станков с ЧПУ, индивидуализируя его на свое усмотрение; однако основные коды и структура программ остаются неизменными. Это связано с тем, что программа на G-коде имеет жесткую структуру. Все управляющие команды объединяются в кадры — группы, состоящие из одной или нескольких команд. Каждая команда состоит из слов — основных элементов программы, представленных комбинацией латинской буквы и численного значения (положительного или отрицательного, дробного или целого).

Согласно международным стандартам и ГОСТ 20999-83, структура управляющей программы обычно соответствует следующим принципам:

1. Управляющая программа должна содержать геометрическую, технологическую и вспомогательную информацию, необходимую для выполнения определенной обработки. В каждом кадре программы содержится только измененная по сравнению с предыдущим информация. Выполнение оставшейся неизменной информации прекращается только после появления команды на ее отмену, определяемой особенностями конкретной системы ЧПУ.

2. Каждая управляющая программа начинается символом «начало программы», который подает системе управления сигнал о начале выполнения программы. Вид символа «начало программы» зависит от конкретной системы ЧПУ; наиболее часто используется символ %.

3. Если нужно присвоить обозначение управляющей программе, это делается в кадре с символом «начало программы» непосредственно после этого символа.

4. Если к управляющей программе нужен комментарий, например о настройке станка, то он размещается перед символом «начало программы».

5. Управляющая программа заканчивается символом «конец программы», сигнализирующим системе управления о завершении выполнения программы. После этого символа информация не должна исполняться системой ЧПУ.

6. Информация между символами «начало программы» и «конец программы», заключенная в скобки, не выполняется системой ЧПУ. При этом текст внутри скобок не должен содержать символов «начало программы» и «основной кадр».

Управляющая программа для станка с числовым программным управлением является ключевым инструментом в производственном процессе. Этот программный инструмент предоставляет возможность программировать операции обработки материала с высокой точностью и эффективностью. Некоторые основные аспекты управляющей программы для станка с ЧПУ:

1. Создание программы. Основной задачей управляющей программы для станка с ЧПУ является определение последовательности операций, необходимых для изготовления конкретной детали или изделия. Программа включает в себя координаты точек обработки, типы инструментов, скорости и подачи материала.

2. Симуляция. Перед фактическим запуском станка управляющая программа позволяет провести визуальную симуляцию процесса обработки, чтобы выявить возможные ошибки программирования и оптимизировать процесс до начала работы станка.

3. Оптимизация производства. Управляющая программа для станка с ЧПУ обеспечивает оптимальное использование материала, сокращает время цикла обработки и повышает производительность производственного процесса. Кроме того, программа позволяет автоматизировать повторяющиеся операции.

4. Адаптация к изменениям. В случае необходимости внесения изменений в процесс обработки или дизайн детали управляющую программу можно легко модифицировать без необходимости полного перепрограммирования.

5. Мониторинг и управление. Управляющая программа для станка с ЧПУ обеспечивает возможность мониторинга процесса обработки в реальном времени и управления параметрами работы станка для достижения оптимальных результатов.

В целом управляющая программа для станка с ЧПУ играет важную роль в обеспечении точности, эффективности и надежности производственного процесса. Все это позволяет предприятиям сокращать издержки, улучшать качество продукции и увеличивать конкурентоспособность на рынке.

Примеры управляющего кода (NC-кода) для станков с числовым программным управлением для различных операций обработки материалов:

1. Пример NC-кода для токарной операции (G-код):

N10 G00 X20 Z5 ;Перемещение инструмента в начальное положение

N20 G71 U0.5 R2 ;Выбор токарного режима, установка скоростей

N30 G01 X10 Z-10 F0.2 ;Начало процесса токарной обработки

N40 G00 X20 Z5 ;Завершение операции, возврат в начальное положение

2. Пример NC-кода для фрезерования (G-код):

N100 G17 G21 G90 G40 ;Выбор плоскости, единицы измерения, системы координат

N110 G0 X0 Y0 ;Перемещение фрезы в начальную точку

N120 G1 Z5 F200 ;Начало фрезерования с заданной подачей

N130 X10 Y10 ;Фрезерование по координатам

N140 Z0 ;Завершение операции и подъем фрезы

3. Пример NC-кода для резки лазером (M-код):

N200 G90 ;Установка абсолютных координат

N210 M08 ;Включение газа/охлаждения

N220 M03 S100 ;Включение лазера с заданной мощностью

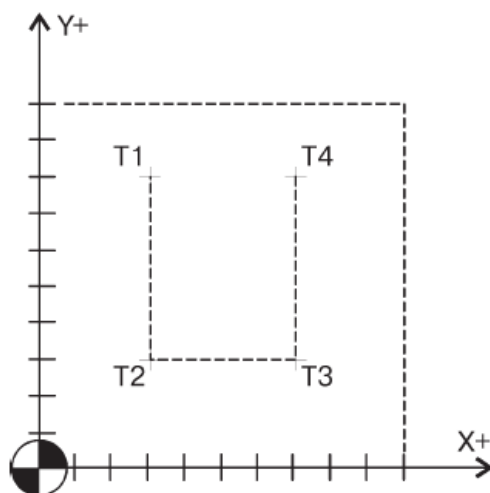
N230 G00 X10 Y10 ;Перемещение в точку начала резки

N240 G01 X20 Y20 ;Начало резки по заданным координатам

N250 M05 ;Выключение лазера

NC-код представляет собой специальный текстовый формат, который задает последовательность команд для управления станком с ЧПУ в процессе выполнения определенной операции. Каждая строка кода содержит команду (например, перемещение по координатам, включение инструмента, изменение скорости и т. д.) и соответствующие параметры. Различные типы операций обрабатываются разными командами, такими как G-код, M-код и другие, в зависимости от конкретной задачи.

%	Символ начала программы
G21 G40 G49 G54 G80 G90	Строка безопасности
M06 T01	Вызов инструмента № 1
G43 H01	Компенсация длины инструмента № 1
M03 S1000	Включение оборотов шпинделя (1000 об/мин)
G00 X3 Y8	Ускоренное перемещение в опорную точку T1
G00 Z0.5	Ускоренное перемещение инструмента В Z0.5
G01 Z-1 F25	Перемещение на глубину 1 мм на подаче 25 мм/мин
G01 X3 Y3	Перемещение инструмента в точку T2
G01 X7 Y3	Перемещение инструмента в точку T3
G01 X7 Y8	Перемещение инструмента в точку T4
G01 Z5	Подъем инструмента вверх в Z5
M05	Выключение оборотов шпинделя
M30	Завершение программы
%	Символ конца программы



Подготовительные (основные) команды языка начинаются с буквы G. Они включают такие действия, как:

G00-G04 — позиционирование инструмента;

G17-G19 — переключение рабочих плоскостей (XY , XZ , YZ);

G20-G21 — не стандартизовано;

G40-G44 — компенсация размера различных частей инструмента (длина, диаметр);

G53-G59 — переключение систем координат;

G80-G84 — циклы сверления, нарезания резьбы;

G90-G92 — переключение систем координат (абсолютная, относительная).

Подготовительные функции (G-коды) позиционирования инструмента:

- G00 — быстрое позиционирование. Функция G00 используется для выполнения ускоренного перемещения режущего инструмента к позиции обработки или к безопасной позиции. Ускоренное перемещение никогда не используется для выполнения обработки, так как скорость движения исполнительного органа станка очень высока. Код G00 отменяется кодами G01, G02, G03.

- G01 — линейная интерполяция. Функция G01 используется для выполнения прямолинейных перемещений с заданной скоростью (F). При программировании задаются координаты конечной точки в абсолютных

значениях (G90) или приращениях (G91) с соответственными адресами перемещений (например, X, Y, Z). Код G01 отменяется кодами G00, G02, G03.

- G02 — круговая интерполяция по часовой стрелке. Функция G02 предназначена для выполнения перемещения инструмента по дуге (окружности) в направлении часовой стрелки с заданной скоростью (F). При программировании задаются координаты конечной точки в абсолютных значениях (G90) или приращениях (G91) с соответственными адресами перемещений (например, X, Y, Z). Параметры интерполяции I, J, K , которые определяют координаты центра дуги окружности в выбранной плоскости, программируются в приращениях от начальной точки к центру окружности в направлениях, параллельных осям X, Y, Z соответственно. Код G02 отменяется кодами G00, G01, G03.

- G03 — круговая интерполяция против часовой стрелки. Функция G03 предназначена для выполнения перемещения инструмента по дуге (окружности) в направлении против часовой стрелки с заданной скоростью (F). При программировании задаются координаты конечной точки в абсолютных значениях (G90) или приращениях (G91) с соответственными адресами перемещений (например, X, Y, Z). Параметры интерполяции I, J, K , которые определяют координаты центра дуги окружности в выбранной плоскости, программируются в приращениях от начальной точки к центру окружности в направлениях, параллельных осям X, Y, Z соответственно. Код G03 отменяется кодами G00, G01, G02.

- G04 — пауза. Функция G04 — это команда на выполнение выдержки с заданным временем. Этот код программируется вместе с адресом X или P , который указывает длительность времени выдержки. Обычно это время составляет от 0,001 до 99999,999 секунд. Например, G04 X2.5 — пауза на 2,5 секунды, а G04 P1000 — пауза на 1 секунду.

Модальность — это свойство функции, сохраняющее свое значение в управляющей программе (G-коде) до последующей отмены или изменения. Свойство модальности в управляющей программе проявляется в каждой

строке: некоторые функции для упрощения программирования сохраняют свое действие до следующей их отмены или изменения значения. Например, если прямолинейный тип движения не меняется в течение нескольких кадров управляющей программы, то соответствующая функция G1 может быть использована только в первом из перемещений, а в последующих кадрах она не пишется.

Технологические команды языка начинаются с буквы M. Включают такие действия, как: сменить инструмент, включить/выключить шпиндель, включить/выключить охлаждение, вызвать/закончить подпрограмму. Вспомогательные (технологические) команды:

M-код	Действие
M00	Запрограммированная остановка
M01	Остановка по выбору
M02	Конец программы
M03	Прямое вращение шпинделя
M04	Обратное вращение шпинделя
M05	Остановка шпинделя
M06	Автоматическая смена инструмента
M08	Включение подачи охлаждающей жидкости
M09	Выключение подачи охлаждающей жидкости
M30	Конец программы

В начале каждой программы есть так называемая строка безопасности. Строкой безопасности называется кадр, содержащий G-коды, которые переводят станок ЧПУ в определенный стандартный режим, отменяют ненужные функции и обеспечивают безопасную работу с управляющей программой. В начале программы для обработки строкой безопасности является кадр N1:

N10 G21 G40 G49 G54 G80 G90

Как вы уже знаете, многие коды являются модальными и остаются активными в памяти станка ЧПУ до тех пор, пока их не отменят. Возможны ситуации, когда ненужный модальный G-код не был отменен, например, если программа обработки была прервана по каким-либо причинам в середине. Строка безопасности, которая обычно находится в начале управляющей программы или после кадра смены инструмента, позволяет восстановить забытые G-коды и выйти в привычный режим работы. Познакомимся подробнее с G-кодами, находящимися в типичной строке безопасности.

Код G21 говорит станку о том, что все перемещения и подачи рассчитываются и осуществляются в миллиметрах, а не в дюймах (G20). Так как станки производятся и работают в разных странах, то существует возможность переключения между дюймовым и метрическим режимами. Поэтому включение этого кода в состав строки безопасности гарантирует работу в правильном режиме.

Код G40 отменяет автоматическую коррекцию на радиус инструмента. Коррекция на радиус инструмента предназначена для автоматического смещения инструмента от запрограммированной траектории. Коррекция может быть активна, если в конце предыдущей программы ее забыли отменить (выключить). Результатом этого может стать неправильная траектория перемещения инструмента и, как следствие, испорченная деталь.

Код G49 отменяет компенсацию длины инструмента.

Код G54 на большинстве современных станков позволяет активизировать одну из нескольких рабочих систем координат. Предыдущая управляющая программа могла работать в другой системе координат, например в G55. Как и большинство G-кодов, G-код рабочей системы координат является модальным и сохраняется активным в памяти системы ЧПУ до тех пор, пока его не отменят. Для того чтобы избежать ошибки, в строку безопасности включают код требуемой рабочей системы координат (G54-G59). Код G80 отменяет все постоянные циклы (например, циклы сверления) и их

параметры. Отмена постоянных циклов необходима, так как все координаты после G-кода постоянного цикла относятся непосредственно к нему и для выполнения других операций нужно сообщить системе ЧПУ, что цикл закончен.

Код G90 активизирует работу с абсолютными координатами. Хотя большинство программ обработки создается в абсолютных координатах, возможны случаи, когда требуется выполнять перемещения инструмента в относительных координатах (G91).

Специальные символы в управляющей программе (далее УП):

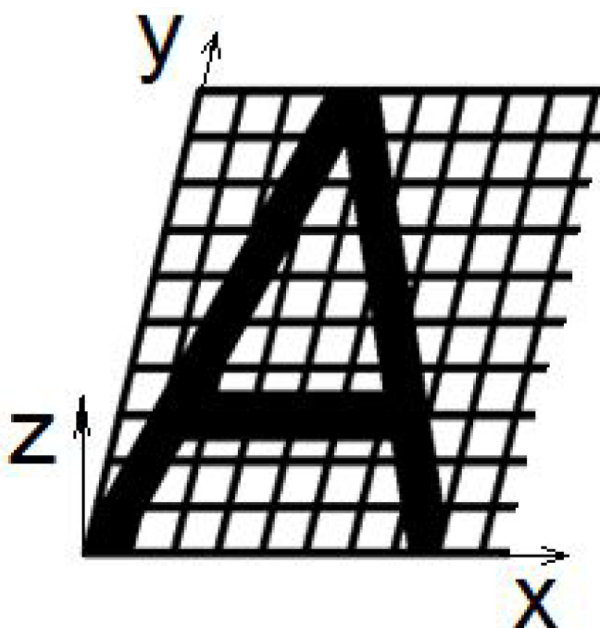
- «/» — **пропуск кадра**. Пропуск кадра — полезная функция, позволяющая оператору станка выбрать определенные кадры, которые не нужно выполнять. Эта функция реализуется, если в начало кадра поставить «/» (косую черту). Для того чтобы СЧПУ не выполнила кадр, в самом начале которого стоит «/», необходимо, чтобы специальный переключатель «Пропуск кадра» на панели УЧПУ станка находился в положении «Вкл»;

- «;» или «(...)» — **комментарии в УП**. Комментарии представляют собой обычные предложения, при помощи которых программист доводит до оператора станка определенную технологическую информацию. Как правило, в комментариях содержатся следующие данные:

- дата и время создания УП;
- номер чертежа;
- материал заготовки;
- данные о рабочей системе координат;
- размеры инструмента;
- названия технологических операций.

Практическая работа «Ручное программирование траектории обработки на станке»

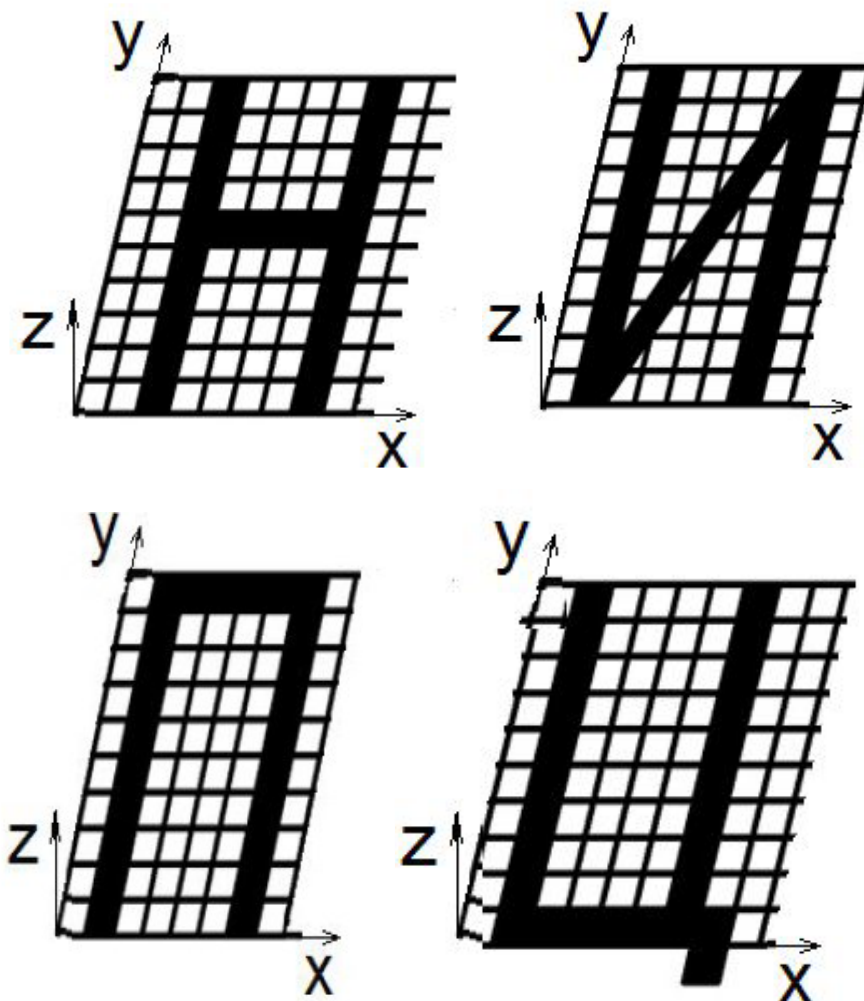
Результатом выполнения программы будет всего одна буква. Для примера возьмем первую букву русского алфавита А. Зададим поле обработки, вписав букву А в прямоугольник 10×8 мм. Обработку буквы будем производить на условном вертикально-фрезерном станке с ЧПУ фрезой диаметром 4–8 мм в заготовке из фанеры.



G90 G40 G17	Система координат абсолютная, компенсация на радиус инструмента выключена, плоскость интерполяции XY
S500 M3	Задать скорость вращения шпинделя и включить шпиндель
G0 X0.5 Y0.5	Переход в точку начала обработки на холостом ходу
Z1.0	Подход к заготовке по Z не доходя 1 мм на холостом ходу
G1 Z-1.0 F100	Врезание в заготовку на подаче 100 мм/мин
X3.75 Y 9.5	Первый штрих буквы А
X4.25	Продолжение движения
X8.5 Y0.5	Второй штрих буквы А

G0 Z1	Подъем режущего инструмента на безопасную высоту $Z = 1$ мм на холостом ходу
X2.0 Y3.0	Перевод инструмента в точку обработки штриха $X2.0 Y3.0$ на холостом ходу
G1 Z-1.0 F100	Врезание в заготовку на подаче 100 мм/мин
X6.5	Обработка штриха буквы А
G0 Z12	Отвод инструмента от заготовки на холостом ходу
M5	Выключить шпиндель
M30	Конец программы

Согласно предложенному варианту напишите управляющую программу для обработки траектории буквы на станке с ЧПУ.



Проектирование фрезерных операций

Проектирование фрезерных операций на станках с ЧПУ является важным этапом в производстве деталей и изделий. Для эффективного выполнения фрезерных работ необходимо учитывать множество факторов, таких как выбор инструмента, стратегия обработки, скорость и подача резания, точность и качество обработки.

Основные этапы проектирования фрезерных операций на станках с ЧПУ включают в себя:

1. Выбор инструмента. На первом этапе необходимо выбрать подходящий фрезерный инструмент для конкретной операции. Выбор включает определение типа инструмента (фреза для плоских поверхностей, шаровая фреза, торцевая фреза и т. д.), его геометрических характеристик (диаметр, количество зубьев, покрытие) и материала.

2. Определение стратегии обработки. Этот этап включает выбор оптимального подхода к фрезерованию детали: плоское фрезерование, фрезерование по контуру, челноковое фрезерование и т. д. Стратегия обработки зависит от геометрии детали, требуемой точности и времени обработки.

3. Разработка управляющей программы. На основе выбранной стратегии обработки нужно создать управляющую программу, которая будет содержать необходимые команды и параметры для станка с ЧПУ. Это включает в себя написание NC-кода, определение точек начала и окончания обработки, выбор скоростей и подач резания.

4. Оптимизация процесса. После разработки управляющей программы необходимо провести анализ и оптимизацию процесса фрезерования. Этот этап может включать в себя расчет оптимальной скорости резания, выбор оптимального способа закрепления детали, учет технологических особенностей материала.

5. Проведение испытаний и наладка. Перед началом полноценного производства необходимо провести испытания управляющей программы на

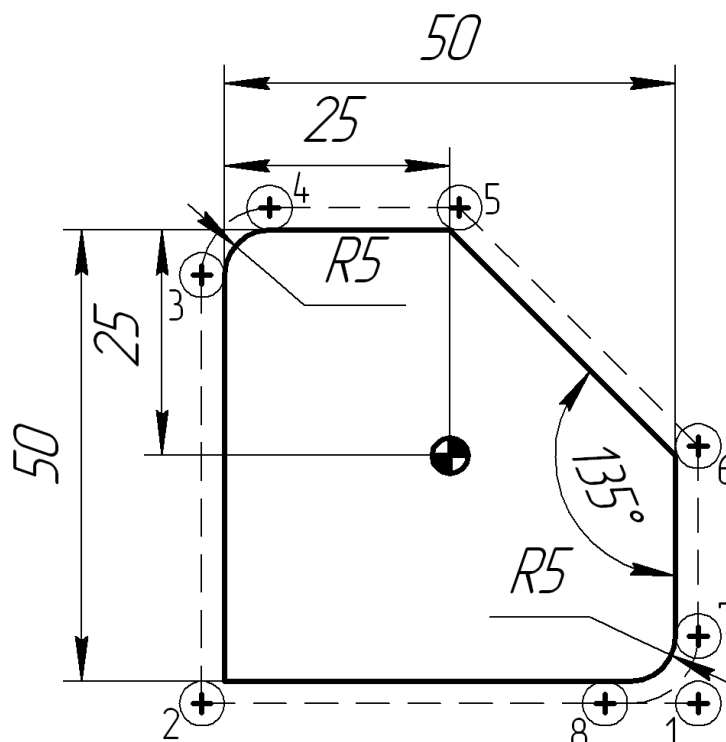
станке с ЧПУ, выполнить наладку оборудования и проверить качество обработки.

Эффективное проектирование фрезерных операций на станках с ЧПУ позволяет повысить производительность, снизить издержки и обеспечить высокое качество готовой продукции. Важно учитывать все технологические аспекты и контролировать весь процесс обработки для достижения оптимальных результатов.

Практическая работа «Контурная обработка» (пример № 1)

Задание

Необходимо создать УП для обработки наружного контура детали фрезой диаметром 5 мм без коррекции на радиус инструмента. Глубина фрезерования — 4 мм. Подвод к контуру осуществляется по прямолинейному участку.



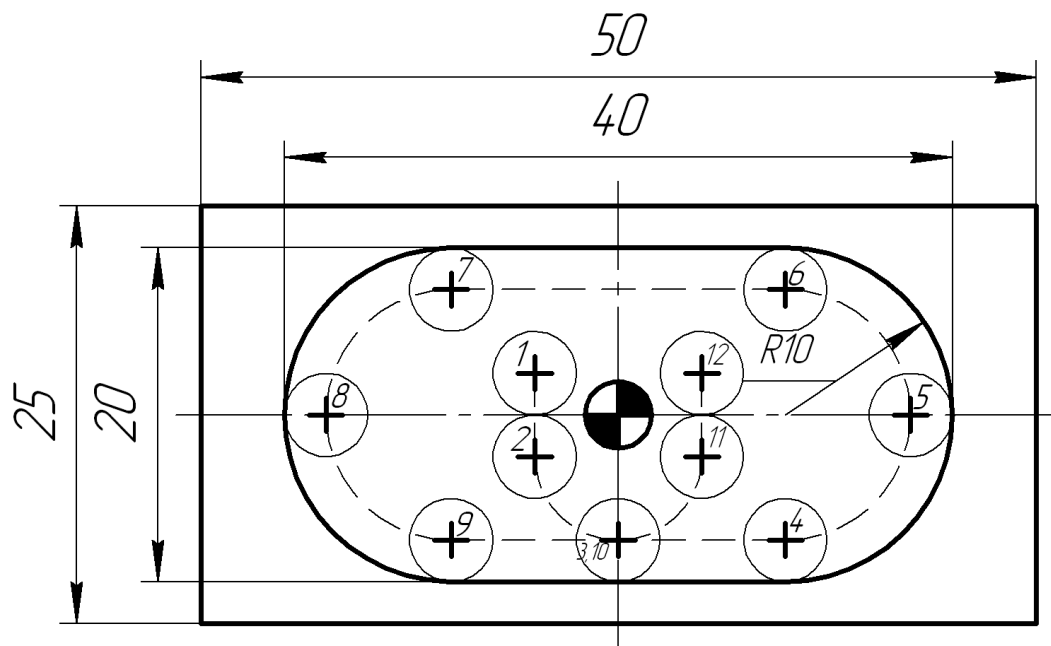
G21	Режим ввода метрических данных
G0 G17 G40 G49 G80 G90	Строка безопасности
T1 M6	Вызов инструмента № 1
G0 G90 G54 X25. Y-27.5	Позиционирование в начальную точку (1)
S2000 M3	Включение оборотов 2000 об/мин
G43 H1 Z100	Компенсация длины инструмента № 1
Z10	Позиционирование в Z10
G1 Z-4 F100	Фреза опускается до Z-4 на подаче 100 мм/мин
X-27.5	Линейное перемещение в точку (2)
Y20	Линейное перемещение в точку (3)
G2 X-20 Y27.5 R7.5	Перемещение по дуге в точку (4)

G1 X1.036	Линейное перемещение в точку (5)
X27.5 Y1.036	Линейное перемещение в точку (6)
Y-20	Линейное перемещение в точку (7)
G2 X20 Y-27.5 R7.5	Перемещение по дуге в точку (8)
G1 Z6	Фреза поднимается к Z6
G0 Z100	Фреза поднимается на ускоренной подаче к Z100
M5	Останов шпинделя
G91 G28 Z0	Возврат в исходную позицию по Z
G28 X0 Y0	Возврат в исходную позицию по X и Y
M30	Конец программы

Практическая работа «Контурная обработка» (пример № 2)

Задание

Необходимо создать УП для чистовой обработки кармана без коррекции на радиус инструмента фрезой диаметром 5 мм. Глубина фрезерования — 2 мм. Подвод к контуру осуществляется по касательной.



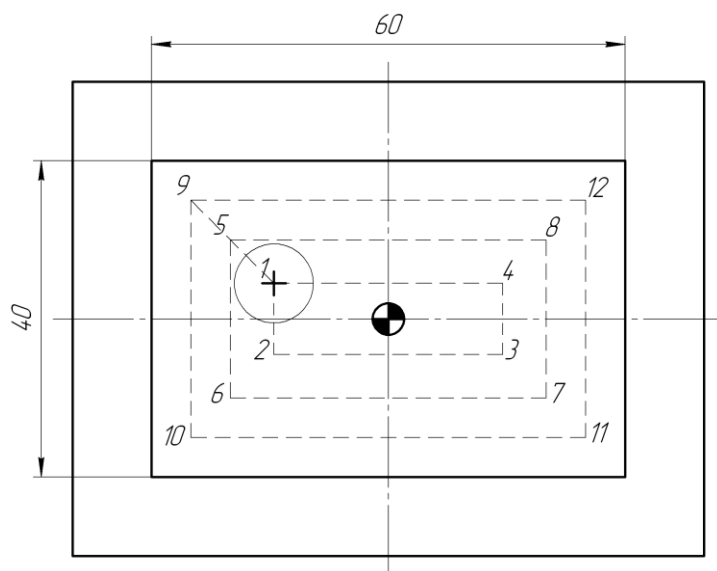
G21	Режим ввода метрических данных
G0 G17 G40 G49 G80 G90	Строка безопасности
T1 M6	Вызов инструмента № 1
G0 G90 G54 X-2.5 Y-2.5	Позиционирование в начальную точку
S1000 M3	Включение оборотов шпинделя
G43 H1 Z100	Компенсация длины инструмента № 1
Z10	Позиционирование в Z10
G1 Z-2 F100	Фреза опускается до Z-2 на подаче 100 мм/мин
Y-5	Линейное перемещение в точку (2)
G3 X0 Y-7.5 R2.5	Подвод инструмента по касательной к точке (3)
G1 X10	Линейное перемещение в точку (4)

G3 X17.5 Y0 R7.5	Перемещение по дуге в точку (5)
X10 Y7.5 R7.5	Перемещение по дуге в точку (6)
G1 X-10	Линейное перемещение в точку (7)
G3 X-17.5 Y0 R7.5	Перемещение по дуге в точку (8)
X-10 Y-7.5 R7.5	Перемещение по дуге в точку (9)
G1 X0	Линейное перемещение в точку (10)
G3 X2.5 Y-5 R2.5	Отвод инструмента по касательной к точке (11)
G1 Y-2.5	Линейное перемещение в точку (12)
Z8	Фреза поднимается к Z8
G0 Z100	Фреза поднимается на ускоренной подаче к Z100
M5	Останов шпинделя
M30	Конец программы

Практическая работа «Фрезерование прямоугольного кармана»

Задание

Необходимо создать УП для обработки прямоугольного кармана фрезой диаметром 10 мм. Глубина фрезерования — 1 мм.



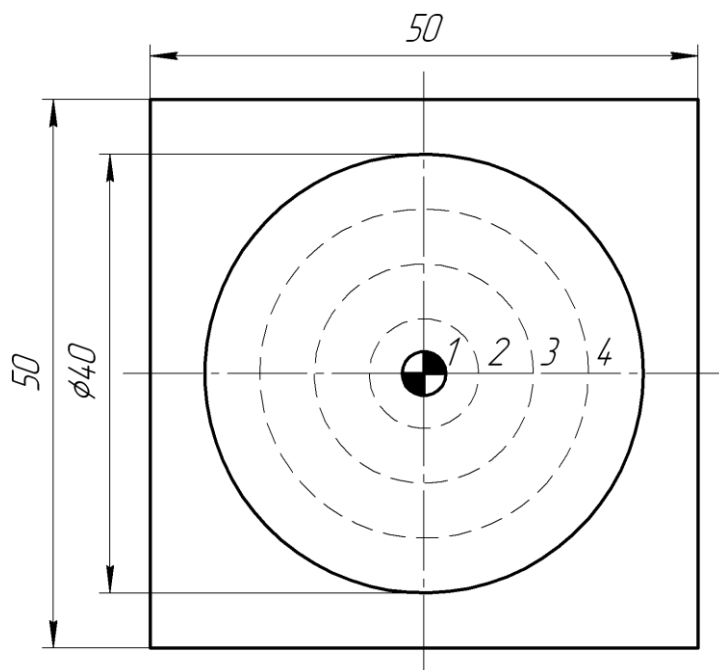
G21	Режим ввода метрических данных
G0 G17 G40 G49 G80 G90	Строка безопасности
T1 M6	Вызов инструмента № 1
G0 G54 X-13.75 Y3.75	Позиционирование в начальную точку траектории
S1000 M3	Включение оборотов шпинделя
G43 H1 Z100	Компенсация длины инструмента № 1
Z10	Позиционирование в Z10
G1 Z-1 F100	Фреза опускается до Z-1 на подаче 100 мм/мин
Y-3.75	Линейное перемещение в точку (2)
X13.75	Линейное перемещение в точку (3)
Y3.75	Линейное перемещение в точку (4)
X-13.75	Линейное перемещение в точку (1)
X-17.5 Y7.5	Линейное перемещение в точку (5)

Y-7.5	Линейное перемещение в точку (6)
X17.5	Линейное перемещение в точку (7)
Y7.5	Линейное перемещение в точку (8)
X-17.5	Линейное перемещение в точку (5)
X-25 Y15	Линейное перемещение в точку (9)
Y-15	Линейное перемещение в точку (10)
X25	Линейное перемещение в точку (11)
Y15	Линейное перемещение в точку (12)
X-25	Линейное перемещение в точку (9)
Z9	Фреза поднимается к Z9
G0 Z100	Фреза поднимается на ускоренной подаче к Z100
M5	Останов шпинделя
M30	Конец программы

Практическая работа «Фрезерование круглого кармана»

Задание

Необходимо создать УП для обработки круглого кармана фрезой диаметром 10 мм. Глубина — 0,5 мм.

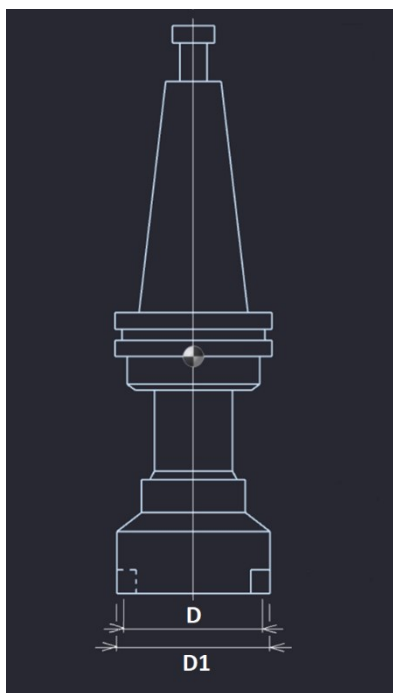


G21	Режим ввода метрических данных
G0 G17 G40 G49 G80 G90	Строка безопасности
T1 M6	Вызов инструмента № 1
G0 G90 G54 X0 Y0	Позиционирование в начальную точку траектории
S1000 M3	Включение оборотов шпинделя
G43 H1 Z100	Компенсация длины инструмента № 1
Z10	Позиционирование в Z10
G1 Z-0.5 F100	Фреза опускается до Z-0.5 на подаче 100 мм/мин
X5 F200	Перемещение в точку (1)
G3 X-5. R5	Круговое перемещение по 1-й «орбите»
X5 R5	...
G1 X10	Перемещение в точку (2)

G3 X-10 R10	Круговое перемещение по 2-й «орбите»
X10 R10	...
G1 X15	Перемещение в точку (3)
G3 X-15 R15	Круговое перемещение по 3-й «орбите»
X15 R15	...
G1 Z10 F300	Фреза поднимается к Z10
G0 Z100	Фреза поднимается на ускоренной подаче к Z100
M5	Останов шпинделя
M30	Конец программы

Параметры и расчеты режима резания

Параметры и расчеты режима резания являются важным аспектом при проектировании и выполнении фрезерных операций на станках с ЧПУ. Режим резания включает в себя такие основные параметры, как скорость резания, подачу, глубину резания, скорость вращения шпинделя и другие.



При подготовке фрезерной операции необходимо иметь в виду следующие параметры фрезы: номинальный диаметр фрезы (D), максимальный и эффективный диаметр ($D1$), используемый для определения скорости резания.

Один из ключевых параметров режима резания — это скорость резания. Она определяет скорость перемещения режущего инструмента относительно обрабатываемой поверхности и измеряется в м/мин. Расчет скорости резания осуществляется исходя из типа материала заготовки, материала инструмента, глубины резания, типа операции и других факторов.

Подача является еще одним важным параметром режима резания. Она определяет скорость продвижения инструмента на глубину резания и измеряется в мм/об. Выбор подачи зависит от требуемой шероховатости обработанной поверхности, материала заготовки, типа инструмента и желаемой производительности.

Глубина резания также играет значительную роль в процессе фрезерования. Этот параметр определяет толщину слоя материала, который удаляется за одну операцию фрезерования. Глубина резания выбирается исходя из желаемой точности обработки, жесткости станка, материала и обрабатываемой поверхности.

Скорость вращения шпинделя является важным параметром, который определяет количество оборотов в минуту, с которым вращается режущий инструмент вокруг своей оси. Расчет оптимальной скорости вращения шпинделя включает учет диаметра инструмента, материала и типа обрабатываемой поверхности.

Кроме того, при расчете режима резания учитываются и другие факторы, такие как тип инструмента, характеристики станка с ЧПУ, требования к качеству обработки, условия среды и безопасность процесса.

Для выбора режимов резания на станках с ЧПУ используют специальные справочники — общемашиностроительные нормативы режимов резания, разработанные для различных видов режущих инструментов (концевых фрез, резцов с механическим креплением твердосплавных пластин и т. д.).

Правильно подобранные параметры режима резания позволяют обеспечить эффективную и качественную обработку деталей на станках с ЧПУ, минимизировать износ инструмента, повысить производительность и обеспечить безопасность процесса. Необходимо учитывать все ключевые параметры и проводить расчеты с учетом всех особенностей конкретной операции.

Частота вращения шпинделя вычисляется по следующей формуле:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \text{ (об/мин)},$$

где D — диаметр режущей части рабочего инструмента, мм;

π — число пи, равное 3,14;

V — скорость резания (м/мин) — путь, пройденный точкой режущей кромки фрезы в единицу времени.

Скорость подачи (S) — это скорость перемещения фрезы, вычисляется по следующей формуле:

$$S = f_z \cdot z \cdot n \text{ (мм/мин)},$$

где f_z — подача на один зуб фрезы (мм);

z — количество зубьев;

n — скорость вращения (об/мин).

Таблица для расчета режимов резания (пример):

Обрабатываемый материал	Скорость резания (V), м/мин	Подача на зуб (f_z), мм в зависимости от диаметра фрезы (D)				
		0,5	1-2	3-4	5-6	8-10
Пластик	300-400	0,02	0,06	0,15	0,2	0,3
Оргстекло	100-150	0,02	0,05	0,1	0,18	0,25
Дерево	200-450	0,02	0,035	0,055	0,09	0,12
Алюминий твёрдый, латунь, бронза, медь	120-250	0,01	0,02	0,03	0,04	0,07
Алюминий мягкий	120-500	0,01	0,03	0,04	0,05	0,08
Магний	150-300	0,01	0,02	0,035	0,04	0,075
Сталь	35-50	0,005	0,01	0,015	0,02	0,03
Чугун	40-60	0,005	0,015	0,02	0,03	0,04

Ключи к тестам и интерактивным заданиям

Тест «Аддитивные технологии»	1. а) 2. б) 3. б) 4. г) 5. г) 6. г)
Тест «Субтрактивные технологии»	1. б) 2. б) 3. в) 4. в) 5. б)
Интерактивное задание «Промышленная робототехника»	а, д, е
Интерактивное задание «Движения роботов»	в, г, д
Интерактивное задание «Автоматизация производства автомобилей»	б, в, д, е, ж, и