

ТЕХНОЛОГИИ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Под общей редакцией
канд. техн. наук, зав. кафедрой горного оборудования,
транспорта и машиностроения В.В. Зотова

Методическое пособие

УДК 672.86.02
Т38

Авторский коллектив:

*Баранова А.П., Герасимова А.А., Гостева Е.А., Губанов С.Г.,
Давыдкин М.Н., Емельянов И.А., Карфидов А.О., Ли Э.В.,
Лопатин В.Ю., Морозова И.Г., Мясков А.В.,
Степашкин А.А., Титов А.Ю., Филичкина В.А., Харитонов Н.Д.*

Т38 Технологии современного производства : методическое пособие / А.П. Баранова, А.А. Герасимова, Е.А. Гостева [и др.] ; под общ. ред. В.В. Зотова. – Москва : Издательский Дом НИТУ МИСИС, 2024. – 324 с.

Методическое пособие соответствует учебному пособию «Технологии современного производства» (Технологии современного производства: учеб. пособие / А.О. Карфидов, И.Г. Морозова, Н.Д. Харитонов, М.Н. Давыдкин, С.Г. Губанов, А.Ю. Титов, А.П. Баранова, В.Ю. Лопатин, Э.В. Ли, Е.А. Гостева, А.А. Степашкин, И.А. Емельянов, А.В. Мясков, В.А. Филичкина, А.А. Герасимова. М.: Изд. Дом НИТУ МИСИС, 2024. 350 с.) и содержит методические разработки по курсу «Технологии современного производства». В частности, в пособии приведена теория и рассматриваются примеры решения практико-ориентированных задач, дан разбор кейсовых заданий в соответствии с темами разделов пособия. Методическое пособие содержит рекомендации по календарно-тематическому и поурочному планированию, по организации обучения, контроля и оценке планируемых результатов учебно-исследовательской и проектной деятельности школьников.

Предназначено для педагогов московских школ, реализующих программу элективного курса «Технологии современного производства» в рамках проекта предпрофессионального образования «Инженерный класс в московской школе».

УДК 672.86.02

© Коллектив авторов, 2024
© НИТУ МИСИС, 2024

Содержание

1 Введение в технологию современного производства	6
Практическая работа	18
2 Аддитивные технологии и моделирование	25
2.1 Моделирование	25
Практическая работа	36
2.2 Оборудование для 3D-печати	48
Практическая работа	62
2.3 Кейсовая задача 1. Погружение – 3D-моделирование	66
Список использованных источников	73
3 Субтрактивные технологии	74
3.1 Лазерная резка	74
Практическая работа	85
3.2 Механическая обработка деталей резанием	98
Практическая работа	106
3.3 Фрезерные станки с ЧПУ	141
Практическая работа	145
Список использованных источников	150
4 Основы металлургии	152
4.1 Литейное производство	152
4.2 Обработка металлов давлением	155
4.3 Порошковая металлургия	158
Практическая работа	159
Список использованных источников	162
5 Конструкционные материалы	163
5.1 Виды и типы материалов для современного производства	163
5.2 Металлы и сплавы	164
5.3 Полупроводники	165
5.4 Кейсовая задача 2. Погружение – Материалы для медицины	175
Список использованных источников	179

6 3D-сканирование, как основополагающий этап реверс-инжиниринга	180
6.1 Основные понятия и принципы реверс-инжиниринга	180
6.2 Инструменты для 3D-сканирования	182
Практическая работа	186
6.3 Технологическая последовательность проведения 3D-сканирования	190
Практическая работа	192
6.4 Оценка результатов 3D-сканирования	193
Практическая работа	194
6.5 Кейсовая задача 3. Погружение – Реверс-инжиниринг	199
Список использованных источников	200
7 Автоматизация и роботизация производства	202
7.1 Основы автоматизации производственных процессов	202
Практическая работа	205
7.2 Применение роботов в современном производстве	220
Практическая работа	226
7.3 Программирование и управление роботами	236
Практическая работа	237
7.4 Кейсовая задача 4. Погружение – Маркировка элементов на конвейерной ленте с использованием <i>Dobot Magician</i>	257
Список использованных источников	278
8 Особенности промышленного производства	280
8.1 Способы масштабирования под серийное производство	280
Практическая работа	288
8.2 Экология и управление качеством	289
Практическая работа	292
Практическая работа	295

8.3 Кейсовая задача 5. Погружение – Мониторинг качества объектов окружающей среды	301
Список использованных источников	303
9 Организация и проведение защит исследовательских и проектных работ	306
Приложение А – Рабочая программа по дисциплине «Технология современного производства»	307
Приложение Б – Календарный план по дисциплине «Технология современного производства»	310
Приложение В – Рекомендации по решению кейсовых задач	315
Приложение Г – Кейсовые задачи	319

1 Введение в технологию современного производства

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 1 час)

Методическая рекомендация. В рамках проведения теоретического занятия по вводному разделу курса рекомендуется делать акцент на постоянном совершенствовании и создании новых средств производства как одного из основополагающих инструментов технологического развития человечества.

На протяжении всей своей истории развития человечество старалось облегчить свой труд. Особенно это касалось тяжелых видов работ, таких как разработка грунта, подъем предметов, масса которых могла быть больше, чем у человека, который пытался их поднять, использование огня, воды, ветра и др. По сути, нужно признать, что без какого-либо инструмента человек практически бессилен в своей жизнедеятельности.

Развитие различных форм и видов инструментов позволяло (и позволяет по сей день) увеличивать урожай, отапливать дома и снабжать их водой, производить различные изделия, которые нужны людям.

Человечество проделало долгий путь от ручных средств труда, которые сменились станками на паровом двигателе, а затем могли работать на электричестве и дизеле, к оборудованию, которое осуществляет производство практически в автоматизированном режиме, а часть его может создавать такие формы продукции, которые классические средства производства изготовить не могли.

Если проанализировать развитие технологий производства в период с конца XIX века по настоящее время, то с уверенностью можно сказать, что практически все, что вы себе можете представить, можно произвести сегодня или

можно будет произвести завтра, но иногда нужно совсем чуть-чуть подождать, пока высокая волна развития современных технологий позволит реализовать эту задумку.

Принципы и применение инженерных технологий

Любая технология представляет собой набор приемов и способов воздействия на объект с целью получения конечного продукта.

В свою очередь слово инженер, по информации большинства словарей, впервые появилось во французском языке и было образовано от латинского слова *ingenium* – способность, изобретательность. Если сформулировать более полно, инженер – специалист в вопросах конструирования производства и эксплуатации машин, механизмов, технических систем и устройств. Все это требует от инженера наличия специальных знаний, навыков и умения ими пользоваться с некоторой долей изобретательности.

Складывая два понятия вместе, мы получаем инженерные технологии, которые применяются на всех этапах жизненного цикла изделий для обеспечения необходимой производительности и долговечности технических систем.

Основные отличительные особенности инженерных технологий это:

- наличие научного обоснования любого применяемого способа или приема;
- использование измерений и расчетов для обеспечения требуемых параметров и свойств изделия;
- масштабируемость, т.е. возможность переноса технологии на объекты большего и меньшего размеров, производительности, в смежные области и т.п.

Рассмотрим подробнее особенности инженерных технологий. Все инженерные разработки опираются на результаты сделанных ранее научных исследований. Причина этого подхода в том, что процессы, происходящие в машинах и механизмах, происходят по законам естественных наук.

В первую очередь физики и химии. Фундаментальные науки открывают новые явления, определяют их границы и формулируют законы, в которых отражается суть сделанных открытий. Прикладные науки находят, каким образом открытия фундаментальных наук использовать самым выгодным способом при создании механизмов, устройств и других сложных систем. Иногда происходит наоборот. Прикладные исследования открывают новые явления и обогащают фундаментальную науку. Настоящий инженер должен быть в курсе самых последних научных изысканий, чтобы своими идеями не попытаться опровергнуть законы природы. Самый яркий пример подобного подхода – это попытки изобрести механический вечный двигатель. Другими словами, попытки опровергнуть закон сохранения механической энергии, один из основополагающих законов классической механики.

Когда наука ищет закономерности и формулирует законы, изучая поведение элементов механизмов и их взаимодействие друг с другом, она записывает результаты в виде математических формул. Математические формулы – это математические модели процессов, которые позволяют прогнозировать поведение инженерной системы в новых условиях, а потом определять, какие нагрузки она должна будет выдержать. Именно после расчета нагрузок инженер-конструктор подбирает материалы, формы и размеры деталей механизма или системы, чтобы они работали долго и эффективно. Поэтому расчеты и вычисления – основа любой инженерной технологии.

Во времена, когда не существовало единых инженерных подходов, информация о формах и конструкциях ремесленных изделий хранилась в основном в виде шаблонов. Размеры шаблонов определялись опытным путем, методом проб и ошибок, что позволяло изготавливать изделие только одного размера, производительности и т.п. Проблема такого подхода заключалась в том, что при попытке изменить размеры изделия изменялись массы частей и нагрузки в узлах

и механизмах. При этом изменение нагрузок не было пропорционально изменению размеров. Другими словами, при изменении линейных размеров в 1,5 раза в одних узлах нагрузка вырастала на 15–20%, а в других в 150–200%, и приходилось искать эти изменения методом проб и ошибок, что очень долго и дорого. Инженерный подход, опирающийся на расчеты, позволяет до начала изготовления изделия посчитать все внешние и внутренние нагрузки и соответствующим образом скорректировать размеры деталей, чтобы их ресурс остался таким же, как у базовой модели.

Подводя итог, отметим, что применяя инженерные технологии, необходимо придерживаться следующим общепринятых правил:

- в процессе проектирования инженер должен опираться в первую очередь на энергетические показатели системы, учитывая, какую полезную мощность должна развивать система и какие потери энергии будут в системе при применении тех или иных технических решений;
- на этапе разработки конструкции инженер должен пользоваться расчетами для определения конструктивных параметров механизма или системы, учитывая внешние и внутренние нагрузки;
- при производстве выбирать и применять технологии упрочнения и снижения износа деталей, не требующие увеличения их массы;
- в процессе эксплуатации проверять и обслуживать технику в соответствии с технической документацией и требованиями производителя и не допускать работы техники с перегрузкой и неисправностями.

Основные понятия и термины в технологиях производства

Производство деталей, механизмов или конструкций – это один из этапов жизненного цикла изделия. Базовый перечень понятий, которыми оперируют инженеры, принимающие непосредственное участие в изготовлении

продукции, напрямую связан с технологическими процессами, применяемыми на производстве. Производство следует за этапом разработки конструкторской документации и начинается с работы инженеров-технологов.

Взяв в качестве исходной информации комплект конструкторской документации, инженеры-технологи разрабатывают технологический маршрут изготовления для каждой детали, каждого механизма и машины в целом. *Технологическим маршрутом* называют последовательность обработки исходного материала (металл, пластик и пр.), в результате которой из заготовки получается готовая деталь. В технологическом маршруте пошагово дается описание каждой технологической операции. Вне зависимости от используемых технологий технологический маршрут начинается с выбора производственного оборудования. Если для получения изделия применяются *субтрактивные технологии*, т.е. технологии обработки, убирающие лишний материал, то выбирают станки, которые необходимы, чтобы получить изделия заданной формы и размеров. Тела вращения изготавливают с использованием токарных станков, отверстия круглой формы в основном делают на сверлильных станках, для всех прочих форм используют фрезерные станки и многокоординатные обрабатывающие центры. Для некоторых материалов и сложных форм могут применяться специальные методы обработки, например электроэрозионный, но они здесь не рассматриваются. Если решено использовать *аддитивные технологии* – методы, добавляющие материал к изделию для придания ему размеров и формы, то в зависимости от материала и требуемой точности выбирают соответствующий 3D-принтер. (К аддитивным технологиям также относятся такие методы классического производства, как сварка, пайка, наплавка и некоторые другие, но их мы также не будем рассматривать в рамках этого учебного пособия.)

Дальше в силу существенных технологических и терминологических отличий рассмотрим сперва субтрактивные технологии. Следующим шагом определяют способ полу-

чения заготовки. *Заготовка* – это материал или продукт, из которого дальнейшей обработкой получают готовое изделие. Размеры заготовки всегда больше размеров готового изделия. Материал, который срезают с заготовки, чтобы сделать деталь, называют *припуск*. Для деталей, обрабатываемых на токарных или фрезерных станках, в качестве заготовки могут использоваться отрезки труб, прутков различной формы и сечения, отливки, штампованные заготовки. Для деталей, обрабатываемых на гравировальных станках, станках лазерной резки или гибки, в качестве заготовки берется листовая материал: пластик, металл, фанера дерево и т.п.

Далее в зависимости от физических свойств материала, главными из которых являются твердость и пластичность, а также требований точности изготовления детали выбирается режущий инструмент для обработки заготовки. После того как инструмент выбран, инженер-технолог рассчитывает режимы резания. Режим резания определяется двумя параметрами: скорость резания и толщина материала, удаляемая за один проход инструмента. У каждого режущего инструмента есть свой диапазон значений скорости резания. *Скорость резания* – это отношение скорости перемещения режущей кромки инструмента относительно обрабатываемой поверхности ко времени. Слишком маленькая скорость резания испортит поверхность детали, слишком большая испортит инструмент.

Съем материала за один проход может быть разным. Здесь следует заметить, что если точность изготовления детали должна быть высокой, то припуск снимается в несколько приемов. Сначала грубым, но прочным резцом снимают большую часть припуска, это называется *черновая обработка*. Потом чистовым инструментом, иногда в несколько проходов и операций снимают остатки, и это уже *чистовая обработка*.

Когда деталь изготавливают из стали, для изменения физических свойств материала и придания ему необходимой

твердости деталь несколько раз нагревают до определенных значений температуры и охлаждают с заданной скоростью (за несколько часов, минут или секунд). Все эти операции вместе называются *термообработка*, а каждая в отдельности имеет свое название: *отжиг*, *отпуск*, *нормализация*, *закалка*.

После того как инженеры-технологи определили способ получения заготовки, выбрали оборудование и режущий инструмент, режимы термообработки технологическая документация передается в цех и начинается непосредственное производство изделий.

В случае применения аддитивных технологий вторым шагом будет выбор материала детали. Самыми доступными и популярными на настоящий момент материалами являются пластики *PLA* и *ABS* для печати по технологии *FDM*. Материалы выбираются исходя из свойств прочности, пластичности, хрупкости и точности изготовления изделия.

На следующем этапе технологического маршрута модель детали в формате *STL* загружают в программу-слайсер. В этой программе выполняется подготовка процесса 3D-печати. Подготовку начинают с выбора положения детали на рабочем столе принтера. Правильное расположение позволяет минимизировать количество поддержек и коробление изделия. Также в программе можно задать толщину слоя, направления наплавки нитей филамента в соседних слоях, пористость материала, температуру наплавки и еще ряд параметров, от которых зависит качество поверхности, точность печати и остаточное *коробление детали* – деформирование материала изделия в результате неравномерного нагрева и остывания. Результат работы программы-слайсера – это файл программы, передаваемый на принтер. В этом файле в *G*-кодах записаны перемещения рабочего инструмента (экструдера), который формирует изделие и все вспомогательные элементы (подложка, поддержки). Следует подчеркнуть, что в аддитивном производстве настройка программы-слайсера – один из самых ответственных этапов создания изделия. После за-

пуска программы на принтере следует набраться терпения, потому что 3D-печать – процесс не быстрый.

Оборудование и инструменты в технологиях производства

Технологии современного производства занимают все более значимое место в различных сферах деятельности человека. Они представляют собой инновационный подход к производству, который позволяет создавать объекты путем последовательного нанесения материала слой за слоем. Такой метод производства отличается высокой точностью и гибкостью, что открывает широкие перспективы для реализации самых смелых идей. Аддитивные технологии (АТ) находят применение в различных отраслях промышленности, медицине, образовании, искусстве и других сферах. Они позволяют создавать сложные геометрические формы, которые трудно или невозможно получить с помощью традиционных методов производства. АТ также обеспечивают значительную экономию материалов и времени, что делает их привлекательными для бизнеса и производства.

Далее мы рассмотрим основные виды аддитивных технологий, такие как 3D-печать, лазерное спекание, послойное наплавление и др. Также мы рассмотрим преимущества и недостатки различных способов 3D-печати.

Фотополимеризация в ванночке

В основе этого процесса лежит химическая реакция, которая происходит под воздействием света определенной длины волны. Эта реакция называется фотополимеризацией. В результате получается твердая печатная модель из жидкой смолы.

***SLA: Stereolithography*, или стереолитография**

В процессе стереолитографической печати платформа, на которой будет держаться модель, погружается в резервуар

с жидкой фотополимерной смолой. Когда платформа оказывается в смоле, один или несколько точечных лазеров, расположенных внутри принтера, начинают светить снизу на те участки смолы, которые согласно вашему трехмерному цифровому дизайну должны затвердеть для создания распечатки. Так создается первый слой объекта. После того как слой затвердел, платформа поднимается на расстояние, равное толщине слоя, и новая смола заполняет пространство под затвердевшим слоем. Этот процесс повторяется до тех пор, пока все слои, образующие модель, не будут облучены и не затвердеют. После завершения процесса фотополимеризации модель извлекается из принтера, дополнительно засвечивается ультрафиолетом (УФ) и может быть дополнительно обработана для улучшения ее внешнего вида и функциональных характеристик. Это может включать в себя шлифовку, полировку, окрашивание и нанесение защитного покрытия.

В процессе производства распечаток зачастую используются опоры для навесных элементов модели. Эти элементы добавляются к модели перед печатью и удаляются вручную после обработки изделия ультрафиолетовым светом.

К преимуществам данного метода печати можно отнести высокую точность, качественную поверхность распечатанных моделей и возможность использования как бытовых, так и промышленных принтеров. Однако есть и недостатки: хрупкость распечатанных моделей, высокая стоимость принтеров и расходных материалов. Этот метод печати широко применяется в медицине, ювелирном деле и создании литейных моделей. Для печати используются различные типы смол: стандартные, упрочненные, гибкие, прозрачные и литейные.

***DLP: Direct Light Processing*, или цифровая светодиодная проекция**

Технология печати цифровой светодиодной проекцией очень похожа на Стереолитографию. В отличие от SLA-печати DLP-принтеры используют цифровую светодиодную проекцию, которая засвечивает весь слой целиком. Засвечивание

происходит до полного затвердевания смолы, затем печатный стол поднимается, и происходит печать следующего слоя.

Рассмотрим процесс более детально. В ванночку с прозрачным дном и жидким фотополимером погружается рабочая поверхность стола, на которой распечаток будет держаться. Проектор *DLP*-принтера, расположенный под этой ванночкой, проецирует на печатную область изображение одного слоя модели до полного затвердевания смолы под УФ-лучами. Далее рабочая поверхность поднимается на толщину одного слоя, и засвечивается следующий слой. Так, слой за слоем, создается распечаток.

В процессе печати используются цифровые проекторы, которые проецируют изображение на экран в виде пикселей. В результате каждый слой распечатки состоит из маленьких квадратов, называемых вокселями. Преимущества такого способа печати включают высокую точность и скорость работы (по сравнению с *SLA*-принтерами), а также наличие настольных и промышленных моделей. Однако есть и недостатки, такие как хрупкость распечатанных моделей, высокая стоимость принтеров и расходных материалов. Этот метод печати широко применяется в медицине, ювелирном деле и создании литевых моделей. Для печати используются стандартные и литейные смолы.

***CDLP: Continuous DLP*, или непрерывная цифровая светодиодная проекция**

Технология непрерывной цифровой светодиодной печати, также известная как *CDLP (Continuous Digital Light Processing)*, работает по тому же принципу, что и *DLP*-печать, но с ключевым отличием: в *CDLP*-печати платформа непрерывно движется вверх по оси *Z*, что значительно увеличивает скорость производства модели. Преимущества *CDLP*-печати включают высокую точность, достигаемую за счет печати очень тонких слоев, и высокую скорость производства. Однако у этого метода есть и недостатки, такие как хрупкость распечатанных моделей, высокая стоимость принтеров и расход-

ных материалов. Основные области применения *CDLP*-печати включают медицину, ювелирное дело и создание литевых моделей. С помощью этой технологии можно производить модели из стандартных, упрочненных и литейных смол, что делает ее универсальной для различных производственных задач. *CDLP*-печать позволяет создавать детали с высокой точностью и сложной геометрией, что особенно важно в медицине для изготовления протезов и имплантатов. В ювелирном деле этот метод используется для создания точных копий драгоценных камней и украшений. В литевом производстве *CDLP*-печать позволяет создавать формы для последующего литья металлов и других материалов. *CDLP*-печать представляет собой передовую технологию, которая находит широкое применение в различных отраслях благодаря своей высокой точности, скорости и универсальности.

Экструзия материала

В этой технологии *3D*-печати принтер экструдировать или выдавливать материал из своего сопла на платформу печати. Сопло следует заданной цифровой моделью траектории и печатает слой за слоем. Материал может быть разнообразным, включая пластик, металл, керамику и даже биоматериалы. Это позволяет создавать сложные и точные модели, которые находят применение в различных отраслях, таких как медицина, авиастроение, архитектура и дизайн. Процесс печати управляется программным обеспечением, которое позволяет точно контролировать форму, размер и расположение каждого слоя. В результате получаются изделия с высокой детализацией и прочностью.

***FDM: Fused Deposition Modeling*, или моделирование послойным наплавлением**

FDM-печать, также известная как *FFF (Fused Filament Fabrication)*, или производство методом наплавления нитей, является наиболее распространенным видом

3D-печати. Этот метод печати включает в себя несколько ключевых этапов. Сначала катушка с нитями термопластика загружается в принтер. Затем нити, проходя через нагретое сопло принтера, расплавляются. Принтер непрерывно перемещает сопло в соответствии с траекторией, заданной системой автоматизированного проектирования (САМ), укладывая расплавленный материал в необходимых местах. Когда материал остывает, он затвердевает, образуя готовый слой распечатки. Процесс продолжается до тех пор, пока не будут напечатаны все слои. Существуют принтеры, которые позволяют печатать сразу несколькими материалами. Печать несколькими материалами позволяет создавать цветные распечатки или печатать поддержки модели из растворимого материала для их легкого удаления после печати. К положительным аспектам печати *FDM* относятся низкая стоимость принтеров и расходных материалов, а также возможность использования широкого спектра различных пластиков. Основным недостатком является низкая точность печати по сравнению с *SLA*-принтерами и шероховатая поверхность распечатанных моделей. *FDM*-печать находит применение в различных областях, включая прототипирование, промышленное производство и домашнюю печать. В прототипировании она используется для создания предварительных моделей, которые затем могут быть доработаны и улучшены. В промышленном производстве *FDM*-печать применяется для массового производства деталей, таких как корпуса электронных устройств или компоненты для автомобилей. В бытовой печати она позволяет создавать уникальные изделия для личного использования или в качестве подарков. Одной из ключевых особенностей *FDM*-печати является возможность использования различных типов пластиков, каждый из которых имеет свои уникальные свойства. При печати можно использовать термопластики и композиты, поставляемые в виде катушек – *ABS*, *PLA*, нейлон, *PC*, армированный волокнами нейлон, *ULTEM*, экзотические материалы (наполнение металлом, деревом и т.д.). Например,

ABS-пластик подходит для создания прочных и жестких моделей, *PLA*-пластик идеален для печати моделей, которые не требуют высокой прочности, а *PETG*-пластик обладает хорошей устойчивостью к химическим веществам и высокой температуре. Однако, несмотря на все преимущества, *FDM*-печать имеет и свои ограничения. Низкая точность и шероховатая поверхность моделей могут потребовать дополнительной обработки, такой как шлифовка или полировка. Кроме того, процесс печати может занимать значительное время, особенно при создании сложных моделей.

В целом, *FDM*-печать является доступным и универсальным методом 3D-печати, который находит широкое применение в различных областях. Благодаря возможности использования различных материалов и относительно низкой стоимости оборудования *FDM*-печать остается популярным выбором как для профессионалов, так и для любителей.

Практическая работа

Практическое занятие

В рамках практического занятия производится контроль полученных теоретических знаний. Текущий контроль осуществляется в виде опроса обучающихся.

Вопросы и задания для диагностики

Часть 1

1 Какие природные ресурсы и силы человек использовал для облегчения своего труда?

Ответ: Огонь, ветер, воду.

2 Как развитие различных форм и видов инструментов повлияло на жизнь человека?

Ответ: Оно позволило увеличивать урожай, отапливать дома и снабжать их водой, производить различные изделия, которые нужны людям.

3 Какие виды тяжелых работ старалось облегчить человечество на протяжении своей истории?

Ответ: Человечество старалось облегчить такие тяжелые виды работ, как разработка грунта, подъем предметов и др.

4 Какие виды двигателей, приводящие в действие станки, существуют?

Ответ: Дизельные, электрические, паровые.

5 Инженер, который занимается технологиями современного производства, это...

Ответ: – специалист в вопросах конструирования производства и эксплуатации машин, механизмов, технических систем и устройств.

6 Перечислите основные отличительные особенности инженерных технологий.

Ответ: ·

- наличие научного обоснования любого применяемого способа или приема;
- использование измерений и расчетов для обеспечения требуемых параметров и свойств изделия;
- масштабируемость, т.е. возможность переноса технологии на объекты большего и меньшего размеров, производительности, в смежные области и т.п.

7 Что позволяет прогнозировать поведение инженерной системы?

Ответ: Математические формулы – это математические модели процессов, которые позволяют прогнозировать поведение инженерной системы в новых условиях, а потом определять, какие нагрузки она должна будет выдержать.

8 Каких правил должен придерживаться инженер?

Ответ:

- опираться в первую очередь на энергетические показатели системы учитывая, какую полезную мощность должна развивать система и какие потери энергии будут в системе при применении тех или иных технических решений;
- пользоваться расчетами на этапе разработки конструкции для определения конструктивных параметров механизма или системы учитывая внешние и внутренние нагрузки;
- при производстве выбирать и применять технологии упрочнения и снижения износа деталей, не требующие увеличения их массы;
- в процессе эксплуатации проверять и обслуживать технику в соответствии с технической документацией и требованиями производителя и не допускать работы техники с перегрузкой и неисправностями.

9 Технологический маршрут изготовления детали – это...

Ответ: Технологическим маршрутом называют последовательность обработки исходного материала (металл, пластик и пр.), в результате которой из заготовки получается готовая деталь.

10 Какие два вида технологий применяют для создания изделий?

Ответ: Субтрактивные и аддитивные технологии.

11 Почему важно правильно выбрать скорость резания материала?

Ответ: Слишком маленькая скорость резания испортит поверхность детали, слишком большая испортит инструмент.

12 Какие операции называют термообработкой?

Ответ: Отжиг, отпуск, нормализация, закалка.

13 Что считается короблением детали?

Ответ: Деформирование материала изделия в результате неравномерного нагрева и остывания.

14 Назовите виды аддитивных технологий.

Ответ: 3D-печать, лазерное спекание, послойное наплавление.

15 Какие материалы можно использовать для 3D-печати способом экструзии материала?

Ответ: Пластик, металл, керамику, биоматериалы.

16 Перечислите виды пластика, используемого в печати послойным наплавлением.

Ответ: ABS, PLA, нейлон, PC, армированный волокнами нейлон, ULTEM.

Часть 2

Базовый уровень

Сопоставьте способы 3D-печати с их описанием.

Способы 3D-печати:

- фотополимеризация в ванночке;
- SLA: Stereolithography;
- DLP: Direct Light Processing;
- CDLP: Continuous DLP;
- экструзия материала;
- FDM: Fused Deposition Modeling.

Основной принцип процесса печати:

- выдавливание материала из сопла на платформу печати;
- засвечивание одним или несколькими точечными лазерами нужных участков смолы;
- послойное наплавление нитей термопластика;
- светодиодная проекция с постоянным перемещением по оси Z;
- химическая реакция, которая происходит под воздействием света определенной длины волны;

– светодиодная проекция засвечивает весь слой целиком с последующим перемещением по оси Z.

Решение.

Способы 3D-печати	Основной принцип процесса печати
Фотополимеризация в ванночке	Химическая реакция, которая происходит под воздействием света определенной длины волны
SLA: Stereolithography	Засвечивание одним или несколькими точечными лазерами нужных участков смолы
DLP: Direct Light Processing	Светодиодная проекция засвечивает весь слой целиком с последующим перемещением по оси Z
CDLP: Continuous DLP	Светодиодная проекция с постоянным перемещением по оси Z
Экструзия материала	Выдавливание материала из сопла на платформу печати
FDM: Fused Deposition Modeling	Послойное наплавление нитей термопластика

Продвинутый уровень

Проведите сопоставление способа печати и примеров изделий.

Способ 3D-печати:

- струйная 3D-печать;
- селективное лазерное спекание (SLS);
- цифровая светодиодная проекция (DLP);
- стереолитография (SLA);
- послойное наплавление (FDM);
- лазерное спекание порошковых материалов.

Примеры изделий:

- керамические изделия, модели для литейной промышленности;
- прочные пластиковые и металлические детали для промышленного применения;
- небольшие пластиковые изделия со сложной геометрией, ювелирные украшения;

- высокоточные медицинские имплантаты, ювелирные изделия, прототипы;
- пластиковые бытовые товары, игрушки, архитектурные макеты;
- металлические детали для авиакосмической и автомобильной промышленности.

Решение.

Способ 3D-печати	Примеры изделий
Струйная 3D-печать	Керамические изделия, модели для литейной промышленности
Селективное лазерное спекание (SLS)	Прочные пластиковые и металлические детали для промышленного применения
Цифровая светодиодная проекция (DLP)	Небольшие пластиковые изделия со сложной геометрией, ювелирные украшения
Стереолитография (SLA)	Высокоточные медицинские имплантаты, ювелирные изделия, прототипы
Послойное наплавление (FDM)	Пластиковые бытовые товары, игрушки, архитектурные макеты
Лазерное спекание порошковых материалов	Металлические детали для авиакосмической и автомобильной промышленности

В методическом пособии ответы на контрольные вопросы и задания к главе 1 представлены в примерном виде. Ответ обучающегося может отличаться от примера. При этом ответы обучающегося на тестовые вопросы к главе 1 должны максимально совпадать с примерами.

В рамках проведения практического занятия по введению в технологии современного производства учителю рекомендуется провести краткую экскурсию по «ИТ-полигону» школы с целью ознакомления обучающихся с доступным им оборудованием.

Список использованных источников

1 Макарова О.А. Технологические процессы машиностроительного производства / О.А. Макарова, А.А. Кожев-

никова, А.И. Банников. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2019. – 96 с. – ISBN 978-5-9948-3315-5. – EDN ZZSHLQ.

2 Эффективность использования аддитивных технологий как альтернативы традиционным субтрактивным технологиям при изготовлении сложных деталей из металла / А.С. Агафонцев, Н.Н. Вовк, Ю.В. Клевнов [и др.] // Труды РФЯЦ-ВНИИЭФ. – 2017. – № 22-2. – С. 228–231. – EDN LVQBCC.

3 Пайдушева Д.А. Перспективы применения аддитивных технологий (АМ-технологий) в образовании / Д.А. Пайдушева // Интернаука. – 2024. – № 19-2(336). – С. 62–63. – EDN TFAZJZ.

4 Применение аддитивных технологий при изучении дисциплины «Технология конструкционных материалов» / Е.А. Астафьева, О.Е. Носкова, С. И. Лыткина [и др.] // Преподаватель XXI век. – 2024. – № 1-1. – С. 101–113. – DOI 10.31862/2073-9613-2024-1-101-113. – EDN WVUVHJ.

5 Рогов В.А., Позняк Г.Г. Материаловедение и технология конструкционных материалов. Штамповочное и литейное производство. – 2-е изд. – М.: Юрайт, 2019. – 319 с.

2 Аддитивные технологии и моделирование

2.1 Моделирование

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 4 часа)

2.1.1 Основные методики создания моделей. Виды программного обеспечения

3D-моделирование – создание цифрового двойника на основе работы с координатами на поверхности, благодаря которым создается облик двойника.

Цифровой двойник – это цифровая (виртуальная) модель любых объектов, систем, процессов или людей. Она точно воспроизводит форму и действия оригинала и синхронизирована с ним.

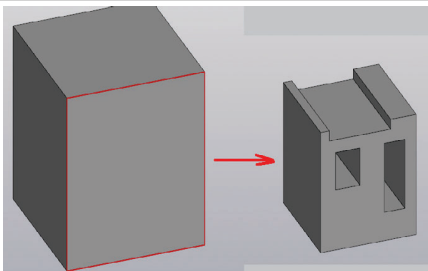
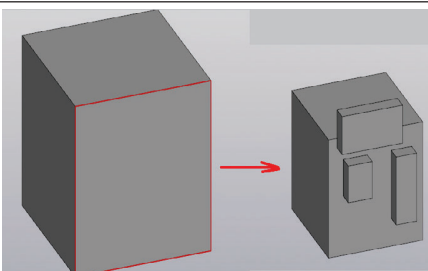
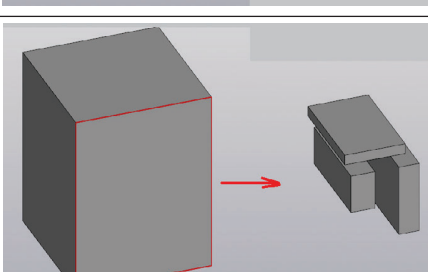
Цифровой двойник нужен, чтобы смоделировать, что будет происходить с оригиналом в тех или иных условиях. Это помогает, во-первых, сэкономить время и средства (например, если речь идет о сложном и дорогостоящем оборудовании), а во-вторых, избежать вреда для людей и окружающей среды.

По типу создания двойника моделирование можно разделить на два основных способа.

Способ первый – твердотельное моделирование, или моделирование твердых объектов. Это метод, при котором создание модели происходит путем использования логических операторов (объединение, пересечение, вычитание, таблица 2.1).

Все основные элементы твердотельного моделирования – примитивы, которые можно описать с геометрической стороны.

Таблица 2.1 – Логические операции в моделировании

	Операция «Вычитание» (вычитание набора объектов из другого объекта)
	Операция «Объединение» (объединение 2 элементов в новый элемент)
	Операция «Пересечение» (оставляется только часть, общая для выбранной группы элементов)

Способ второй – создание объекта путем оболочечного моделирования. Создание оболочки включает в себя создание внешних границ элемента без заполнения пространства. Таким образом, модель не имеет физических свойств, однако может легко поддаваться визуализации и системам отображения, что делает такую модель более детализированной, чем твердая модель.



Рисунок 2.1 – Система визуализации в программе *Blender*

2.1.2 Твердотельное моделирование. Создание моделей на основании чертежной документации

Для создания твердотельных объектов в программах для моделирования необходимо сначала создать эскиз: 2D-основу для дальнейших манипуляций.

Сам эскиз создается на любой поверхности, в том числе как на поверхностях базового набора, так и на поверхностях уже созданных тел.

Для включения режима выбора поверхности необходимо воспользоваться одной из функций в наборе «Эскиз» или функцией «Создать эскиз» на вспомогательной панели.

Сама поверхность может быть выбрана как во время команды, так и до нее. Если плоскость указана, то программа перейдет в режим эскиза. Система координат эскиза будет полностью совпадать с системой координат проекта.

Во время работы в режиме эскиза на древе проекта будет отображено присутствие эскиза в системе.

Разберем основные команды в режиме эскиза, которые позволяют создавать объекты на поверхности.

Отрезок. Как следует из названия, функция «Отрезок» создает отрезок по заданным вами параметрам. Так как команда комплексная, здесь присутствуют различные варианты для задания свойств отрезка.

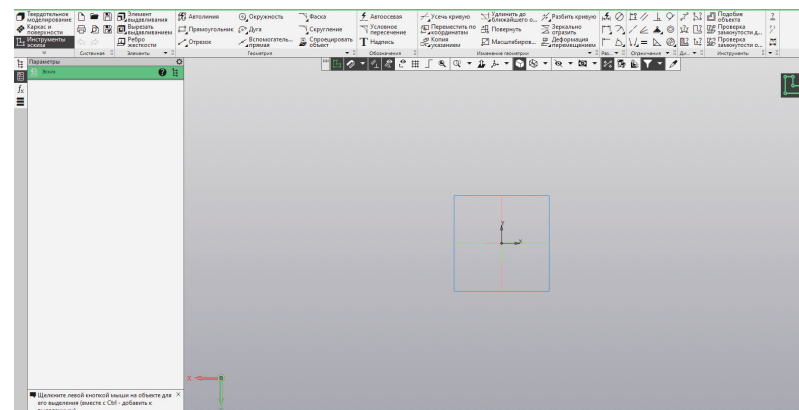


Рисунок 2.2 – Рабочее пространство в режиме эскиза

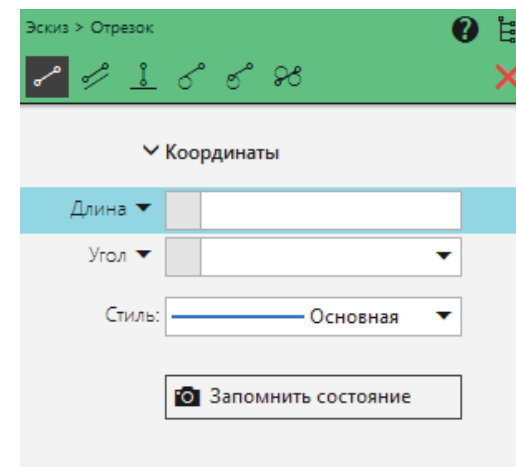


Рисунок 2.3 – Командная строка «Отрезок»

Прямоугольник. Функция прямоугольника создает по набору координат и заданным параметрам прямоугольник (рисунок 2.4).

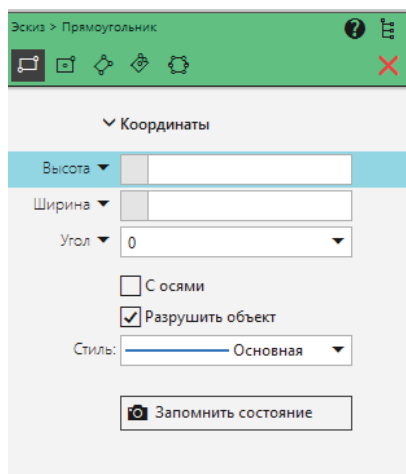


Рисунок 2.4 – Командная строка «Прямоугольник»

Функция «С осями» создает вспомогательные линии при создании объекта (рисунок 2.5).

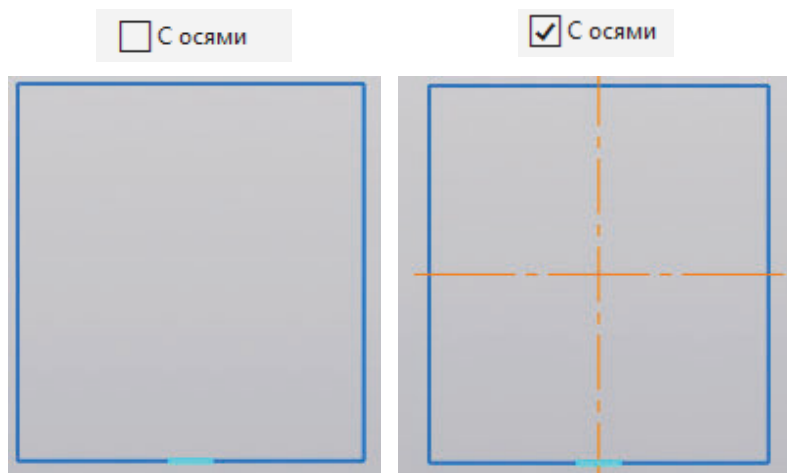
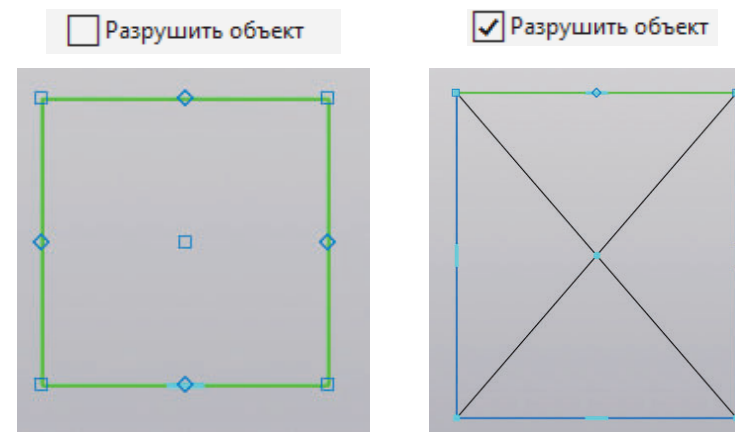


Рисунок 2.5 – Включение функции «С осями»

Функция «Разрушить объект» разбивает ваш созданный объект на составляющие. Стороны прямоугольника разбиваются на отрезки (рисунок 2.6). Видимость функции заметна только при выборе элемента.



Объект состоит из 1 линии

Объект разбит на отрезки

Рисунок 2.6 – Включение функции «Разрушить объект»

Окружность. Указанием центральной точки и диаметра / радиуса (Параметр окружности: R) команда создает окружность с заданным параметром.

У команды «Окружность» есть функция «С осями», включающая режим создания вспомогательной геометрии (рисунок 2.7).

Элементы твердого тела. Создав элементы, можно накладывать команды для создания и редактирования «твердого тела».

Для использования всех команд создания твердого тела необходимо иметь эскиз, замкнутую поверхность или твердое тело.

Элемент выдавливания / вращения / по траектории / по сечениям. На рисунке 2.8 можно увидеть список основ-

ных параметров для элементов выдавливания / вращения / по траектории / по сечениям.

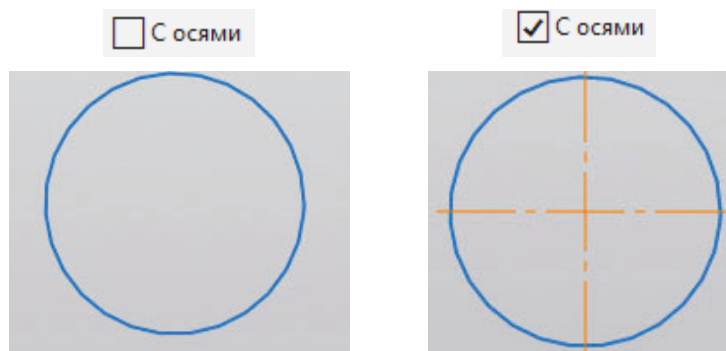


Рисунок 2.7 – Функция «С осями»

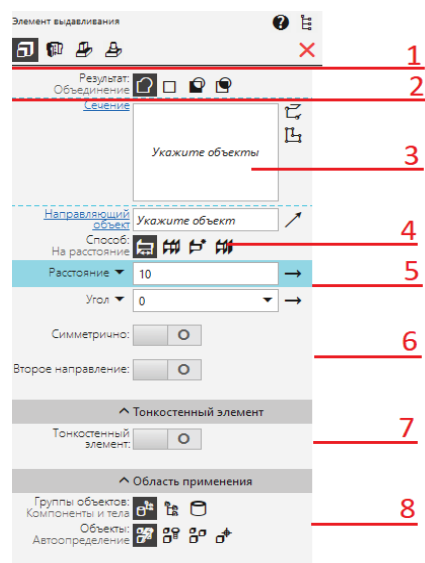


Рисунок 2.8 – Список основных параметров для элементов выдавливания / вращения / по траектории / по сечениям

1 Параметр команды позволяет выбрать между элементом выдавливания / вращения / по траектории / по сечениям.

Ниже на рисунках 2.9–2.10 видно различие между параметрами команды «Выдавливание».

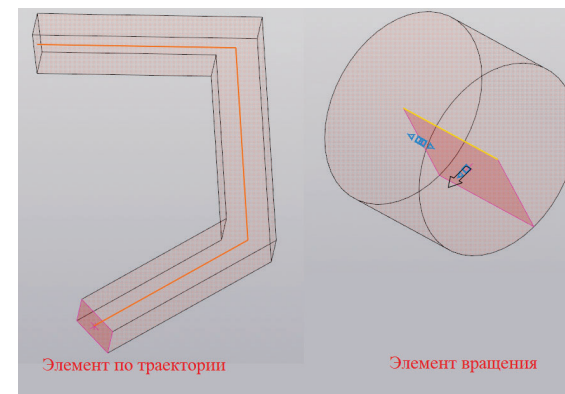


Рисунок 2.9 – Создание элемента по траектории и вращением

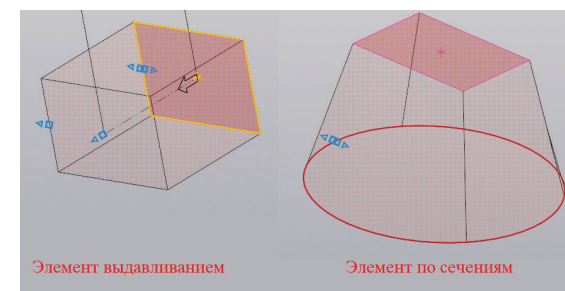
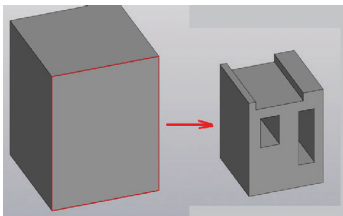
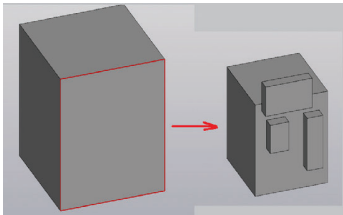
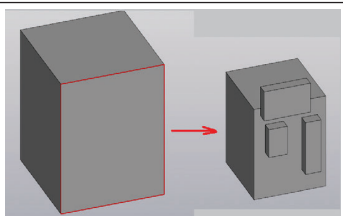
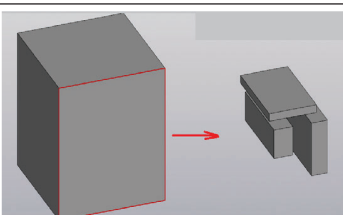


Рисунок 2.10 – Создание элемента выдавливанием и по сечениям

2 Разницу между логическими выводами команды можно увидеть в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Логические выводы команды

	Операция «Вычитание» (вычитание набора объектов из другого объекта)
	Операция – «Объединение» (объединение двух элементов в новый элемент)
	Операция «Новое тело» создаст на месте объектов новые тела. Если объекты пересекаются по настройкам команды, то они будут пересекаться физически.
	Операция «Пересечение» (оставляет только часть, общую для выбранной группы элементов)

3 Указание объектов эскизов и поверхностей для команды.

Объекты можно удалить из списка при неверном выборе.

Программа будет указывать номера и описание объектов в команде.  – позволяет создавать новый контур, если

команда не определяет его.  – позволяет создать новый эскиз со всеми основными настройками.

4 Установка параметра расстояния в зависимости от выставленного параметра будет изменяться (пункт 5).

 – на расстояние. При выборе параметра «Выдавливание на расстояние» для создания объекта необходимо указать расстояние, на которое объект будет выдавлен / перемещен. На рисунке 2.11 можно увидеть результат.

 через все – в основном используется при выборе параметра «Вычитание» и «Пересечение». Команда проводит расстояние через все объекты.

5 Указание расстояния и угла созданного объекта для команды. В зависимости от пункта 4 изменяются вводимые параметры (рисунок 2.11).

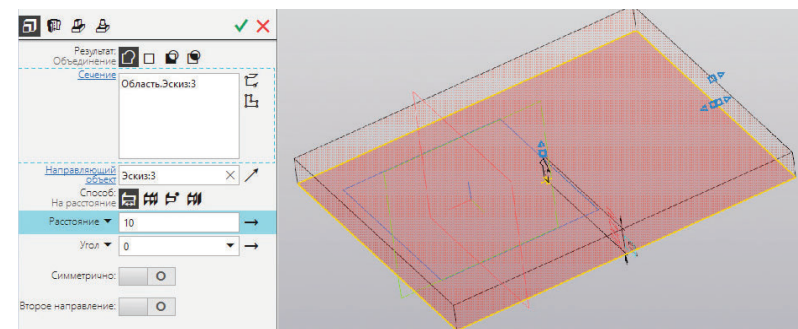


Рисунок 2.11 – Результат применение параметра на расстояние

 кнопка позволяет сменить направление, в которое будет произведено построение.

Важно: если объектов на пути нет, программа выдаст ошибку создания команды (рисунок 2.12).

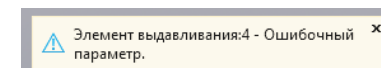


Рисунок 2.12 – Сообщение об ошибочном параметре

 – до объекта. Параметр позволяет вам выбрать объект, до которого будет работать команда «Объект». Объект может не располагаться в зоне пересечения создаваемого объекта. Команда рассчитывает расстояние до ПЛОСКОСТИ.

На рисунке 2.13 можно увидеть результат построения с параметром.

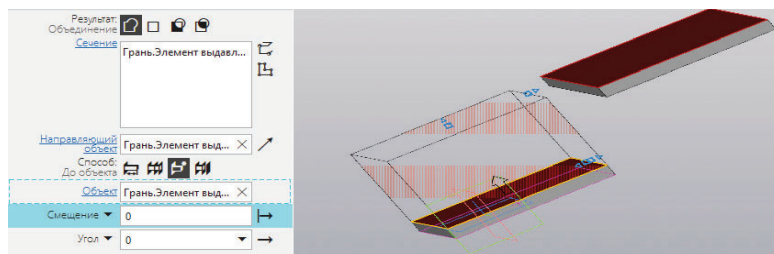


Рисунок 2.13 – Результат построения с параметром «до объекта»

 – до ближайшей поверхности. Параметр высчитывает ближайшее пересечение с плоскостью (считаются ближайшие). На рисунке 2.14 можно увидеть результат построения с параметром «до ближайшей поверхности».

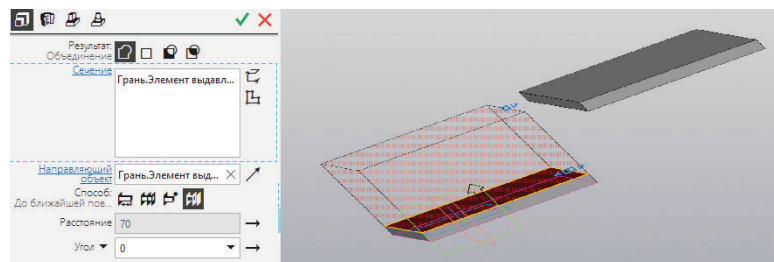
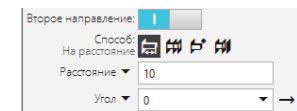


Рисунок 2.14 – Результат построения с параметром «до ближайшей поверхности»

6 Параметры в этой области отвечают за создание второго направления создания элемента.

Симметрично: ☐ – копирует свойства расстояния и угла, создавая симметричное направление в противоположную сторону от основного.



– создание второго направления со своими параметрами, расстоянием и настройками.

7 Расчет тонкостенного элемента. При обычном создании элемента создается твердый объект. Если включить тонкостенный элемент, то программа создаст оболочку, в которой можно указать толщину стенки. На рисунке 2.15 можно увидеть результат построения.

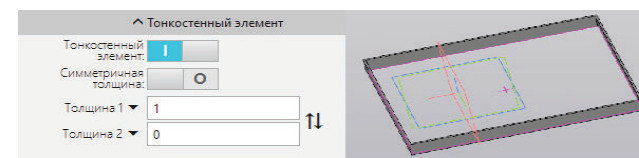


Рисунок 2.15 – Результат построения тонкостенного объекта

Важно: при работе с незамкнутыми эскизами команда будет автоматически включать режим «Тонкостенный элемент», так как по-другому не сможет просчитать создание элемента.

Практическая работа

Практическое занятие № 1

Создание прототипа с использованием программ твердотельного моделирования

Этап 1. Моделирование.

1 Создание базовых тел. Начните с создания базовых форм (например, кубов, цилиндров) и используйте опера-

ции экструзии или вращения для преобразования 2D-эскиза в 3D-модель.

2 Редактирование и позиционирование. Позиционируйте созданные тела в пространстве и применяйте логические операции (сложение, вычитание) для формирования окончательной модели.

3 Детализация. Добавьте детали к модели с помощью инструментов редактирования и булевых операций для создания сложных форм.

Этап 2. Проверка и оптимизация.

1 Проверка модели. Проверьте модель на наличие ошибок и убедитесь, что она соответствует заданным параметрам.

2 Оптимизация. Оптимизируйте модель для дальнейшего использования, например для 3D-печати или подготовки чертежей.

Этап 3. Презентация.

1 Создание документации. Подготовьте документацию по созданной модели, включая чертежи и описание процесса моделирования.

2 Визуализация. Используйте функции визуализации в вашем CAD-программном обеспечении (если необходимо) для создания рендеров вашей модели.

3 Презентация работы. Подготовьте презентацию о процессе создания прототипа, включая ключевые этапы и использованные технологии.

2.1.3 Полигональное моделирование: виды инструментов и основа создания модели

Метод полигонального моделирования заключается в усложнении уже существующего объекта – таким образом из объектов простой формы получают объекты сложных форм.

Объекты в полигональном моделировании называются *Mesh*-сетка. Все элементы моделирования можно добавить, используя специальное «контекстное» меню. На рисунке 2.16 ниже представлены все базовые «простые» объекты, которые мы можем получить.

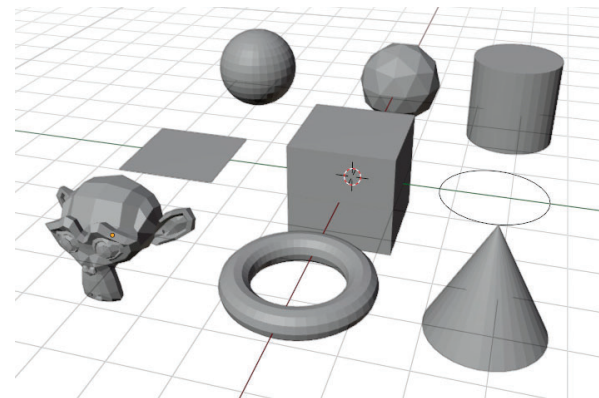


Рисунок 2.16 – Базовые «простые» объекты

Для редактирования и изменения этих «простых» объектов используются несколько техник полигонального моделирования.

А Полигональное моделирование – самая первая и классическая техника моделирования, которую используют в самом начале работе с моделями. Смысл техники заключается в работе с поверхностями моделей, разбитых на полигоны. Полигоны – это многоугольники, содержащие внутри себя вершины (*vertex*), ребра (*edge*). Поверхность, которая образуется между точками / ребрами называется гранью (*face*). Изменение объектов происходит с использованием базовых операций и модификаторов. К базовым операциям можно отнести перемещение (*translate*), вращение (*rotate*), масштабирование (*scale*), выдавливание (*extrude*), разделение (*subdivide*), слияние (*merge*), скольжение (*slide*). Эти операции будут очень часто повторяться. Методом по-

следовательных комбинаций базовыми операциями можно получить из «простого» объекта сложную форму – чем больше операций будет применено, тем более сложную форму можно получить (рисунок 2.17).

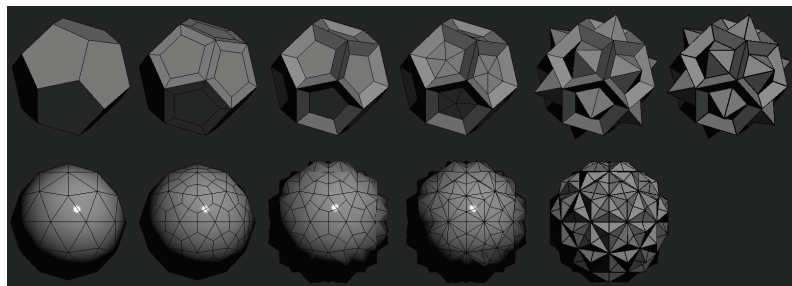


Рисунок 2.17 – Усложнение «Простого» объекта

В технике полигонального моделирования существуют правила построения полигональной сетки или меша (от англ. *mesh* – сетка). Правила описывают подходы, позволяющие формировать и поддерживать корректную топологию сетки. Топология как раздел математики изучает явление непрерывности пространства. Что это означает применительно к сетке? Выстраиваясь полигоны образуют направления – полигональные кольца или петли (*loop*). От того как взаимно расположены или склеены полигональные петли, зависит то, как будет происходить сглаживание объекта при операциях подразделения. Дело в том, что сложные полигональные объекты состоят из тысяч полигонов. 3D-художник редактирует форму объекта только на базовом уровне детализации, а финальное сглаживание выполняет модификатор подразделения. Для того чтобы такое сглаживание приводило к ожидаемому результату, 3D-художнику нужно предусмотреть расположение полигональных петель на критичных участках формы. Иначе будут заметны артефакты сглаживания или форма объекта будет казаться оплавленной (рисунок 2.18). Также нужно следить, чтобы

плотность сетки была одинаковой по всей поверхности объекта и состояла только из квадратов. Иногда допускается врезка треугольных граней (*faces*), но это исключение. Есть небольшие различия в моделировании высокополигональных моделей (для кино) и моделей, предназначенных для визуализации реального времени (интернет, игры). Для высокополигональных моделей важна правильная топология и сетка, состоящая из четырехугольных граней, а для игровой графики важна оптимизация. Поэтому модели, которые прошли оптимизацию, имеют большую угловатость и состоят преимущественно из треугольных граней.

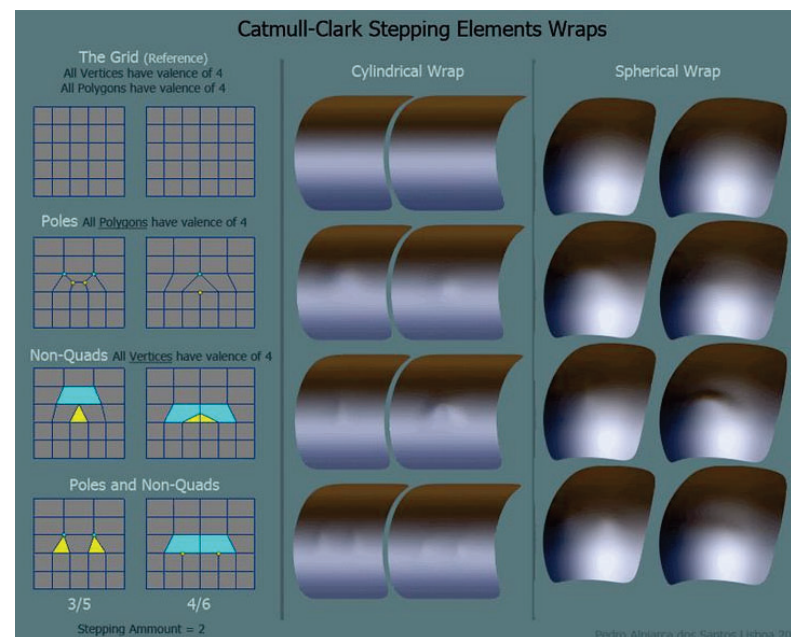


Рисунок 2.18 – Базовые виды артефактов

Б Скульптинг – техника, основанная на принципах скульптурной лепки, похожая на реальную жизнь. Скульптор создает или изменяет форму объекта, используя вирту-

альную кисть, которая может отображать различные действия (вырезать часть, создать шероховатость, вытянуть). Однако при такой технологии состоится загрязнение топологии объекта (растягивание полигонов или неправильное распределение на области модели). После чего необходимо проводить ретопологию – процесс уменьшения количества и размеров полигонов для оптимизации топологической сетки. По сути это обрисовывание объекта для оптимального расположения полигонов.

В Третий способ моделирования основан на использовании криволинейных поверхностей. Такие поверхности называют *NURBS*-поверхностями (с англ. *Non-uniform rational B-spline*). От полигональной техники данный метод отличается тем, что 3D-художник оперирует не гранями, а кусками ограниченными кривыми линиями. Чтобы изменить характеристики поверхности нужно изменить кривизну линии. *NURBS*-поверхности имеют бесконечную детализацию, так как форму таких поверхностей описываются математическими формулами, а не расположением вершин, как в полигональном моделировании. Перед тем как визуализировать такую поверхность программа предварительно ее триангулирует. Триангуляция – это процесс разбиения на треугольные грани. У данного метода моделирования есть преимущества перед полигональным. А именно – точность. Данную методику применяют для изготовления точных промышленных изделий, которые потом будут изготавливаться литьем штамповкой и т.д. Данная технология реализована в *3dsmax* и *Maya* и доведена до совершенства в *CAD*-пакетах: *Rinoceros*, *Katia*, *Fusion 360*.

Рассмотрим основные инструменты и модули для работы в программах полигонального моделирования на примере создания простого полигонального объекта.

Работа с полигональными объектами.

1 Откройте *Blender*, при этом загружается сцена, установленная по умолчанию: куб в начале координат, камера и лампа.

2 Куб сейчас выделен. Удалите куб, нажав клавишу *Delete*. В начале координат остался курсор. Он указывает место, где будет создан новый объект (рисунок 2.19).



Рисунок 2.19 – Точка создания нового объекта

3 С помощью функции верхнего меню «Добавить – Меш – UV-сфера» (*Add – Mesh – UV-sphere*) создайте новую сферу. Увеличьте масштаб изображения (колесиком мыши) и переключитесь в режим «Сетки» (клавиша *Z*).

4 На панели инструментов (слева внизу) уменьшите число сегментов (*Segments*) до 16, увеличьте число колец (*Rings*) до 20 и радиус (*Scale*) до двух (рисунок 2.20). Наблюдайте за изменением каркаса модели.

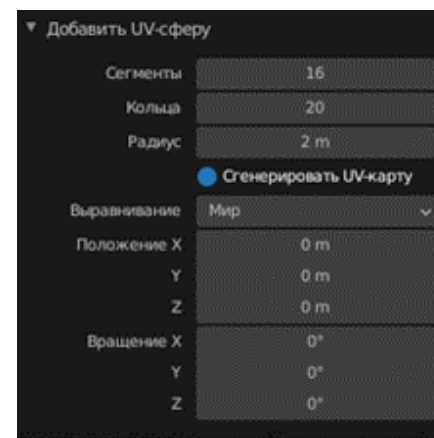


Рисунок 2.20 – Функция меню «Добавить – Меш – UV-сфера»

2.1.4 Обработка 3-мерной модели.

Упрощение модели. Виды форматов и перевод в формат *Stereolithography*

Иногда кажется, что ты смоделировал, скачал или отсканировал модель и все – можно сразу печатать. Но, если говорить про 3D-принтеры, то не каждую модель можно распечатать, и практически каждую модель (не подготовленную для 3D-печати) приходится подготавливать и обрабатывать. Прежде чем начинать обработку детали к печати, давайте узнаем, как происходит 3D-печать.

Модель режется (слайсится) по слоям в специальной программе. Каждый слой состоит из периметра и (или) заливки. Модель может иметь разный процент заполнения заливкой, также заливки может и не быть (пустотелая модель).

На каждом слое происходят перемещения по осям X и Y с нанесением расплава пластика. После печати одного слоя происходит перемещение по оси Z на слой выше, печатается следующий слой и т.д.

Во время подготовки модели нужно обращать внимание на детали.

1 Объединение сетки модели (рисунок 2.21).

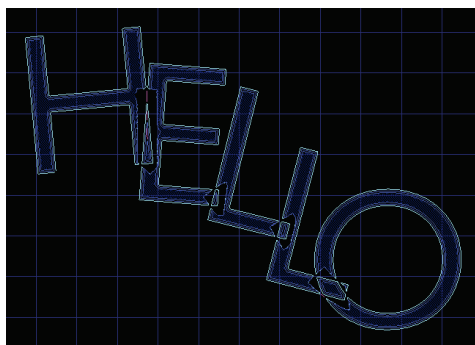


Рисунок 2.21 – Объединение сетки

Во время перевода модель в печать желательно убедиться, что все тела соединены между собой. Иначе программа будет рассчитывать каждый слой для пересекающихся деталей, что вызовет нарушение при печати.

2 Мелкие детали и узкие места.

Во время обработки детали слайсер (программа для перевода детали в печатный формат) будет учитывать модель принтера и его технические характеристики. Из-за этого на принтерах формата *FDM* возникают проблемы с печатью мелких деталей и узких мест на моделях – принтер из-за технических характеристик может просто не иметь возможности воспроизвести ту самую толщину детали.

Для защиты требуется учитывать характеристики принтера или делать небольшую закладку в самой модели (например, увеличивать диаметр на 0,1 мм), чтобы принтер напечатал более точно.

3 Печать сравнительно больших моделей.

При печати больших моделей следует учитывать размеры области печати (его еще называют стол для печати). Если модель полностью не помещается на стол, то ее принято разрезать на части. Так как после модель будет собираться, следует учитывать точки соединения, чтобы не образовались швы.

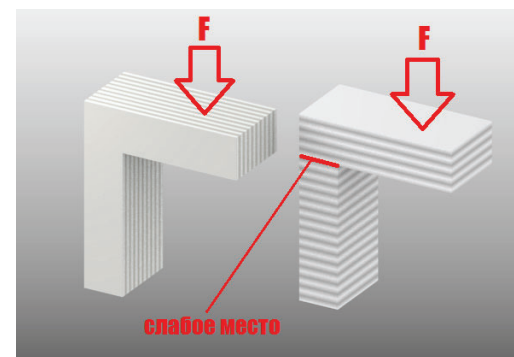


Рисунок 2.22 – Расположение слоев печати

4 Правильное расположение детали на столе.

От того, как расположить модель на рабочем столе, зависит ее прочность.

Нагрузка должна распределяться поперек слоев печати, а не вдоль. Иначе слои могут разойтись, т.к. сцепление между слоями не 100%.

Чтобы было понятно, взглянем на две Г-образные модели (см. рисунок 2.22). Линиями показаны слои печати.

Практическое занятие № 2

Создание полигональной модели по изготовленному эскизу.

Обработка и презентация

Этап 1. Подготовка эскиза.

1 Рассмотрите варианты эскизов или референсов для вашей модели.

2 Выберите программу для полигонального моделирования, такую как *Blender*, *Maya*, *3ds Max* или *ZBrush*.

Этап 2. Создание базовой модели.

1 Импортируйте ваш эскиз в выбранное программное обеспечение в качестве фона или используйте его как шаблон для создания модели.

2 Создание базовой формы:

- используйте примитивные формы (кубы, сферы и т.д.) в качестве основы для вашей модели. Вытягивайте и изменяйте эти формы, чтобы они соответствовали контурам вашего эскиза;

- применяйте инструменты трансформации (перемещение, вращение, масштабирование) для точной настройки формы.

3 Редактирование сетки:

- перейдите в режим редактирования (*Edit Mode*) и начните добавлять детали к вашей модели, используя инструменты для работы с вершинами, ребрами и гранями;

- используйте такие техники, как *Loop Cut* и *Extrude* (в нашем случае рассматривается *Blender*) для создания дополнительных деталей.

Этап 3. Обработка модели.

Оптимизация:

- проведите ретопологию модели, если это необходимо, чтобы уменьшить количество полигонов;

- убедитесь, что ваша модель имеет чистую сетку без ненужных вершин и треугольников;

- убедитесь, что у модели нет дефектов, которые могут повлиять на последующую печать.

Этап 4. Презентация.

1 Создание рендеров:

- настройте освещение и камеру в сцене для получения качественных изображений вашей модели;

- выполните рендеринг (при необходимости).

2 Подготовка презентации:

- соберите все материалы (рендеры, текстуры, чертежи, 3D-модель) в презентацию;

- опишите процесс создания модели и используемые техники.

3 Представление работы:

- подготовьте доклад о вашем проекте, включая обсуждение использованных методов моделирования и обработки модели для последующей печати;

- презентуйте свою работу перед аудиторией или преподавателем, объясняя ключевые моменты процесса создания полигональной модели.

Подготовка реферата.

Задание к реферату.

Тема: Виды моделирования: разница между полигональной и твердотельной моделью.

Цель задания. Исследовать и проанализировать два основных типа 3D-моделирования – полигональное и твердотельное, выявить их особенности, преимущества и недостатки, а также области применения.

Задачи.

1 Определить: дать четкие определения полигонального и твердотельного моделирования.

2 Сравнить: проанализировать различия между полигональными и твердотельными моделями по следующим критериям:

- топология;
- используемые технологии;
- применение в различных областях (игры, анимация, инженерия);
- преимущества и недостатки каждого метода.

3 Иллюстрировать:

- привести примеры использования обоих типов моделирования;
- включить графические материалы (схемы, изображения) для наглядности.

4 Заключение: подвести итоги исследования, выделить ключевые выводы о различиях между полигональным и твердотельным моделированием.

Формат работы.

Объем: 5–10 страниц.

Оформление: согласно установленным требованиям (шрифт, размер, поля).

Список литературы: не менее 3 источников (электронные источники разрешены).

Список использованных источников

1 Чагина А.В., Большаков В.П. 3D-моделирование в КОМПАС-3D версий v17 и выше: учеб. пособие для вузов. – СПб.: Питер, 2021. – 256 с.

2 Герасимов А.А. Самоучитель КОМПАС-3D v19. – СПб.: БХВ-Петербург, 2021. – 624 с.

2.2 Оборудование для 3D-печати

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 4 часа)

2.2.1 Типы и виды 3D-принтеров

За последние годы 3D-печать стала все более доступной и популярной благодаря снижению стоимости оборудования и расходных материалов.

3D-принтеры – это устройства, способные создавать трехмерные объекты из различных материалов, таких как пластик, металл или керамика, путем нанесения слоев материала один за другим. Эта технология, также известная как аддитивное производство, отличается от традиционных способов изготовления объектов путем вырезания или отливки материала.

Существуют несколько основных видов принтеров и печати.

1 *Fused Deposition Modeling (FDM)* – этот тип 3D-принтеров является самым распространенным и доступным. Он работает путем нагрева пластикового филамента и нанесения его слой за слоем для создания объекта. *FDM*-принтеры могут использовать различные материалы, такие как *PLA*, *ABS*, *PETG* и др.

2 *Stereolithography (SLA)* – этот тип 3D-принтеров использует ультрафиолетовый лазер для затвердевания жидкой смолы, создавая объекты слой за слоем. *SLA*-принтеры обеспечивают более высокое качество печати и более гладкую поверхность, чем *FDM*-принтеры, но требуют специальных материалов.

3 *Selective Laser Sintering (SLS)* – в этом типе 3D-принтеров используется лазер для нагревания и спекания порошкового материала, такого как нейлон или полиамид. *SLS*-принтеры могут создавать объекты без поддерживающей структуры, что делает их идеальными для создания сложных деталей.

2.2.2 Техника безопасности при работе с принтерами

Технология 3D-печати становится все более популярной и широко используется в различных областях, однако, как и при работе с любым другим оборудованием, при использовании 3D-принтеров необходимо соблюдать определенные меры безопасности.

1 Не прикасайтесь к нагревающимся элементам принтера, таким как нагревательный стол или экструдер, когда принтер находится в работе.

2 Регулярно проверяйте состояние кабелей и электрических подключений, чтобы избежать коротких замыканий и пожаров.

3 Обязательно следуйте инструкциям по безопасности, предоставленным производителем принтера, и обучитесь основным правилам использования устройства.

4 Работайте в хорошо проветриваемом помещении или используйте воздухоочиститель для удаления паров и запахов, выделяемых при печати.

5 Никогда не оставляйте работающий 3D-принтер без присмотра, особенно вблизи легко воспламеняющихся материалов.

6 Храните расходные материалы для принтера в закрытом и безопасном месте, вне досягаемости детей и животных.

7 В случае любых проблем или неисправностей с принтером, немедленно прекратите использование и обратитесь к специалистам по обслуживанию принтеров.

8 Не работайте с 3D-принтером, если у вас есть открытые раны.

9 При работе с фотополимерными принтерами и материалами будьте осторожны при обработке и подготовке изделия к печати из-за токсичности материалов.

2.2.3 Устройство принтера формата FDM

Принтеры формата *FDM* (*Fused Deposition Modeling*) используют технологию пластикового наплавления для создания трехмерных объектов. Устройства *FDM* состоят из нескольких основных компонентов: экструдера, подогреваемой платформы и управляющего программного обеспечения (рисунок 2.23).

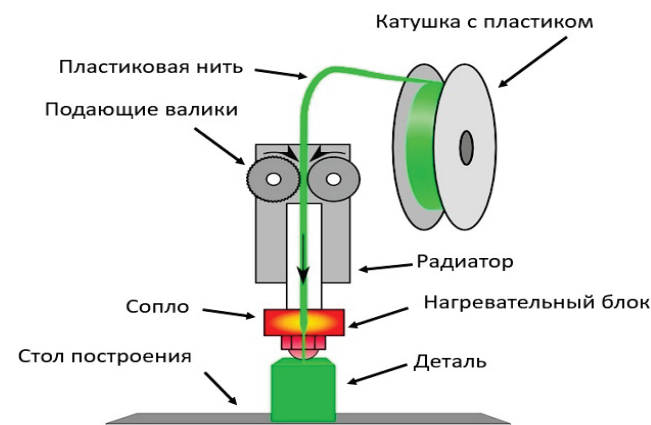


Рисунок 2.23 – Принцип работы принтера формата *FDM*

Экструдер на принтере *FDM* нагревает пластиковый филамент (обычно *PLA* или *ABS*) до определенной температуры, после чего пластик выдавливается через сопло и наносится слоем на платформу (рисунок 2.24). При перемещении экструдера по осям *X*, *Y* и *Z* слои пластика накладываются друг на друга, чтобы создать трехмерный объект.

Существует несколько различных типов экструдеров для *FDM*-принтеров, которые могут отличаться по конструкции и функциональности. Некоторые из наиболее распространенных видов экструдеров включают в себя следующее.

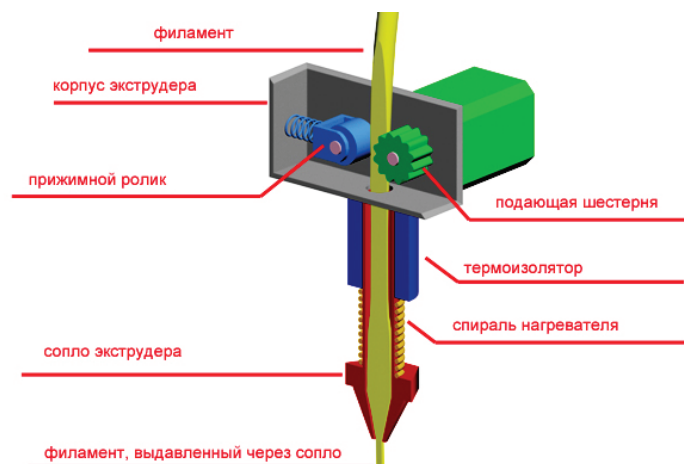
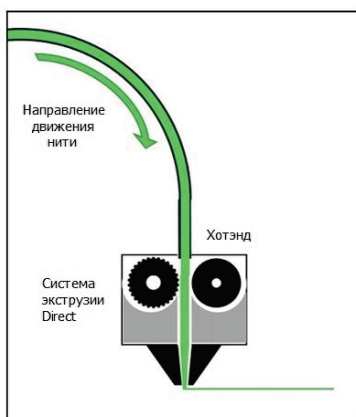
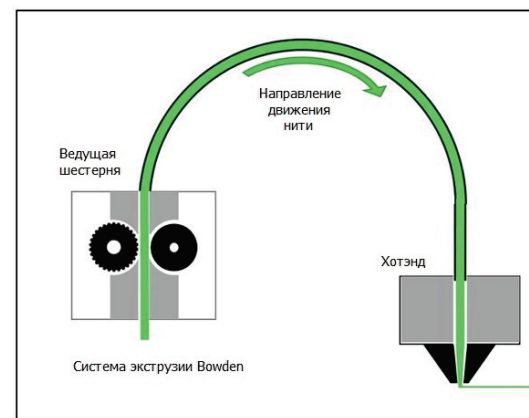


Рисунок 2.24 – Схема экструдера для 3D-принтера

1 Экструдер прямой подачи (*Direct*): в этом типе экструдера пластик подается непосредственно из привода подачи в сопло, что обеспечивает более прямой и короткий путь для пластика. Прямой экструдер обычно имеет компактный дизайн и хорошо подходит для печати гибких материалов.



2 Боулендер (*Bowden*) экструдер: в таком типе экструдера мотор и привод подачи пластика расположены вне принтера, а пластик передается через трубку к соплу. Это позволяет уменьшить массу экструдера и улучшить качество печати за счет меньшей подвижности.



Плюсы и минусы использования экструдера прямой подачи.

Плюсы.

- 1 Простота установки и использования.
- 2 Быстрая установка и смена материалов.
- 3 Меньшая вероятность возникновения засоров и заслонок.
- 4 Улучшенная точность и качество печати.
- 5 Возможность использования широкого спектра материалов.

Минусы.

- 1 Высокая температура экструдера может привести к деформации некоторых материалов.
- 2 Более высокая вероятность образования воздушных пузырей и дефектов на поверхности печати.
- 3 Ограничения в скорости и точности печати из-за большего веса экструдера.

4 Сложности с печатью деталей с большими перепадами высоты из-за необходимости изменения уровня экструдера.

Плюсы использования боулендер экструдера.

1 Уменьшенный вес головки печати, что позволяет достичь более высоких скоростей печати.

2 Уменьшение механической нагрузки на ось Z , что улучшает точность печати.

3 Уменьшенная вероятность образования вибраций и дрожания печати.

4 Удобство для печати с использованием гибких материалов, так как подача материала осуществляется издалека от экструдера.

Минусы использования боулендер экструдера.

1 Увеличенные трудности с загрузкой, очисткой и сменой материалов из-за большого расстояния между экструдером и подающим механизмом.

2 Большая вероятность образования засоров и заслонок из-за длинного трубопровода.

3 Увеличенная гибкость трубы подачи материала может привести к проблемам с точностью печати и установкой нужной температуры подачи материала.

4 Ограничения в использовании некоторых материалов, особенно тех, которые требуют более точного управления подачей материала.

На рабочей поверхности (*print-bed*) производится построение (выращивание) моделей (рисунок 2.25). В зависимости от схемы движения печатающего блока рабочая поверхность может быть мобильной или статичной (неподвижной). Подогреваемая платформа обеспечивает устойчивую температуру для пластика во время печати, что помогает предотвратить искривление и обеспечить более качественное окончательное изделие.

Управляющее программное обеспечение (например, *Cura* или *Simplify3D*) принимает 3D-модель объекта и разбивает ее на слои, которые затем преобразуются в код управления принтером (G -код). Программное обеспечение также

управляет параметрами печати, такими как скорость печати, температура пластика и др.

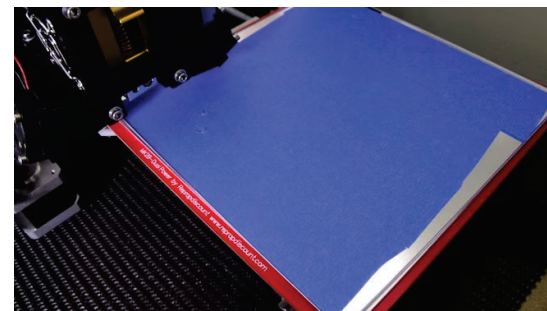


Рисунок 2.25 – Рабочая поверхность

Принтеры формата *FDM* идеально подходят для быстрого и относительно доступного производства прототипов, создания макетов, деталей, игрушек и других объектов. Они отличаются простотой в использовании, надежностью и широким выбором материалов для печати.

2.2.4 Установка и настройка принтера формата *FDM*

Любой *FDM*-принтер состоит из стола, экструдера, направляющих и приводов к ним (рисунок 2.26). Перемещения осуществляют шаговые двигатели. За определение начала координат отвечают концевые выключатели. Действия электроники координирует блок управления.

Обычно все производители присылают принтер в формате «уже собран – только откалибруй», поэтому мы будем рассматривать уже собранный и готовый к работе принтер.

Когда все элементы 3D-принтера соединены, наступит важный этап – калибровка стола и экструдера. В данном процессе можно отключить двигатели от блока управления и перемещать стол и экструдер вручную. Порядок действий будет схож для всех декартовых кинематик.

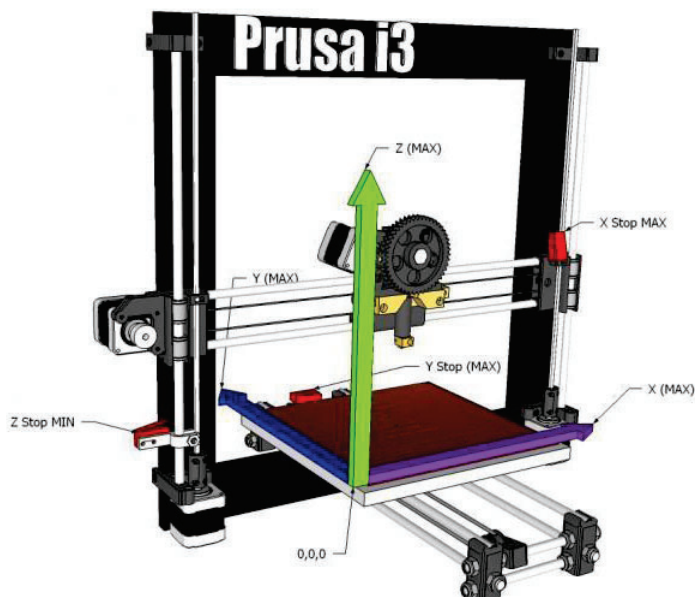


Рисунок 2.26 – FDM-принтер

Процесс калибровки.

1 Подготовка калибровки. Необходимо установить нулевую высоту сопла, которая определяется концевым выключателем *Z-stop*. Сопло должно соприкасаться со столом, при этом оставляя запас для регулировки стола вверх и вниз.

- Подстройте концевой выключатель оси *Z* под назначенный уровень нулевой высоты.

2 Настройка *Z-stop*. Используйте систему крепления стола на 4 подпружиненных винтах. Затяните регулировочные винты до половины возможной высоты.

- Опустите сопло вручную (с отключенными шаговыми двигателями) до соприкосновения со столом.

- Поднимите *Z-stop* до срабатывания (до щелчка) и зафиксируйте в этом положении.

- Притяните стол вниз, чтобы предотвратить его повреждение в случае ошибки.

3 Перемещение сопла. Дайте принтеру команду переместить сопло в начальную точку. Теперь сопло находится на нулевой высоте, и можно приступать к калибровке стола.

4 Выравнивание стола. Выравнивание плоскости по 4 точкам может вносить кривизну, поэтому лучше выполнять регулировку в два этапа: черновой (с использованием щупов) и чистовой (при печати калибровочной модели).

Черновая калибровка:

- с помощью щупов установите зазор между столом и соплом на уровне 0,1 мм (обычно проверяют данное расстояние альбомным листом) над каждым из регулировочных болтов (первым, вторым, третьим и четвертым);

- после регулировки 4-го винта проверьте зазоры над первыми тремя болтами и при необходимости поправьте их;

- если удалось получить зазоры менее 0,15 мм, а лучше около 0,1 мм, переходите к печати любой калибровочной модели.

Чистовая настройка:

- чистовая настройка проводится во время печати калибровочной модели. Это позволяет дополнительно корректировать выпуклость или вогнутость покрытия стола.

Важно! Если что-то пойдет не так во время первого запуска, выключайте питание принтера. Это сохранит ваш принтер.

2.2.5 Устройство принтера формата *SLA*

Стереолитография (*SLA*) – это процесс аддитивного производства, результат в котором достигается по средствам полимеризации смолы. В *SLA*-печати, объект создается путем селективного отверждения полимерной смолы, слой за слоем, с использованием ультрафиолетового (УФ) лазерного луча (рисунок 2.27). Материалы, используемые в *SLA*-печати, представляют собой светочувствительные терморезактивные полимеры, которые выпускаются в жидкой форме.

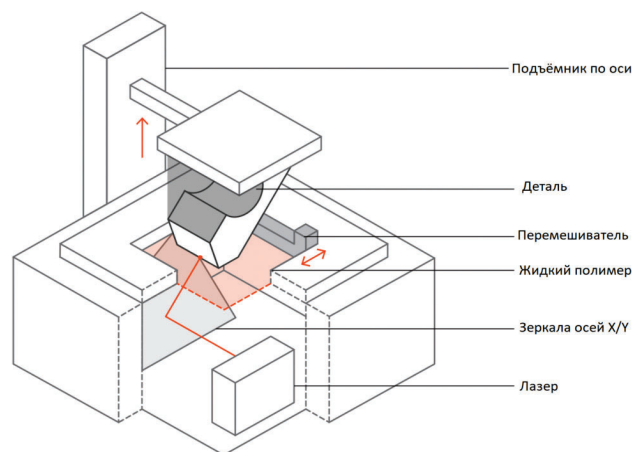


Рисунок 2.27 – Устройство принтера формата *SLA*

В системах *SLA* большинство параметров печати устанавливаются производителем и не могут быть изменены. Единственными входными данными являются высота слоя и ориентация детали (последнее, определяет местоположение поддержек).

Высота типичного слоя в *SLA*-печати находится в диапазоне от 25 до 100 микрон.

Чем меньше будет высота слоя, тем более точно будет отпечатана сложная геометрия модели, но вместе с этим увеличится время печати и вероятность неудачи. Высота слоя в 100 микрон подходит для большинства распространенных геометрий и является золотой серединой.

Еще один важный параметр для оператора – размер платформы. Он зависит от типа принтера *SLA*. Существует два основных типа: ориентация сверху вниз и ориентация снизу вверх.

В первом случае лазер стоит над баком, а деталь лицевой стороной вверх. Платформа стоит в самом верху чана со смолой и движется вниз после спекания каждого слоя.

Использование принтеров *SLA*-формата позволяет производить сложные геометрические фигуры, однако, как и у любого другого способа, у *SLA* есть как недостатки, так и преимущества.

Преимущества.

1 *SLA* 3D-принтеры могут производить детали с очень высокой точностью размеров и со сложной геометрией.

2 Детали будут иметь очень гладкую поверхность, что делает их идеальными, например, для визуальных прототипов.

3 Доступны специальные материалы, такие как прозрачные, эластичные и литые смолы.

Недостатки.

1 Детали, напечатанные по технологии *SLA*, как правило, хрупкие и не подходят для функциональных прототипов.

2 Механические свойства и внешний вид этих деталей со временем ухудшаются. На них пагубно влияет воздействие солнечного света.

3 Поддержки и пост-обработка при печати требуются всегда.

2.2.6 Установка и настройка принтеров *SLA*

Для получения качественного результата с использованием фотополимерных или *FDM*-принтеров требуется знать основные настройки для слайсера, чтобы результат оправдал ваши ожидания.

Высота слоя. Высота слоя – это параметр, определяющий высоту каждого отдельного слоя в 3D-печатной детали. Меньшая высота слоя означает более детализированную 3D-печать, так как позволяет получить более гладкую поверхность.

При печати фотополимерной смолой высота слоя составляет от четверти до одной десятой от высоты при *FDM*-печати. При *FDM*-печати стандартная высота слоя составляет около 0,2 мм, в то время как при печати фотополимером

обычно используется диапазон от 0,01 до 0,05 мм (от 10 до 50 микрон).

Высота слоя по 50 мкм является приоритетной для скорости, а не для качества, и может привести к небольшому снижению качества поверхности и общего качества 3D-печати. Между тем высота слоя 25 мкм обеспечивает хороший баланс между скоростью и качеством печати. При такой высоте слоя можно получить гладкую поверхность, а затраты времени будут примерно вдвое меньше, чем при высоте слоя 10 мкм.

Небольшая высота слоя. Сразу же следует отметить, что не все принтеры способны обеспечить высоту слоя 10 микрон. Независимо от того, какие параметры заданы в слайсере, фактическая высота слоя будет ограничена тем, насколько незначительно ось Z вашего принтера может перемещаться вверх или вниз.

Ограничением может быть также фотополимерная смола, но большинство принтеров должно быть способно создавать 10-микронные слои, даже если рекомендуемая высота слоя больше.

Учитывая все обстоятельства, остается спорным вопрос о том, стоят ли очень мелкие детали дополнительного времени печати. При толщине менее 25 микрон становится трудно заметить различия в качестве.

Время засветки и время засветки одного слоя. Фотополимерные 3D-принтеры отверждают смолу, подвергая ее воздействию источника ультрафиолетового света. Таким образом, время засветки – это продолжительность, в течение которой неотвержденная смола на дне ванны подвергается воздействию ультрафиолетового излучения. Очень важно точно настроить этот параметр, так как он напрямую влияет на качество ваших 3D-моделей.

Если вы будете засвечивать малое время, фотополимер может не затвердеть должным образом, и последующие слои не будут иметь прочную основу для склеивания. Напротив, длительное время засветки может привести к хрупкости

изделий и появлению трещин, а также к рассеянию света по всей ванне. Таким образом, необходимо найти «золотую середину».

Каждая фотополимерная смола имеет разный состав, поэтому нелегко обобщить настройки времени засветки. Обычно производители фотополимеров указывают время засветки на своих бутылках со смолой или у себя на сайте, и лучше всего придерживаться их рекомендаций. В среднем, 1,5–3 секунды – это хороший диапазон для монохромных 3D-принтеров.

Нижний слой. Время засветки нижнего слоя – это ключевой параметр, определяющий как долго будет производиться засветка «первых» нижних слоев. При достаточном времени засветки нижние слои сильнее прикрепляются к платформе, тем самым уберегают модель от падения.

Как правило время засветки нижних слоев в 8–10 раз больше времени засветки остальных слоев.

Технически уменьшение времени засветки нижних слоев и уменьшение количества нижних слоев, ускорит печать, но при больших размерах модели есть большой шанс отцепления от платформы.

Скорость подъема. Настройки скорости. Высота подъема. Каждый слой фотополимера отвердевает на FEP-пленке на дне ванночки со смолой. Чтобы добавить новую смолу, платформа с моделью должна подняться и создать свободное пространство.

Как правило, скорость подъема и скорость подъема основания можно регулировать для сокращения общего времени печати. Следует помнить, что при отрыве модели от FEP-пленки возникает прилипание. Поэтому, если скорость слишком высока, могут быть повреждены более тонкие элементы и слабые участки модели. В худшем случае изделие может оторваться от платформы.

Хорошая скорость подъема должна находиться в диапазоне 60–150 мм/мин. Попробуйте отрегулировать настройки, пока не добьетесь хорошего баланса между вре-

менем печати и скоростью. Для больших моделей следует избегать слишком быстрой скорости; дополнительный вес отпечатка или платформы способствует более медленному движению для успешной печати.

Скорость подъема нижнего слоя не следует увеличивать слишком сильно, так как есть риск создания непрочных нижних слоев, что может привести к проблемам с качеством печати. Кроме того, эта настройка применяется только к нескольким слоям, поэтому ее изменение не приведет к значительному сокращению времени печати.

Эквивалентные настройки регулируют скорость перемещения платформы обратно к области печати. Как правило, они могут быть гораздо быстрее, чем их аналоги.

Создание полых моделей. Как было упомянуто ранее, важную роль играет подъемная сила. Регулировка параметров подъема помогает, но еще одним полезным инструментом, который можно использовать, является выемка. Когда отвержденная смола отслаивается от FEP-пленки, возникает сила притяжения. Она становится сильнее, если площадь поверхности слоя больше. Наличие пустот в моделях позволяет уменьшить площадь поверхности слоя, что в свою очередь снижает силу притяжения.

Кроме того, фотополимерная смола – дорогой материал, и если вы печатаете много объектов целиком, то весь бак с смолой может закончиться быстрее, чем вы ожидаете. Разделение объектов на полые и заполненные решает эту проблему: на полую модель расходуется меньше смолы.

Для достижения наилучших результатов важно выбирать не слишком тонкую толщину стенок. В противном случае модель может испортиться. Заполнение следует использовать только в тех случаях, когда оно несет функциональную нагрузку. Для моделей и миниатюр заполнение необязательно. Толщина стенки в 1,2–2 мм должна обеспечивать хороший баланс между прочностью, качеством печати и расходом смолы, особенно для небольших моделей. Более крупные модели из смолы могут оказаться слишком

хрупкими для таких тонких стенок. Каждый раз, когда вы делаете полую модель, необходимо также создавать хотя бы одно отверстие в каждой пустой части. Это позволит смоле и воздуху выходить из модели во время печати; полая модель без дренажа фактически является объектом для прилипания во время печати.

Ориентация модели. Важную роль в успешной 3D-печати играет ориентация объекта. Для уменьшения использования поддержек, минимизации поперечных сечений и сокращения времени печати необходимо правильно выбирать положение детали. Например, поворот цилиндра под углом может значительно сократить время его печати (рисунок 2.28). Учитывайте, что большие сечения могут привести к проблемам при снятии объекта с платформы, а избыточное количество поддержек может привести к потере материала и к снижению качества печати.

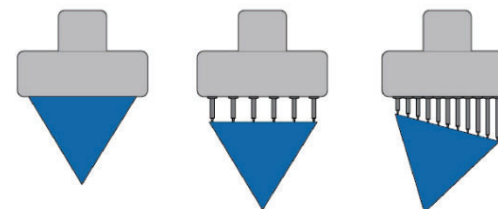


Рисунок 2.28 – Ориентация детали

Практическая работа

Практическое занятие № 1

Перевод файла в формат унифицированного кода для печати

Цель: научиться использовать программу *Ultimaker Cura* для конвертации 3D-модели в формат G-кода, необходимого для 3D-печати.

Оборудование и программное обеспечение:

- компьютер с установленным программным обеспечением *Ultimaker Cura*;
- файл 3D-модели в формате *STL* (см. Практическое занятие № 1 в теме 2.1);
- 3D-принтер (для дальнейшей печати).

Пошаговая инструкция выполнения практической работы.

Шаг 1. Установка *Ultimaker Cura*.

Скачайте и установите *Ultimaker Cura*.

Перейдите на официальный сайт *Ultimaker*.

Выберите версию для вашей операционной системы и загрузите установочный файл.

Установите программу, следуя инструкциям на экране.

Шаг 2. Открытие файла *STL*.

1 Запустите *Ultimaker Cura*.

Дважды щелкните по иконке программы, чтобы открыть ее.

2 Импортируйте файл *STL*.

Нажмите на кнопку «Импорт» в верхнем левом углу или перетащите файл *STL* в рабочую область программы.

Шаг 3. Настройка параметров печати.

1 Выбор принтера.

Если вы используете *Cura* впервые, выберите ваш 3D-принтер из списка доступных моделей.

В случае если принтер отсутствует в общем списке, обратитесь на официальный сайт или добавьте принтер вручную.

2 Настройка параметров печати.

Установите следующие параметры:

- тип материала: выберите материал (например, *PLA*, *ABS* и т.д.);
- высота слоя: настройте высоту слоя (например, 0,1 мм для высококачественной печати);
- скорость печати: задайте скорость (например, 50 мм/с);

– процент заполнения: выберите заполнение (например, 20%);

– поддержка: включите поддержку, если модель требует ее для печати.

Шаг 4. Создание G-кода.

Нажмите кнопку *Slice* (Срезать).

Программа обработает модель и создаст G-код.

Проведите проверку и найдите оптимальные параметры для наиболее быстрой и качественной печати (это можно сделать, изменяя положение детали или меняя параметр заполнения).

Шаг 5. Сохранение G-кода.

Сохраните файл G-кода.

После завершения срезания появится окно с информацией о G-коде.

Нажмите на кнопку «Сохранить на диск» или «Сохранить на SD-карту».

Выберите место для сохранения файла и нажмите «Сохранить».

Практическое занятие № 2 Установка и разбор работы принтера формата *FDM*. Подготовка к печати

Цель: освоение процесса установки и настройки 3D-принтера формата *FDM* (*Fused Deposition Modeling*), а также изучение принципов его работы.

Задачи.

1 Изучение конструкции принтера.

Ознакомиться с основными компонентами 3D-принтера формата *FDM*, такими как экструдер, платформа для печати, системы управления и т.д.

Понять принцип работы каждого из элементов.

2 Установка принтера.

Научиться правильно собирать и подключать принтер к источнику питания и компьютеру.

Проверить правильность установки всех компонентов.

3 Подготовка к печати.

Научиться подготавливать платформу для печати (калибровка) и загружать филамент в экструдер.

Провести тестовую печать простого объекта для проверки работоспособности принтера.

4 Анализ результатов.

Оценить качество полученного объекта и выявить возможные проблемы, которые могут возникнуть в процессе печати.

Обсудить способы их устранения и оптимизации процесса печати.

Процесс выполнения работы.

1 Подготовка к установке принтера.

Ознакомление с руководством пользователя и техническими характеристиками 3D-принтера.

Проверка наличия всех компонентов и аксессуаров, необходимых для сборки принтера.

2 Установка принтера.

Калибровка: выравнивание рабочей платформы. Это можно сделать вручную, используя регулировочные болты, или автоматически, если такая функция предусмотрена.

3 Подготовка к печати.

Заправка филамента: нагрев хотэнда до температуры, соответствующей типу используемого филамента (например, PLA или ABS), и загрузка филамента в экструдер.

Настройка программного обеспечения: установка слайсера для преобразования 3D-модели в G-код. В слайсере задаются параметры печати, такие как температура, скорость, высота слоя и плотность заполнения.

4 Тестовая печать и анализ результатов.

Запуск печати: начало процесса печати с контролем за температурой и движением экструдеров. Наблюдение за укладкой слоев и качеством печати.

Оценка качества: после завершения печати анализ полученного объекта на предмет дефектов и точности исполнения.

Ученики должны проверить наличие дефектов, адгезии, провалов в слоях и сделать вывод о качестве печати в зависимости от параметров, которые были установлены.

Обсуждение проблем: выявление возможных проблем в процессе печати (например, недостаточная адгезия слоев) и обсуждение способов их устранения.

5 Отчет о работе.

Ученики должны предоставить отчет, в котором описаны все этапы работы, включая установку, настройку и результаты тестовой печати.

2.3 Кейсовая задача 1.

Погружение – 3D-моделирование

(Практические занятия – 1 час)

Ситуация. Вы являетесь ведущим инженером-конструктором в компании, занимающейся разработкой и производством медицинских приборов. Ваша команда получила заказ от крупного медицинского учреждения на создание инновационного устройства для диагностики сердечно-сосудистых заболеваний. Устройство должно включать в себя сложный механизм, состоящий из нескольких движущихся частей, и обладать высокой точностью измерений.

Требования к проекту.

1 Разработать 3D-модель устройства, учитывая все механические элементы и их взаимодействие.

2 Обеспечить высокую точность модели, чтобы минимизировать ошибки при производстве.

3 Создать текстуру и материалы, соответствующие реальному устройству, для демонстрации заказчику.

4 Подготовить модель к производству, учитывая возможности 3D-печати и традиционные методы изготовления.

Вопросы.

1 Какие этапы 3D-моделирования будут ключевыми для успешного выполнения проекта?

2 Какие программы и инструменты вы будете использовать на каждом этапе?

3 Какие сложности могут возникнуть на разных этапах и как их можно преодолеть?

Решение.

1 Ключевые этапы 3D-моделирования.

1 Создание геометрии модели.

На этом этапе создается базовая геометрическая структура устройства, включая все его механические элементы и их взаимное расположение.

2 Создание текстуры объекта.

Определяются материалы и текстуры, которые придадут модели реалистичный внешний вид. Это важно для демонстрации устройства заказчику.

3 Выбор освещения.

Настраивается освещение, чтобы подчеркнуть детали и сделать модель визуально привлекательной.

4 Тестирование и оптимизация.

Проводится тестирование модели на предмет точности и функциональности. При необходимости вносятся коррективы.

5 Подготовка к производству.

Модель адаптируется под производственные процессы, будь то 3D-печать или традиционное изготовление.

2 Программы и инструменты на каждом этапе.

1 Создание геометрии модели.

Компас 3D: используется для создания сложных механических деталей и сборки всего устройства.

SolidWorks: альтернативный инструмент для создания точных 3D-моделей.

2 Создание текстуры объекта.

Blender: мощный инструмент для создания и редактирования текстур и материалов.

Substance Painter: специализированное ПО для нанесения текстур на 3D-модели.

3 Выбор освещения.

V-Ray: плагин для рендеринга, позволяющий настраивать освещение и получать фотореалистичные изображения.

Marmoset Toolbag: инструмент для быстрого рендеринга и настройки освещения.

4 Тестирование и оптимизация.

ANSYS: программа для проведения анализа напряженно-деформированного состояния и других инженерных расчетов.

SimScale: онлайн-инструмент для симуляции и оптимизации механических систем.

5 Подготовка к производству.

Cura: ПО для подготовки моделей к 3D-печати.

Mastercam: система автоматизированного проектирования и программирования станков с ЧПУ.

3 Сложности и способы их преодоления.

1 Сложность создания геометрии.

Проблема: механизм состоит из множества мелких деталей, что усложняет моделирование.

Решение: использовать параметрическое моделирование в программах типа *Компас 3D* или *SolidWorks*, что позволит легко изменять отдельные элементы и пересчитывать всю сборку.

2 Текстурирование и материалы.

Проблема: трудности в подборе правильных текстур и материалов для реалистичной визуализации.

Решение: применять специализированные программы, такие как *Blender* и *Substance Painter*, и проводить тесты на небольших участках модели перед применением ко всему устройству.

3 Освещение.

Проблема: неправильная настройка освещения может исказить восприятие модели.

Решение: экспериментировать с различными источниками света и их интенсивностью, используя *V-Ray* или *Marmoset Toolbag*, чтобы добиться нужного эффекта.

4 Тестирование и оптимизация.

Проблема: необходимость проведения многочисленных тестов и симуляций для подтверждения работоспособности механизма.

Решение: использовать программное обеспечение для инженерных расчетов, такое как *ANSYS* и *SimScale*, чтобы выявить потенциальные слабые места и оптимизировать конструкцию.

5 Подготовка к производству.

Проблема: адаптация модели под конкретные производственные процессы.

Решение: внимательно изучить требования к материалам и технологиям производства, использовать *Cura* для подготовки файлов к 3D-печати и *Mastercam* для программирования станков с ЧПУ.

Правильное выполнение этих этапов и использование соответствующих программных инструментов помогут вам создать точную и функциональную 3D-модель медицинского прибора, удовлетворяющую всем требованиям заказчика.

Критерии оценивания кейсовой задачи.

1 Качество 3D-модели (30 баллов).

Соответствие модели техническим требованиям и спецификациям.

Детализированность и точность модели.

Правильность взаимодействия всех механических элементов.

2 Текстурирование и материалы (20 баллов).

Реалистичность текстур и материалов.

Соответствие выбранных текстур и материалов реальному устройству.

Качество визуализации модели.

3 Освещение и рендеринг (10 баллов).

Эффективность выбранной схемы освещения.

Фотореалистичность конечного изображения.

Четкость и выразительность деталей.

4 Тестирование и оптимизация (25 баллов).

Проведенные расчеты и анализы (например, напряженно-деформированное состояние, тепловые расчеты).

Оптимизация конструкции на основании проведенных тестов.

Устранение выявленных слабых мест и проблем.

5 Готовность к производству (15 баллов).

Корректность подготовки модели к 3D-печати или традиционным методам изготовления.

Учтены ли все технологические ограничения и требования.

Возможность непосредственного запуска модели в производство.

Итоговая оценка.

Суммарная оценка за выполнение кейсовой задачи будет складываться из оценок по каждому критерию. Максимальное количество баллов – 100.

Тест 1 Аддитивные технологии и моделирование

(типовой пример)

1 Какой из следующих терминов описывает процесс создания трехмерной модели на основе двумерных чертежей или изображений?

- А) Рендеринг;
- В) Моделирование;
- С) Анимация;
- Д) Текстурирование.

Ответ: В) Моделирование

2 Какой из следующих объектов является геометрическим примитивом в 3D-моделировании?

- А) Текстура;
- В) Сфера;

С) Анимация;

Д) Свет.

Ответ: В) Сфера

3 Какой из следующих процессов является основным принципом работы *FDM (Fused Deposition Modeling)* 3D-принтеров?

А) Полимеризация слоями жидкой смолы;

В) Наплавление пластичного материала слоями;

С) Сканирование объекта с помощью лазера;

Д) Печать с использованием порошковых материалов.

Ответ: В) Наплавление пластичного материала слоями

4 Какой программный инструмент обычно используется для подготовки 3D-модели к печати на 3D-принтере?

А) *CAD* (программы компьютерного моделирования);

В) *Slicing software* (программное обеспечение для послойной нарезки);

С) *Video editing software* (программное обеспечение для редактирования видео);

Д) *Photo editing software* (программное обеспечение для редактирования фотографий).

Ответ: В) *Slicing software* (программное обеспечение для послойной нарезки)

5 Какой из следующих факторов может привести к проблемам с адгезией модели к платформе во время печати?

А) Неправильная температура экструзии;

В) Неправильная скорость печати;

С) Загрязненная поверхность платформы;

Д) Все вышеперечисленные.

Ответ: Д) Все вышеперечисленные

6 Зачем нужны поддерживающие структуры (поддержка) при 3D-печати?

А) Для улучшения внешнего вида модели;

В) Для предотвращения деформации и провисания деталей, которые имеют нависающие элементы;

С) Для увеличения прочности модели;

Д) Для ускорения процесса печати.

Ответ: В) Для предотвращения деформации и провисания деталей, которые имеют нависающие элементы

7 Какой из следующих методов 3D-печати использует фотополимеризацию для создания объектов?

А) *FDM (Fused Deposition Modeling)*;

В) *SLA (Stereolithography)*;

С) *SLS (Selective Laser Sintering)*;

Д) *DLP (Digital Light Processing)*.

Ответ: В) *SLA (Stereolithography)*

8 Какое из следующих утверждений о 3D-печати в производстве является верным?

А) Она не может использоваться для массового производства.

В) Она позволяет быстро создавать прототипы и сокращать время на разработку.

С) Она всегда дешевле традиционных методов производства.

Д) Она не подходит для создания сложных геометрий.

Ответ: В) Она позволяет быстро создавать прототипы и сокращать время на разработку.

9 Что такое «параметры печати» в контексте 3D-печати?

А) Цвета, используемые в модели;

В) Настройки, определяющие качество и скорость печати;

С) Размеры печатаемой модели;

Д) Формат файла модели.

Ответ: В) Настройки, определяющие качество и скорость печати

10 Что означает термин «разрешение» в контексте 3D-печати?

- А) Скорость печати модели;
- В) Качество поверхности и детализация модели;
- С) Размер печатаемой модели;
- Д) Объем используемого материала.

Ответ: В) Качество поверхности и детализация модели

Список использованных источников

1 Герасимов А.А., Самоучитель КОМПАС-3D v19: Издательство БХВ-Петербург, 2021 – 624 с.

2 Кудрявцев Е. М. КОМПАС-3D: Проектирование в машиностроении. – М.: ДМК-Пресс, 2009. – 440 с.

3 Никонов В.В., КОМПАС-3D: создание моделей и 3D-печать: учебное пособие / В.В. Никонов. – Изд-во: Питер, 2020 – 208 с.

4 Губанов С.Г. ВМ-технологии. Основы моделирования : методические указания / С. Г. Губанов. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2022. – 152 с.

5 Кух Кристофер Blender 3D Incredible Machines. – М.: Изд-во НГТУ, 2016. – 24 с.

6 Кух Кристофер Blender 3D Incredible Machine. – М.: Изд-во НГТУ, 2017. – 399 с.

7 Применение современных инженерных инструментов для конструирования: метод. указания / В. В. Зотов, А.Е. Кривенко, О.Л. Дербенёва, С. Г. Губанов. – М.: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2020. – 43 с.

3 Субтрактивные технологии

3.1 Лазерная резка

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 2 часа)

3.1.1 Устройство и принцип работы лазерного станка

Лазерная резка с ЧПУ – это автоматизированный производственный процесс, используемый в различных отраслях промышленности для обработки таких материалов, как металл, пластик, дерево и др. Эта передовая технология позволяет создавать сложные фигуры с исключительной точностью.

В лазерном станке с ЧПУ обычно используется оптика, вспомогательный газ и система наведения для направления и фокусировки лазерного луча на заготовке.

Лазерная резка активно используется в промышленности с 1970-х годов, сейчас все более востребованными становятся модели именно с числовым программным управлением.

Лазерная резка с ЧПУ применяется в различных областях, включая производство компонентов для аэрокосмической, автомобильной и электронной промышленности, создание ювелирных изделий и вывесок, а также изготовление нестандартных деталей для архитектурных и художественных проектов.

Принцип работы лазерной установки с ЧПУ. В качестве источника энергии в станке с ЧПУ используется сфокусированный лазерный луч. Луч имеет высокую концентрацию и обладает энергией, достаточной для резки материала насквозь.

В отличие от традиционных механических методов резки, при которых образуется стружка, лазерная обработка действует за счет изменения структуры материала, что при-

водит к его испарению. Если мощность лазера достаточна, а материал тонкий, то лазерный луч может полностью пройти через материал, в результате чего получается чистый сквозной разрез.

Для облегчения процесса резки и эффективного удаления материала в рабочую зону подаются такие газы, как азот, гелий, аргон или кислород. Выбор газа влияет на скорость и глубину реза.

Технология ЧПУ интегрирована в лазерную систему, что позволяет автоматизировать производственные процессы.

Оператор создает программу резки, вводя определенные параметры в программное обеспечение системы ЧПУ. Контроллер ЧПУ получает сигналы от программного обеспечения и активирует механизмы для перемещения лазерной головки по заданной траектории.

Одним из ключевых преимуществ технологии ЧПУ является ее способность повторять одну и ту же операцию резки с высокой точностью без ручных настроек. Это устраняет необходимость в ручной повторной калибровке при смене заготовки.

Для лазерной резки с ЧПУ используются три основных типа лазеров:

- углекислотный (CO₂);
- лазер на иттрий-алюминиевом гранате, легированном неодимом (Nd:YAG, или YAG);
- волоконный.

CO₂- и YAG-лазеры схожи по конструкции, но используются по-разному. CO₂-лазеры с меньшей мощностью используются для гравировки, а лазеры с большей мощностью – в промышленности для сварки и резки. YAG-лазеры, обладая более высокой пиковой мощностью, дают качественные результаты при маркировке и резке металлов.

Устройство лазерного станка с ЧПУ. Лазерный станок состоит из нескольких компонентов, обеспечивающих его точную и эффективную работу (рисунок 3.1).

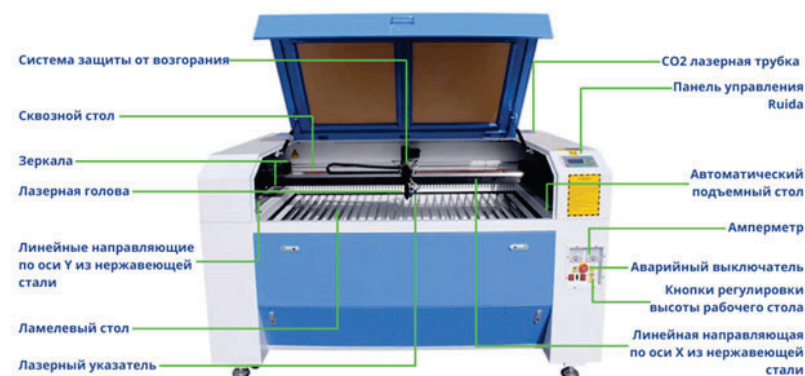


Рисунок 3.1 – Устройство лазерного станка с ЧПУ

Координатный стол: необходим для точного позиционирования фокусирующего элемента относительно изделия.

Корпус станка, или станина: на станине устанавливаются направляющие, обеспечивающие плавное и точное перемещение деталей станка. Качество этих направляющих влияет на долговечность и производительность оборудования.

Система привода: для передачи усилия от мотора к движущимся частям могут использоваться различные механизмы, например зубчатые ремни или шарико-винтовые пары. Выбор системы привода зависит от конкретного применения лазера, при этом для каждой оси координатного стола могут использоваться отдельные двигатели.

Контроллер: основной управляющий элемент лазера – это контроллер. Контроллер получает программные инструкции от компьютера. Затем с помощью координатного стола он перемещает зеркала летающей оптики для точного направления лазерного луча.

Летающая оптика: система зеркал, установленная на координатном столе, обеспечивает точное попадание лазерного луча на материал. Зеркала обрабатываются специ-

альными составами и полируются для сохранения энергии луча при изменении его направления. Луч проходит через ряд зеркал, прежде чем попасть в линзу, где он фокусируется в пятно.

Лазерная трубка: излучающим элементом в лазерных установках обычно является стеклянная трубка, заполненная газовой смесью, чаще всего углекислым газом. При включении лазера высокое напряжение, подаваемое на электроды, создает разряд, генерирующий лазерный луч.

Фотоны инерционно пролетают электрод и отражаются в полупрозрачном зеркале. Между зеркалами устанавливается такое расстояние, чтобы добиться резонанса системы, в ходе которого энергия фотонов возрастает настолько, что зеркало не способно их удерживать. Этот поток энергии приводит к излучению лазера. Находящиеся в этой точке фотоны двигаются в одном направлении и не сталкиваются друг с другом. Возникающее при этом излучение приводит к горению и появлению дыма, который необходимо устранять.

Вспомогательные устройства.

Охлаждающее устройство: системы охлаждения нужны для отвода тепла, выделяемого при работе лазера, и предотвращения повреждения лазерной трубки.

Воздушный компрессор: компрессор необходим для удаления продуктов сгорания из линзы и продувки зоны резки.

Система управления: система управления является «мозгом» машины. Она обрабатывает файлы, загруженные в память устройства, управляет двигателем, лазером и периферийными устройствами. Оператор должен контролировать и обслуживать систему управления, чтобы предотвратить поломки и обеспечить бесперебойную работу.

Какие материалы подходят для обработки ЧПУ лазером. Металл. Такие металлы, как нержавеющая сталь, отлично подходят для лазерной обработки с ЧПУ благодаря своей высокой теплопроводности и прочности. Сфокусированный лазерный луч позволяет с высокой точностью резать и гравировать сложные рисунки на различных металлах.

Акрил (*PMMA* – полиметилметакрилат). При лазерной резке акрила получаются гладкие и ровные края, что позволяет использовать его для изготовления вывесок, торговых витрин и художественных проектов.

Древесина. Лазерная резка дерева позволяет создавать сложные узоры, декоративные орнаменты и точные срезы, что делает лазер эффективным инструментом при изготовлении мебели, вывесок и ремесленных изделий.

Пластмассы. Вырезанные лазером пластиковые детали находят применение в электронной промышленности, включая корпуса и компоненты для различных устройств.

Стекло. Лазерное оборудование с ЧПУ может использоваться для гравировки стекла с высокой точностью. Лазер наносит изображения на стеклянную посуду, декоративные стеклянные панели и сложные художественные изделия из стекла.

3.1.2 Подготовка и формат вводных данных для лазерного станка

Выбор правильного формата файла является первоочередным вопросом при подготовке материалов для лазерной резки и гравировки. Наиболее распространенные типы файлов включают векторный формат, такой как *AI*, *EPS*, *PDF* и *SVG*, и растровый формат, включающий *JPG*, *TIFF*, *PNG* и *BMP*. Векторный формат предпочтителен для дизайнов с линиями и кривыми, обеспечивая высокую точность и качество работы лазера, тогда как растровый формат используется для изображений с множеством цветов и деталей, однако его результаты зависят от разрешения изображения.

Подготовка файла требует выполнения нескольких процедур после выбора подходящего формата.

– Проверка разрешения. Чтобы обеспечить высокое качество гравировки, нужно выбрать изображение с разрешением не менее *300 DPI* и сохранить его как растровый файл. Низкое разрешение может привести к плохим результатам.

– Удаление лишних деталей. Важно удалить все ненужные элементы, чтобы обеспечить четкость линий и контуров для точной лазерной резки и гравировки.

– Настройка параметров. Необходимо определить параметры лазерной обработки, такие как мощность, скорость и количество проходов, учитывая материал, толщину и индивидуальные особенности работы с оборудованием.

Использование специализированного программного обеспечения. При подготовке файлов для лазерных работ важно использовать специализированные программы, которые позволяют управлять параметрами лазерной резки и гравировки и импортировать необходимые файлы. Примерами таких программ являются *CorelDraw*, *Adobe Illustrator* и *InkScape*.

Правильная подготовка файла для лазерной резки и гравировки – это важный этап, который поможет достичь оптимального качества вашего изделия. Учтите все особенности работы с форматами файлов, а также используйте подходящее программное обеспечение для редактирования и настройки параметров лазерной обработки.

Программное обеспечение для лазерной резки. Прежде чем мы углубимся в тонкости форматов файлов, давайте сначала поймем, какую центральную роль программное обеспечение для проектирования играет в процессе лазерной резки. Программное обеспечение для проектирования – это мост между творчеством и точными, осязаемыми результатами, преобразующий цифровые проекты в физические объекты.

Программное обеспечение для автоматизированного проектирования (САПР). Программное обеспечение для автоматизированного проектирования (САПР) является краеугольным камнем лазерной резки. Оно позволяет дизайнерам и инженерам создавать подробные 2D- и 3D-модели и преобразовывать их в машиночитаемые инструкции для станков лазерной резки. Обычное программное обеспечение САПР включает в себя:

– *AutoCAD* – это стандартное программное обеспечение САПР, разработанное *Autodesk*, которое превосходно подходит для создания точных 2D- и 3D-проектов. Файлы *AutoCAD* широко совместимы с программным обеспечением и машинами для лазерной резки, что делает их лучшим выбором для различных отраслей, включая архитектуру и машиностроение;

– *SolidWorks* – это мощное программное обеспечение 3D CAD, идеально подходящее для моделирования сложных 3D-деталей и сборок. Он совместим с различными форматами файлов, используемыми в рабочих процессах лазерной резки, включая *DXF* и *STL*;

– *Rhino* – это универсальное программное обеспечение для 3D-моделирования, известное своей простотой использования и адаптируемостью. Он может экспортировать файлы в различные форматы, подходящие для проектов лазерной резки с различными потребностями.

Программное обеспечение для векторной графики. 2D-векторная графика является важным элементом для многих проектов лазерной резки. Программное обеспечение для векторной графики специально разработано для создания точных масштабируемых 2D-проектов. Некоторые популярные варианты включают в себя:

– *Adobe Illustrator* – ведущее программное обеспечение для векторной графики, широко используемое во многих отраслях дизайна. Оно превосходно подходит для создания сложной векторной 2D-графики и дизайна. AI-файлы, созданные в *Illustrator*, сохраняют векторные данные высокого качества, что делает их идеальными для проектов лазерной резки со сложными деталями;

– *CorelDRAW* – это удобное программное обеспечение для векторной графики, известное своей универсальностью и простотой использования. Оно популярен среди дизайнеров для создания векторной графики;

– *Inkscape* – это программное обеспечение для векторной графики с открытым исходным кодом, которое представляет собой экономичную альтернативу проприетарным

вариантам. Он бесплатен и прост в использовании, а генерируемые им файлы *SVG* совместимы со многими программами лазерной резки.

Программное обеспечение для 3D-моделирования.

В проектах, требующих сложных 3D-форм, программное обеспечение для 3D-моделирования имеет важное значение. Некоторые известные варианты включают в себя:

- *Blender* – это универсальное программное обеспечение для 3D-моделирования, широко используемое для создания 3D-моделей, анимации и визуальных эффектов. Его ценят за гибкость и адаптируемость. Файлы *STL*, обычно используемые при лазерной резке, можно легко экспортировать из *Blender* для лазерной 3D-резки и гравировки.

- *Autodesk Maya* – это высококачественное программное обеспечение для 3D-моделирования и анимации, обычно используемое для разработки фильмов и игр. Он поддерживает формат файлов *OBJ*, что делает его совместимым с рабочим процессом лазерной резки.

- *3ds Max* – еще один продукт от *Autodesk*, специализирующийся на 3D-моделировании и рендеринге. Он подходит для создания визуализаций и анимации. Как и *Maya*, *3ds Max* поддерживает формат файлов *OBJ* для лазерной 3D-резки.

2D-векторный формат файла. DXF (формат обмена чертежами): файлы *DXF* (*Drawing Exchange Format*) являются популярным выбором для лазерной резки благодаря своей универсальности и точности в сохранении 2D-данных. Этот векторный формат файлов легко совместим с различным программным обеспечением и оборудованием, используемым для лазерной резки.

- *DWG* (*Drawing AutoCAD*) – это формат файла, который тесно связан с программным обеспечением *AutoCAD* и широко используется в строительстве и машиностроении. В случае интеграции станков лазерной резки с программным обеспечением, основанным на *AutoCAD*, обычно используются файлы *DWG*.

- *AI* (*Adobe Illustrator*): файлы *AI* создаются в *Adobe Illustrator*, известном инструменте для работы с векторной графикой. Он предназначен для создания сложной векторной 2D-графики высокого качества.

- *SVG* (масштабируемая векторная графика): *SVG* – это открытый стандартный формат векторных файлов, который широко поддерживается различным программным обеспечением и устройствами для векторной графики. Он идеально подходит для работы с векторной 2D-графикой, которую можно масштабировать без утраты качества.

- *EPS* (инкапсулированный *PostScript*): файлы *EPS* часто используются в проектах лазерной резки для хранения текстов и логотипов. Они могут содержать как векторные, так и растровые данные и могут быть отредактированы в различных программах.

Формат 3D-файла. Формат файлов 3D: *STL* и *OBJ* являются оптимальными для использования в процессах 3D-печати, лазерной резки и моделирования. Файлы *STL* используют треугольники или многоугольники для описания геометрии 3D-моделей, в то время как файлы *OBJ* хранят информацию о модели и совместимы с различными программами для проектирования.

Гибридные и универсальные форматы. Гибридные и универсальные форматы, такие как *PDF* и *CDR* (*CorelDRAW*), обладают универсальностью и могут быть использованы для различных целей. Файлы *PDF*, хотя изначально предназначены для документов, могут содержать как векторные, так и растровые данные. Их портативность и совместимость делают их подходящими для лазерной резки даже в случае простых конструкций. Файлы *CDR*, связанные с программным обеспечением *CorelDRAW*, могут также открываться в других программах, поддерживающих этот формат.

Подходящее программное обеспечение и формат. Сложность проекта зависит от конструкции, которая может быть простой для 2D-проектов и сложной для 3D-моделирования.

Совместимость машины для лазерной резки играет важную роль в выборе поддерживаемых форматов файлов. Знакомство с программным обеспечением также важно при принятии решений о выборе инструментов для проекта.

Требования к проекту. Учитывайте уникальные потребности вашего проекта. Для некоторых проектов могут потребоваться гибридные файлы, сочетающие векторные и растровые данные, поэтому форматы *PDF* или *EPS* могут оказаться более подходящими. Оценка конкретных требований вашего проекта поможет вам выбрать наиболее подходящий формат файла.

Совместимость. Если вам необходимо сотрудничать с другими пользователями, использующими другое программное обеспечение, выберите формат файла, обеспечивающий широкую совместимость. Для *2D*-проектирования *DXF* является отличным выбором из-за его широкой поддержки. Для *3D*-моделей формат *OBJ* универсален и хорошо работает с различными программами проектирования. Совместимость оптимизирует рабочий процесс и способствует беспрепятственному сотрудничеству.

Рабочий процесс лазерной резки. Понимание взаимодействия между программным обеспечением и форматами файлов может помочь обеспечить успешный проект лазерной резки. Вот упрощенный обзор рабочего процесса лазерной резки.

1 Создание дизайна: дизайнеры используют программное обеспечение САПР, программное обеспечение для векторной графики или программное обеспечение для *3D*-моделирования для создания *2D*- или *3D*-проектов в соответствии с требованиями проекта.

2 Экспорт файлов: проекты экспортируются в соответствующие форматы файлов, такие как *DXF*, *DWG*, *AI*, *SVG*, *STL* или *OBJ*, что обеспечивает совместимость с программным обеспечением для проектирования и станками для лазерной резки.

3 Импорт файлов: экспортированные файлы дизайна импортируются в программу лазерной резки, которая выступает в качестве посредника между дизайном и станком. Программное обеспечение для лазерной резки интерпретирует дизайн и преобразует его в машиночитаемые инструкции.

4 Настройка станка. Настройка станка для лазерной резки включает загрузку разрезаемого материала, настройку мощности и скорости лазера, а также обеспечение соблюдения мер безопасности.

5 Лазерная резка: станок для лазерной резки выполняет дизайн в соответствии с инструкциями в файле. Он режет, гравировает или маркирует материал определенным образом.

6 Контроль качества: после завершения процесса резки будут проводиться проверки качества, чтобы гарантировать, что конечный продукт соответствует проектным спецификациям.

7 Постобработка: в зависимости от проекта могут потребоваться задачи постобработки, такие как очистка, сборка или другая обработка.

8 Завершение проекта: после завершения постобработки проект считается завершенным, а готовый продукт готов к использованию, сборке или распространению.

Лазерная резка представляет собой захватывающую и высокоточную технологию производства, основанную на взаимодействии программного обеспечения с различными форматами файлов. Понимание важности программных инструментов и выбор подходящего формата файла позволяет дизайнерам и инженерам полностью раскрыть потенциал лазерной резки для создания сложных и точных проектов в различных сферах. Независимо от того, занимаетесь ли вы изготовлением ювелирных украшений, разработкой компонентов для авиационной промышленности или творчеством в области художественной скульптуры, владение программным обеспечением для лазерной резки и форматами файлов является ключом к успешной деятельности в этом динамичном секторе.

Практическая работа

Практическое занятие № 1 Подготовка к работе лазерного станка. Определение формата и вида данных

Настройка и подготовка станка к работе. Техника безопасности. Организация рабочего места. Несоблюдение перечисленных ниже требований может привести к неправильной работе станка, и как следствие – к его поломке.

Температура окружающей среды должна быть в пределах 10–35 °С. При температуре ниже указанной возможен быстрый износ механических частей оборудования.

При температуре выше элементы станка (лазерная трубка в частности) будут нагреваться, что приведет к поломке.

Влажность в помещении должна быть менее 80%. При более высокой влажности на оборудовании образуется конденсат, который может навредить электронному устройству.

Помещение, в котором устанавливается оборудование, должно быть хорошо вентилируемое.

Избегайте резких скачков напряжения. Следите за уровнем: при высоком уровне напряжения электропитание оборудования выйдет из строя.

Техника безопасности при работе со станком. Лазерное излучение незаметно невооруженным взглядом, поэтому работа с оборудованием требует следующих мер.

Запрещается оставлять станок включенным без присмотра рабочего персонала – это может привести к пожару.

Запрещается направлять излучатель на живых существ даже в случае, если он обесточен. Запрещается использовать станок при открытом доступе к электронике, излучателю, линзам.

Правильное и надежное заземление поможет избежать выхода из строя электронных компонентов.

При обнаружении посторонних шумов прекратите работу и обесточьте оборудование.

Компания не несет ответственности за работу оборудования вследствие ремонта не специально обученными работниками. Запрещено самостоятельно ремонтировать оборудование.

Запрещается работать в взрывоопасной среде, рядом с легковоспламеняющимися предметами.

Включение станка. Перед включением заземлите оборудование. Станок подключается к сети переменного питания 220 V, он потребляет 1600 W, поэтому убедитесь в надежности вашей электропроводки. Внимание: запрещается заземлять оборудование на нулевой провод электросети. Плохое заземление ведет к сокращению срока работы оборудования, может привести к неисправности отдельных элементов и угрожать жизни оператора.

С помощью воронки через отверстие наполните чиллер водой (5–10 л).

Подключите чиллер к станку согласно маркировке А-А, В-В.

Подключите розетку чиллера к питанию. Важно! Нельзя допускать замерзания жидкости в охлаждающей системе – это может привести к повреждениям колбы.

Рабочий диапазон температуры охлаждающей жидкости от 15 до 30 °С. При увеличении температуры выше рабочего порога мощность излучателя падает. Подключение к электросети. Подключите разъем шнура в гнездо к задней стенке станка. Второй конец – вилку – подключите в розетку на 220 вольт. Рекомендуется использовать один пилот для подключения всего оборудования станка. Включите чиллер (переключатель находится на самом чиллере). Включите станок нажатием кнопки включения на дисплее. Подождите, пока охлаждающие каналы излучателя заполнятся жидкостью и выйдет весь воздух.

Важно! Запрещается работа излучателя без охлаждающей жидкости – это может привести к его порче.

Внимание: оборудование не отключается автоматически в случае отсутствия охлаждающей жидкости.

Обдув зоны резки. Для предотвращения возгорания материала, а также во избежание загрязнения фокусирующей линзы продуктами горения используется обдув зоны резки.

Подключите вилку питания компрессора в розетку 220 вольт через переходник на европейскую розетку.

Подключите шланг к выходу компрессора.

Важно! В начале работы станка проверьте выдув из сопла. В случае его загрязнения возможно повреждение линзы продуктами горения, а также перегрев.

Остановка станка. По окончании работы выключите станок в порядке, обратном включению: кнопка на дисплее – выключить чиллер – отключить питание.

Регулировка параметров. Правильно установленные мощность и скорость движения лазера, соответствующие необходимым технологическим параметрам работы, гарантируют качественные результаты. Регулировка основных параметров осуществляется либо в настройках программного обеспечения, либо через меню дисплея.

Внимание: оптимальная мощность работы лазерного излучателя 60%. При более высокой мощности износ трубки осуществляется быстрее. Работа с мощностью от 65–100% может привести к внезапной неисправности трубки, как следствие – замене. Рабочий материал необходимо перемещать аккуратно, необходимо использовать материал одной высоты для сохранения фокусного расстояния.

Лазерный луч. Станок имеет следующий лазерный тракт.

1 Луч из излучателя попадает на подвижное, первое зеркало, стоящее под углом 45° к излучателю.

2 От первого зеркала отраженный луч попадает на второе зеркало, установленное на подвижном портале оси X, под углом 45°.

3 От второго зеркала луч попадает на третье, установленное на подвижной головке.

4 Отражаясь на третьем зеркале, луч направляется вниз на фокусирующую линзу, далее на материал.

Фокусное расстояние. Сфокусированный луч имеет большую мощность и меньшее пятно. Для качественной гравировки и резки необходимо каждый раз устанавливать фокусное расстояние при использовании материалов разной толщины. Фокусное расстояние на лазерном станке ТТСАР равно 12 мм. Фокусное расстояние регулируется следующим образом:

- 1) ослабьте гайку;
- 2) установите мерку на материал;
- 3) отрегулируйте высоту тубуса с линзой;
- 4) закрутите стопорное кольцо.

Оптика. Оптика включает в себя три линзы отражения и одну фокусную. Две линзы отражения располагаются на боковых стойках верхней части оборудования, третья – на лазерной головке. Отражатели закреплены винтами с пружинами. При монтаже отражателей не рекомендуется касаться поверхности линзы. Фокусная линза находится внутри головки. Для того чтобы провести ТО или замену, необходимо демонтировать лазерную головку. Устанавливается линза выпуклой поверхностью вниз.

Лабораторная работа № 1 Подготовка лазерного станка к работе

Режимы работы и постобработка изделий. Лазерные станки с ЧПУ являются одним из самых эффективных инструментов для обработки материалов с высокой точностью и скоростью. Они широко используются в различных отраслях, таких как металлообработка, медицинская промышленность, производство электроники и т.д. Режимы работы лазерного станка с ЧПУ позволяют оптимизировать процесс обработки материалов и повысить производительность.

1 Ручное управление. Режим ручного управления позволяет оператору перемещать лазерный луч по поверхности материала вручную с помощью специального ручного управления. Этот режим часто используется для точной настройки позиционирования перед началом обработки или для выполнения сложных операций, требующих вмешательства оператора.

2 Программное управление. Один из основных режимов работы лазерного станка с ЧПУ – программируемое управление. В этом режиме оператор создает программу для работы лазерного станка, в которой задаются параметры обработки материала, такие как скорость лазера, мощность, глубина проникновения и другие параметры. Эта программа затем загружается в управляющий блок лазерного станка для выполнения задачи.

3 Автоматическое управление. Лазерные станки с ЧПУ также могут работать в автоматическом режиме, выполняя заранее загруженные программы без участия оператора. В этом режиме процесс обработки материала проходит полностью автономно, что позволяет повысить производительность и сократить время обработки.

4 Режим оффлайн программирования. Для удобства оператора программирование лазерного станка с ЧПУ может проводиться оффлайн – на компьютере, а затем программа загружается в управляющий блок станка. Это позволяет более тщательно настроить программу и уменьшить время настройки перед началом работы.

5 Обратная связь и коррекция. Некоторые лазерные станки с ЧПУ оборудованы системами обратной связи, которые контролируют качество обработки материала и корректируют параметры работы лазера в реальном времени. Это позволяет предотвращать ошибки и улучшать качество обработки.

В целом режимы работы лазерного станка с ЧПУ представляют собой эффективную систему управления, которая позволяет оптимизировать процесс обработки материалов,

повысить производительность и снизить вероятность ошибок. Они являются важным инструментом в современных производственных процессах и широко применяются в различных отраслях промышленности.

Постобработка изделий. В отличие от контактной механической обработки при лазерной резке или гравировке весь «лишний» материал под действием высокой температуры переходит в газообразное состояние и отводится штатной вытяжной системой станка. Иных отходов (например, стружки или пыли) не образуется вовсе – это является одним из главных преимуществ лазерной обработки. Однако в зависимости от типа обрабатываемых изделий после «лазерного контакта» на поверхности могут оставаться нагар или копоть (например, на резиновых матрицах при изготовлении печатей и штампов). Обычно доля такого «брака» очень невелика – буквально следы по краям изделия. Но общий вид все-таки страдает. Как правило, частицы сажи могут быть удалены (к примеру, с резиновой матрицы весь нагар легко снимается зубной щеткой под струей воды). А стереть копоть с узора гравировки, не добавив при этом свежие царапины, может быть затруднительно (особенно при гравировке тонкого двуслойного пластика). Борьбa за чистоту готовых изделий можно несколькими способами: предварительным и окончательным. Предварительный способ заключается в устранении возможности образования нагара и копоти еще до их появления. Иными словами, необходимо изменить условия обработки – например, уменьшить интенсивность обдува заготовки штатной вытяжной системой станка. При сильном обдуве копоть может не вытягиваться, а вновь «прилипать» к заготовке. Следовательно, уменьшение обдува позволит устранить этот негативный эффект. Второй способ, окончательный, заключается в применении мероприятий для легкого удаления копоти уже после обработки изделия. Так, при гравировке поверхность изделия можно протереть ветошью с машинным маслом (турбинным или аналогичной «прозрачности»). В этом случае масло является

своеобразной «ловушкой» для гари. А после окончания гравировки оно легко смывается теплой водой (с пеной любого моющего средства) – вместе с ним исчезает и копоть. Такой способ хорошо применять при гравировке тонких двухслойных пластиков черно-золотистых или серебристых оттенков. Третий способ – это предварительное обезжиривание гравированной поверхности с помощью специальных составов. Например, жидкости для очистки типографских пленок. После гравировки промывка изделия теплой водой (с губкой и жидкостью для мытья посуды) гарантированно удалит все загрязнения. Главное не тереть с нажимом и применять круговые движения по нагару – во избежание появления царапин на готовом узоре гравировки.

Лабораторная работа № 2

Обработка детали после работы лазерного станка. Типичные ошибки при работе с лазерным станком

Лазерные станки являются эффективным инструментом для резки и гравировки различных материалов, таких как металл, дерево, пластик и текстиль. Однако при работе с ними могут возникать определенные проблемы и ошибки, которые могут повлиять на качество работы и безопасность оператора.

Одной из типичных ошибок при работе с лазерным станком является неправильная настройка параметров резки. Необходимо правильно подобрать мощность лазера, скорость движения и глубину прожига в зависимости от материала, который вы обрабатываете. Неправильные параметры могут привести к неровному результирующему срезу, обугливанню материала или даже его поджогу.

Еще одной распространенной ошибкой является неправильное позиционирование материала внутри станка. Необходимо убедиться, что материал правильно закреплен и находится на нужном расстоянии от лазерной головки для достижения точности и качества резки или гравировки.

Также ошибкой может стать недостаточное обслуживание и очистка лазерного станка. Пыль, грязь и остатки материала на зеркалах и линзах могут привести к снижению качества работы лазера и увеличению риска возгорания.

Наконец, необходимо следить за безопасностью при работе с лазерным станком. Всегда используйте защитные очки и соблюдайте правила безопасности, чтобы избежать травм и ожогов. В целом, работа с лазерным станком требует внимания к деталям и опыта, чтобы избежать типичных ошибок и достичь высокого качества работы.

Важно помнить, что правильная настройка параметров, правильное позиционирование материала, регулярное обслуживание и соблюдение правил безопасности помогут вам успешно работать с лазерным станком и достичь отличных результатов.

Перед началом работ обязательно проверьте состояние вытяжки, заземления, стабилизатора напряжения. Не используйте заготовки из материалов, не предназначенных для обработки на станках вашей модели. Пример, обрабатывая ПВХ, можно легко заработать ожог легких.

Запрещено оставлять работающее устройство без присмотра. Именно в подобных ситуациях возникает более 95% возгораний. Не забывайте о том, что луч движется по определенной траектории. И если он режет металл, с вашими пальцами проблем не возникнет. Закрывайте крышки, только потом приступайте к работе.

Также ошибкой является неправильно проведенная юстировка. Следствием станет невозможность правильного перемещения лазерного луча зеркалами от излучателя к поверхности обрабатываемой заготовки. Если юстировка проведена с нарушениями, вы получите искажения макета, падение мощности, способности луча резать металл на нужную глубину. Он начнет раздваиваться с формированием черного, толстого реза. Первое, что следует проверить при возникновении проблем резки, качество юстировки – это наиболее вероятная причина.

Работа без компрессора. Это устройство выдувает продукты горения из реза, охлаждает линзу в процессе работы. Чем мощнее подаваемая струя воздуха, тем более качественный рез получается. Если компрессор отсутствует, продукты горения, разогретые лазерным лучом, оседают на линзе. Это приводит к перегреву последней и выходу из строя (лопнет). Так что подобный блок в конструкции станка – необходимость.

Не используется система охлаждения. Качественно выполнять без нее работы невозможно в принципе. Перегрев инициирует возникновение микротрещин в трубке, что приводит к падению мощности, досрочному выходу из строя. Можно установить самодельное устройство аналогичного назначения. Но при этом требуется полностью исключить возможность попадания внутрь мусора. Последний обязательно осядет на трубке, значительно сокращая срок эксплуатации. Это позволит закрыть вопрос с охлаждением. Подобные устройства выполняются с замкнутыми контурами. Это полностью исключает контакт охлаждающей жидкости с наружной средой. Своевременно меняйте воду, контролируйте информацию на соответствующем табло. Не забывайте ее включать.

Не выполнена либо неправильно произведена настройка в лазерной трубке величины силы тока. Когда данная величина существенно завышена, у лазерной трубки садится мощность (причина в перегреве установленных в ней электродов). Через 2–3 месяца подобной эксплуатации трубка потребует замены. Слабый показатель не позволит использовать в процессе работы весь потенциал вашей трубки. Настройку требуется выполнять с учетом рекомендаций изготовителя.

Допущены ошибки при настройке фокуса. Это приводит к существенному уменьшению мощности, получению нечеткого изображения, косых торцов. При настройке сопло поднимается либо опускается на необходимое расстояние.

Неправильно выполненное натяжение ремней. Лучше их немного недотянуть. Перетяжка ускоряет износ, рез

при поворотах дрожит, раздаются неприятные скрипы. При чрезмерных натяжениях возможен пропуск отдельных шагов. Сильно ослабленный ремень нарушает геометрию обрабатываемой детали, снижает качество выполнения гравировки. Здесь важен компромисс: он не должен свободно болтаться, однако оператор должен иметь возможность перемещать рабочую голову, не прилагая значительных усилий для этого (руками). Если двигается с трудом, следует ослабить.

Некачественно закреплена линза. Чаще всего это имеет место после обслуживания (протирания) линзы. После установки на исходное положение ее фиксируют не до конца. Линза начинает подрагивать при работе. Рез получается неровным.

Ошибки при подготовке файла для выполнения резки. При выявлении лишних линий, которые налагаются одна на другую, требуется обязательно избавиться от них. Они провоцирует проход станка по одному месту несколько раз.

Еще одна достаточно частая проблема. Файлы разбиваются на множество небольших отрезков. Это причина «кривого» экспонирования (например, при работах с инженерными программами типа *AutoCAD* и аналогов). Файл при этом некорректно отображается. Вместо нужной вам одной плавной линии получается рваная ломаная из отрезков разной величины. Обязательно соблюдайте масштаб, один к одному.

Не уделено внимание оптимизации реза. Оптимизация приоритетов осуществления реза устанавливает последовательность линий, по которым станок будет проводить рез.

Пример. На детали требуется выполнить узор в круге. Требуется сначала вырезать узор, затем сам круг. При изменении очередности ваш макет может не совпасть с узором. Есть задачи, выполняемые операторами часами. Правильно выполненная оптимизация сокращает время работы многократно.

Неправильно выбраны параметры резки. Для гравировки основными являются:

- длина шага,
- допустимое ускорение;
- фактическая скорость перемещения;
- мощность.

Ошибка с выбором приводит к пережогам или недорезу. Очень часто операторы не учитывают угловую мощность. Задавая станку конкретную скорость реза, оператор на практике получает непостоянный параметр движения, включающий замедления, ускорения на отдельных участках (места поворотов, углы). При работе с постоянной мощностью здесь могут возникнуть упомянутые проблемы. Устранить их можно заданием минимальной мощности, величина которой будет меняться с привязкой к скорости.

Изначальная работа набело. Многие переоценивают свою техническую подготовку и приобретают заготовки по числу деталей, которые требуется изготовить. Это неверно в принципе. Всегда есть нюансы у материалов, даже из одной партии. Поэтому всегда делайте припуск на изготовление опытного эталона (образцовой детали). На это уйдет несколько заготовок. Плюс закладка на брак по качеству материала. Это составляет до 15% от общего объема нужной партии.

Ненадлежащее обслуживание станка. Некоторые пользователи полностью игнорируют подобные мероприятия. На станке скапливается грязь и пыль в разных местах. Все это обладает определенной электропроводностью. Поэтому даже при незначительном пробое любого контакта электричество будет утекать непонятно куда. Оно может оказаться на корпусе, на трубке, в иных местах. Конечно, для человека 30 кВ при величине тока, не превышающей 30 мА, не очень страшно. Но неприятные ощущения вам гарантированы. Со станком все может закончиться значительно хуже. Он может просто выйти из строя 30кВ для любого электронного компонента почти смертный приговор. Пыль и грязь – прямой путь к перегреву оборудования, возникновению КЗ. Своевременное обслуживание продляет срок службы станка.

Особое внимание обращайтесь на ламели. Обязательно протирайте их, удаляя продукты горения, смолы. Это исключит появление гари на изнаночной стороне обрабатываемых деталей, минимизирует вероятность возгорания.

Неправильно выставленная парковочная позиция. Все лазерные граверы имеют парковочную позицию (обозначение функции, *Docking point*). Завершив обработку макета, станок уходит в нее. Подобное решение облегчает смену материалов на рабочем столе. Но, если вы зададите данную точку за границами координат стола, голова не сможет туда попасть. Но будет стремиться, игнорируя информацию с концевых датчиков, не обращая внимание на размеры стола. Эта точка всегда привязана к вашему макету. Поэтому, возвращаясь к нему при работе, вы будете получать аналогичную реакцию. Избежать этого позволит только удаление всех старых макетов, которые были выполнены с неправильной позицией для парковки.

Вопросы к тесту 2

«Субтрактивные технологии (формирует преподаватель на основе контрольных вопросов)»

Тема: Лазерная резка и работа с лазерным станком.

1 Какие основные преимущества работы с лазерным станком?

Правильные ответы:

- 1 Высокая точность и повторяемость резки.
- 2 Возможность обработки различных материалов, включая металлы, дерево, пластик и т.д.
- 3 Быстрая скорость работы и возможность автоматической обработки.
- 4 Минимальные потери материала.
- 5 Возможность создания сложных геометрических форм и узоров.

6 Отсутствие необходимости в использовании фрезерных или других инструментов.

2 Какие материалы можно обрабатывать с помощью лазерного станка?

Правильные ответы:

1 Металлы, такие как нержавеющая сталь, алюминий, медь и т.д.

2 Дерево и древесные материалы, такие как фанера и ДСП.

3 Пластиковые материалы, включая акрил, поликарбонат и ПВХ.

4 Текстиль, кожа и резина.

5 Керамика и стекло (в зависимости от типа лазерного станка).

6 Композиты и многослойные материалы.

7 Картон и бумага.

3 Какие приложения и отрасли могут воспользоваться преимуществами лазерного станка?

Правильные ответы:

1 Производство металлических деталей для автомобилей, самолетов и другой промышленности.

2 Изготовление декоративных элементов и украшений из дерева, акрила или металла.

3 Создание рекламных вывесок, логотипов и других элементов брендинга из различных материалов.

4 Производство резиновых уплотнителей, прокладок и других элементов для машиностроения.

5 Вырезание тканей и кожи для промышленного шитья и текстильной промышленности.

6 Изготовление моделей, прототипов и деталей для архитектурного моделирования и дизайна.

7 Разрезание картона и бумаги для производства упаковки, открыток, пригласительных и т.д.

3.2 Механическая обработка деталей резанием

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 3 часа)

При осуществлении процесса обучения по данной теме прежде всего необходимо ознакомиться с теоретическими основами данного вопроса, используя дополнительную литературу [1–5] и прилагаемую презентацию по данному вопросу (Презентация для освоения курса лекций и практических занятий: ссылка для скачивания: <https://disk.yandex.ru/d/iKxMOBVO9ldc6A>).

Для более глубокого понимания предмета изучения на практическом занятии применим многофункциональный конструктор модульных станков, который обеспечивает сборку полноценно работающего устройства, позволяющего обрабатывать различные пластиковые, деревянные заготовки и заготовки из мягких цветных металлов.

Методика преподавания темы «Устройство и принцип работы токарного станка. Техника безопасности. Материал и модель для станка». Обработка металлов резанием активно используется во многих отраслях, в наибольшей степени – в машиностроении, где является важной и дорогостоящей частью процесса. Это объясняется высокими требованиями, которые предъявляются к изделиям: они должны быть безупречны с точки зрения качества и геометрической точности. Обработка резанием этим требованиям вполне удовлетворяет, позволяя создавать уникальные высокоточные детали. Именно поэтому уже много лет она не теряет своей популярности.

Резание металла – это процесс, при котором специальным режущим инструментом с обрабатываемой заготовки снимается слой металла с целью придания ей необходимой формы. Для каждой детали предполагается своя техноло-

гия. Например: точение, сверление, фрезерование и т.д. При этом станки, как правило, носят названия применяемых методов (точильный, фрезеральный, долбежный и т.д.). На станках устанавливаются различные инструменты, с помощью которых и выполняется процедура обработки. Они должны значительно превосходить обрабатываемый металл по твердости и прочности, их режущие края должны быть острыми. Инструменты, как и заготовки, перед началом работы закрепляются на станке с помощью специальных приспособлений. В процессе обработки металла образуется много отходов (порядка 20% стружки), что не слишком хорошо с экономической точки зрения. Однако зачастую отказаться от резания не представляется возможным ввиду его универсальности, низкой энергозатратности, высокой точности изделий, большого выбора оборудования и т.д.

При резании подвергается деформации форма детали без воздействия на структуру материала, режущий инструмент работает лишь с поверхностью изделия. Если прибавить к этому универсальность, высокоточность и другие плюсы, то они, несомненно, перекроют имеющиеся минусы.

Токарная обработка представляет собой метод срезания материала с заготовки до достижения нужной формы, размеров и поверхностной шероховатости. Она выполняется на токарных станках, используемых для обработки деталей вращения, таких как валы, шестерни, шкивы, втулки, муфты и т.д. Этот метод широко применяется в промышленности. Основные технологические операции на токарных станках представлены на рисунке 3.2.

Точение на токарном станке включает вращение заготовки в горизонтальной плоскости и движение инструмента вдоль ее поверхности для снятия слоя материала. В процессе обработки патрон удерживает заготовку, а режущий инструмент удаляет толщину материала (рисунок 3.3).

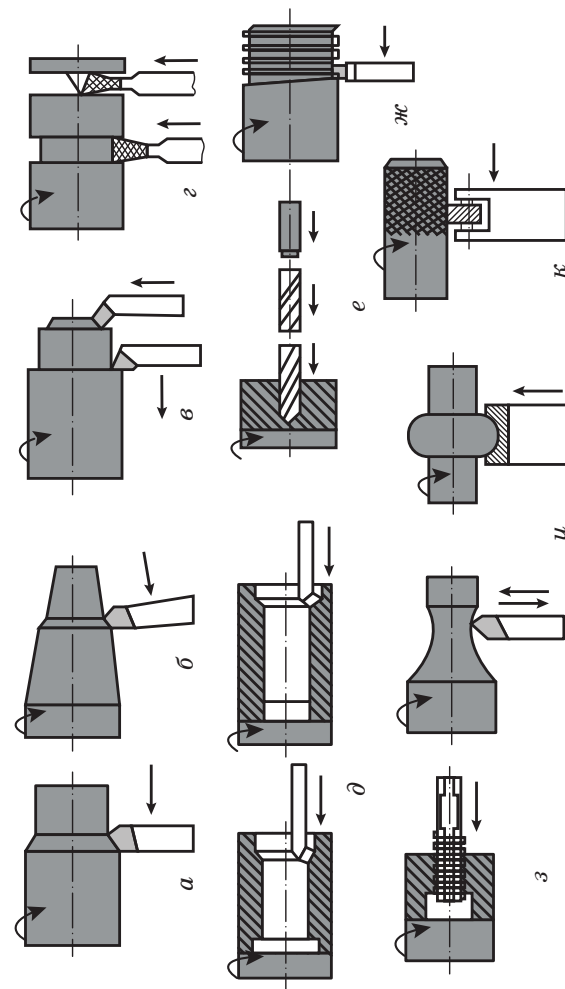


Рисунок 3.2 – Основные виды токарных работ: а – обработка наружных цилиндрических поверхностей; б – обработка наружных конических поверхностей; в – обработка торцов и уступов; г – вытачивание пазов и канавок, отрезка заготовок; д – обработка внутренних цилиндрических и конических поверхностей; е – сверление, зенкерование развертывание отверстий; ж – нарезание наружной резьбы; з – резание внутренней резьбы; и – обработка фасонных поверхностей; к – накатывание рифлений

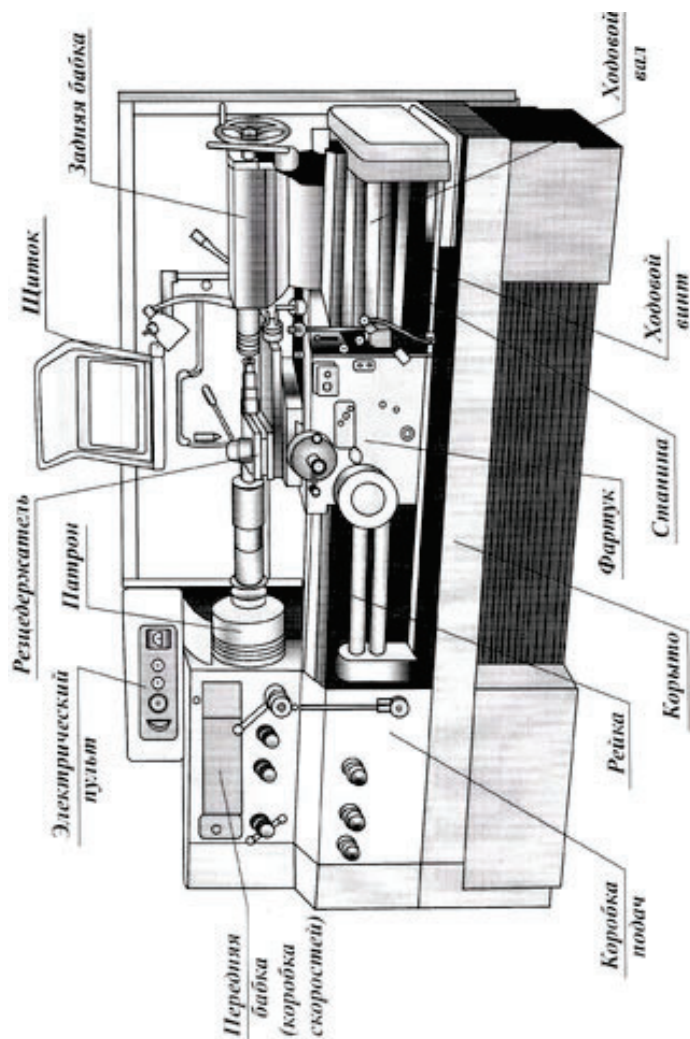


Рисунок 3.3 – Схема устройства токарного станка

В процессе токарной обработки материалов используются два типа движений: вращение самой заготовки (основное движение) и движение суппорта вдоль оси заготовки (движение подачи) (рисунок 3.4).

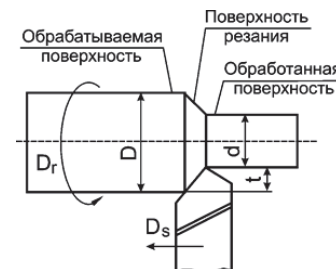


Рисунок 3.4 – Схема резания заготовки

Инструменты, применяемые для выполнения этих процессов, называются режущими. При воздействии усилия на резец его режущая кромка входит в контакт с заготовкой, при этом передняя поверхность резца непрерывно сдвигает слой материала вперед и, преодолевая силы сцепления его частиц, отделяет их в форме стружки от основной массы. Слой материала, который удаляется в процессе обработки, называется припуском. Процесс резания осуществляется при наличии основных движений: главного движения – вращения заготовки и поступательного движения резца, называемого движением подачи, которое может осуществляться вдоль или поперек изделия, а также под постоянным или изменяющимся углом к оси вращения изделия.

Элементы токарного резца представлены на рисунке 3.5.

Существует ряд видов режущих инструментов. Они могут быть цельными из твердого сплава или стали, сборными и комбинированными. Острые могут изготавливать из твердых сплавов. Намного проще обстоит дело с мягким сырьем (бронза, алюминий). Здесь достаточно стали марки Р5М6 или аналогов.

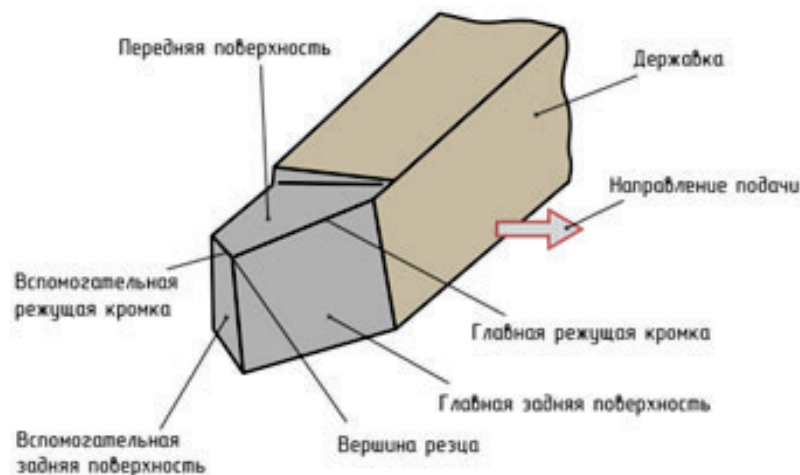


Рисунок 3.5 – Элементы резца

Кратко процесс токарной обработки состоит в следующем:

- деталь закрепляется в патроне или на двух центрах;
- в зависимости от необходимых манипуляций выбираются параметры режима резания при токарной обработке;
- предмет устанавливается в правильное положение и проверяется надежность всех фиксаций;
- находим первую точку касания;
- начинаем снимать металл или другой материал;
- контролируем габариты штангенциркулем и микрометром.

Следует четко понимать, что приемы достаточно разнообразны, и невозможно коротко описать все нюансы.

Многофункциональный модульный конструктор позволяет собрать токарный станок для обработки дерева и металла (рисунок 3.6). При этом отсутствуют принципиальные отличия от профессионального оборудования (то есть теоретически нет отличий между портативными многофункциональными станками и полноразмерными профессиональными).



Рисунок 3.6 – Модульный токарный станок

Станки содержат одинаковые основные узлы – привода, кулачковые патроны, направляющие и т.п. Отличия заключаются в габаритах и точности станков. Портативные многофункциональные станки могут обрабатывать различные типы древесины, а также мягкие металлы, такие как – латунь, медь, алюминий и драгоценные материалы (золото и серебро). Кроме того, в процессе обучения появляются следующие возможности:

- на практике изучить способы и особенности механической обработки различных материалов: древесины, полимеров, мягких металлов;
- разобраться в общей архитектуре и особенностях различных станков, узнать из каких деталей состоит станок, способы крепления заготовок;
- осуществление работы группы в классе – оснащены малошумными электродвигателями (12 В).

Задание на закрепление полученных теоретических знаний по устройству токарного станка. Укажите на изображении типового токарного станка (рисунок 3.7) следующие компоненты: крышка; передняя бабка; аварийный выключатель; регулятор частоты вращения шпинделя; индикатор

перегрузки; индикатор напряжения; экран патрона; трехкулачковый патрон; мотор постоянного тока; резцедержатель; задняя бабка; маховик задней бабки; маховик продольного перемещения; подставка; маховик поперечного перемещения; винт перемещения суппорта; направляющие.

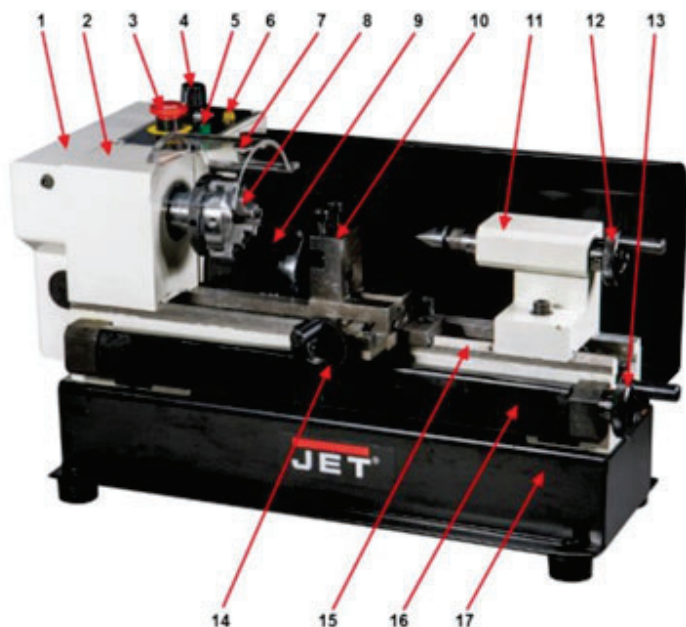


Рисунок 3.7 – Токарный станок: 1 – крышка;
2 – передняя бабка; 3 – аварийный выключатель;
4 – регулятор частоты вращения шпинделя;
5 – индикатор перегрузки; 6 – индикатор напряжения;
7 – экран патрона; 8 – трехкулачковый патрон;
9 – мотор постоянного тока; 10 – резцедержатель;
11 – задняя бабка; 12 – маховик задней бабки;
13 – маховик продольного перемещения;
14 – подставка; 15 – маховик поперечного
перемещения; 16 – винт перемещения суппорта;
17 – направляющие

Практическая работа

Практическое занятие № 1

**Сборка токарного станка из модулей
комплекта механической обработки.**

**Осуществление процесса токарной
обработки**

Цель работы: ознакомление с устройством токарного станка и принципом его работы.

Оборудование: учебный набор деталей и модулей для сборки токарного станка.

Ход работы.

Изучить устройство и назначение основных узлов токарного станка.

Определить основные виды работ, выполняемых на учебном модульном токарном станке.

Ознакомиться с комплектацией учебного набора для сборки модульного токарного станка.

Определить технические характеристики модульного токарного станка.

Осуществить сборку модульного токарного станка в предложенной последовательности.

Отчет: зафиксировать собранное изделие. Описать последовательность сборки.

Многофункциональный конструктор модульных станков обеспечивает сборку полноценно работающего устройства, позволяющего обрабатывать различные пластиковые, деревянные заготовки и заготовки из мягких цветных металлов. Отсутствие принципиальных отличий от профессионального оборудования. Теоретически нет отличий между портативными многофункциональными станками и полноразмерными профессиональными. Оба типа станков содержат одинаковые основные узлы – привода, кулачковые патроны, направляющие и т.п. Отличия заключаются в габаритах и точности станков (см. рисунок 3.6).

Сборка токарного станка из набора для механической обработки 6 в 1. Общее описание. Токарная обработка представляет собой вид обработки заготовки до достижения нужной формы, размеров и качества поверхности. Такая обработка выполняется на токарных станках, где получаемыми изделиями являются валы, шестерни, шкивы, втулки, муфты и т.д. Этот метод широко применяется в промышленности. Основные технологические операции на токарных станках включают обработку цилиндрических, конических, фасонных, торцовых поверхностей, вытачивание канавок; отрезание частей заготовки; обработка отверстий сверлением, растачиванием, зенкерованием, развертыванием; нарезание резьбы; накатывание.

Токарный станок (дерево): для обработки заготовок из различных сортов древесины (диаметром 50 мм и длиной 135 мм) ручным резцом. На станке реализуется возможность изготовления деталей конусовидной и цилиндрической формы, подрезания торцов, а также осуществления осевого сверления.

Токарный станок (металл): для обработки заготовок из мягких цветных металлов и пластмассы (диаметром 50 мм и длиной 135 мм) резцом, устанавливаемым на поперечном суппорте. На станке реализуется возможность изготовления деталей конусовидной и цилиндрической формы, осевого сверления.

Внимание! Сборка станка – ответственное и сложное задание, требующее особой внимательности к деталям. Строго соблюдайте данную инструкцию, чтобы собрать устройство.

1 Для сборки модульного токарного станка вам потребуется набор комплектующих от модульных станков *The First Tool* TC-61Д 6в1, представленных на рисунке 3.8.

Комплектация набора:

- универсальный блок питания (12 В, 2 А, 24 W);
- привод станка (мотор) (12 000–20 000 об/мин) (12 В, 500 мА/6 W);



Рисунок 3.8 – Комплектующие от модульных станков *The First Tool* TC-61Д 6в1

- понижающий редуктор (60/23) – 1 шт., ремень привода – 2 шт.;
- стабилизирующая плита для установки и фиксации сменных модулей (металл) – 1 шт.;
- модульные станины для горизонтального и вертикального крепления (металл, пластик) – 2 шт.;
- крепежная арматура (двухсоставный соединительный сухарь) – 8 шт., набор винтов и гаек – 1 компл.;
- универсальный фиксирующий трехлачковый патрон (металл) – 1 шт., шпиндель – 1 шт.;
- набор универсальных патронов (цанг) – 8 шт.;
- набор универсальных полировальных и шлифовальных головок – 7 шт., шлифовальный диск – 1 шт.;
- комплект инструмента для сборки – 1 шт.;
- защитные очки – 1 шт.

2 Сборку модульного токарного начинаем со сборки мотор-редуктора. Используя мотор Z006, редуктор Z004, соединитель типа «ласточкин хвост» Z013, зубчатый ремень Z03102, крестовую отвертку Z070, винты Z06515 приступаем к сборке (рисунок 3.9).

Необходимо установить соединитель типа «ласточкин хвост» (Z013) в мотор (Z006). Затем следует присоединить к мотору редуктор (Z004), поместив соединитель в предусмотренное для этого углубление на моторе и затянуть винт Z06515 с помощью крестовой отвертки Z070. Далее установить и отрегулировать зубчатый ремень Z03102. Регулировка натяжения ремня производится через боковое отверстие в моторе. Зубчатый ремень не должен быть сильно натянут, но при этом не должен легко сниматься рукой. Установку защитного кожуха шпиндель-мотора Z032 произвести в последний момент.

Сборка мотор-редуктора завершена. Если смотреть на лицевую сторону мотора, можно увидеть, что он вращается по часовой стрелке.

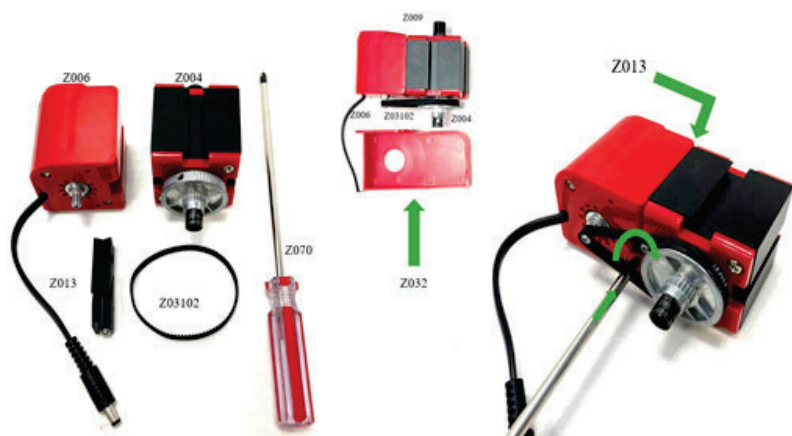


Рисунок 3.9 – Присоединение мотора к редуктору и установка зубчатого ремня

3 Следующим этапом является сборка трехкулачкового патрона для установки на мотор-редуктор. Для этого потребуется установить кулачки в патрон шпинделя Z011. Для того чтобы кулачки встали в патрон, нужно крутить винт на патроне с помощью шестигранного ключа Z071 и поочередно устанавливать кулачки в пазы патрона до тех пор, пока все кулачки не начнут двигаться равномерно внутрь патрона либо наружу. Далее патрон нужно установить на выходной вал мотор-редуктора. Для установки патрона вам потребуется зафиксировать мотор редуктор от проворота с помощью все того же шестигранного ключа Z071 и, придерживая рукой ключ, закручивать патрон на резьбу выходного вала до полной фиксации (рисунок 3.10).

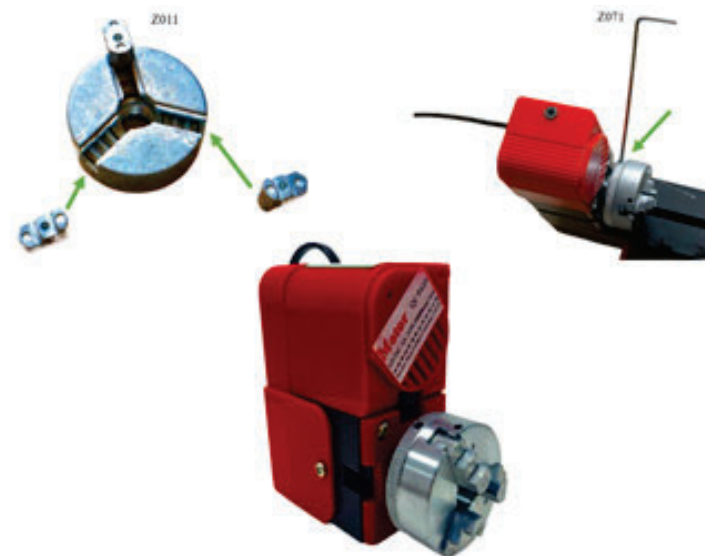


Рисунок 3.10 – Сборка и установка трехкулачкового патрона

При работе с заготовкой большого диаметра необходимо раскрутить винт установки кулачков до их выпадания.

После этого нужно перевернуть кулачки и установить их в патрон обратной стороной так, чтобы их расположение соответствовало номерам на патроне.

4 Далее собираем узел направляющих, состоящий из малой направляющей и большой направляющей.

Для сборки данного узла потребуется разобрать малую направляющую Z008, снять подвижную часть, для этого нужно крутить ручку малой направляющей против часовой стрелки до тех пор, пока подвижная часть не перестанет двигаться (рисунок 3.11).

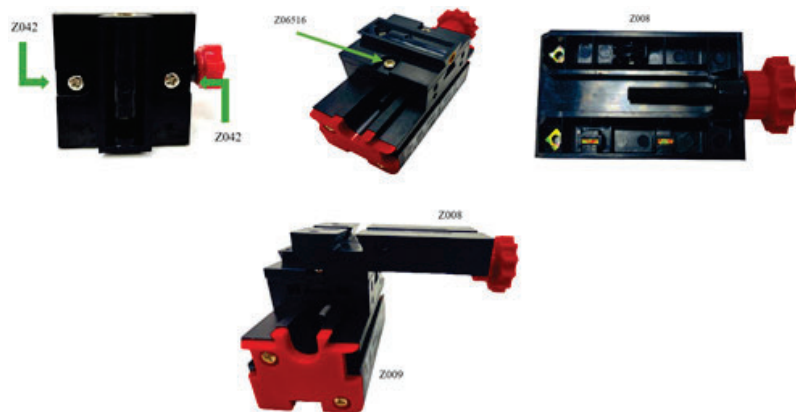


Рисунок 3.11 – Разбор и сборка малой направляющей для установки на большую направляющую

Далее установить пазовые сухари Z042 в большой направляющей Z009 и зафиксировать промежуточную часть на ней с помощью винтов Z06516 и крестовой отвертки Z070 (рисунок 3.12).

После установки промежуточной части установить обратно основание малой направляющей. Затем необходимо зафиксировать промежуточную часть сбоку с помощью шестигранника Z071 и установочных винтов (рисунок 3.13).

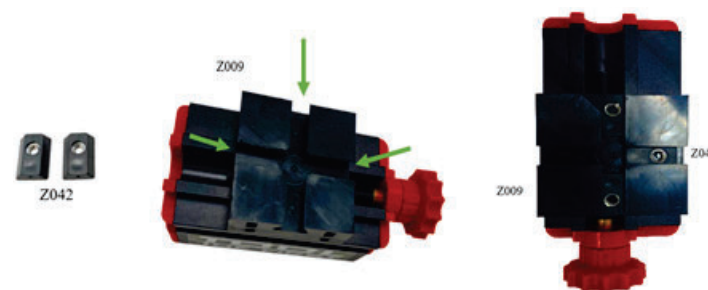


Рисунок 3.12 – Установка пазовых сухарей для установки промежуточной части малой направляющей



Рисунок 3.13 – Фиксация направляющих и готовая сборка узла

После всех операций обратить внимание, что все зафиксировано. Проверить работоспособность направляющих, покрутив обе ручки. Регулируя положение направляющих, контролируется врезание режущего инструмента в заготовку.

5 Завершающим этапом станет сборка токарного станка на станине и проверка всех его узлов. Для сборки токарного станка понадобится узел большой направляющей с малой направляющей, мотор-редуктор с трехкулачковым патроном, длинная станина, крестовая отвертка, задняя бабка, стабилизирующие плиты, винты, шлицевые гайки, плиты зажимные, резец, соединение типа «ласточкин хвост», держатели.

Для соединения узла направляющих и длинной станины Z002 потребуется два соединителя типа «ласточкин хвост» Z013. Поставив узел направляющих перед длинной станиной, установить с двух сторон соединители и зафиксировать узел на станине посредством закручивания винтов с помощью отвертки Z070 (рисунок 3.14).

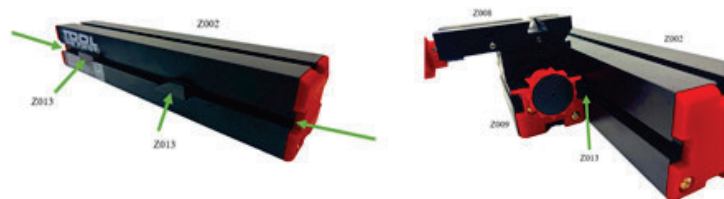


Рисунок 3.14 – Установка узла направляющих на станину

Мотор-редуктор следует закрепить на длинной станине Z002 слева, используя соединитель типа «ласточкин хвост» Z013. Затем требуется зафиксировать мотор-редуктор с длинной станиной с помощью стабилизирующей плиты Z08001. Для этого потребуется установить пазовый сухарь Z043 в длинную станину и используя винты Z06515 с помощью крестовой отвертки Z70 зафиксировать стабилизирующую плиту (рисунок 3.15). Такую же операцию следует провести с установкой задней бабки Z07 на длинной станине Z002. Для установки задней бабки также используется соединитель типа «ласточкин хвост» Z013. А для фиксации стабилизирующей плиты пазовый сухарь Z043.

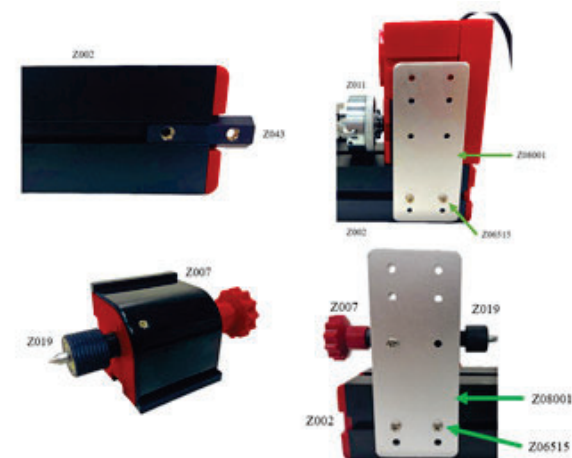


Рисунок 3.15 – Установка узлов передней бабки и задней бабки на станину

По завершении сборки токарного станка требуется проверить фиксацию всех основных узлов станка, убедиться, что все направляющие работают исправно, при необходимости дополнительно протянуть все винты сборки (рисунок 3.16).

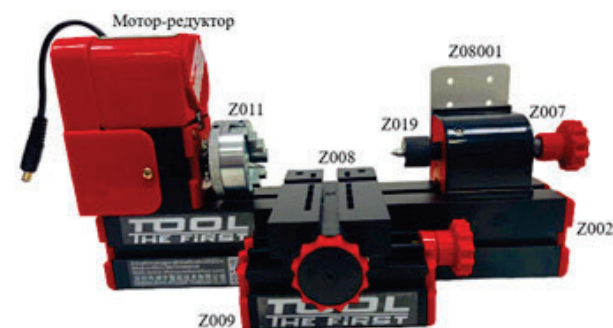


Рисунок 3.16 – Собранный модульный токарный станок

6 Финальным этапом сборки токарного станка является установка режущего инструмента. Для установки токарного резца Z077 используются специальные фиксаторы. Токарный резец может быть зафиксирован таким образом, чтобы его хвостовая часть фиксировалась обоими прижимами (рисунок 3.17).



Рисунок 3.17 – Токарный резец и его вид в установленном положении

Модульный токарный станок готов к работе (рисунок 3.18).



Рисунок 3.18 – Токарный станок с установленным резцом

Получение изделия типа тела вращения на токарном станке из модулей комплекта механической обработки: необходимо изготовить цилиндрический колпачок из пластика или дерева, который будет использоваться в качестве заглушки для мебельного изделия.

Требования к детали.

Материал: пластик; древесина.

Габаритные размеры: диаметр колпачка: 30 мм (условно); высота колпачка: 20 мм. (условно).

Форма и отделка: колпачок должен иметь гладкую цилиндрическую форму без выступающих элементов; поверхность должна быть обработана до гладкости, пригодной для декоративного использования.

Примечание.

Для изготовления колпачка можно использовать пластиковый пруток или заготовку из дерева.

Обработка детали должна проводиться с учетом безопасности и предотвращения повреждений материала.

Предпочтительно использовать небольшие скорости резания и подачи при обработке пластиковой заготовки.

По окончании изготовления детали предоставить отчет с описанием используемых инструментов и процесса обработки.

Контроль качества и измерения: использовать измерительный инструмент (штангенциркуль) для проверки размеров детали.

Отчетность: предоставить краткий отчет о выполненной работе с описанием процесса изготовления и фотографиями изделия.

Методика преподавания темы «Устройство и принцип работы фрезерного станка. Материал и модель для станка». Фрезерование – тип обработки материала резанием, в процессе которого инструмент (фреза) совершает вращательное движение относительно обрабатываемой заготовки, закрепленной на рабочем столе станка. При этом заготовку пере-

мещают вертикально либо под углом оси вращения фрезы в двух направлениях. Фрезерование используется в большом количестве отраслей и сфер промышленности. Технология применяется для множества типов материалов, таких как металлы, дерево, пластмассы и т.п.

Производимые детали зачастую представляют из себя сложные поверхности с уникальной геометрией, комбинируя в себе разные элементы: пазы, отверстия, выступы, углубления и т.д. Такие детали изготавливают на фрезерных станках с использованием комбинаций различных инструментов. Фрезерные станки имеют большое кол-во разных конфигураций. Наиболее распространенными являются вертикальные, горизонтально-фрезерные и продольно фрезерные (рисунок 3.19).

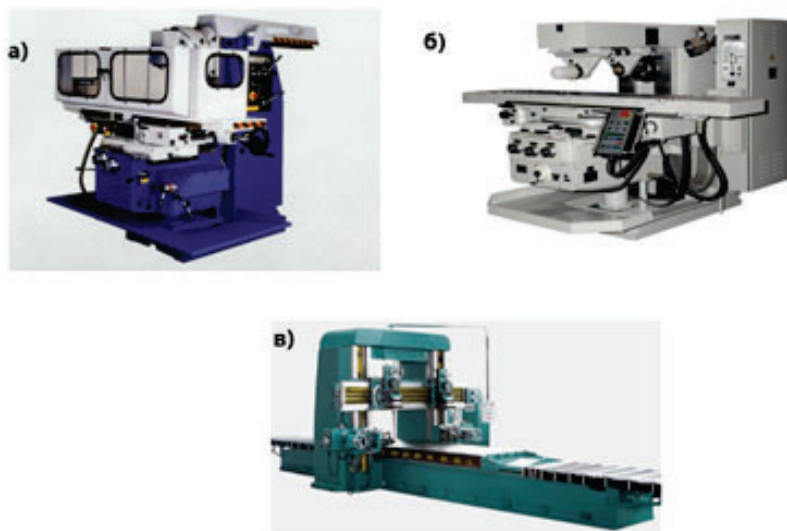


Рисунок 3.19 – Разновидности фрезерных станков: а – вертикально-фрезерный станок; б – горизонтально-фрезерный станок; в – продольно-фрезерный станок

Одним из наиболее распространенных станков является горизонтальный консольно-фрезерный станок (рисунок 3.20).

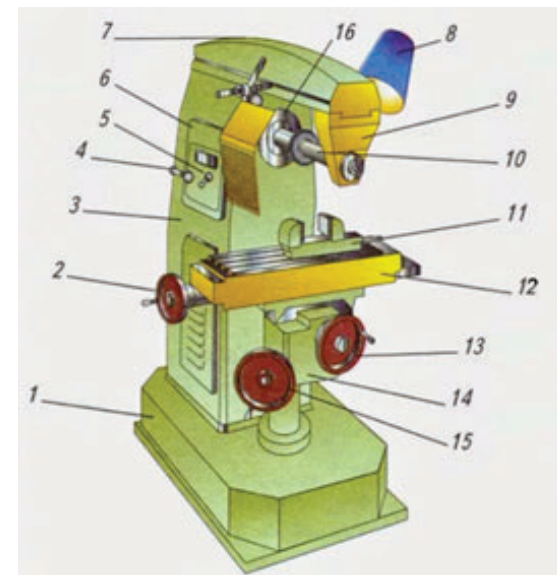


Рисунок 3.20 – Схема устройства горизонтального консольно-фрезерного станка: 1 – основание; 2 – маховик продольной подачи; 3 – консоль; 4 и 5 – рукоятки; 6 – коробка скоростей; 7 – хобот, установленный в направляющих типа «ласточкин хвост»; 8 – светильник; 9 – серьга; 10 – оправка с зажимными втулками для закрепления фрезы; 11 – тиски; 12 – стол; 13 – маховик поперечной подачи; 14 – консоль; 15 – маховик вертикальной подачи

Рассмотрим описание составных частей фрезерного станка.

Основание (опорная плоскость). Это цельная конструкция из чугуна. Опорная плоскость требуется для уста-

новки станины. Зона между станиной и опорной плоскостью занимает емкость для СОЖ (смазывающе-охлаждающая жидкость) и электрический насос. Также основание выступает базовой деталью для установки корпусных элементов и приводов.

Станина. Один из важнейших узлов станка. Литая или сварная конструкция, предназначенная для соединения всех узлов станка. Литые станины делают из чугуна, сварные и из стали. Внутри станины зачастую установлен передаточный механизм и электрооборудование.

Направляющие. Части станка, отвечающие за перемещение инструментов и заготовки по осям оборудования. Устанавливаются направляющие на станину. Для изготовления используют высоколегированные стали. От качества изготовления направляющих зависит точность будущей обработки.

Консоль. Деталь фрезерных станков консольного типа. Движение консоли осуществляется параллельно станине по направляющим. На консоли располагается коробка передач, а также салазки, по которым движется рабочий стол с закрепленной заготовкой.

Электрооборудование. Приводы главного и вспомогательного движения, приводы подачи; электронное управление системой, освещение рабочей зоны; система оповещения о неисправностях.

Шпиндель. Один из ключевых узлов станка. Шпиндель придает вращательное движение режущему инструменту, поэтому точность изготовления и качество материалов во многом повлияют на результаты фрезерной обработки. Состоит шпиндель из полого вала с коническим отверстием под оправку для установки инструмента и поддерживающей серьги, закрепленной в хоботе.

Ползун (хобот). Служит местом для корректной установки серьги, поддерживающей шпиндель с оправкой.

Коробка скоростей. Узел, обеспечивающей изменение передаточного отношения между двигателем и шпинделем,

как следствие изменения частоты вращения шпинделя. Состоит коробка передач из двухступенчатого цилиндрического зубчатого зацепления.

Стол фрезерного станка. Обеспечивает закрепление заготовок для последующей обработки. Стол представляет собой ровную плоскость с пазами для закрепления оснастки. От того насколько точно изготовлен стол, зависит точность получаемой детали. Стол имеет возможность в нескольких направлениях, продольном, поперечном и вертикальном. Перемещение осуществляется с помощью маховика передачи винт-гайка. Шаг перемещений контролируется вращением лимбов.

Органы управления станка. Представляют собой кнопки, рукоятки с дублирующим расположением, что позволяет управлять станком как спереди, так и сбоку. Механизмы управления зачастую имеют полуавтоматический режим для упрощения работы рабочего. Станки обладают автоматическим циклом работы. Цикл автоматической работы настраивается под каждую работу индивидуально и используется только в серийном производстве. В единичном целесообразно управлять вручную, регулируя скорость подачи.

Технологическая оснастка оборудования – общий термин для приспособлений, широко используемых в процессе обработки деталей (рисунок 3.21).

К оснастке принято относить три группы инструментов.

Обрабатывающий (режущий инструмент) – фрезы различных конфигураций.

Инструмент для закрепления – оснастка для закрепления фрез, используется для определенной установки фрез в процессе наладки оборудования.

Инструмент для установки заготовки – приспособления, используемые для закрепления заготовок, универсальные: машинные тиски, делительные головки, поворотные столики, прижимы и упоры и т.д. Сюда же относятся

специальные приспособления, которые изготавливаются под серийные изделия.



Рисунок 3.21 – Технологическая оснастка:

1 – режущий инструмент; 2 – инструмент для закрепления фрезерного инструмента; 3 – инструмент для установки заготовки.

Оснастка для закрепления инструмента в шпиндель делится на две группы.

Насадная – режущие инструменты закрепляются с помощью оправки.

Концевая – в шпиндель устанавливается цанговый патрон с набором цанг, которые позволяют зажимать инструмент с разными посадочными диаметрами. Такая оснастка часто используется благодаря возможности установки не только фрезерного инструмента, но и других режущих инструментов, сверл, разверток, метчиков, зенковок, зенкоров и т.д.

Сверлильно-фрезерный станок. Станки, комбинирующие в себе фрезерную и сверлильную функцию, получили широкое распространение благодаря их универсальности. Такое оборудование позволяет не только фрезеровать детали, но и сверлить, разворачивать, нарезать резьбы и т.д. (рисунок 3.22).



Рисунок 3.22 – Общий вид сверлильно-фрезерного станка и функциональная схема станка

Сверлильно-фрезерные станки не сильно отличаются от обычных фрезерных станков. Основным отличием является то, как закрепляется инструмент в шпинделе, а именно вертикальным расположением шпинделя по отношению к рабочему столу.

Особое распространение получили настольные сверлильно-фрезерные станки. Такой станок очень компактен, пригоден для использования в небольших помещениях.

Учебный модульный вертикальный фрезерный станок. Для обучения используют модульный многофункциональный конструктор станков. Такой конструктор позволяет собрать станки различных конфигураций, по свойствам и управлению не сильно отличающихся от профессионального оборудования. Такие станки имеют возможность обрабатывать пластиковые, деревянные и металлические заготовки (рисунок 3.23).

Тест по устройству фрезерного станка. Задание: указать соответствующую цифру наименованию узла фрезерного станка (рисунок 3.24).



Рисунок 3.23 – Учебный модульный горизонтальный фрезерный станок

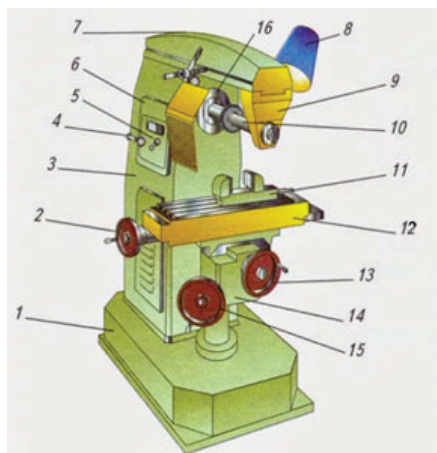


Рисунок 3.24 – Тест по устройству фрезерного станка:

- ☐ стойка; ☐ хобот; ☐ серьга; ☐ консоль; ☐ основание;
- ☐ светильник; ☐ стол; ☐ продольные салазки;
- ☐ механизмы регулирования кинематических параметров; ☐ коробка скоростей; ☐ панель управления; ☐ корпус; ☐ шпиндель; ☐ оправка; ☐ фреза; ☐ механизм продольной подачи; ☐ механизм поперечной подачи; ☐ механизм вертикальной подачи; ☐ машинные тиски

Практическое занятие № 2

Сборка фрезерного станка из модулей комплекта механической обработки.

Осуществление процесса фрезерования и сверления

Цель работы: ознакомление с устройством фрезерного станка и принципом его работы.

Оборудование: учебный набор деталей и модулей для сборки фрезерного станка.

Ход работы.

Изучить устройство и назначение основных узлов фрезерного станка.

Определить основные виды работ, выполняемых на учебном модульном фрезерном станке.

Ознакомиться с комплектацией учебного набора для сборки модульного фрезерного станка.

Определить технические характеристики модульного фрезерного станка.

Осуществить сборку модульного фрезерного станка в предложенной последовательности.

Отчет: зафиксировать собранное изделие. Описать последовательность сборки.

Многофункциональный конструктор модульных станков обеспечивает сборку полноценно работающего устройства, позволяющего обрабатывать различные пластиковые, деревянные заготовки и заготовки из мягких цветных металлов. Отсутствие принципиальных отличий от профессионального оборудования. Теоретически нет отличий между портативными многофункциональными станками и полно-размерными профессиональными.

Сборка фрезерного станка из набора для механической обработки 6 в 1. Общее описание. Фрезерный станок – устройство для получения готовых изделий методом фрезерования. В качестве инструмента используются фре-

зы. Фрезерование – процесс обработки материала, где с помощью инструмента (фрезы) послойно снимается материал с заготовки (см. рисунок 3.23).

Модульный фрезерный станок предназначен для обработки заготовок различной формы с использованием следующих инструментов: фреза, сверло.

Фрезерный станок позволяет обрабатывать заготовки под разными углами, для этого потребуется повернуть фрезерную голову на определенный угол и зафиксировать положение.

Изменение положения фрезерной головы по вертикали позволяет настроить станок под различные размеры заготовки.

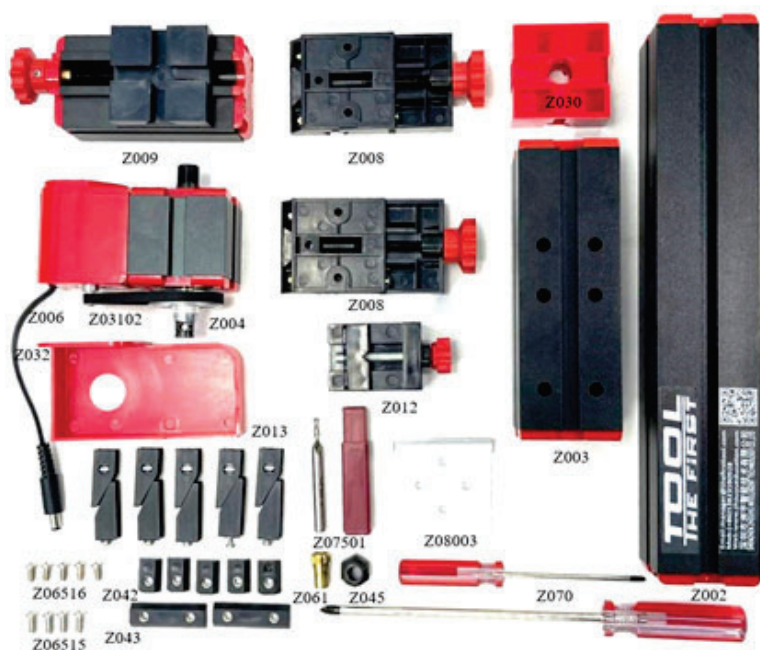


Рисунок 3.25 – Набор деталей для сборки вертикального фрезерного станка

Модульный фрезерный станок позволяет собирать другие конфигурации фрезерных станков, такие как горизонтальный фрезерный станок, наклонно-сверлильный (фрезерный) станок.

Фрезерный станок позволяет закреплять заготовки с помощью тисков.

Внимание! Сборка станка ответственное и сложное задание, требующее особой внимательности к деталям. Строго соблюдайте данную инструкцию, чтобы собрать устройство.

1 Используя набор деталей и инструментов, представленных на рисунке 3.25 производится сборка вертикального фрезерного станка.

2 Используя длинное основание Z002 и короткое основание Z003, а также винты Z06516 и пазовый сухарь Z043 собираем станину фрезерного станка. Собирая станину через разные отверстия вдоль короткого основания Z003, вы получаете разные конфигурации станины, рисунок 3.26.

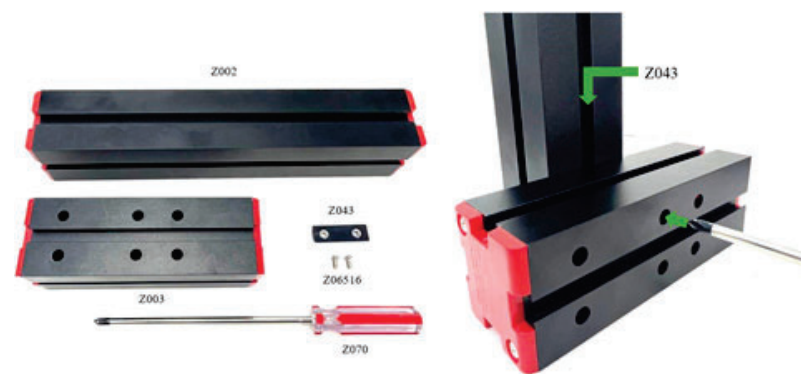


Рисунок 3.26 – Сборка станины фрезерного станка

3 Для установки промежуточной части Z030 на малую направляющую Z008 потребуется снять подвижную часть,

для этого нужно крутить ручку малой направляющей против часовой стрелки до тех пор, пока подвижная часть не перестанет двигаться. С помощью пазовых сухарей Z042 установить промежуточную часть с использованием винтов Z06516. Далее произвести сборку малой направляющей Z008 в обратном порядке, рисунок 3.27.

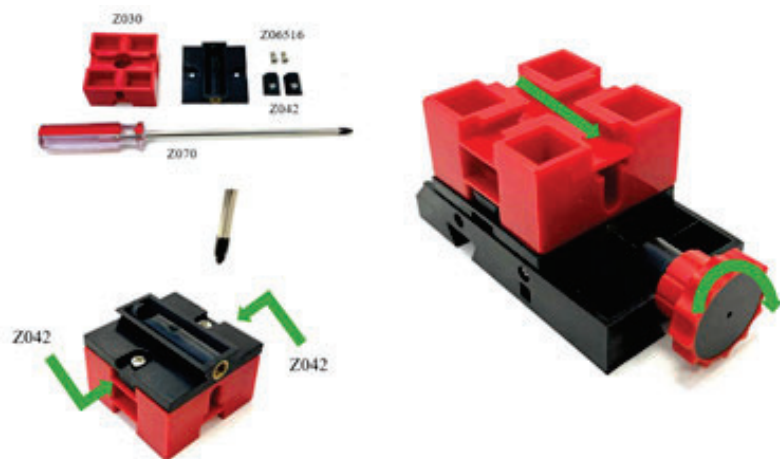


Рисунок 3.27 – Сборка малой подачи с промежуточной частью

4 Необходимо установить соединитель типа «ласточкин хвост» (Z013) в мотор (Z006). Затем следует присоединить к мотору редуктор (Z004), поместив соединительный блок в предусмотренное для этого углубление на моторе и затянуть винт Z06515 с помощью крестовой отвертки Z070. Далее установить и отрегулировать зубчатый ремень Z03102. Регулировка натяжения ремня производится через боковое отверстие в моторе. Зубчатый ремень не должен быть сильно натянут, но при этом не должен легко сниматься рукой. Установку защитного кожуха шпиндель-мотора Z032 не производить (рисунок 3.28).



Рисунок 3.28 – Сборка и регулирование шпиндель-мотора

Сборка мотор-редуктора готова. Если смотреть на лицевую сторону мотора, можно увидеть, что он вращается по часовой стрелке. Проконтролируйте, чтобы зубчатый ремень был хорошо натянут.

5 С помощью соединителя типа «ласточкин хвост» Z013 произвести сборку ранее собранной малой направляющей с промежуточной частью и шпиндель мотора, рисунок 3.29.

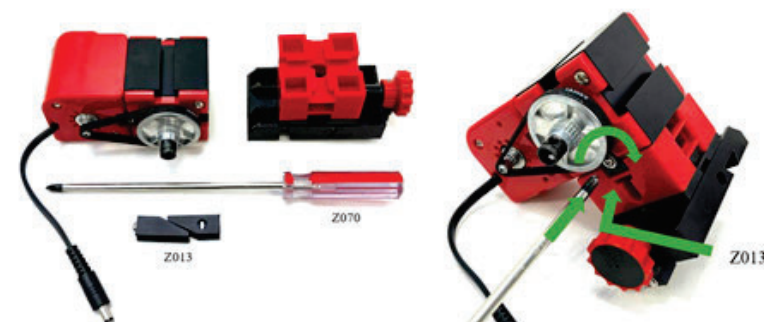


Рисунок 3.29 – Сборка модуля фрезерной головы

6. После завершения сборки модуля фрезерной головы требуется установить фрезу в цанговый патрон в порядке: цанга Z061, цанговый зажим Z045, фреза Z07501, после установки фрезы в цанговый зажим, не затягивая его, нужно аккуратно просунуть с обратной стороны вала шпинделя малую крестовую отвертку и зафиксировать шпиндель от проворота. После этого рукой затянуть цанговый зажим до тех пор, пока фреза не перестанет двигаться.

По завершению установки фрезы установить защитный кожух шпиндель-мотора Z032 с помощью пазового сухаря Z042 и винта Z06516, рисунок 3.30.



Рисунок 3.30 – Установка защитного кожуха и инструмента на модуль фрезерной головы

7 Для установки тисков Z012 на малую направляющую Z008 потребуется снять подвижную часть, для этого нужно крутить ручку малой направляющей против часовой стрелки до тех пор, пока подвижная часть не перестанет двигаться. С помощью пазовых сухарей Z042 установить промежуточную часть с использованием винтов Z06416. Далее произвести сборку малой направляющей Z008 в обратном порядке, рисунок 3.31.

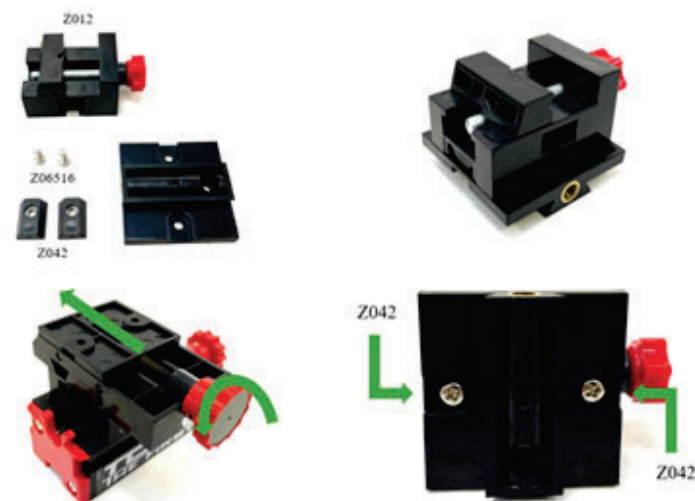


Рисунок 3.31 – Сборка узла тисков



Рисунок 3.32 – Сборка модуля подачи фрезерного станка

8 С помощью соединителя типа «ласточкин хвост» Z013 произвести сборку ранее собранной малой направляющей с тисками и большой направляющей Z009, рисунок 3.32.

9 С помощью соединителя типа «ласточкин хвост» Z013 произвести сборку ранее собранного модуля подачи со станиной. С помощью соединителя типа «ласточкин хвост» Z013 произвести сборку ранее собранного модуля фрезерной головы со станиной, рисунок 3.33. Меняя положение модуля фрезерной головы, можно увеличивать возможности по обработке заготовок.

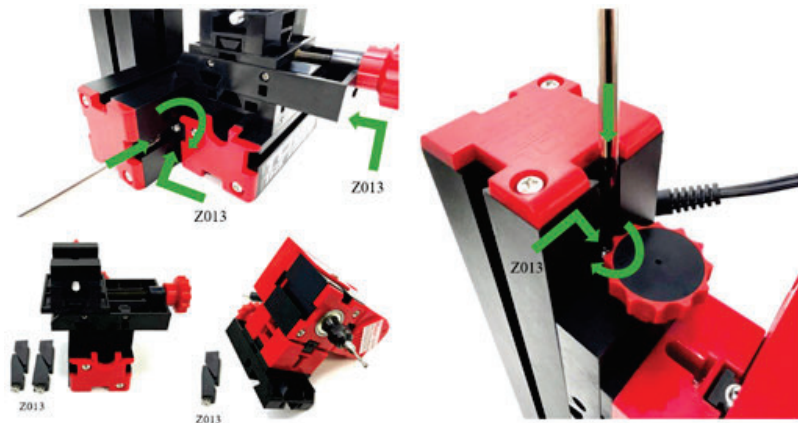


Рисунок 3.33 – Установка модулей фрезерной головы и модуля подачи

10 С помощью пазовых сухарей Z043 установить угловой усилитель на винты Z06515, рисунок 3.34.

11 Собранный фрезерный станок нужно проверить на наличие не зафиксированных частей. При нахождение слабых мест требуется повторное протягивание винтов (рисунок 3.35).

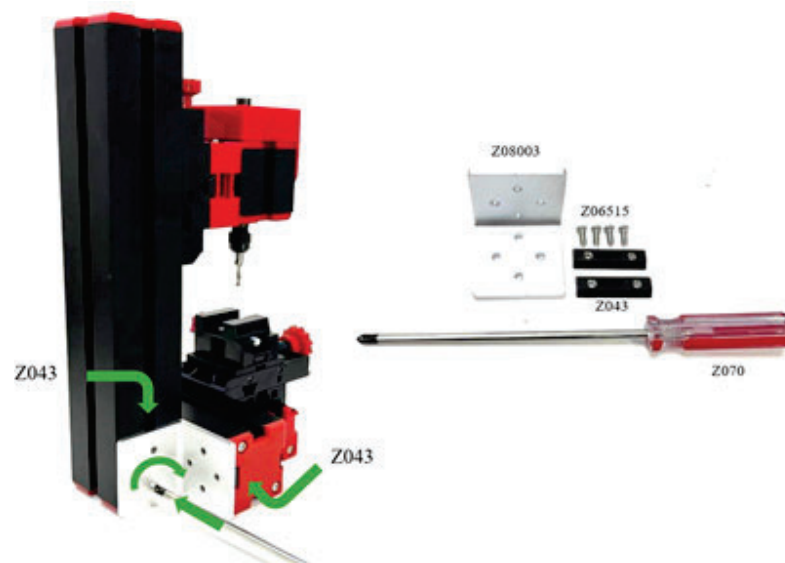


Рисунок 3.34 – Установка углового усилителя на станину



Рисунок 3.35 – Собранный вертикальный фрезерный станок

При осуществлении процесса фрезерования и сверления необходимо изготовить прямоугольный платик с отверстием по центру из деревянной заготовки либо из пластиковой заготовки.

Требования к детали.

Материал: дерево; пластик.

Габаритные размеры: длина платика: 30 мм; ширина платика: 20 мм; высота платика 10 мм; диаметр отверстия платика 3 мм.

Форма и отделка: платик должен иметь ровные грани конусности, переходов между слоев фрезерования; поверхность должна быть обработана до гладкости, пригодной для декоративного использования.

Примечание.

Для изготовления платика можно использовать деревянную пластину или заготовку из пластика.

Обработка детали должна проводиться с учетом безопасности и предотвращения повреждений материала.

Предпочтительно использовать небольшие скорости резания и подачи при обработке деревянной заготовки.

По окончании изготовления детали предоставить отчет с описанием используемых инструментов и процесса обработки.

Контроль качества и измерения: использовать измерительный инструмент (штангенциркуль) для проверки размеров детали.

Отчетность: предоставить краткий отчет о выполненной работе с описанием процесса изготовления и фотографиями изделия.

Техника безопасности при работе на токарных и фрезерных станках. Минимальный перечень требований, обязательных к исполнению.

Работа с оборудованием должна осуществляться в чистом, сухом, проветриваемом помещении.

Предотвращайте несанкционированный доступ к оборудованию детей, не достигших 14 лет.

Держите оборудование в недоступном для детей месте. Всегда при работе с оборудованием надевайте защитные очки.

Держите вдали от подвижных частей оборудования волосы и одежду.

Немедленно останавливайте станок при появлении посторонних звуков и не возобновляйте работу до обнаружения и устранения причин их возникновения.

Всегда проверяйте состояние оборудования перед первым запуском. При сборке какой-либо модели станка используйте только оригинальные детали.

С подробными требованиями организации и охраны труда можно ознакомиться по *QR*-кодам, приведенным ниже.

Техника безопасности при работе с токарным оборудованием. Техника безопасности при работе на токарном станке для обучающихся представлена [5]. На рисунке 3.36 представлен *QR*-код для быстрого перехода к ресурсу.



Рисунок 3.36 – *QR*-код по инструкции техники безопасности

Техника безопасности при работе с фрезерным оборудованием. Общая техника безопасности при работе на фрезерных станках для обучающихся представлена [7]. На рисунке 3.37 представлен *QR*-код для быстрого перехода к ресурсу.



Рисунок 3.37 – QR-код по инструкции техники безопасности

Тест по технике безопасности.

Задача № 1

Определите, что из нижеперечисленного является ошибочным в общих требованиях охраны труда.

1 При работе на фрезерном станке должна использоваться следующая спецодежда и индивидуальные средства защиты: халат хлопчатобумажный, берет, защитные очки.

2 Обучающиеся должны соблюдать порядок выполнения работы, правила личной гигиены, содержать в чистоте рабочее место.

3 В учебной мастерской должна быть медицинская аптечка с набором необходимых медикаментов и перевязочных средств для оказания первой помощи при травмах.

4 Обучающиеся, допустившие невыполнение или нарушение инструкции по охране труда, не обязаны проходить дополнительный инструктаж.

Ответ: 4.

Задача № 2

Определите, что из нижеперечисленного является недопустимым перед началом фрезерования.

1 Разложить инструменты и заготовки в определенном установленном порядке на тумбочке или на особом приспособлении, убрать все лишнее.

2 Зафиксировать заготовку руками и плавно приступить к работе.

3 Проверить работу станка на холостом ходу.

4 Надеть спецодежду, волосы тщательно заправить под берет.

Ответ: 2.

Задача № 3

Определите, что из нижеперечисленного является недопустимым в процессе фрезерования.

1 Все перечисленное.

2 Наклонять голову близко к фрезе или движущейся детали.

3 Измерять обрабатываемую деталь и не смазывать, не чистить и не убирать стружку до полной остановки станка.

4 Останавливать станок путем торможения вращающейся фрезы рукой.

Ответ: 1.

Задача №4

Определите, что из нижеперечисленного является недопустимым в аварийной ситуации.

1 При неисправности заземления корпуса станка прекратить работу, отвести фрезу от обрабатываемой детали, выключить станок и сообщить об этом учителю.

2 При отключении питания станка завершить обработку определенного участка на до тех пор, пока не остановится фреза.

3 При получении травмы сообщить об этом учителю.

4 При загорании электрооборудования станка немедленно выключить станок и приступить к тушению очага возгорания углекислотным, порошковым огнетушителем или песком.

Ответ: 2.

Задача № 5

Определите, что из нижеперечисленного не запрещено по окончании работы на фрезерном станке.

1 Тщательно вымыть станок с мылом, чтобы полностью убрать загрязнения.

2 Оставить фрезу и заготовку на месте, для следующих учащихся.

3 Протереть и смазать станок, промасленную ветошь убрать в металлический ящик с крышкой.

4 Промыть руки с растворителем, чтобы полностью избавиться от загрязнений.

Ответ: 3.

Типичные ошибки при работе с фрезерным станком.

Наиболее часто встречающиеся ошибки при работе с фрезерным станком – это правильность выбора режимов работы оборудования при обработке различных материалов.

К элементам режимов резания при точении относят:

1) глубину резания t ; 2) подачу S ; 3) скорость резания v .

Подача – это перемещение резца за один оборот обрабатываемой детали. Она измеряется в миллиметрах на один оборот детали и обозначается как s (мм/об). Подача бывает продольной, если резец движется вдоль оси детали, и поперечной, если движение перпендикулярно к оси. Величина подачи определяет длину пути резца за один оборот шпинделя и подбирается с учетом справочных рекомендаций, характеристик станка и обрабатываемых деталей.

Скорость резания в точении представляет собой расстояние, пройденное режущим лезвием за одну минуту, условно представленное как точка. Обозначается символом v и измеряется в метрах в минуту (м/мин):

$$v = (\pi \cdot D \cdot n) / 1000,$$

где v – скорость резания; π – 3,14; D – диаметр обрабатываемой поверхности; n – число оборотов.

Глубина резания определяется как расстояние, на которое режущий инструмент проникает в материал, создавая разницу между обрабатываемой и обработанной поверхностями. При обтачивании заготовки на токарном станке вдоль ее оси вращения глубина резания вычисляется как половина разницы между диаметрами:

$$T = (D - d) / 2,$$

где T – глубина резания; D – диаметр до обработки; d – диаметр обработанный.

Частота вращения шпинделя n (мин⁻¹):

$$n = (1000 \cdot V) / (\pi \cdot D).$$

Основное время обработки детали T_0 (мин) – время, в течение которого происходит процесс снятия стружки:

$$T_0 = L / (S \cdot n),$$

где L – длина рабочего хода инструмента в мм.

При расчете параметров фрезерования используют ряд важных терминов:

t – глубина резания при фрезеровании (мм) – это расстояние между обработанной и обрабатываемой поверхностями. Величина этого параметра зачастую зависит от типа фрезерования, чистовой или черновой обработки;

B – ширина фрезерования (мм) – это поверхность заготовки, обработанная за один рабочий ход.

Подачи при фрезеровании:

S_z – подача на зуб (мм/зуб) – величина перемещения стола станка с обрабатываемой заготовкой или фрезы за время поворота ее на один зуб;

S_0 – (оборотная подача мм/об) – величина перемещения стола станка с обрабатываемой заготовкой или фрезы за один оборот фрезы. $S_0 = S_z \cdot z$, где z – число зубьев фрезы;

S_m – (минутная подача мм/мин) величина перемещения стола станка с обрабатываемой заготовкой или фрезы за одну минуту $S_m = S_0 \cdot n$, $S_m = S_z \cdot n \cdot z$.

Скорость резания (м/мин):

$$V_p = (C_v \cdot D^q) / (T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot Z^p) \cdot K_v,$$

где K_v – общий поправочный коэффициент; T^m – период стойкости фрезы, мин.

Значения C_v и показателей степени являются табличными.

Значение поправочного коэффициента рассчитывается по формуле

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV},$$

где K_{MV} – коэффициент, учитывающий обрабатываемый материал, рассчитывается по формуле; K_{PV} – коэффициент, учитывающий состояние поверхности, берется из таблицы; K_{IV} – коэффициент, учитывающий материал инструмента, берется из таблицы.

После того как произвели расчет скорости резания нужно рассчитать частоту вращения шпинделя:

$$n_P = (V_P \cdot 1000) / (\pi \cdot D),$$

где D – диаметр фрезы, мм; π – 3,14.

Значение n_P корректируется по паспортным значениям станка, используемого для обработки. Берется минимальная нижняя ступень $n_{ст}$, так чтобы соответствовало выражению $n_{ст} \leq n_P$.

После корректировки частоты вращения шпинделя определяется фактическая скорость резания:

$$V_{ф} = (\pi \cdot D \cdot n_{ст}) / 1000, \text{ м/мин.}$$

Задачи на расчет параметров резания при токарной обработке.

Задача № 1

Определить глубину резания t при обтачивании заготовки диаметром D на токарном станке в два перехода. При переходе предварительной обработки заготовка обтачивается до $D1$, а при окончательной обработке – до $D2$.

Данные к задаче представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Исходные параметры

№ Варианта	D , мм	$D1$, мм	$D2$, мм	№ Варианта	D , мм	$D1$, мм	$D2$, мм
1	188	182	180	6	87	81,5	80
2	67	61,5	60	7	216	208	206
3	56	51	50	8	50	43,5	42
4	120	114	112	9	140	132	130
5	95	88,5	87	10	73	66,5	65

Задача № 2

Определить скорость главного движения резания при обработке заготовки диаметром D (мм) на токарном станке с частотой вращения шпинделя n (мин⁻¹).

Данные к задаче представлены в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Исходные параметры

№ Варианта	D , мм	n , мин(-1)	№ Варианта	D , мм	n , мин(-1)
1	80	860	6	180	315
2	150	315	7	30	2000
3	45	1600	8	95	630
4	70	1250	9	110	400
5	220	250	10	60	1000

Задача № 3

Определить частоту вращения шпинделя станка n (мин⁻¹) при обтачивании заготовки диаметром D (мм) на токарном станке со скоростью главного движения резания V (м/мин).

Данные к задаче представлены в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Исходные параметры

№ Варианта	D , мм	V , м/мин	№ Варианта	D , мм	V , м/мин
1	140	88	6	64	200
2	37	233	7	160	80
3	90	177	8	54	170
4	120	119	9	43	216

Задачи на расчет параметров резания фрезерного станка.

Задача № 1

Рассчитать фактическую скорость резания $V_{\text{ф}}$ фрезерным инструментом заготовки из материала Д16Т, зная, что расчетная скорость резания V_P равна 110 м/мин, диаметр фрезы D равен 6 мм, а $n_{\text{ст}} = 0,91 \cdot n_P$. Ответ округлить до целого.

Ответ: $V_{\text{ф}} = 100$ м/мин.

Задача № 2

Рассчитать паспортное значение $n_{\text{ст}}$, при фрезеровании заготовки из латуни фрезерным инструментом диаметром D равным 4 мм, зная, что расчетная скорость станка V_P равна 60 м/мин и связана с фактической скоростью резания $V_{\text{ф}}$ выражением – $V_{\text{ф}} = 0,942 \cdot V_P$. Ответ округлить до целого.

Ответ: $n_{\text{ст}} = 4500$ об/мин.

Полное решение задачи представлено в электронном ресурсе с разбором практических задач [4].

3.3 Фрезерные станки с ЧПУ

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 2 часа)

3.3.1 Устройство станков с ЧПУ

Станина. Неподвижная основа станка, изготовленная из прочных материалов, таких как литой чугун или сварные балки.

Колонна. Крепление для шпиндельного узла, может двигаться по одной или двум осям.

Рабочий стол. Поверхность для крепления заготовок, может быть с Т-пазами или вакуумным.

Направляющие. Обеспечивают точное поступательное движение стола и шпинделя, бывают цилиндрическими и рельсовыми.

Двигатели подачи. Шаговые или серводвигатели, которые перемещают шпиндель относительно стола.

Передача движения. Вращательное движение двигателя преобразуется в поступательное, используя передачи винт – гайка (трапецеидальная или шарико-винтовая).

Шпиндель. Крепит и вращает инструмент, может быть с водяным или воздушным охлаждением.

Концевые датчики. Определяют граничные положения рабочего поля станка.

Инструментальный магазин. Автоматически меняет инструмент, ускоряя процесс производства.

Система пылеудаления. Удаляет отходы обработки, улучшая качество работы и защищая оператора.

Система подачи СОЖ. Подает охлаждающую жидкость в зону резания.

Система автоматической смазки. Смазывает движущиеся элементы станка.

Датчик обнуления оси Z. Определяет нулевую точку по вертикальной оси.

Шкаф / блок системы ЧПУ. Содержит электронные компоненты системы ЧПУ.

Панель оператора. Взаимодействует с оператором, может быть стационарной или переносной.

Ручной пульт. Позволяет управлять осями вручную.

3.3.2 Принцип работы фрезерного станка с ЧПУ

Подготовка детали. Моделирование в CAD-программе и создание управляющей программы в CAM-программе.

Запуск обработки. Установка заготовки и фрезы, загрузка программы, начало работы.

Получение готовой детали. Извлечение и дообработка детали.

3.3.3 Виды фрезерных станков с ЧПУ

Трехосевые. Самые распространенные, позволяют выполнять базовые операции.

Четырехосевые. Имеют дополнительную ось вращения, позволяют обрабатывать детали по всему периметру вращения.

Пятиосевые. Самые дорогостоящие, обрабатывают детали по пяти координатам, подходят для сложных изделий.

Особые указания к главе. Данная глава является вводной. Необходимо рассказать об устройстве фрезерного станка с ЧПУ, какие компоненты и за что отвечают, как работают на станках с ЧПУ (какие этапы необходимо пройти от задумки к готовой детали), перечислить виды фрезерных станков, обратить внимание, на каких станках будут работать ученики, показать их особенности.

3.3.4 Обслуживание, настройка и подготовка фрезерного станка с ЧПУ к работе. Техника безопасности

Настройка и подготовка фрезерного станка с ЧПУ.

Начало работы.

1 Инструменты и материалы.

Убедитесь, что имеются все необходимое для работы за станком: фрезы, сверла, заготовки, средства индивидуальной защиты.

2 Очистка рабочего пространства.

Убедитесь, что вокруг станка нет мусора или других предметов, которые могут помешать вашей работе. Также не должно быть посторонних людей.

Настройка и подготовка.

1 Установить фрезу.

Надежно закрепить фрезу в цанговом патроне, плотно закрутив гайку.

2 Установить заготовку.

Расположить заготовку на рабочем столе и закрепить ее с помощью двухстороннего скотча (при необходимости использовать саморезы).

3 Включить питание.

4 Установить нулевую точку.

Установить точку отчета вручную, которая задается в управляющей программе. Это делается путем перемещения фрезы к заготовке.

5 Загрузить управляющую программу.

Завершение работы на станке с ЧПУ.

1 Дождаться окончательного завершения рабочей программы.

2 Переместить фрезу в безопасную зону.

3 Выключить станок.

4 Снять фрезу.

5 Очистить станок от стружки, опилок, пыли.

Обслуживание фрезерного станка с ЧПУ.

1 Очистка от загрязнений.

2 Визуальный осмотр.

3 Смазка (направляющие, подшипники, шпиндель, ШВП).

4 Проверка точности станка (при необходимости калибровка).

Техника безопасности при работе с фрезерным станком с ЧПУ.

Одежда, аксессуары.

1 Всегда носить защитные очки.

2 При необходимости надевать звукопоглощающие наушники.

3 Запрещается носить открытую обувь.

4 Не носить шорты, надевать длинные штаны.

5 Не носить одежду с длинным рукавом.

6 Снимать часы, ожерелья и прочие аксессуары.

7 Не надевать перчатки во время работы станка.

8 Убирать длинные волосы.

При работе за станком.

1 Не оставлять станок без присмотра.

2 Не работать на станке при плохом самочувствии.

3 Не использовать поврежденные или неисправные инструменты.

4 Будьте осторожны при работе с движущимися частями станка.

5 Не трогать фрезу руками, пока она не остынет. Также следует быть аккуратным, ведь фреза имеет острые кромки, которыми легко можно пораниться.

6 Не превышайте допустимую скорость вращения шпинделя, рабочей подачи станка.

7 Следить за температурой фрезы. При перегреве свойства фрезы меняются, и она может легко сломаться.

8 Немедленно выключить станок с помощью аварийной кнопки при возникновении неисправностей.

Особые указания к главе. В данной главе рассказывается, как обращаться с фрезерным станком с ЧПУ. Необходимо провести небольшую лекцию, а затем закрепить материал, выполняя действия на настоящем станке с ЧПУ вживую. Это должен делать преподаватель в небольших группах (до 7 человек).

Практическая работа

Практическое занятие № 1 Подготовка фрезерного станка с ЧПУ к работе

Цель работы: научиться подготавливать фрезерный станок с ЧПУ к работе.

В ходе данной практической работы ученики учатся под руководством преподавателя обращаться с фрезерным

станком с ЧПУ. Они подготавливают рабочее место, устанавливают заготовку, проверяют работоспособность станка.

Оборудование.

Фрезерный станок с системой ЧПУ *Pumotix (PureLogic)*.

Выполнение практического задания.

1 Убедиться в выполнении техники безопасности.

Все люди, находящиеся рядом со станком, должны носить подходящую одежду, защитные очки. Не должно быть никаких посторонних предметов в зоне резания и т.д.

2 Установить заготовку.

Выбрать заготовку размерами не больше рабочего поля станка. Она должна быть в идеале немного больше, чем изготавливаемая деталь. Это может быть фанера или пластик.

Также необходимо прикрепить заготовку на двойной скотч к «жертвенному столу». В определенных случаях, когда нет уверенности, что заготовка будет держаться во время работы, можно использовать саморезы.

3 Установить необходимую фрезу.

Убедиться, что в цанговом патроне установлена нужная фреза. Если нет, то заменить ее.

Это делается следующим образом. Раскрутить цанговый патрон с помощью гаечных ключей. Если там была фреза, заменить ее на нужную путем установки фрезы в цангу. Закрутить цанговый патрон также с помощью ключей. Важно не перекрутить резьбу, чтобы не сорвать ее. Также не стоит слишком слабо затягивать резьбу, иначе во время процесса обработки режущий инструмент может сломаться либо выпасть.

4 Включить станок, проверить его работоспособность.

Включить компьютер, к которому подключен станок. Запустить ЧПУ систему *Pumotix*. Нажать на кнопку включения на станке. Она должна выглядеть как красная кнопка. В ЧПУ системе должно быть написано, что станок подключен и готов к работе.

Также следует переместить рабочий инструмент по осям, включить шпиндель на короткое время, чтобы убедиться в исправности.

5 Преподаватель может запустить тестовую программу.

Это может быть какая-либо гравировка или снятие поверхностного слоя с заготовки. Обязательно, чтобы во время работы заготовка держалась на месте. Если она сместится, необходимо прекратить фрезерование и заново закрепить заготовку лучшим образом.

3.3.5 Обработка на фрезерных станках с ЧПУ

Виды фрезерной обработки с ЧПУ. Фрезерная обработка удаляет материал, когда режущий инструмент вращается, а заготовка перемещается. Существует два вида обработки:

- черновая. Удаление основной массы материала без особой точности, деталь может быть ступенчатая для последующей обработки;
- чистовая. Финальная обработка с высокой точностью и требуемым качеством поверхности.

Режущий инструмент, использующийся во фрезерных станках с ЧПУ. Инструменты изготавливаются из твердых сплавов и быстрорежущей стали, часто с покрытиями (например, AlTiN, TiN) для увеличения износостойкости. Основные инструменты:

- фрезы. Для обработки различных поверхностей;
- сверла. Для создания отверстий;
- метчики. Для нарезания резьбы.

Параметры процесса фрезерования.

При подготовке управляющей программы могут устанавливаться следующие параметры:

- частота вращения шпинделя (n);
- скорость резания (v);
- диаметр (DC);
- число зубьев (z);
- подача на зуб (f_z);
- минутная подача (v_f);
- подача на оборот (f_n).

Проектирование деталей для изготовления на фрезерном станке с ЧПУ. При проектировании необходимо учитывать технологию изготовления, материал, используемые инструменты, количество установок, способ крепления заготовки и удаление стружки. Правильное проектирование позволяет изготавливать детали без трудностей и с минимальными затратами.

Подготовка управляющей программы. Управляющая программа создается в САМ-системах и определяет стратегию обработки, инструменты и параметры. Стратегии зависят от типа детали.

Плоская деталь. Сначала обрабатываются внутренние контуры и отверстия, затем вырезается деталь.

Объемная деталь. Черновая обработка оставляет припуск, затем чистовая для качества поверхности.

Рельефная деталь. Черновая обработка обычной фрезой, затем чистовая спиральной конической фрезой для высокого качества.

Особые указания к главе. Преподаватель читает лекцию, где рассказывает сначала о видах фрезерной обработки, режущем инструменте, параметрах процесса фрезерования. Все для того, чтобы перейти к подготовке управляющей программы. Далее преподаватель наглядно показывает, как он подготавливает управляющую программу несложной детали по шагам. После подготовки УП преподаватель может изготовить ее на станке, чтобы продемонстрировать ученикам, что программа работает.

Задание 1 По данным чертежам (либо по своей задумке с согласованием преподавателя) подготовить 3D-модель детали в CAD и выгрузить ее в формате .step (объемная деталь) или .dxf (плоская деталь) после проверки преподавателем.

Задание 2 Подготовить управляющую программу в САМ и выгрузить код в формате .tap после проверки преподавателем.

Практическое занятие № 2

Загрузка управляющей программы на ЧПУ станок. Изготовление детали

Цель работы: научиться изготавливать простые детали на фрезерном станке с ЧПУ.

В ходе данной лабораторной работы ученики будут самостоятельно изготавливать на фрезерном станке с ЧПУ свою деталь по заданию. Для этого ранее они должны подготовить 3D-модель в CAD-программе, затем создать управляющую программу в CAM-программе.

Оборудование.

Фрезерный станок с системой ЧПУ *Pumotix (PureLogic)*.

Ход работы.

Убедиться в выполнении техники безопасности.

Все люди, находящиеся рядом со станком, должны носить подходящую одежду, защитные очки. Не должно быть никаких посторонних предметов в зоне резания и т.д.

Подготовить станок к работе (как в практической работе № 1).

Загрузить управляющую программу в формате .tap на систему ЧПУ *Pumotix*.

Запустить процесс обработки.

Во время процесса обработки необходимо следить за работой станка. При возникновении внештатных ситуаций нажать на красную кнопку аварийной остановки.

После завершения процесса обработки извлечь заготовку.

Перед извлечением установить шпиндель в место, где он не будет мешаться с помощью кнопок управления. Отключить станок от питания. Извлечь фрезу из цанги.

Убрать за собой.

Во время процесса обработки выделяется пыль и стружка. Поэтому после завершения работы обязательно очистить рабочее место с помощью совка и щетки, при необходимости использовать пылесос.

3.3.6 Типичные ошибки при работе с фрезерным станком с ЧПУ

Острые внутренние углы. Фрезы не могут обрабатывать острые внутренние углы из-за своей конструкции, но острые внешние углы обрабатываются легко. Минимальный радиус скругления внутреннего угла равен радиусу используемой фрезы. Для создания острых внутренних углов применяются приемы, такие как *T-bone* и *Dog Bone*.

Скругление внешних кромок. В основном используются фасочные фрезы для обработки внешних кромок деталей, поскольку профильные фрезы сложнее и дороже в настройке. Вместо скругления внешних кромок рекомендуется использовать фаску. Внутренние скругления обрабатываются сферическими фрезами.

Глубокие пазы и прорези. Не рекомендуется обрабатывать детали с глубокими пазами и прорезями, так как это требует длинной фрезы, подверженной вибрациям, что ухудшает качество поверхности и точность размеров.

Недоступные элементы. Необходимо учитывать возможности станка и обрабатывать детали так, чтобы все элементы были доступны для обработки. Недоступные элементы требуют специальных фрез, которые могут быть трудно найти.

Особые указания к главе. Данная глава является информативной. Здесь рассказывается об ошибках при проектировании деталей, предполагающих изготовление на фрезерных станках. Хотя и не предполагается, что ученики будут проектировать детали, но все же очень важно рассказать об этих особенностях.

Список использованных источников

1 Основы теории резания материалов: учеб. пособие / Н.А. Можин, В.А. Аврелькин, Е.А. Федулов. – Иваново: ИВГПУ, 2018. – 84 с.

2 Теория резания. Резание материалов Методические рекомендации к лабораторным работам для студентов специальностей 1-36 01 01 «Технология машиностроения», 1-36 01 03 «Технологическое оборудование машиностроительного производства» и 1-53 01 01 «Автоматизация технологических процессов и производств (по направлениям)» дневной и заочной форм обучения / Рекомендовано к изданию учебно-методическим отделом Белорусско-Российского университета; сост.: канд. техн. наук, доц. С.А. Сухоцкий, И.А. Тарадейко. – Могилев, 2023.

3 Резание материалов. Режущий инструмент: в 2 ч. Ч. 1: учебник для вузов / С.Н. Григорьев [и др.]; под общ. ред. Н.А. Чемборисова. – М.: Юрайт, 2024. – 263 с. – (Высшее образование). – ISBN 978-5-534-00115-0. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/536157>

4 Практическая работа: расчет режимов резания // Образовательная социальная сеть. – URL: <https://nsportal.ru/npo-spo/metallurgiya-mashinostroenie-i-materialoobrabotka/library/2021/12/13/prakticheskaya-rabota> (дата обращения: 24.10.2024).

5 Техника безопасности при работе на токарном станке // Образовательная социальная сеть URL: <https://nsportal.ru/npo-spo/metallurgiya-mashinostroenie-i-materialoobrabotka/library/2016/06/24/tehnika-bezopasnosti> (дата обращения: 24.10.2024).

6 Мирошин Д.Г., Агаева Э.Э. Технология обработки на токарных станках: учеб. пособие для среднего профессионального образования / под общ. ред. И.Н. Тихонова. – М.: Юрайт, 2024. – 314 с. – (Профессиональное образование). – ISBN 978-5-534-14667-7. – Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. – URL: <https://urait.ru/bcode/544220> (дата обращения: 15.10.2024).

7 Техника безопасности при работе на токарном станке. – URL: <https://get-qr.com/content/qPMsfe> (дата обращения: 24.10.2024).

4 Основы металлургии

4.1 Литейное производство

(Теоретические занятия – 1 час)

Для освоения раздела преподавателю необходимо ознакомиться с дополнительной рекомендованной литературой. При проведении урока следует обратить внимание обучающихся на области применения литейных технологий в промышленности России. Отдельно стоит отметить, что литейные процессы охватывают не только изготовление изделий из металлов и сплавов, но и пластик, керамику, стекло и т.д., поскольку технологические процессы производства схожи (рисунок 4.1).

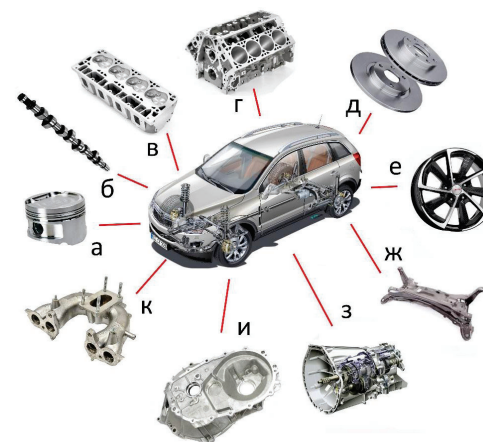


Рисунок 4.1 – Часть деталей автомобиля, изготавливаемых литьем: а – поршень; б – коленчатый вал; в – головка блока цилиндров; г – блок цилиндров; д – тормозные диски; е – литые диски; ж – подрамник; з – корпус КПП; и – крышка КПП; к – впускной и выпускной коллектор

Основной акцент при проведении занятия следует сделать на цифровых технологиях, таких как моделирование литейных процессов, 3D-печати литейных моделей и форм, лазерная и оптическая оцифровка и др.

На освоение раздела следует запланировать 1 акад. час. Для углубленного освоения раздела при дополнительном запросе возможна организация факультативного занятия по литейному производству в Университете науки и технологий МИСИС (таблицы 4.1, 4.2).

Таблица 4.1 – Примерный план проведения теоретической части урока

№	Тема	Время, мин	Обсуждение
1	Области применения литейных технологий	15	Обсудить с обучающимися, где и в каком виде они сталкиваются с литыми изделиями, например различная фурнитура, втулки, ювелирные украшения, и разобрать на примере автомобиля, какие детали в нем изготовлены литьем. На рисунке 4.1 показана часть агрегатов, которые изготавливаются литьем
2	Цифровые технологии в литейном производстве	20	Разобрать основные цифровые технологии, используемые в литейном производстве. Обсудить, как они упрощают жизнь технолога
3	Тест	10	

Таблица 4.2 – Примерный план проведения факультативного практического занятия

№	Тема	Планируемое время, мин	Порядок проведения
1	Изготовление отливок по разъемным моделям	120	Обучающиеся самостоятельно изготавливают литейную форму по разъемным моделям, наблюдают процесс заливки ее расплавом и анализируют полученную отливку на наличие дефектов

Вопросы для теста 3 «Основы металлургии»

1 В каких отраслях промышленности России используются литые детали?

- а) аэрокосмическая;
- б) автомобилестроение;
- в) железнодорожный транспорт;
- г) атомная энергетика;
- д) электроника
- е) все перечисленное.

2 Какая минимальная толщина стенки возможна в отливке?

- а) от 5 мм;
- б) от 2–3 мм;
- в) от 1–2 мм;
- г) до 0,5 мм.

3 Какие металлы и сплавы могут быть использованы для изготовления отливок?

- а) только металлы и сплавы на основе алюминия и меди;
- б) только из сплавов на основе железа;
- в) только сплавы на основе титана и никеля;
- г) любые металлы и сплавы

4 Возможно ли литьем получить детали, не требующие последующей механической обработки?

- а) возможно;
- б) невозможно

5 Какие цифровые технологии применяются в литейном производстве?

- а) моделирование процессов заполнения формы и затвердевания отливок;
- б) 3D-печать моделей и литейных форм,
- в) станки с ЧПУ;

- г) лазерная и оптическая оцифровки;
- д) все перечисленное

6 На каком этапе преимущественно применяются цифровые технологии в литейном производстве?

- а) на финишном этапе;
- б) на этапе подготовки производства;
- в) в процессе производства

7 Лазерную или оптическую оцифровку в литейном производстве применяют для: 1) для обратного инжиниринга; 2) для проверки отклонения размеров модели и отливки; 3) для контроля дефектов поверхности; 4) для определения шероховатости поверхности. Выберите правильный ответ:

- а) только 1 и 2; г) только 2, 3 и 4;
- б) только 1 и 3; д) только 3 и 4
- в) только 2 и 4;

Ответы: 1 – е; 2 – г; 3 – г; 4 – а; 5 – д; 6 – б; 7 – а.

4.2 Обработка металлов давлением

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 1 часа)

Обработка металлов давлением является важным технологическим процессом металлургического производства. Процесс обработки металлов давлением направлен на придание слитку после выплавки или заготовки необходимой формы и размеров, а также на улучшение свойств слитка. Обработку металлов давлением классифицируют на прокатку, волочение, прессование, ковку и штамповку.

Прокатка представляет собой процесс пластической обработки металла, заключающийся в утончении (уменьшении поперечного сечения) заготовки и придания ей необходимой формы под действием вращающихся валков прокатного стана. По методу воздействия валков на металл

прокатку классифицируют на *продольную, поперечную и поперечно-винтовую*.

Продольная прокатка заключается в деформировании заготовки, расположенной между двумя валками, которые вращаются в разные стороны.

Поперечная прокатка заключается в деформировании заготовки, расположенной между двумя валками, которые вращаются в одном направлении, а заготовка вращается в противоположном направлении. Данный способ прокатки применяется для изделий круглого сечения (шары, оси, шестерни и др.).

Поперечно-винтовая прокатка заключается в деформировании заготовки вращательным и поступательным движениями. Валки вращаются в одну сторону под некоторым углом друг к другу. Данный тип прокатки применяется при обработке полых деталей, в частности при производстве труб или гильз.

Волочение металла представляет собой процесс протягивания заготовки через отверстие установки, площадь которого меньше площади сечения заготовки. Движущей силой волочения является тяговое усилие, приложенное к переднему концу обрабатываемой заготовки. Обработка методом волочения применяется для изготовления проволоки, прутков с высокой точностью размеров и труб разных сечений.

Прессование представляет собой процесс вытеснения пуансоном (т.е. элементом, который действует на заготовку с целью ее деформации) разогретого металла исходной заготовки через отверстие установки. Прессование классифицируют на прямое прессование и обратное. В процессе прямого прессования металл вытесняется в направлении движения пуансона, а при обратном металл движется навстречу движению. Обработка методом прессования применяется преимущественно для изготовления прутков и труб, а также изделий сложных форм.

Ковка представляет собой процесс деформирования разогретого металла исходной заготовки давлением под действием ударных нагрузок с помощью специального инстру-

мента – бойков. Под действием ударных нагрузок заготовка приобретает требуемые размеры и форму. Ковкой получают заготовки для последующей механической обработки.

Штамповка металла представляет собой процесс деформирования заготовки давлением с помощью специального инструмента – штампа.

Вопросы для теста 3 «Основы металлургии»

Базовый уровень

1 На какие методы классифицируют обработку металлов давлением?

Ответ: прокатка, волочение, прессование, ковка и штамповка.

2 Для чего слиток подвергают обработке давлением?

Ответ: для придания слитку после выплавки или заготовки необходимой формы и размеров, а также для улучшения свойств слитка.

3 Что такое штамповка?

Ответ: Штамповка металла – это процесс деформирования заготовки давлением с помощью специального инструмента – штампа.

4 Какие обработки применяют для изготовления труб?

Ответ: поперечно-винтовая прокатка, волочение, прессование.

5 Каким методом получают гвозди, заклепки, шурупы, винты, болты, гайки?

Ответ: высадкой.

6 Каким методом получают детали сложных форм?

Ответ: прессование, формовка.

7 Каким методом получают монеты?

Ответ: чеканка.

Продвинутый уровень

1 Какая обработка используется в качестве промежуточной для снятия внутренних напряжений при формовке?

Ответ: отжиг для снятия напряжений.

2 Какая обработка применяется в качестве предварительной перед ковкой, волочением и штамповкой?

Ответ: прокатка применяется перед ковкой, волочения и штамповки.

3 Чем отличается прямое и обратное прессование?

Ответ: В процессе прямого прессования металл вытесняется в направлении движения пуансона, а при обратном – металл движется навстречу движению.

4.3 Порошковая металлургия

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 1 час)

Вещества в порошкообразном состоянии окружают нас и дома, и на улице, поэтому основные представления о свойствах металлических порошков можно переносить и на свойства неметаллических порошков, используемых в быту.

Поскольку стандартного «порошкового» исследовательского оборудования в инженерных классах нет, простейшие опыты, демонстрирующие текучесть, насыпную плотность и плотности утряски, а также зависимость этих свойств от размера частиц можно провести с использованием поваренной соли разной крупности (при отсутствии соли разного помола можно измельчить крупную соль в ступке) и стеклянных пробирок, в которых можно видеть и сами частицы порошка, и поры между ними.

Степень усвоения материала данного раздела может быть оценена тестовым методом. Примерные вопросы приводятся далее.

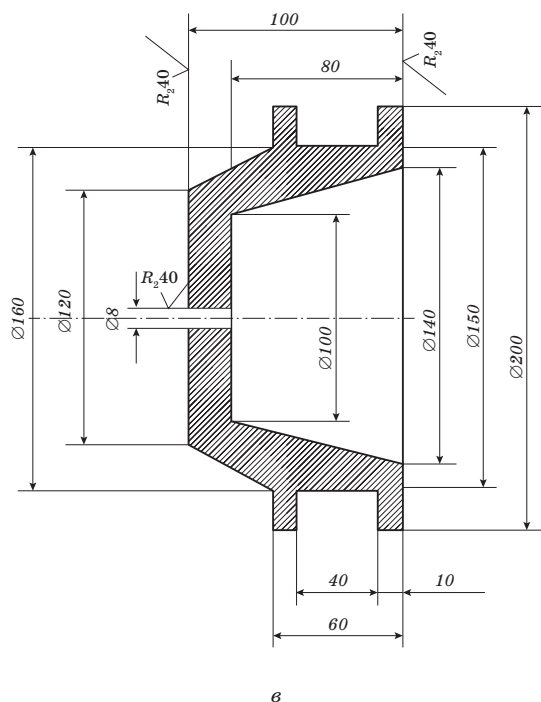


Рисунок 4.2 – Чертежи изделий, планируемых к выпуску на предприятии: а – кронштейн; б – втулка; в – крышка

Вопросы для диагностики

1 Можно ли сделать электрический контакт из вольфрама и меди литейными технологиями?

- 1) Да.
- 2) Нет.

2 К какой группе свойств порошков относятся текучесть и насыпная плотность?

- 1) К химическим свойствам.
- 2) К физическим свойствам.
- 3) К технологическим свойствам.

4) К физическим и технологическим свойствам одновременно.

5) К химическим и физическим свойствам одновременно.

3 В чем состоит основная задача операции формования порошков?

- 1) В придании порошковой формовке требуемой формы.
- 2) В придании порошковой формовке требуемых размеров.
- 3) В придании порошковой формовке требуемой плотности.
- 4) В придании порошковой формовке требуемых размеров, формы и плотности.

4 В чем состоит основная задача операции спекания порошковых формовок?

- 1) В уменьшении пористости порошковой формовки
- 2) В увеличении прочности порошковой формовки
- 3) В изменении формы частиц порошка в спекаемой формовке
- 4) В изменении формы спекаемой формовки

Правильные ответы

Вопрос 1 – 2; Вопрос 2 – 3; Вопрос 3 – 4; Вопрос 4 – 2

Список использованных источников

1 Литейное производство: учебник / В.Д. Белов, М.В. Пикунов, Э.Б. Тен [и др.]; под ред. В.Д. Белова. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд. Дом МИСИС, 2015. – 478 с.

2 Технология художественного и прецизионного литья: учеб. пособие / В.А. Палачев [и др.]. – М.: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. – 150 с.

3 Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении / пособие для инженеров. – М. ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ» 2015. – 220 с.

5 Конструкционные материалы

5.1 Виды и типы материалов для современного производства

(Теоретические занятия – 1 час)

Для освоения раздела преподавателю необходимо ознакомиться с рекомендованной литературой. При проведении урока следует обратить внимание обучающихся на историю освоения материалов человечеством и их влияние на прогресс в разные периоды времени. Отдельно стоит отметить, что конструкционные материалы – это самая обширная область материаловедения, которая охватывает все сферы деятельности человека, начиная со строительства и заканчивая медициной.

Основной акцент при проведении занятия следует сделать на областях применения различных групп материалов, таких как стали, цветные металлы, полимеры, полупроводники и композитные материалы.

На освоение раздела следует запланировать 1 акад. час. Для углубленного освоения раздела при дополнительном запросе возможна организация экскурсий в лаборатории Университета науки и технологий МИСИС.

Примерный план проведения теоретической части урока

№	Тема	Время, мин	Обсуждение
1	История развития материаловедения	20	Обсудить с обучающимися хронологию открытия различных материалов человечеством, к каким изменениям в развитии это привело. Обсудить положение современного материаловедения
2	Классификация основных современных материалов	25	Разобрать основные классы материалов, их группы и виды. Обсудить их преимущества и недостатки, области применения

Примерный план проведения факультативного практического занятия

№	Тема	Планируемое время, мин	Порядок проведения
1	Современное материаловедение	60	Обучающиеся посетят несколько лабораторий, занимающихся различными областями материаловедения

5.2 Металлы и сплавы

(Теоретические занятия – 1 час)

При проведении занятий по разделу «Металлы и сплавы» важно сделать акцент на сплавах железа, т.к. они представляют собой основу конструкционного материаловедения.

Железо в чистом виде уже обладает определенным набором положительных свойств, в том числе несколькими аллотропическими превращениями. При дополнительном легировании углеродом можно получить новые материалы – стали и чугуны. Необходимо пояснить разницу между данными материалами и объяснить, к чему приводит разное содержание углерода в сплавах.

Дополнительное легирование сталей придает им необходимые для эксплуатации свойства, такие как коррозионную стойкость, жаропрочность, теплостойкость и т.д. Необходимо отработать с учащимися правила маркирования сталей.

При изучении способов производства чугунов и сталей сделать акцент на разных способах производства сталей. Если чугуны выплавляют в доменных печах, то стали можно получать разными методами: в кислородно-конвертерных, электросталеплавильных и мартеновских печах. Но последний способ является устаревшим и на современных предприятиях уже не используется.

На освоение раздела следует запланировать 1 акад. час. Для углубленного освоения раздела, при дополнитель-

ном запросе возможна организация практической работы в Университете науки и технологий МИСИС.

Примерный план проведения теоретической части урока

№	Тема	Время, мин	Обсуждение
1	Диаграмма железо – углерод. Чугуны	15	Обсудить с обучающимися классификацию сплавов железо – углерод, разновидности чугуна. Влияние содержание углерода на свойства чугунов. Модификация чугунов. Процесс производства чугунов
2	Стали	20	Разобрать классификацию и маркировку сталей. Способы производства сталей. Обсудить сферы применения сталей
3	Тест	10	

Примерный план проведения факультативного практического занятия

№	Тема	Планируемое время, мин	Порядок проведения
1	Структура сталей и чугунов	60	Обучающиеся посетят металловедческую лабораторию, ознакомятся с принципом работы микроскопа и изучат структуры образцов

5.3 Полупроводники

(Теоретические занятия – 1 час)

Из 118 известных на сегодня элементов Периодической таблицы Менделеева 85 являются металлами, 33 – неметаллами. При этом 13 из них обладают полупроводниковыми свойствами и 20 диэлектрическими.

Проводниками называют материалы, которые способны проводить электрический ток, при этом с повышением температуры их электропроводность уменьшается. К проводникам относятся все металлические материалы.

Диэлектрики часто называют изоляторами, это связано с тем, что такие материалы не проводят электрический ток. Отсюда можно предположить, что **полупроводники** – это такие материалы, которые обладают некими промежуточными свойствами между проводящими ток металлами и не проводящими диэлектриками.

При этом электропроводность полупроводников увеличивается при увеличении температуры и (или) под действием света. Если материал в чистом виде обладает полупроводниковыми свойствами его называют *собственный полупроводник*. Элементы, относящиеся к собственным полупроводникам, расположены в 4-м столбце таблицы Менделеева. Самыми известным и распространенным полупроводником является Кремний.

Полупроводники действуют как диэлектрики при нуле Кельвина. Свободные носители заряда отсутствуют, и сопротивление полупроводника бесконечно высоко (рисунок 5.1).

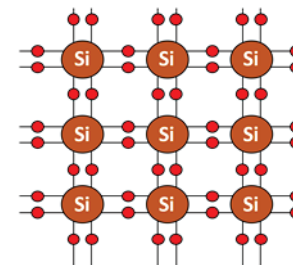


Рисунок 5.1 – Полупроводник при $T = 0$ К

В отличие от проводников носители заряда в полупроводниках возникают только за счет внешней энергии (теплового перемешивания, света). Тепло внутри материала пре-

вращается в дополнительную энергию, которая позволяет электронам преодолеть притяжение к атомам и перемещаться внутри материала, пока излишки энергии не иссякнут. Освободившееся место принято называть дыркой (рисунок 5.2).

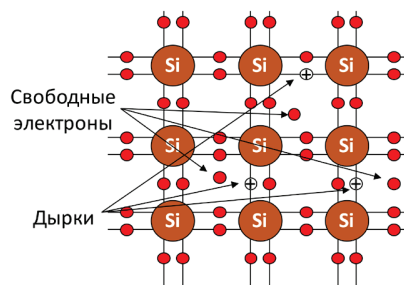


Рисунок 5.2 – Полупроводник при $T > 0$ К

Для упрощения модели перемещения зарядов в твердых телах было принято называть *электроны* отрицательно заряженными частицами, а *дырки* – положительно заряженными. Электроны и дырки равны по величине, но противоположны по полярности. При этом каждый электрон и дырка внутри материала распределены равномерно и занимают определенные места в зависимости от энергии, которой они обладают.

Для визуализации и объяснения схемы движения электронов и дырок в полупроводнике была разработана энергетическая диаграмма, которая называется зонной структурой полупроводника. Для каждого материала в зависимости от его химической природы зонная диаграмма будет различаться, при этом для одного и того же материала с разной степенью и типом легирования зонная диаграмма будет одной и той же с небольшими дополнениями.

Исходя из планетарной модели (рисунок 5.3), электроны в атоме вращаются вокруг ядра на орбитах согласно уровням энергий, которыми они обладают. Таким образом, при изучении атома были получены спектральные линии,

которые представляли собой линейчатый спектр. Для каждого твердого тела такой спектр будет различаться и соответствовать определенному дискретному набору спектральных линий, характерных для данного материала, на основе этого были разработаны современные методы исследования материалов.

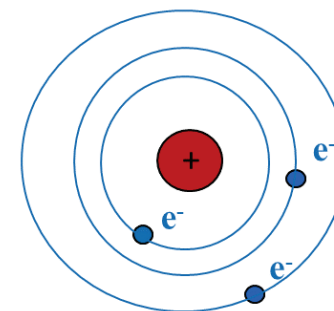


Рисунок 5.3 – Планетарная модель атома

Все электроны, находящиеся на своих орбитах с определенным уровнем энергии, называют валентными, а энергетическая зона, включающая энергетические уровни валентных электронов, называется валентной.

Энергетические уровни, не занятые электронами, а также энергетические уровни положительных (дырки) или отрицательных (свободные электроны) носителей заряда являются теми уровнями, благодаря которым происходит перенос заряда внутри полупроводника, их объединяют в зону проводимости. Зона проводимости полупроводников принимает электроны из валентной зоны.

Зазор между соседними зонами, представляющий диапазон энергий, в которых нет электронов, называется запрещенной зоной. По сравнению с диэлектриками ширина запрещенной зоны в полупроводниках меньше. Это позволяет электронам из валентной зоны переходить в зону проводимости при получении любой внешней энергии. В проводниках

запрещенная зона отсутствует. Схематичное изображение зонных диаграмм показано на рисунке 5.4.

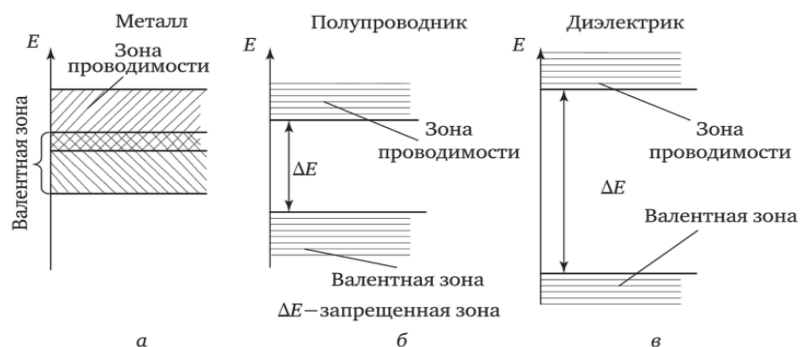


Рисунок 5.4 – Зонная диаграмма металла (а), полупроводника (б) и диэлектрика (в)

Электрические свойства полупроводников можно изменять при добавлении в состав материала небольшого количества примеси. Данный процесс называется легированием. При этом в зависимости от типа примеси мы можем увеличивать или уменьшать как количество электронов, так и количество дырок.

Для обогащения полупроводника свободными электронами в качестве примеси используют элементы с большим количеством электронов на внешней оболочке. Так, для собственных проводников из 4-го столбца (Ge, Si) используют в качестве примеси элементы из 5-го столбца (P, As, Sb, Bi).

Так как примесь из 5-го столбца имеет 5 электронов на внешней оболочке, а полупроводник только 4, при взаимодействии один электрон полупроводника остается несвязанным, тем самым в объеме материала появляются свободные электроны при комнатной температуре. Примесь такого типа называют донорной, а легированный полупроводник, обогащенный электронами, называют электронным, или полупроводником n -типа (от англ. *negative* – отрицательно

заряженный). При этом электроны являются основными носителями заряда. Дырки в электронном полупроводнике являются неосновными носителями (рисунок 5.5).

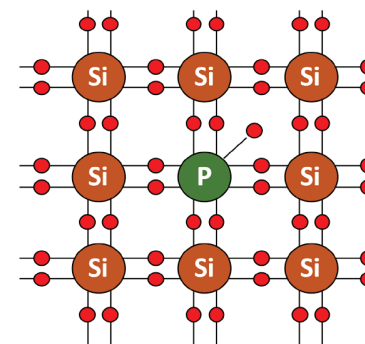


Рисунок 5.5 – Полупроводник, легированный донорной примесью

Для обогащения полупроводника свободными дырками в качестве примеси используют элементы с меньшим количеством электронов на внешней оболочке. Так, для собственных проводников из 4-го столбца (Ge, Si) используют в качестве примеси элементы из 3-го столбца (B, Al, In, Ga) (рисунок 5.6).

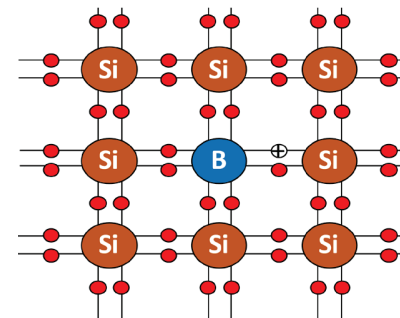


Рисунок 5.6 – Полупроводник, легированный акцепторной примесью

Так как примесь из 3-го столбца имеет 3 электрона на внешней оболочке, а полупроводник – 4, при взаимодействии один электрон полупроводника остается несвязанным, тем самым в объеме материала появляются свободные дырки при комнатной температуре. Примесь такого типа называют акцепторной, а легированный полупроводник, обогащенный дырками, называют дырочным, или полупроводником *p*-типа (от англ. *positive* – положительно заряженный). При этом дырки являются основными носителями заряда. Электроны в дырочном полупроводнике являются неосновными носителями.

«Лишние» электроны в полупроводниках *n*-типа и «лишние» дырки в полупроводниках *p*-типа обеспечивают примесную проводимость. Проводимость, обусловленная электронами и дырками, одинаково важна и позволяет использовать полупроводниковые материалы в широком спектре компонентов и устройств. Транзисторы, диоды, фотодатчики, микроконтроллеры, интегрированные микросхемы и многое другое состоят из полупроводников. Датчики температуры изготавливаются на основе полупроводниковых приборов, они используются в машинах для 3D-печати, в микрочипах и беспилотных автомобилях, в калькуляторах, солнечных батареях, компьютерах и других электронных устройствах, в транзисторах и МОП-транзисторах, в качестве переключателя в электрических цепях.

Так, например, микропроцессоры, используемые для управления в космических аппаратах, поездах, роботах и т.д., состоят из транзисторов и других управляющих устройств, изготовленных из полупроводниковых материалов.

Полупроводники используются практически во всех электронных устройствах. Без них наша жизнь была бы совсем другой.

Их надежность, компактность, низкая стоимость и контролируемая проводимость электричества делают их идеальными для использования в различных целях и для производства всех элементов микроэлектроники.

Вопросы для диагностики

Базовый уровень

1 Объясните отличие между проводниками, полупроводниками и диэлектриками.

Ответ: различие в зонной структуре, что ведет к различной проводимости.

2 Какие носители заряда существуют в полупроводниках?

Ответ: Электроны и дырки.

3 Чем отличается зонная диаграмма полупроводника, диэлектрика и проводника?

Ответ: (Можно использовать рисунок 5.4.) Наличием запрещенной зоны у полупроводника с размером до 3 эВ, у металла нет запрещенной зоны, у диэлектрика она очень большая, много больше 3 эВ.

4 Какой процесс называют легированием?

Ответ: процесс добавления примеси в материал.

5 Какие типы полупроводников бывают в зависимости от типа примеси?

Ответ: *p*-тип и *n*-тип.

Продвинутый уровень

1 При добавлении в качестве примеси фосфора какой тип проводимости кремния мы получим?

Ответ: *n*-тип.

2 При добавлении в качестве примеси бора какой тип проводимости кремния мы получим?

Ответ: *p*-тип.

3 Что такое собственная проводимость?

Ответ: проводимость самого проводника без примесей проявляется при высоких температурах, много больше комнатной.

4 На каком принципе основаны качественные методы анализа материалов?

Ответ: Для каждого твердого тела существует определенный дискретный набор спектральных линий характерных для данного материала, на основе этого были разработаны современные методы исследования материалов.

Вопросы к тесту 4

«Конструкционные материалы»

1 Выберите наиболее ранний из известных человечеству металлов:

- А – железо;
- Б – медь;
- В – олово;
- Г – алюминий.

2 Какого вида чугунов не существует?

- А – белый;
- Б – серый;
- В – высокопрочный;
- Г – жаропрочный.

3 Как влияет содержание углерода на твердость сталей?

- А – понижает;
- Б – повышает;
- В – не влияет;
- Г – зависит от других легирующих элементов.

4 Выберите сплав на основе меди:

- А – силумин;
- Б – инконель;
- В – латунь;
- Г – нитинол.

5 Какого вида композитных материалов по геометрии не существует?

- А – смешанные;
- Б – слоистые;
- В – порошковые;
- Г – волокнистые.

6 Какие матрицы в композиционных материалах являются наиболее жаропрочными?

- А – термореактивные;
- Б – термопластичные;
- В – металлические;
- Г – керамические.

7 Укажите элемент, не относящийся к полупроводникам:

- А – кремний;
- Б – германий;
- В – алюминий;
- Г – теллур.

8 Какого элемента нет в марке стали 08X18H10T?

- А – ниобий;
- Б – хром;
- В – никель;
- Г – титан.

9 Укажите марку стали, относящуюся к классу быстрорежущих:

- А – 18ХГТ;
- Б – 40Х13;
- В – Р6М5;
- Г – ШХ15.

10 Укажите страну, в которой электросталеплавильный способ получения сталей преобладает над кислородно-конвертерным:

- А – Россия;
- Б – Китай;
- В – Индия;
- Г – США.

Правильные ответы

1 – Б, 2 – Г, 3 – Б, 4 – В, 5 – А, 6 – Г, 7 – В, 8 – А, 9 – В, 10 – Г

5.4 Кейсовая задача 2.

Погружение – Материалы для медицины

(Практические занятия – 1 час)

В рамках кейса необходимо решить следующую задачу: проанализировать существующие материалы для медицинского назначения, предложить материал для имплантата с необходимыми прочностными характеристиками и способностью к биорезорбции. Проанализировать технологию получения и управления свойствами материала.

Главная цель кейс-методов – это развитие способности находить решение проблемы и умение работать с информацией. Опыт показал, что использование кейсовых методик обучения позволяет развивать навыки критического мышления и проблемного видения ситуации, умение отстаивать свою точку зрения и предлагать альтернативные варианты решения проблемы. И в результате позволяет сформировать устойчивый навык решения практических задач.

Кейс – это учебно-тренировочная задача, составленная на основе реальных инженерных, научных или бизнес-ситуаций. Она не похожа на учебные или олимпиадные задания, требует неординарного подхода и чаще всего имеет несколько правильных решений, о которых разработчики кейса могут даже не подозревать. Как правило, кейс состоит из трех частей: вспомогательная информация, необходимая для анализа кейса; описание конкретной ситуации; задания к кейсу.

В главе «Конструкционные материалы» кейс посвящен материалам для медицины. Данная отрасль является одной из самых динамично развивающихся, т.к. средства в ее развитие вкладываются как со стороны государства, так и со стороны частного сектора. Современные технологии позволяют успешно бороться с заболеваниями, которые относительно недавно считались тяжелыми или неизлечимыми. И материаловеды успешно решают задачи, которые ставят перед ними медики.

Работа с кейсом состоит из нескольких этапов:

- 1) знакомство с ситуацией, ее особенностями;
- 2) выделение основной проблемы (проблем);
- 3) предложение концепций или тем для «мозгового штурма»;

- 4) оценка вариантов, анализ последствий принятия того или иного решения;

- 5) решение кейса – предложение одного или нескольких вариантов последовательности действий с обоснованием;

- 6) оценка полученных результатов (выявление плюсов и минусов решения с учетом ограничений, представленных в задании).

Поэтому первым шагом необходимо определить требования к изучаемому изделию – имплантату:

- 1) не корродировать, не вызывать воспалительных процессов окружающих тканей;

- 2) не вызывать аллергических реакций;

- 3) не являться канцерогенным;

- 4) не изменять физических свойств в организме;

- 5) обладать достаточной механической прочностью;

- 6) легко обрабатывается;

- 8) стерилизация;

- 7) доступность / дешевизна.

Далее переходим к анализу существующих решений.

На современном этапе для имплантации в основном применяют два вида материалов – металлы и керамику.

Материалы	Плюсы	Минусы
Магний	1 Биосовместимость 2 Биорезорбция	1 Слишком быстрая коррозия 2 Выделение большого количества водорода
Титан	1 Биосовместимость 2 Хорошая коррозионная стойкость	1 Отсутствие биорезорбции 2 Невозможность длительного присутствия в организме

Материалы	Плюсы	Минусы
Нержавеющая сталь	1 Хорошая коррозионная стойкость	1 Отсутствие биорезорбции 2 Резорбция костной ткани 3 Плохая биосовместимость
Керамика из оксида алюминия	1 Биосовместимость 2 Хорошая коррозионная стойкость	1 Невозможность использования при остеоллизе

Параметры материалов для имплантатов

Материал	Упругость (ГПа)	Прочность (МПа)	Удлинение, %	Потеря общей прочности (несколько месяцев)	Скорость деградации (месяц)
Кость	7–40	90–120			
Магний	41–45	65–100	–	< 1	0,25
Титановый сплав	110–127	900	10–15	Нет	Нет
Нержавеющая сталь	180–205	500–1000	10–40	Нет	Нет
Керамика из оксида алюминия	190	300–350		Нет	Нет

Что значит быть биорезорбируемым материалом?

1 Не отторгаться иммунной системой человека (быть биосовместимым).

2 Быть доступным по цене и количеству.

3 Нетоксичным.

4 Износоустойчивым.

5 Должен состоять из присутствующих в организме веществ.

Проанализировав материалы и их свойства, останавливаемся на магнии. Суточная норма магния для мужчин составляет 300 мг, для женщин – 270 мг. Элементами, обычно присутствующими в магниевых сплавах, являются алюминий, цинк, марганец и цирконий. Общее количество добавок в сплавах магния составляет 10–14 % по массе.

	Плюсы	Минусы
Сплавы магния	1 Небольшой удельный вес 2 Хорошая механическая обрабатываемость 3 Высокая прочность 4 Хорошая переносимость температур	1 Окисляемость и возгораемость при температуре выше 400 °C 2 Низкая коррозионная стойкость

Технология получения магниевых сплавов состоит в следующем: плавление компонентов сплава при температуре от 700 до 900 °C с последующим тщательным их смешением для получения магниевого сплава. В дальнейшем вырезается образец нужной формы, шлифуется и обрабатывается.

Знание материаловедения позволяет управлять свойствами сплавов.

1 Легирование – это введение в состав сплавов химических элементов, чаще всего металлов, для придания определенных свойств.

Влияние металлов на магний при легировании

Металл	Плюсы	Минусы
Алюминий	1 Повышает прочность 2 Увеличивает жидкотекучесть	1 Микropopистость
Цинк	1 Уменьшает зернистость 2 Повышает прочность и пластичность	1 Склонность к хрупкости 2 Микropopистость 3 Горячеломкость
Марганец	1 Увеличивает коррозионную устойчивость 2 Повышает прочность	1 В литом состоянии прочность увеличивается несильно
Цирконий	1 Уменьшает зернистость 2 Увеличивает пластичность 3 Позволяет очистить сплав магния от других примесей	1 Прочность увеличивается мало

2 Интенсивно-пластическая деформация (метод равноканального углового прессования, РКУП) – это процесс

продавливания заготовки через два пересекающихся канала в условиях большого давления. При этом деформация осуществляется простым сдвигом, а накопление сдвиговой деформации в итоге приводит к формированию в материале ультрамелкозернистой структуры.

После РКУП структура зерна уменьшается, что приводит к росту пластичности, прочности и вязкости материала.

Таким образом, для медицинских имплантатов нового поколения, обладающих свойствами биорезорбции, подходят магниевые сплавы. Помимо этого, их структурой и свойствами можно управлять, подбирая нужный режим для заданных требований к материалу.

Список использованных источников

1 Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М.Л. Кербер и др. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.

2 Михайлин Ю.А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике. – СПб.: Научные основы и технология, 2013. – 720 с.

3 Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. – СПб.: Научные основы и технология, 2010. – 822 с.

4 Баженов С.Л. Механика и технология композиционных материалов. – Долгопрудный: Интеллект, 2014. – 328 с.

6 3D-сканирование, как основополагающий этап реверс-инжиниринга

6.1 Основные понятия и принципы реверс-инжиниринга

(Теоретические занятия – 1 час)

В этом параграфе учеников знакомят с понятием и целью обратного инжиниринга, а также с самыми распространенными измерительными приборами.

Реверс-инжиниринг (РИ) – исследование готового продукта, с целью его воспроизводства. РИ условно состоит из следующих этапов:

- исследование исходного тела;
- воспроизведение детали в САПР;
- создание КД.

Обычно используют следующие измерительные приборы: штангенциркуль (рисунок 6.1), сантиметровую ленту (рисунок 6.2), угломер (рисунок 6.3), штангензубомер (рисунок 6.4), щупы (рисунок 6.5), микрометр (рисунок 6.6).

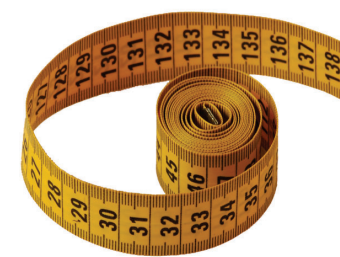


Рисунок 6.1 – Штангенциркуль Рисунок 6.2 – Сантиметровая лента



Рисунок 6.3 – Угломер

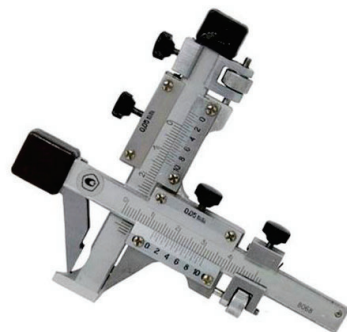


Рисунок 6.4 – Штангензубомер



Рисунок 6.5 – Щупы



Рисунок 6.6 – Микрометр

Каждый из этих приборов применяется в разных ситуациях и для разных измерений:

- штангенциркуль используют для измерений глубины, внутренних диаметров и расстояний между точками объекта;
- сантиметровая лента используется для измерения длины дуги;
- угломер, подобно школьному транспортиру, позволяет измерить точный угол;
- штангензубомер используется дабы измерять одновременно два значения, такие, например, как ширина и вы-

сота зуба. Данный инструмент задействуется в измерениях прямозубых и косозубых шестеренок;

- щупы используют для определения величины зазора;
- микрометр используют для более точных измерений.

Для исследования физических характеристик проводят замеры массы, плотности, а также проводят испытания на растяжение, сжатие и кручение. Помимо этого, проводят испытания материалов на износ. Кроме того, важным является испытание на твердость. Для испытания на твердость один материал пытаются погрузить в другой.

После получения всех необходимых данных исследуемую деталь воспроизводят в САПР, дорабатывают, анализируют прочностные показатели при помощи симуляции нагрузок, а затем составляют конструкторскую документацию для производства или подготавливают ее для 3D-печати.

Произведенная деталь подвергается контролю качества при помощи ручных измерений или 3D-сканирования.

6.2 Инструменты для 3D-сканирования

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 2 часа)

В этом параграфе ученики узнают об основных разновидностях 3D-сканирования.

В современных условиях производства являются важными задачами автоматизация, упрощение и ускорение процесса снятия размеров с реальных изделий. С этими целями на предприятиях все чаще внедряют технологии 3D-сканирования.

3D-сканирование разделяют на пассивное и активное.

К активным методам относят:

- триангуляцию;
- фазовые методы;
- метод временной задержки.

К пассивным методам анализа относят методы обработки одного изображения – метод фотограмметрии и т.д.

Чаще всего комбинируют активные методы сканирования.

Далее приведены более подробные пояснения различных методов.

Метод временной задержки. В данном методе измеряют временную задержку прохождения света до объекта и обратно. Замеряют либо среднюю скорость, либо сдвиг фазы волны излучения. Первый позволяет определять приближенное расстояние, а второй не зависит от типа материала и внешних условий, но требует проведения исследований с несколькими частотами волн.

Метод фотодиодных матриц. Выпуская множество коротких вспышек света, устройства, работающие по такому принципу, копят на конденсаторах, прикрепленных к фотодиодным матрицам, заряды, в результате по разнице зарядов, предполагаемых к одинаковой точке объекта, составляют пропорцию и находят расстояние. Такие устройства хорошо ведут потоковую запись, но плохи в точных измерениях.

Метод триангуляции. Наиболее часто производят сканирование при помощи использования проецирования линий и структурированного освещения.

Метод проецирования линий обычно используется в лазерных сканирующих устройствах. Те состоят из светодиодов, камер и лазеров. Сперва на объект наносят матирующий спрей, если тело имеет металлический блеск, слишком черное или прозрачно. Затем хаотично наносят маркеры, затем калибруют камеры по заранее готовой мишени, а мощность лазеров – по белому листу.

Процесс работы самого сканирующего оборудования разделяется на две фазы. Во время первой необходимо снять карту маркеров, так как иначе не собрать снимки полос в единую модель.

Вторая фаза сканирования заключается во включении проецирования лазерных полос, которые искривляют-

ся на поверхности объекта и после фиксирования камерами преобразуются в программе в набор из точек. В результате съемки и перемещения сканера относительно тела либо тела относительно сканера получают облако точек.

Сам процесс получения облаков точек при такой разновидности сканирования представлен на рисунке 6.7.

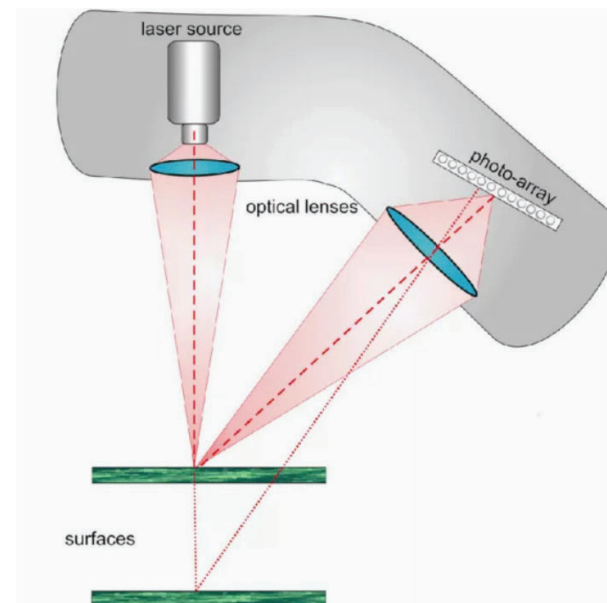


Рисунок 6.7 – Процесс получения координат объекта с помощью лазерного 3D-сканера

Так видно, что лазерный луч, испущенный из источника, попадает на поверхность тела. Тогда после искривления данной линии траектория полета луча меняется, в результате чего после прохождения через фокусирующую линзу луч попадает на матрицу с отклонением, которое и фиксируется.

В дальнейшем такие линии, образовавшие облака точек, обычно преобразуются в полигональную сетку – совокупность ребер и вершин треугольников, построенных

на базе облаков точек. Данные полигоны часто используются как основа для твердотельного моделирования в САПР.

Метод структурированного освещения. Наиболее распространенным является способ, сочетающий код Грея с фазовым сдвигом: в процессе измерения тела для увеличения разрешения съемки точек производят перемещение проецируемого шаблона. Код Грея представляет собой способ кодирования информации, когда при добавлении нового бита информации в двоичной системе к предыдущему значению происходит построение числа в обратном направлении внутри одного порядка. Сочетание Кода Грея и периодическое перемещение шаблона (рисунок 6.8) приводит к улучшению точности.

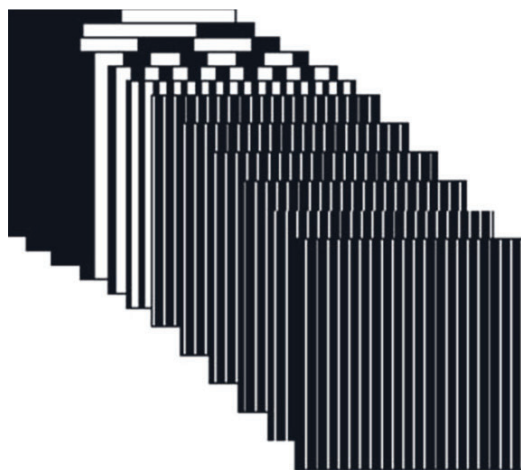


Рисунок 6.8 – Шаблоны, проецируемые при использовании метода кода Грея вместе с фазовым сдвигом

При использовании данной методики процесс сканирования с двух камер представляет из себя (рисунок 6.9) измерение отклонения передвигающихся полос шаблона по поверхности тела на заранее выставленной дальности.

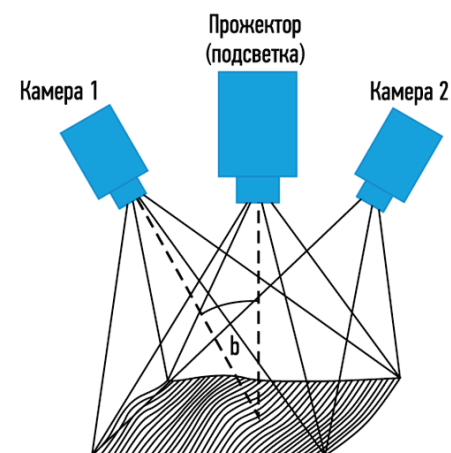


Рисунок 6.9 – Съемка искривления полос шаблона на поверхности тела

Практическая работа

Практико-ориентированное занятие № 1 Калибровка сканирующего оборудования

Перед началом практических работ необходимо скачать последнюю версию программы *ScanCenterNG* (2022.1) с официального сайта *RangeVision* и подготовить тестовый куб для 3D-печати не черного цвета со сторонами 4 см.

Работа со сканирующим оборудованием должна начинаться с подключения персонального компьютера и сканирующего устройства к электросети. А затем включения сканера. Далее следует запуск программы *ScanCenterNG*. Первым делом следует убедиться, что к ПК подключены камеры, проектор, лицензионный ключ, а также поворотный стол. Первые три устройства обязательны для начала работ. Затем выбирается режим «настройка сканера», предложенный программой.

В окне выбора типоразмера выбираем вариант с размерами «0.01 – 0.05 м». Здесь необходимо будет выбрать самое маленькое калибровочное поле и ввести его площадь, указанную на задней стороне.

Отрегулировав на камерах яркость и фокусное расстояние при помощи вращения стопорных колец, необходимо добиться ясной видимости панели на экране монитора, затем расположите калибровочную панель так, чтобы крест, проецируемый проектором, попадал ровно в центр, как показано на рисунке 6.10.

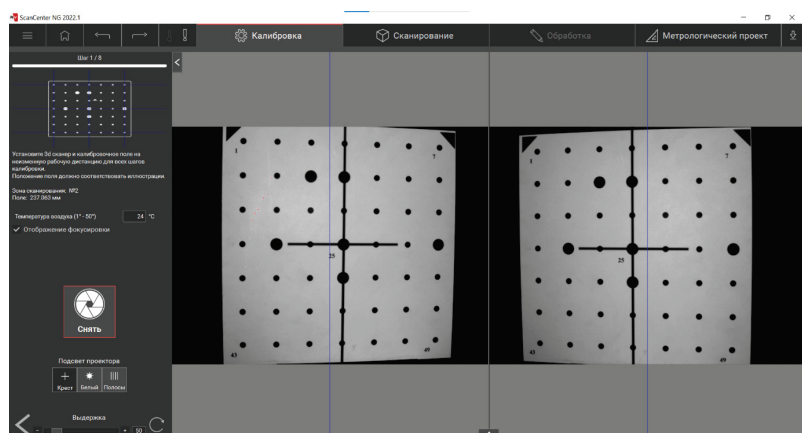


Рисунок 6.10 – Вид калибровочных панелей на экране

Затем, переключив тип подсветки проектора с «креста» на «белый», выставите взаимное положение проектора, креста и мишени так, чтобы крайние точки мишени были пересечены крайними линиями на мониторе. Затем, регулируя фокус и яркость, необходимо добиться получения полной видимости всех опорных точек мишени. Полная видимость опорных точек подтверждается их окрашиванием в зеленый цвет и совпадением секторов мишени с программной разбивкой синими линиями, как на рисунке 6.11.

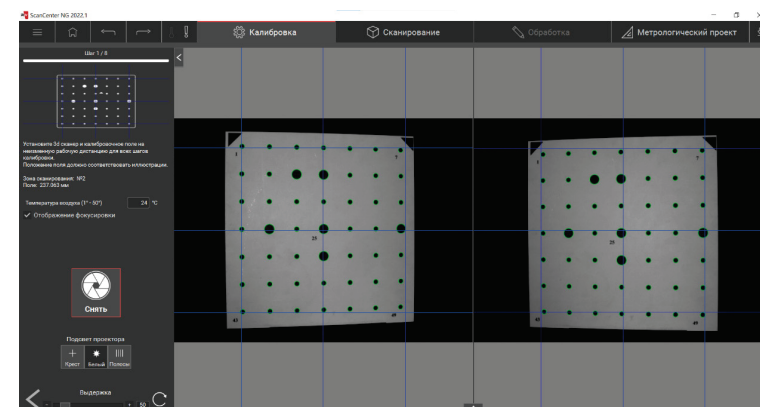


Рисунок 6.11 – Взаимное расположение синих направляющих линий и фиксируемых точек сканера

Затем необходимо произвести съемку, после чего в верхнем левом углу программы будет указан новый вид панелей. Необходимо вращать, поворачивать и наклонять мишень так, чтобы она становилась максимально приближенной к схеме в программе (рисунок 6.12).

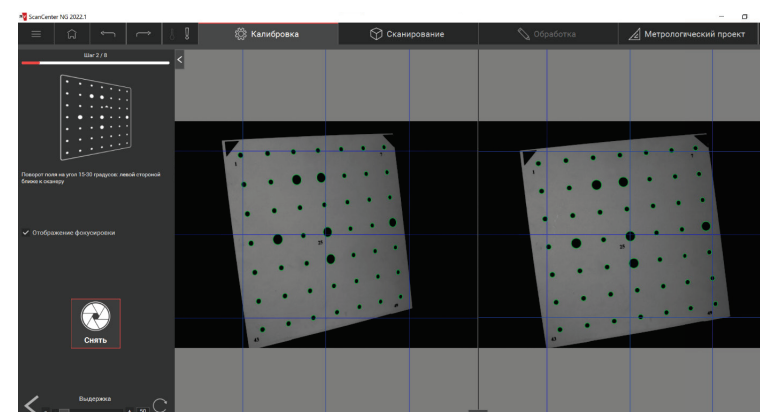


Рисунок 6.12 – Взаимное расположение синих направляющих линий и фиксируемых точек сканера

После окончания всех этапов съемок мишени появится подтверждение об успешном окончании калибровки: «калибровка выполнена успешно». Затем аналогичным образом калибруем ось поворотного стола, расположив на нем соответствующую мишень, как показано на рисунке 6.13.

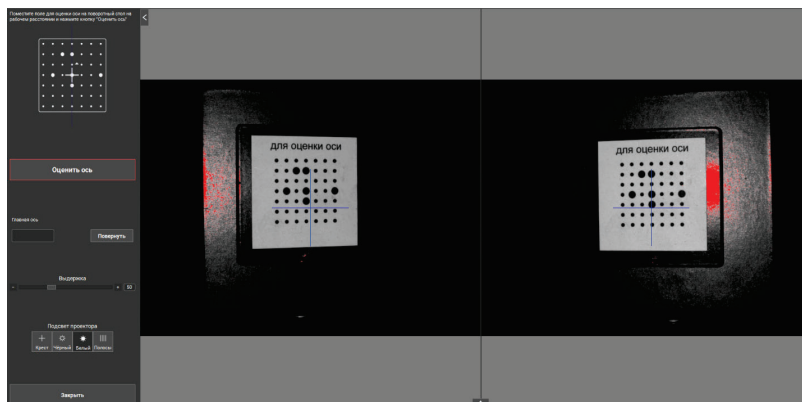


Рисунок 6.13 – Калибровка оси поворотного стола

Вопросы к тесту 5

«3D-сканирование, как основополагающий этап реверс-инжиниринга»

1 Какие основные методы 3D-сканирования существуют? В чем разница пассивных и активных методов?

2 В чем разница между методом фазового сдвига и методом временной задержки?

3 Что такое маркеры и зачем их используют? Как получается полигональная сетка, для чего ее используют?

4 Как получают облака точек при лазерном 3D-сканировании?

6.3 Технологическая последовательность проведения 3D-сканирования

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 2 часа)

В данном параграфе ученики знакомятся с последовательностью сканирования.

В технологический последовательности проведения 3D-сканирования выделяют три этапа:

- калибровку оборудования;
- проведение съемки и работа с облаками точек;
- создание полигональной сетки по облакам точек.

Рассмотрим шаги поэтапно.

Сперва, если требуется, матируют объект сканирования.

Затем в зависимости от размеров тел выбирают один из видов сканирования. Если тело помещается на поворотном столе и не выходит за его пределы, то в таком случае проводят съемку в режиме «на поворотном столе». Если же тело имеет габариты, превосходящие габариты поворотного стола, имеет смысл нанести на такое тело маркеры для дальнейшей съемки отдельных элементов тела, которые будут сшиты по координатам, сформированным маркерами. Данный вид съемки называется «с маркерами». Если разные элементы тела имеют уникальную, не повторяющуюся геометрию и в приоритете сканирования стоит скорость работы, то обычно проводят съемку без нанесения маркеров, без использования поворотного стола. Данный вид сканирования называют «базовым».

Затем регулируют расстояние от камер до мишени, фокусное расстояние, яркость.

Следуя записанным в программе подсказкам, меняется положение мишени в пространстве и снимается это в ка-

честве калибровки. После основной мишени калибруем поворотный стол.

Проектом в сканировании называют совокупность файлов с данными о калибровке, выборе типа съемки и файлами с результатами сканирования и результатами обработки сканов. От выбора названия вида съемки зависит и название типа проекта: «базовый», «с маркерами», «на поворотном столе».

Все три способа объединяет необходимость неподвижности тела относительно сканера во время съемки.

Во время самого процесса съемки после создания снимка одного вида необходимо вращать тело, дабы получить снимки и других сторон. Это можно делать руками и при помощи поворотного стола.

После сканирования необходимо очистить снимки от шумов и лишних элементов программными функциями и вручную.

Результатом работы сканера являются снимки с облаками точек, которые сняты с геометрии поверхности тела, а затем объединенные в группы в зависимости от типа проекта. При сканировании в режимах «базовый» или «с маркерами» обычно получают одну большую группу со всеми снимками, при сканировании «на поворотном столе» после каждой серии снимков, которая создается автоматически в зависимости от заданных в системе настроек, создается отдельная группа для каждой отдельной серии. Затем необходимо сшить снимки вручную или автоматически, при этом если шить группы, все снимки в группе будут восприниматься как один скан, в результате чего не будут происходить перемещения сканов друг относительно друга в одной группе.

После проведения процедуры финального совмещения следует создание модели по выбранным сканам. Затем, если требуется, можно изменять элементы полигональной модели при помощи инструментов изменения полигональной сетки. В любом случае последним действием будет экспорт выбранной модели в формат stl, как в самый распространенный формат для работы с полигональной сеткой.

Эта полигональная сетка в формате stl затем послужит основой для твердотельного моделирования в САПР.

Практическая работа

Практико-ориентированное занятие № 2

Проведение съемки предложенного объекта

Перед началом практических работ необходимо скачать последнюю версию программы *ScanCenterNG* (2022.1) с официального сайта *RangeVision* и подготовить тестовый куб для 3D-печати не черного цвета со сторонами 4 см.

Проведя калибровку исходя из габаритных размеров сканируемого тела, расположить сканируемый объект в центр поворотного стола таким образом, чтобы центр крестовой подсветки проектора находился в центре сканируемого объекта.

Перейти во вкладку «Сканирование» программы и начинать процесс съемки. Результат показан на рисунке 6.14.

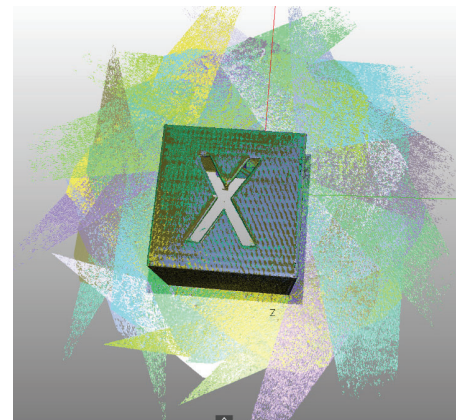


Рисунок 6.14 – Результат съемки объекта на поворотном столе

Дождавшись окончания цикла сканирования, перевернуть объект другой стороной и повторить сканирование, пока не будут снимки всех сторон объекта.

Вопросы для диагностики

1 Какие есть этапы технологической последовательности сканирования? Опишите их.

2 Назовите составные элементы объектива и за что они отвечают.

3 Какие есть варианты создания проекта при сканировании, в чем их различие?

4 Расскажите о том, в чем заключается работа с облаком точек и сеткой.

6.4 Оценка результатов

3D-сканирования

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 2 часа)

По окончании процесса сканирования появляется возможность в специализированном ПО провести сравнение созданной по облакам точек полигональной сетки и изначальной твердотельной модели, по которой происходило производство. Для начала обе модели импортируются в такую программу, затем происходит первичное наложение сетки на модель. Если такого наложения не происходит, то по сетке проводятся построения эскизов, для того чтобы затем соединить эскизы, построенные на сетке и твердотельной модели. После того как совпадение получено, проводится 3D-сравнение. Первично оно проходит при помощи определения результатов по градировочной шкале. Сама твердотельная модель начинает окрашиваться в цвета от красного до синего, и данный цвет и является отражением отклонений модели от скана. Градировочную шкалу можно менять самому, устанавливая, исходя из допусков

точности, максимальное и минимальное значение отклонения, шаг, который приводит к изменению цвета, и, что самое главное, возможно поменять зону допусков. Далее остается только визуально оценить расхождения копии и оригинала.

Следующим этапом в оценке результатов сканирования является формирование отчета о качестве. В рамках этого отчета предоставляются такие сведения, как максимальное и минимальное отклонения. Также показывают среднее отклонение, стандартное отклонение и даже процент объема твердотельной модели, лежащий внутри полигональной сетки.

Практическая работа

Практико-ориентированное занятие № 3 Объединение облаков точек, полученных в результате 3D-сканирования

Перед началом практических работ необходимо скачать последнюю версию программы *ScanCenterNG* (2022.1) с официального сайта *RangeVision* и подготовить тестовый куб для 3D-печати не черного цвета со сторонами 4 см.

Активировать кнопку «Перейти в режим редактора» (рисунок 6.15) из общего меню и сохранить результат сканирования.

Перейдем в меню «Очистка» и выбираем тип функции ручного выделения (рисунок 6.16). Для выделения шумов (нежелательные эффекты на изображении) выделяем эти элементы с помощью одновременного нажатия левой кнопки мыши и клавиши *Alt*. При этом ошибочно выделенные элементы можно сохранить, перейдя в контекстное меню (при помощи нажатия правой кнопки мыши). Затем с помощью нажатия клавиши *Delete* удаляем выделенные объекты.

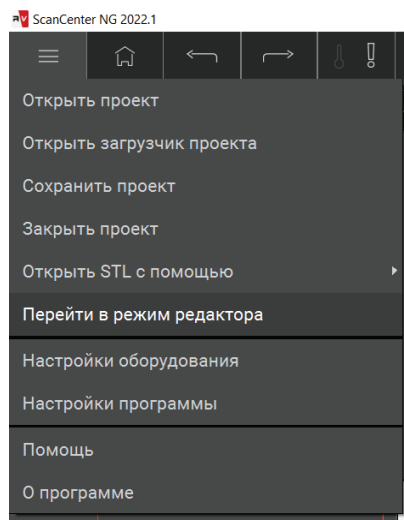


Рисунок 6.15 – Вид меню выбора режима работы

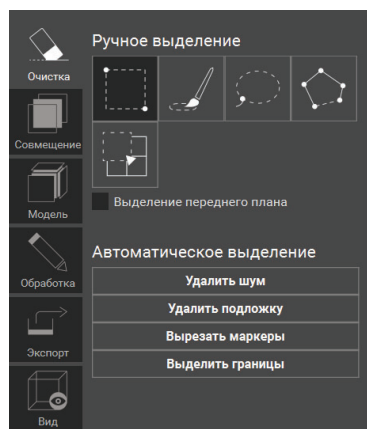


Рисунок 6.16 – Вид меню выделения

В меню «Совмещение» активировать функцию «Совместить группы» (рисунок 6.17).

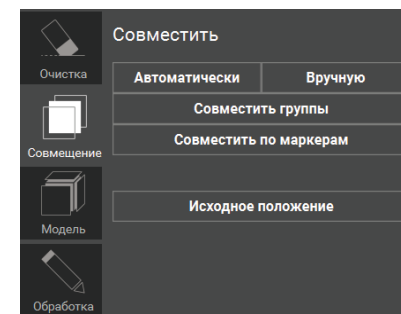


Рисунок 6.17 – Вид меню совмещения

Затем произвести «Финальное совмещение», результат среднего отклонения не должен превышать 0,1 мм, как показано на рисунке 6.18.

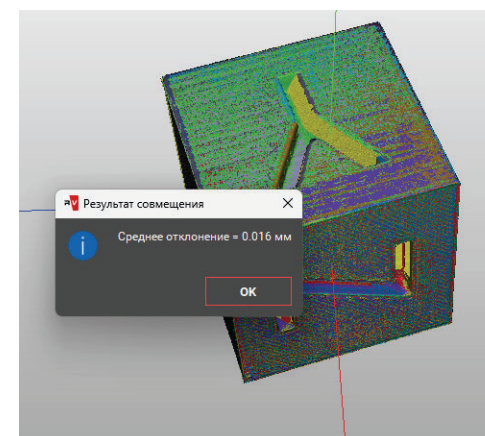


Рисунок 6.18 – Исходное совмещение

Перейти в меню «Модель» и выбрать там следующие параметры:

- метод построения – инженерный;
- детализация модели – уровень;
- ползунок детализации выставлен посередине.

Опции «Заполнить мелкие пустоты» и «Выгрузить сканы из памяти» отключены, при этом функция «Оптимизировать структуру модели» включена.

Затем активировать функцию «Строить модель» (рисунок 6.19).

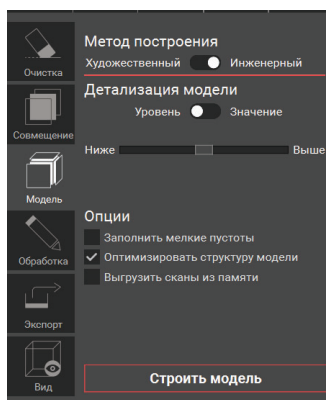


Рисунок 6.19 – Вид меню моделирования

Результат исходного построения модели представлен на рисунке 6.20.

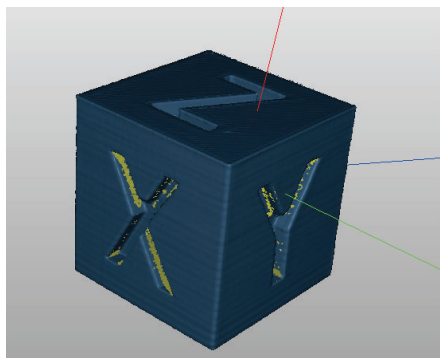


Рисунок 6.20 – Исходный вид модели сканируемого объекта

В заключение перейти в меню «Экспорт» и экспортировать только модель объекта в формате *STL*.

Вопросы к тесту 5 «3D-сканирование, как основополагающий этап реверс-инжиниринга»

1 Что измеряют щупом?

Глубину

Расстояние

Величину зазора

Радиус дуги

2 Каким индентором не проводят испытания на твердость?

Алмазная пирамидка

Алмазный конус

Стальной шарик

Стальной конус

3 Данный метод базируется на восстановлении объекта за счет анализа двухмерных изображений.

Метод триангуляции

Метод фотодиодных матриц

Метод временной задержки

Метод фотограмметрии

4 Код Грея – это

способ кодирования цветов

соотношение зарядов конденсаторов

способ кодирования информации

способ расчета дальности

5 Какая величина среднего отклонения считается недопустимой при финальном совмещении?

0,1 мм

0,15 мм

0,025 мм

0,01 мм

6.5 Кейсовая задача 3.

Погружение – Реверс-инжиниринг

Университет науки и технологий МИСИС занимается разработкой каркаса для движка квадроцикла. Из-за санкций они столкнулись с проблемой разработки и производства данного компонента. Тогда было принято решение в качестве образца для разработки снять размеры с двигателя имеющегося квадроцикла для последующего реверсивного инжиниринга.

Исходные данные.

Двигатель квадроцикла: габариты 600×800×1200 мм.

Требования к изделию: расположение крепежных элементов, а также элементов питания должны соответствовать оригинальным с точностью до 0,5 мм.

Задача.

Используя различные измерительные приборы, получить точные данные о геометрии двигателя.

Необходимо провести следующие этапы работ.

1 Очистить присоединительные отверстия и места присоединения топливной системы.

2 Нанести маркеры на чистые элементы движка и провести съемку сканирующим оборудованием.

3 Замерить отверстия штангенциркулем и глубиномером.

4 Произвести снятие размеров по *STL*-сетке в *CAD*-системах.

Решение.

Этап 1. Исследование параметров двигателя квадроциклов.

1 Очищаем присоединительные элементы двигателя, а также плоские поверхности, на которые впоследствии были бы наклеены маркеры для создания внутренней системы координат сканера.

2 Наклеиваем маркеры на двигатель с номинальным промежутком в 7 см, калибруем сканирующее оборудование и проводим съемку.

3 Отверстия, которые не были сняты на общих снимках из-за того, что грани имели малые значения толщины, необходимо измерить штангенциркулем. Глубину отверстий измеряем при помощи глубиномера.

Этап 2. Измерение геометрии объекта в *CAD*-системах.

1 Полученные в результате сканирования точки преобразуем в *STL*-сетку. Затем превращаем участки сетки в зоны – геометрические примитивы (цилиндр, плоскость, конус, тор).

2 Строим отрезки, осевые и плоскости так, чтобы получить точки в вершинах геометрии рамы, совпадающие с *STL*-сеткой и анализируем расстояние между точками.

3. Строим твердотельную модель с заполнением по результатам данного анализа.

Заключение.

Выполнив все этапы, команда студентов Университета науки и технологий МИСИС смогла получить облако точек, *STL*-сетку, данные о геометрических размерах рамы для движка квадроцикла и твердотельную модель. Необходимо отметить, что выполнение измерений при помощи 3D-сканера значительно ускоряет процесс обратного инжиниринга. Если сканирующее устройство занесено в реестр измерительных приборов РФ, то замеры, выполненные при помощи этого оборудования, могут считаться достоверными.

Список использованных источников

1 Петров Н.В., Нозирзода Ш.С., Петрова Е.Д. Применение технологий 3D-сканирования в реверсивном инжиниринге корпусных деталей // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2023. № 1 (155). С. 34-41. doi: 10.26730/1999-4125-2023-1-34-41.

2 Дюжев, В. 3D-сканеры. История и применение / В. Дюжев. – Текст : непосредственный // Мир измерений. — 2021. – № 4.

3 Гужов В.И. Методы измерения 3D-профиля объектов контактные, триангуляционные системы и методы структурированного освещения / В.И. Гужов. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2015. – 82 с.

7 Автоматизация и роботизация производства

7.1 Основы автоматизации производственных процессов

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 2 часа)

7.1.1 Что такое автоматизация производства

Это процесс, в котором машины и механизмы выполняют бóльшую часть или все операции производственного процесса без непосредственного участия человека. Основная цель автоматизации – повышение эффективности производства, снижение затрат, улучшение качества продукции и увеличение производительности труда.

Автоматизация может быть частичной или полной в зависимости от степени участия человека в производственном процессе. При частичной автоматизации люди выполняют некоторые операции, в то время как машины выполняют другие. При полной автоматизации все операции выполняются машинами без участия человека.

Процесс автоматизации начинается с разработки и проектирования автоматизированных систем и оборудования. Затем следует этап внедрения и интеграции системы в производственный процесс. После этого проводится обучение персонала работе с новой системой и ее обслуживанию.

Одним из ключевых аспектов автоматизации является использование информационных технологий и систем управления для контроля и координации работы оборудования. Также важно учитывать вопросы безопасности, экологии и эргономики при проектировании и внедрении автоматизированных систем.

7.1.2 Какие существуют типы автоматизации

Типы автоматизации могут быть разными в зависимости от отрасли производства и выполняемых операций. Вот некоторые из них.

Механизация – это когда ручной труд заменяется машинным, например использование станков для обработки деталей вместо ручной обработки.

Автоматизация – это использование машин и механизмов, которые выполняют операции без непосредственного участия человека, например автоматическое управление оборудованием или контроль качества продукции.

Роботизация – это использование роботов для выполнения различных производственных операций, таких как сварка, покраска, сборка и др.

Цифровизация – использование информационных технологий для управления производственными процессами, например систем управления базами данных или систем контроля и управления производством.

Интеллектуализация – использование искусственного интеллекта для оптимизации производственных процессов, принятия решений и анализа больших объемов данных, например машинное обучение или нейронные сети.

Это далеко не все типы автоматизации, но они являются основными и наиболее распространенными. Каждый тип автоматизации имеет свои преимущества и недостатки, и выбор конкретного типа зависит от многих факторов, таких как отрасль производства, стоимость, эффективность и др.

7.1.3 Как работает автоматизированное производство

Автоматизированное производство работает с использованием машин и механизмов, которые управляются компьютерами или программируются заранее. В основе работы автоматизированного производства лежит принцип разделения труда, когда каждый рабочий выполняет определенную

операцию, не переходя к следующей до тех пор, пока предыдущая не будет выполнена.

Машины и механизмы в автоматизированном производстве могут работать в режиме ручного управления, полуавтоматического или автоматического. В режиме ручного управления оператор сам управляет машиной, нажимая на кнопки или переключатели. В полуавтоматическом режиме оператор задает программу работы машины, а затем следит за ее выполнением. В автоматическом режиме машина работает без участия оператора, выполняя заданную программу.

Для управления машинами и механизмами используются различные системы контроля и управления, такие как программируемые логические контроллеры (ПЛК), промышленные компьютеры, системы числового программного управления (ЧПУ) и др. Эти системы позволяют контролировать работу оборудования, собирать и обрабатывать данные, а также принимать решения на основе полученной информации.

Важной частью автоматизированного производства являются системы автоматизации, которые обеспечивают взаимодействие между различными элементами производства, такими как станки, конвейеры, роботы и другое оборудование. Эти системы могут быть как локальными, так и глобальными и могут использовать различные технологии связи, такие как промышленные сети, беспроводные технологии и др.

7.1.4 Основные принципы автоматизации

Выделяют следующие основные принципы автоматизации.

Повышение эффективности производства – автоматизация позволяет сократить затраты на ручной труд, увеличить производительность и улучшить качество продукции.

Снижение затрат – автоматизация может снизить затраты на оплату труда, улучшить эффективность использования ресурсов и сократить потери.

Улучшение качества продукции – автоматизированные системы позволяют производить продукцию с высокой точностью и стабильностью качества.

Увеличение производительности труда – автоматизация повышает производительность труда, так как машины могут работать быстрее и точнее, чем люди.

Безопасность – автоматизированные системы обеспечивают более высокий уровень безопасности, так как они менее подвержены ошибкам и не могут устать или отвлекаться.

Экологичность – автоматизация снижает воздействие на окружающую среду, так как она уменьшает количество отходов и сокращает потребление энергии.

Эргономичность – автоматизированные системы могут быть более удобными для работы, так как они могут быть настроены под индивидуальные потребности работника.

Гибкость – автоматизированные системы могут легко адаптироваться к изменениям в производственном процессе или требованиям к продукции.

Надежность – автоматизированные системы обычно имеют более высокую надежность, чем ручные процессы, так как они меньше подвержены ошибкам и отказам.

Простота обслуживания – автоматизированные системы требуют меньше обслуживания, чем ручные, так как они реже ломаются и требуют меньше времени на ремонт.

Практическая работа

Практическое занятие № 1 (Лабораторная работа) Учимся управлять

Управление *Dobot Magician*: в этой лабораторной работе школьники научатся управлять *Dobot Magician* с помощью программного обеспечения, установленного на компьютере и с использованием виртуальной модели. Они будут изучать основы программирования и кодирования, чтобы управлять

движениями робота с использованием двух языком программирования базового (*Scratch*) и продвинутого (*Python*).

Цель: освоить навыки управления роботы управления *Dobot Magician*.

Задачи:

- изучить компоненты робота;
- познакомиться с интерфейсом программы управления роботом;
- написать программу для перемещения робота.

Теоретическое введение. Цифровые технологии и автоматизация производства стали неотъемлемой частью современного промышленного сектора. Одной из наиболее важных и эффективных технологий в этой области являются роботы-манипуляторы. Роботы-манипуляторы – это механические устройства, которые способны выполнять сложные и повторяющиеся операции с высокой точностью и эффективностью.

Роботы-манипуляторы играют важную роль в современном цифровом производстве благодаря своим возможностям и преимуществам. Они обеспечивают высокую степень автоматизации, улучшают качество продукции и сокращают время производственного цикла.

Существует множество различных типов роботов-манипуляторов, каждый из которых предназначен для выполнения определенных задач и операций. Некоторые из них могут быть использованы для сборки изделий, другие – для обработки материалов, а третьи – для контроля качества продукции.

Современные роботы-манипуляторы обладают рядом уникальных характеристик, которые делают их незаменимыми в цифровом производстве. Они обладают высокой степенью точности, что позволяет им работать с минимальными отклонениями от заданных параметров. Также они обладают высокой скоростью работы и могут обрабатывать большое количество деталей за короткое время.

Одним из главных преимуществ роботов-манипуляторов является их способность работать в сложных условиях, таких

как высокая температура, влажность и загрязнение. Это позволяет использовать их в различных отраслях промышленности, включая химическую, металлургическую и пищевую.

Кроме того, роботы-манипуляторы могут быть интегрированы с другими цифровыми системами и технологиями, такими как системы компьютерного зрения, лазерные сканеры и системы контроля качества. Это обеспечивает еще большую эффективность и гибкость производственных процессов.

Таким образом, роботы-манипуляторы являются неотъемлемой частью современного цифрового производства и обеспечивают повышение эффективности, качества и производительности. Их использование позволяет предприятиям адаптироваться к изменяющимся условиям рынка и требованиям потребителей, что в конечном итоге приводит к росту конкурентоспособности и прибыльности.

Выбор манипулятора от *Dobot* в качестве объекта для изучения в рамках данной лабораторной работы обусловлен рядом причин. Во-первых, компания *Dobot* является одним из лидеров в области разработки и производства манипуляционных роботов. Их продукция отличается высоким качеством, надежностью и точностью работы.

Во-вторых, манипуляторы от *Dobot* обладают широким спектром возможностей и могут использоваться для решения самых разных задач. Благодаря своей модульной конструкции и разнообразию дополнительных аксессуаров, они могут быть адаптированы под конкретные требования и условия работы.

В-третьих, программное обеспечение для управления манипуляторами от *Dobot* отличается простотой и удобством использования. Оно позволяет создавать и редактировать программы для робота, а также контролировать его работу в режиме реального времени.

И наконец, стоимость манипуляторов от *Dobot* вполне доступна, что делает их привлекательным вариантом для использования в учебных целях. Общий вид *Dobot Magician* представлен на рисунке 7.1 и включает в себя следующие

компоненты: стрелу, плечо, сервопривод, основание и рабочий инструмент. Рабочий инструмент может быть заменен в зависимости от задачи, которую необходимо выполнить.

Кроме этого разработчик предлагает виртуальную лабораторию *Dobot Lab* [3], где любой желающий сможет выполнить операции с манипулятором *Dobot Magician Lite* [2].

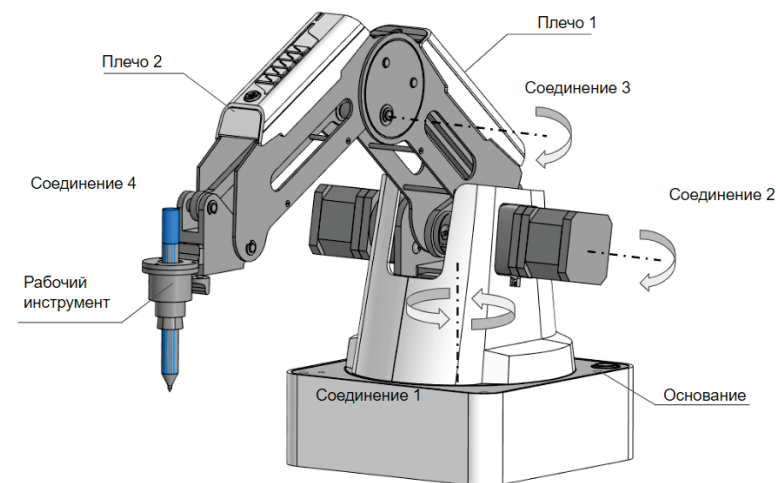


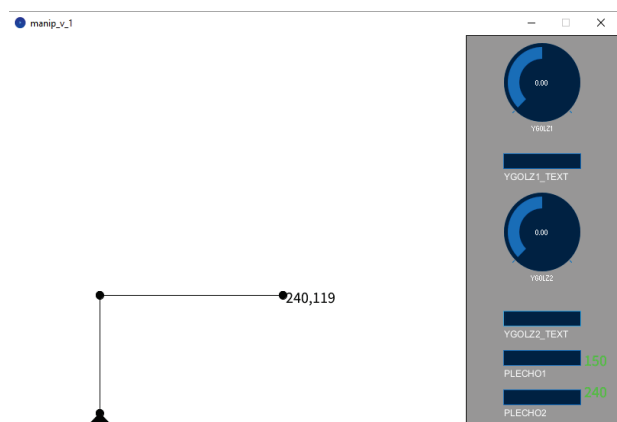
Рисунок 7.1 – Общий вид *Dobot Magician*

Выполнение лабораторной работы будет показано как на виртуальном роботе *Dobot Magician Lite*, так и реальном роботе *Dobot Magician*, отличаются данные роботы не существенно, но это позволит вам также понять насколько в робототехнике все просто.

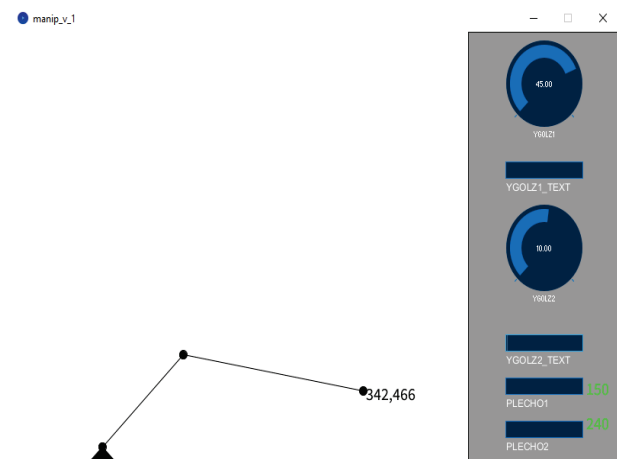
В манипуляционной системе существует две задачи: прямая и обратная задача кинематики.

Прямая задача состоит в определении положения рабочего органа робота, зная лишь длины звеньев, из которых состоит манипулятор и углы поворота данных звеньев. Пример решения такой задачи представлен на рисунке 7.2. Решение данной задачи также подробно описано в учебном

пособии. На рисунке 7.2 мы видим, что, задавая положение углов соединения и зная длину плеч робота-манипулятора, можно легко вычислить положение рабочего органа робота.



a



б

Рисунок 7.2 – Пример решения прямой задачи кинематики

Ход выполнения работы.

Настройка и подключение робота-манипулятора *Dobot Magician* не приводится в данном учебном пособии, так как данная процедура успешно опубликована на сайте поставщика образовательной робототехники [1].

Задание. Используя робот-манипулятор *Dobot Magician Lite* виртуальной среды, переместите все зеленые кубики в указанные преподавателем точки на поле. Например: *A, C, D, F*.

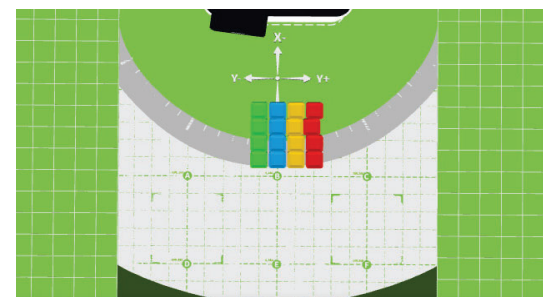


Рисунок 7.3 – Пример расположения кубиков в виртуальной лаборатории

Выполнение работы.

1 Определите координаты указанных точек.

Учитываем, что нулевая координата у робота *Dobot Magician* является центром его основания, тогда:

A (260, 100, -55);

C (100, 260, -55);

D (-100, 360, -55);

F (100, 360, -55).

2 Определим положение зеленых кубиков. Учтем, что толщина перемещаемых кубиков соответствует 10 мм. Укажем в качестве координаты *Z* положение верхней грани кубика. Соответственно, координаты зеленых кубиков будут следующими: Куб № 1 (240, -20, -42);

Куб № 2 (220, -20, -42);

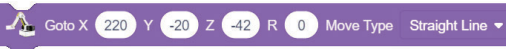
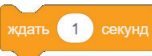
Куб № 3 (200, -20, -42);

Куб № 4 (180, -20, -42).

3 Составим программу для перемещения кубика №1 в точку A. Используем язык программирования *Blockly*. Познакомиться с блоками языка *Blockly* можно в методическом пособии [4].

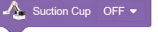
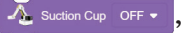
Реализация кода будет основана на следующих блоках и представлена в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Блоки кода языка *Blockly*

	Событие начала выполнения кода
	Указывает скорость всех сервоприводов робота-манипулятора
	Возвращение робота-манипулятора в исходное положение «Домой»
	Управление вакуумным захватом включить / отключить
	Переместиться к указанным координатам, используя тип <i>MOV</i>
	Значение паузы перед выполнением следующей команды
	Переместиться к указанным координатам, используя тип движение <i>JUMP</i>

Программа, которая реализует перемещение кубика №1 в точку A, представлена на рисунке 7.4.

Перед перемещением кубика с помощью блока  устанавливаем 10% скорость перемещения. После этого переводим робота-манипулятора в «Домашнюю»

позицию . Вакуумный захват отключается , после чего робот перемещается к первой точке ($X = 220$, $Y = -20$, $Z = -42$) . Затем вакуумный захват включается , робот ждет одну секунду, после чего перемещается ко второй точке ($X = 240$, $Y = -100$, $Z = -40$) . Далее вакуумный захват снова отключается , робот ждет одну секунду  и возвращается в исходное положение «Домой» .

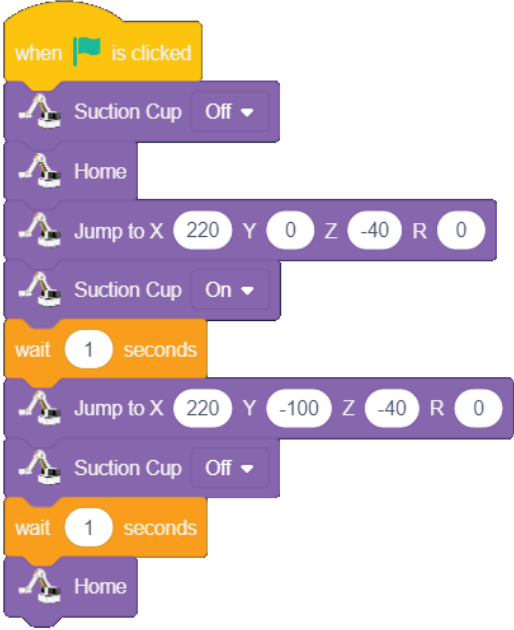


Рисунок 7.4 – Программа перемещения кубика № 1

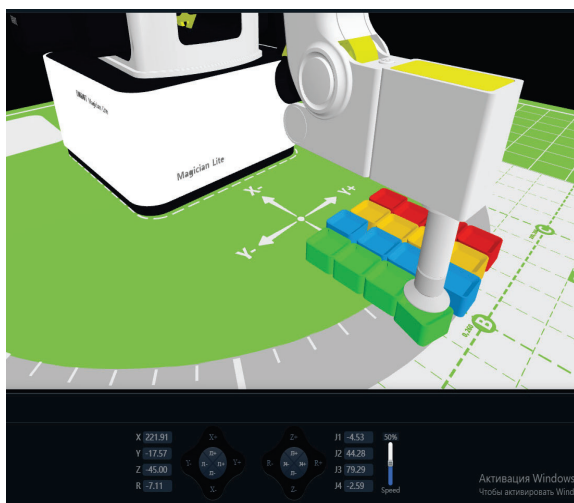


Рисунок 7.5 – Код программы и ход выполнения программы перемещения кубика № 1

При работе с манипулятором *Magician* в среде *DobotStudio* формируется программа, представленная на рисунке 7.6.

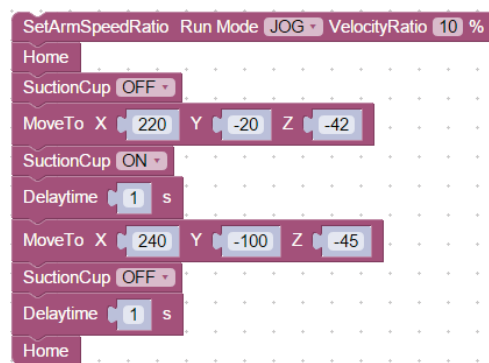


Рисунок 7.6 – Код программы для манипулятора *Magician* для перемещения кубика № 1

Изучив программы, приведенные на рисунках 7.4 и 7.6, можно заключить, что код в виртуальной среде и *DobotStudio* практически не отличаются. Это дает разработчику в руки еще один инструмент для настройки и подготовки проекта с использованием виртуальных технологий.

Практическое занятие № 2 (Продвинутый уровень сложности)

Программу, представленную на рисунке 7.6 можно написать, используя язык *Python*. Листинг 1 кода программы представлен ниже. В программе выполняется перемещение кубика с помощью вакуумного захвата. Сначала устанавливается скорость всех сервоприводов (10%) строка 2, затем робот возвращается в исходное положение «Домой» строка 3. Вакуумный захват отключается, строка 4, после чего робот перемещается к первой точке ($X = 220$, $Y = -20$, $Z = -42$) строка 6. Затем вакуумный захват включается, строка 7, робот ждет одну секунду, после чего перемещается ко второй точке ($X = 240$, $Y = -100$, $Z = -45$). Далее вакуумный захват снова отключается, строка 11, робот ждет одну секунду и возвращается в исходное положение «Домой», строка 13.

Листинг кода 1. Перемещение 1 кубика в *DobotStudio*.

```
1 import math
2 dType.SetArmSpeedRatioEx(api, 0, 10, 1)
3 dType.SetHOMECmdEx(api, 0, 1)
4 dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api, 0, 1)
5 current_pose = dType.GetPose(api)
6 dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 220, (-20), (-42),
current_pose[3], 1)
7 dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api, 1, 1)
8 dType.dSleep(1000)
9 current_pose = dType.GetPose(api)
10 dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 240, (-100), (-45),
current_pose[3], 1)
11 dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api, 0, 1)
12 dType.dSleep(1000)
13 dType.SetHOMECmdEx(api, 0, 1)
```

Пример кода программы в виртуальной среде представлен в листинге 2.

Листинг кода 2. Перемещение 1 кубика в виртуальной лаборатории.

```
# version: Python3
from DobotEDU import *
m_lite.set_homecmd()
m_lite.set_endeffector_suctioncup(enable=True,
on=False)
m_lite.set_ptpcmd(ptp_mode=0, x=220, y=(-20),
z=(-42), r=0)
m_lite.set_endeffector_suctioncup(enable=True,
on=True)
m_lite.set_armspeed_ratio(set_type=1, set_
value=50)
m_lite.wait(delay=1)
m_lite.set_ptpcmd(ptp_mode=0, x=240, y=(-100),
z=(-45), r=0)
m_lite.set_endeffector_suctioncup(enable=True,
on=False)
m_lite.wait(delay=1)
m_lite.set_homecmd()
```

Код в *Python* выполняется сверху вниз слева направо. Для того чтобы интерпретатор различал команды, их необходимо размещать в разных строках или разделять точкой с запятой в одной строке. Важной особенностью в *Python* являются отступы. Отступы объединяют группу команд, которые выполняются единым блоком, например команды, составляющие тело одного цикла.

**Дополнительные задачи
для самостоятельного выполнения**

После того как ребята научились перемещать объекты, предлагается выполнить самостоятельно следующую задачу. Дан набор игровых кубиков разного цвета. Необходимо составить программу, после выполнения которой робот-манипулятор составит пирамидку из кубиков, как показано на рисунке 7.7.

Определить координаты положения кубиков из набора игровых элементов возможно с помощью следующего алгоритма.

1 Нажмите кнопку разблокировки на плече робота  и удерживайте.

2 Переместите роботизированную руку в необходимую точку *K*, а затем отпустите кнопку.

3 На панели управления роботом отобразятся координаты искомой точки (рисунок 7.8).

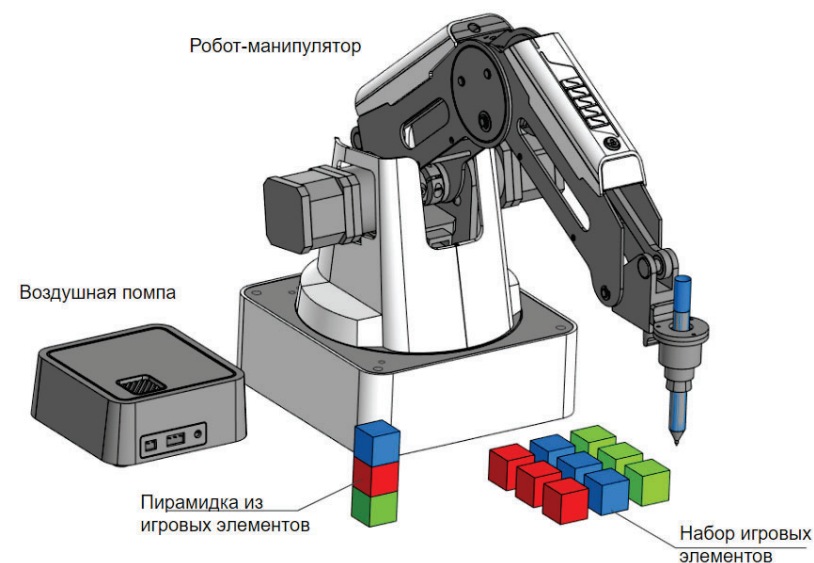


Рисунок 7.7 – Примерное размещение компонентов дополнительного задания

Полученные координаты можно использовать в программе.



Рисунок 7.8 – Координаты точки K : $X = 302$,
 $Y = 0$, $Z = -108$

Вопросы для диагностики

Базовый уровень

1 Что такое прямая задача кинематики?

Ответ: Прямая задача кинематики – это определение положения рабочего органа робота, зная длины звеньев и углы поворота.

2 Что такое обратная задача кинематики?

Ответ: Обратная задача кинематики – определение углов поворота звеньев робота, зная начальное и конечное положения рабочего органа.

3 Как определить координаты указанных точек на поле?

Ответ: Координаты указанных точек на поле определяются относительно нулевой координаты, которая является центром основания робота. Нулевая координата X соответствует центру основания по горизонтали, Y – по вертикали, а Z – глубине.

4 Как составить программу для перемещения кубика с помощью языка программирования *Blockly*?

Ответ: Программа для перемещения кубика с помощью языка программирования *Blockly* составляется с использованием блоков, предоставляемых этим языком. Блоки позволяют задавать различные команды, такие как установка скорости сервоприводов, возвращение в исходное положение, управление вакуумным захватом, перемещение к указанным координатам и т.д.

5 Чем отличается код программы для реального робота от кода для виртуального робота?

Ответ: Код программы для реального робота и виртуального робота не должны отличаться существенно, если они оба корректно настроены и используют одни и те же параметры. Однако в виртуальной среде могут быть дополнительные функции или возможности для настройки и тестирования программы.

6 Какой язык программирования используется для написания программы для робота-манипулятора *Dobot Magician*?

Ответ: Язык программирования, используемый для написания программы для робота-манипулятора *Dobot Magician*, зависит от выбранного уровня сложности. Базовый уровень использует язык *Scratch*, а продвинутый – *Python*.

7 Как работает код в языке программирования *Python*?

Ответ: Код в языке программирования *Python* выполняется сверху вниз слева направо. Для разделения команд используются разные строки или точка с запятой в одной строке.

Продвинутый уровень

1 Что такое отступы в коде на языке *Python*?

Ответы: Отступы в коде на языке *Python* используются для объединения группы команд, которые выполняются единым блоком, например тело цикла.

2 Какие блоки используются в языке программирования *Blockly* для управления роботом-манипулятором?

Ответы: Блоки языка программирования *Blockly* включают события начала выполнения кода, указание скорости сервоприводов, возвращение в исходное положение, управление вакуумным захватом, перемещение к указанным координатам и установку паузы.

3 Как вернуть робот-манипулятор в исходное положение «Домой»?

Ответ: Робот-манипулятор возвращается в исходное положение «Домой» с помощью специального блока в языке программирования *Blockly Home*.

4 Как управлять вакуумным захватом?

Ответ: Вакуумный захват управляется с помощью отдельного блока в языке программирования *Blockly*, который позволяет включать и выключать его.

5 Чем отличается тип перемещения *MOV* и *JUMP* в роботе-манипуляторе *Dobot Magician*?

Ответ: *MOV* (*Move*) – это тип перемещения, при котором робот-манипулятор движется к указанным координатам плавно и последовательно, проходя через все

промежуточные позиции. Этот тип перемещения обычно используется для точного позиционирования или медленных движений.

JUMP (*Jump*) – это тип перемещения, при котором робот-манипулятор мгновенно перемещается к указанным координатам, минуя промежуточные позиции. Этот тип перемещения обычно используется для быстрых движений или когда требуется быстро достичь определенной точки.

Таким образом, основное отличие между типами перемещения *MOV* и *JUMP* заключается в способе достижения конечной точки: *MOV* обеспечивает более плавное и контролируемое движение, в то время как *JUMP* позволяет быстро переместиться к целевой точке без промежуточных позиций.

7.2 Применение роботов в современном производстве

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 2 часа)

7.2.1 Понятие о работе и робототехнике

Автоматизация – это процесс, при котором машины и устройства выполняют задачи, ранее выполнявшиеся людьми. Это повышает производительность и снижает издержки производства.

Роботизация – это процесс замены людей роботами на рабочих местах. Роботы могут выполнять задачи, требующие высокой точности и скорости, а также опасные для здоровья человека.

Рассмотрим, как это работает на примере производства автомобилей. Раньше на сборке автомобилей работали люди, которые вручную соединяли детали. Сейчас на за-

водах используются роботы, способные быстро и точно соединять детали. Это увеличивает скорость производства и уменьшает количество брака.

Робот – это автоматическое устройство со специальной программой, способное выполнять умственные и физические задачи вместо человека. Современные роботы могут самостоятельно принимать решения и создавать модели поведения, используя датчики для понимания окружающего мира. Роботы отличаются от других умных устройств своей автоматичностью и способностью выполнять задачи без прямого контроля человека. Например, стиральные машины работают автоматически, но не считаются роботами, так как они не обладают адаптивностью и автономностью, характерными для роботов.

7.2.2 Классификация роботов

Рассмотрим классификацию роботов и их применение в различных областях.

1 По типу действия:

- роботы с манипуляторами (используются для выполнения различных задач, таких как сборка, покраска, сварка и т.д.).

Робот-манипулятор – тип промышленных роботов. Такие роботы выполняют функции человеческой руки. Соединения сегментов манипулятора допускают вращательные и поступательные движения (рисунок 7.9);

- роботы-транспортёры (используются для перемещения грузов).

Робот-транспортёр – это тип складского робота, предназначенный для перемещения грузов по территории склада. Он работает с единицами грузов, обычно упакованными в групповую упаковку, например на паллетах или в коробках. Такие роботы могут быть оснащены различными видами навигации и управления в зависимости от производителя и модели (рисунок 7.10);

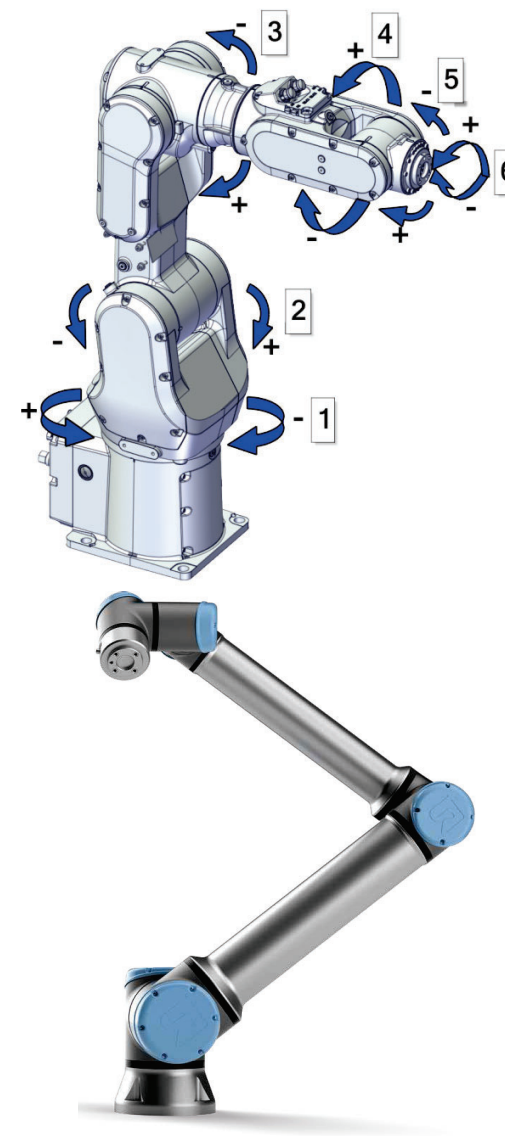


Рисунок 7.9 – Робот-манипулятор



Рисунок 7.10 – Складской робот-транспортировщик

– роботы-сборщики (используются для сбора и сортировки деталей).

Робот-сборщик – это автоматическая машина, которая используется для сбора и сортировки деталей в производственных процессах (рисунок 7.11). Он оснащен специальными захватами и датчиками, которые позволяют ему определять местоположение и тип деталей, а также манипулировать ими с высокой точностью. Роботы-сборщики могут работать круглосуточно, без перерывов и ошибок, связанных с человеческим фактором, что повышает эффективность и качество производства;

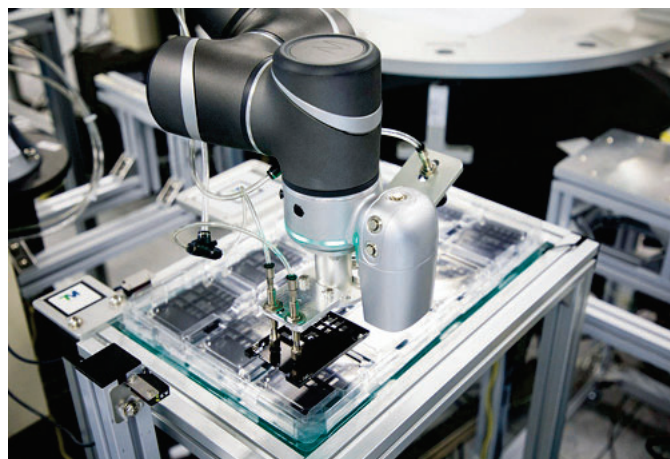


Рисунок 7.11 – Робот-сборщик

– роботы-контроллеры (используются для контроля и управления процессами), рисунок 7.12.

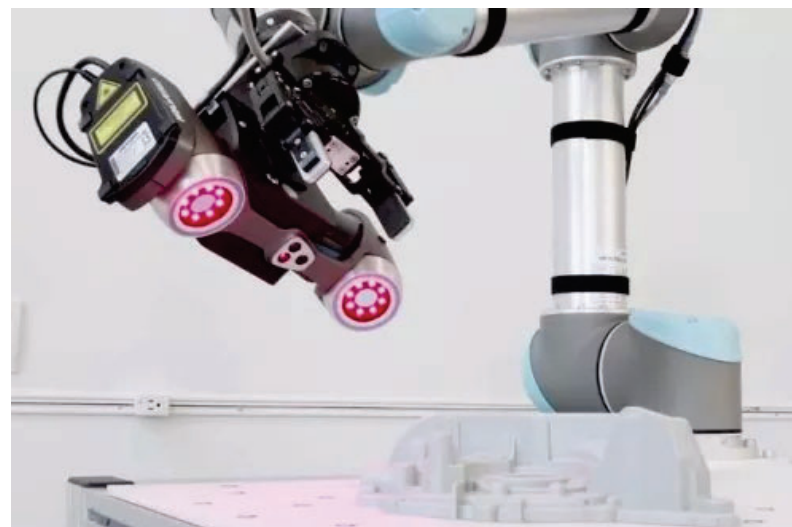


Рисунок 7.12 – Робот-контроллер

2 По степени автоматизации:

- автоматические роботы (работают без участия человека);
- полуавтоматические роботы (требуют участия человека для запуска и остановки процесса).

3 По степени мобильности:

- стационарные роботы (не могут перемещаться);
- мобильные роботы (могут перемещаться по заданному маршруту).

4 По типу управления:

- программируемые роботы (работают по заданной программе);
- обучаемые роботы (могут обучаться новым задачам);
- интеллектуальные роботы (могут принимать решения на основе анализа данных).

5 По области применения:

- промышленные роботы (используются в производстве);
- медицинские роботы (используются в медицине);
- бытовые роботы (используются в быту);
- образовательные роботы (используются в образовательных целях).

7.2.3 Применение роботов в современном производстве

1 Автомобильная промышленность: роботы используются для сварки, покраски и сборки автомобилей. Они могут выполнять задачи с высокой точностью и скоростью, что позволяет сократить время производства и повысить качество продукции.

2 Электроника: роботы используются для сборки электронных компонентов, таких как печатные платы и микросхемы. Они могут выполнять задачи, требующие высокой точности и аккуратности, что позволяет повысить качество продукции.

3 Медицина: роботы используются для выполнения сложных хирургических операций, таких как операции на сердце или мозге. Они могут выполнять задачи с высокой точностью и скоростью, что позволяет сократить время операции и повысить ее эффективность.

4 Строительство: роботы используются для выполнения задач, связанных с обработкой материалов, таких как резка, сверление и сварка. Они могут выполнять задачи с высокой точностью и скоростью, что позволяет сократить время строительства и повысить его качество.

5 Обслуживание и ремонт оборудования: роботы используются для выполнения задач, связанных с обслуживанием и ремонтом оборудования. Они могут быть запрограммированы на выполнение определенных задач, таких как замена деталей или проведение технического обслуживания.

Практическая работа

Практическое занятие №1

(Лабораторная работа)

Создавай объекты играючи

Создание игры с *Dobot Magician*: в этой лабораторной работе школьники интегрируют в простую игру *Dobot Magician*. Они научатся программировать робота для выполнения простых действий в игре, таких как перемещение объектов или реагирование на команды игрока.

Цель: освоить навыки управления роботом *Dobot Magician* в режиме рисования.

Задачи:

1 изучить компоненты, входящие в комплект *Dobot Magician* для режима рисования;

2 познакомиться с интерфейсом программы управления роботом в режиме рисования;

3 интегрировать робота манипулятора в игру «Крестики-нолики».

Краткое теоретическое введение. Режим рисования в робот-манипуляторе *Dobot Magician* – это один из методов создания графических изображений и текстов. Он позволяет программировать траекторию движения пишущего инструмента, такого как маркер или ручка, задавая начальную и конечную точки, а также путь, по которому должен двигаться инструмент. Это может быть прямая линия, кривая, круг или сложная траектория.

Для программирования режима рисования используются специализированные программные инструменты с графическим интерфейсом, которые позволяют настраивать параметры движения, скорость и давление на поверхность. Робот-манипулятор затем следует заданной программе, создавая изображение или текст с высокой точностью и повторяемостью.

Этот режим идеально подходит для автоматизации процесса создания графических изображений, логотипов, штрих-кодов, QR-кодов, надписей на товарах и других задач, где требуется точность и повторяемость.

В данной лабораторной работе интегрируем робота манипулятора в игру «Крестики-нолики». Данная игра всем известна – это игра для двух игроков, в которой каждый игрок по очереди ставит «X» или «O» в любую пустую клетку на сетке 3×3. Цель игры – создать ряд из трех символов по вертикали, горизонтали или диагонали. Первый игрок, которому это удастся, выигрывает игру. Рассмотрим возможность интегрировать в этот процесс робот-манипулятор *Dobot Magician*. В игре участвуют два игрока, которые должны с помощью робота манипулятора на специально подготовленном поле на рисунке 7.13 ставить символы «X» или «O».

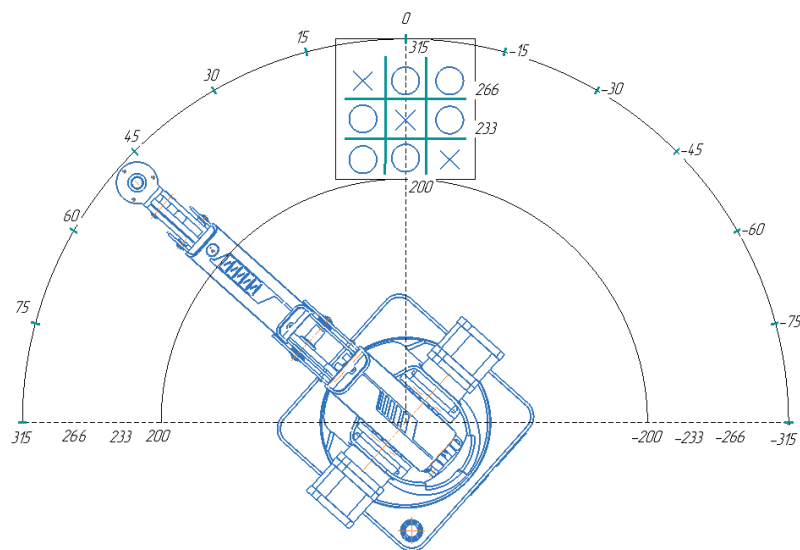


Рисунок 7.13 – Поле для игры «Крестики-нолики»

1 Необходимо установить набор для письма и рисования. Набор состоит из ручки и держателя. Установить ручку в держатель. Затем закрепить зажимным винтом в плече робота-манипулятора так, как показано на рисунке 7.15.

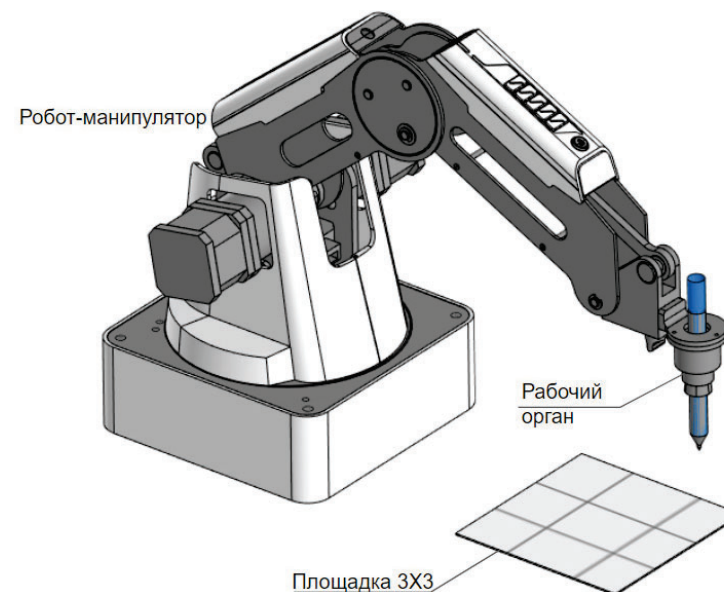


Рисунок 7.14 – Расположение оборудования

Если необходимо заменить ручку на новую, открутите четыре установочных винта М3*5 в держателе ручки с помощью шестигранного ключа на 1,5 мм, как показано на рисунке 7.16. Поместите лист бумаги на рабочую поверхность в пределах рабочего пространства робота.

2 Подсоединение робота к *DobotStudio*. Загрузите программу *DobotStudio*, выберите COM-порт и нажмите кнопку *Connect*. Выберите режим письма и рисования (*Write&Draw*) (рисунок 7.17). Необходимо выбрать «Ручку» в качестве рабочего органа в режиме «Письмо и рисование» (рисунок 7.18).

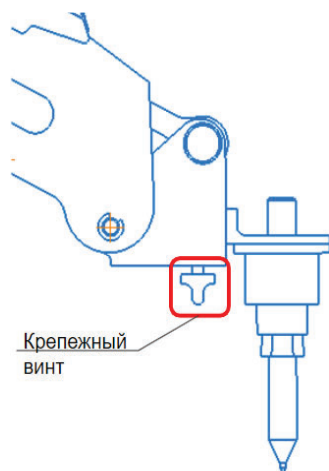


Рисунок 7.15 – Фиксации ручки

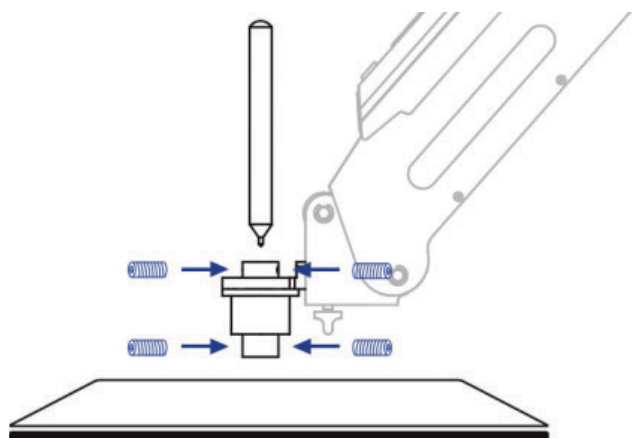


Рисунок 7.16 – Схема смены ручки

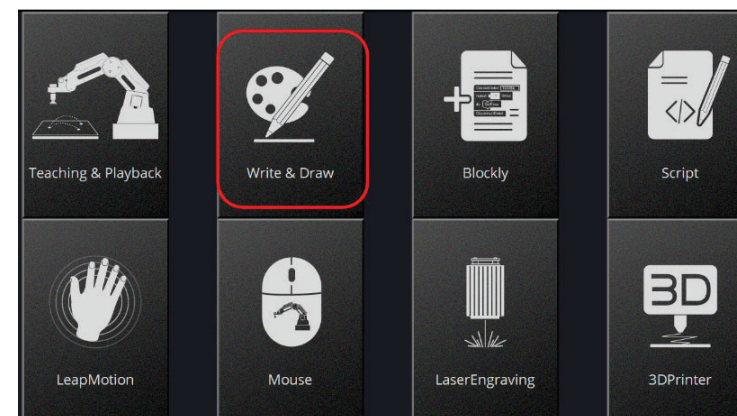


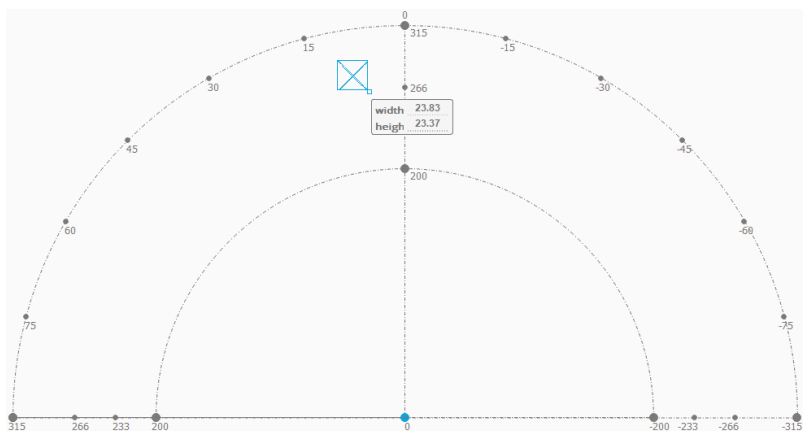
Рисунок 7.17 – Режим «Письмо и рисование»



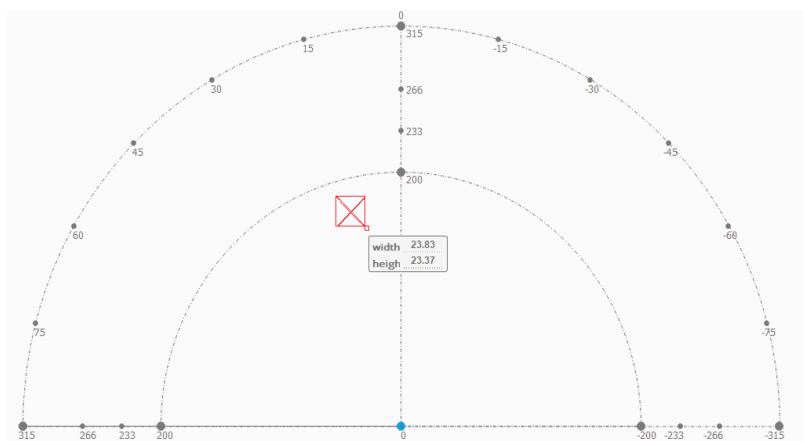
Рисунок 7.18 – Выбор «Ручки» в качестве рабочего органа

3 Импорт рисунка и установка параметров для рисования. При выполнении задачи записи и рисования требуется встроенный или пользовательский файл изображения. Импортированное изображение должно быть помещено в кольцевую область на странице режима «Письмо и Рисование», как показано на рисунке 7.19, а. В противном случае роботизированная рука достигает своего ограниченного положения и не может рисовать или писать. В этом случае изображение выделяется красной рамкой, как показано на рисунке 7.19, б.

4 Установка параметров рисования. Нажмите кнопку  в выберите режим «Письмо и рисование» (*Write&Draw*) (рисунок 7.20). Рекомендуется установить скорость в диапазоне от 0 до 500 мм/с и отрегулировать ускорение от 0 до 500 мм/с².



a



b

Рисунок 7.19 – Расположение импортированного рисунка: *a* – правильное; *b* – неверное

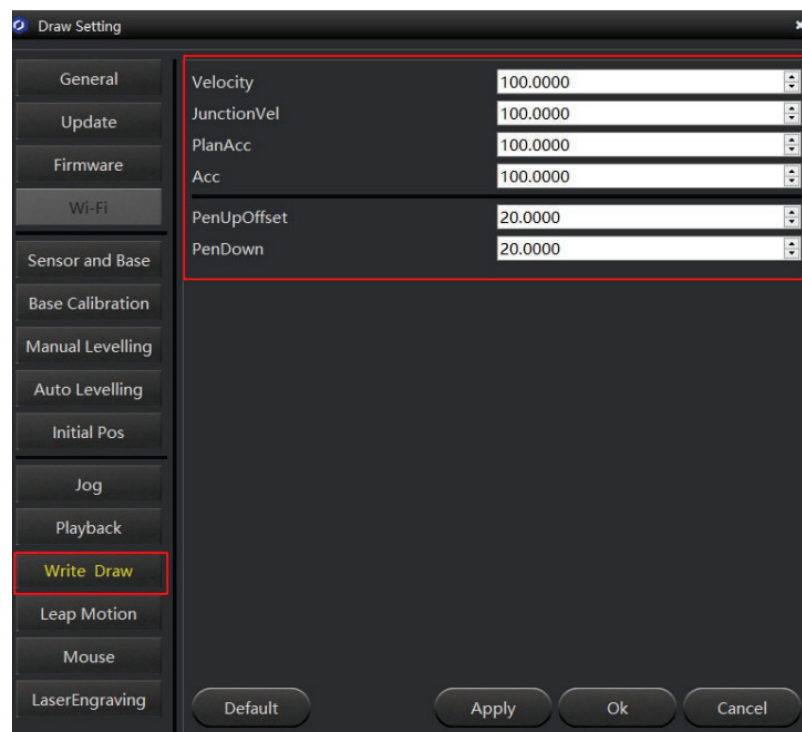


Рисунок 7.20 – Параметры в режиме «Письмо и рисование»

Нажмите  в окне «Письмо и рисование» для получения и сохранения текущего значения оси *Z*. После завершения данного шага, в последующем, когда вы начнете писать, импортируемые изображения будут размещаться в указанную точку (рисунок 7.21). Значение оси *Z* – это параметр *PenDown*, см. рисунок 7.20. Если эффект письма неудовлетворительный, слегка увеличьте и уменьшите высоту письма.



Рисунок 7.21 – Начальная точка рисования

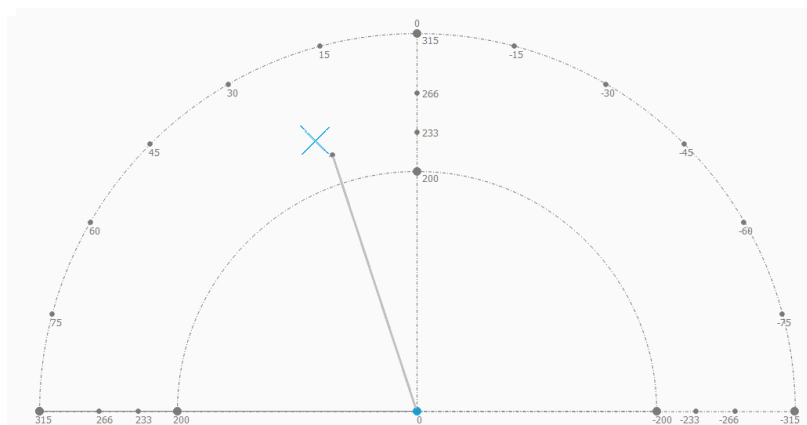


Рисунок 7.22 – Поле для рисования

5 Нажмите кнопку , и манипулятор *Dobot Magician* автоматически переместится выше начальной позиции (*PenDown*) точки текста.

6 Нажмите кнопку *Start* для начала рисования. Во время записи можно нажать «Пауза», чтобы приостановить запись, и «Стоп», чтобы остановить запись.

Задача участников по очереди менять расположение крестиков и ноликов. Результат соревнования будет отображен на рисунке.

Вопросы для диагностики

Базовый уровень

1 Какой режим используется в роботе-манипуляторе *Dobot Magician* для создания графических изображений и текстов?

Ответ: В роботе-манипуляторе *Dobot Magician* для создания графических изображений и текстов используется режим рисования.

2 Как программируется траектория движения пишущего инструмента в режиме рисования?

Ответ: Траектория движения пишущего инструмента в режиме рисования программируется путем задания начальной и конечной точек, а также пути, по которому должен двигаться инструмент.

3 Какие компоненты входят в комплект *Dobot Magician* для режима рисования?

Ответ: В комплект *Dobot Magician* для режима рисования входят набор для письма и рисования, включающий ручку и держатель.

4 Как установить набор для письма и рисования в роботе-манипуляторе *Dobot Magician*?

Ответ: Набор для письма и рисования в роботе-манипуляторе *Dobot Magician* устанавливается путем закрепления ручки в держателе и фиксации его в плече робота.

5 Как подсоединить робот-манипулятор к программе *DobotStudio*?

Ответ: Робот-манипулятор подсоединяется к программе *DobotStudio* путем выбора COM-порта и нажатия кнопки *Connect*.

6 Как установить параметры для рисования в программе *DobotStudio*?

Ответ: Параметры для рисования в программе *DobotStudio* устанавливаются путем импорта рисунка и настройки его положения, а также регулировки скорости и ускорения.

Продвинутый уровень

1 Как установить кончик пера в начальное положение в роботе-манипуляторе *Dobot Magician*?

Ответ: Кончик пера в начальное положение в роботе-манипуляторе *Dobot Magician* устанавливается путем нажатия кнопки разблокировки на плече робота и перемещения руки в нужную точку.

2 Как регулируется высота пера в роботе-манипуляторе *Dobot Magician*?

Ответ: Высота пера в роботе-манипуляторе *Dobot Magician* регулируется путем изменения значения оси Z.

3 Как начать процесс рисования в программе *DobotStudio*?

Ответ: Процесс рисования в программе *DobotStudio* начинается после нажатия кнопки *Start*.

4 Как остановить процесс рисования в программе *DobotStudio*?

Ответ: Процесс рисования в программе *DobotStudio* останавливается путем нажатия кнопки *Stop*.

5 Какое максимальное значение скорости и ускорения можно установить в программе *DobotStudio*?

Ответ: Максимальное значение скорости и ускорения, которое можно установить в программе *DobotStudio*, составляет 500 мм/с.

7.3 Программирование и управление роботами

(Практические занятия – 4 часа)

Для программирования и управления роботами используются разные языки программирования, каждый из которых имеет свои особенности и преимущества. Вот некоторые из них.

Python – простой и популярный язык программирования, часто используется для написания скриптов, управления сенсорами и выполнения алгоритмов машинного обучения. *Python* поддерживает мощные библиотеки, такие как *NumPy*, *SciPy* и *TensorFlow*, что позволяет быстро разрабатывать и тестировать прототипы.

C++ – мощный язык программирования, обеспечивающий высокую производительность и контроль над ресурсами. Используется для создания низкоуровневых программ, требующих высокой скорости выполнения и эффективности. C++ также поддерживает объектно-ориентированное программирование.

Java – объектно-ориентированный язык программирования, используемый для разработки приложений, работающих на разных платформах. Применяется для создания сложных систем управления и взаимодействия с различными устройствами.

MATLAB – язык программирования и среда для выполнения математических вычислений, моделирования, симуляции и анализа данных. Используется для разработки алгоритмов управления и обработки сигналов.

ROS (Robot Operating System) – это не язык программирования, а фреймворк, предоставляющий инструменты и библиотеки для разработки программного обеспечения для роботов. ROS поддерживает несколько языков программирования, включая *Python* и *C++*, и используется для создания сложных роботизированных систем.

Используемая среда *DobotStudio* поддерживает несколько языков программирования. Некоторые примеры использования этих языков программирования с *DobotStudio*:

- *Google Blockly*: создание простых алгоритмов и управление роботом с использованием блоков;
- *Python*: написание более сложных программ для управления роботом и выполнения различных задач;
- *Java (Android)*: разработка приложений для *Android*, которые могут управлять роботом и взаимодействовать с ним;
- *C/C++/C#*: создание программ для управления роботом и выполнения различных задач на разных платформах;
- *LabVIEW*: визуальное программирование для управления роботом и анализа данных с датчиков;
- *Objective-C (iOS, macOS)*: разработка приложений для *iOS* и *macOS*, которые могут управлять роботом и взаимодействовать с ним.

Практическая работа

Практическое занятие № 1 (Лабораторная работа) Робот инженер

Робототехника и инженерия: в этой лабораторной работе школьники будут изучать основы робототехники и инженерии. Они будут изучать принципы работы роботов, их компоненты и способы взаимодействия с окружающей средой.

Цель: освоить навыки управления роботом *Dobot Magician* в режиме 3D-печати.

План занятия.

1 Изучить компоненты для 3D-печати входящих в комплект *Dobot Magician*.

2 Познакомиться с интерфейсом программы управления роботом в режиме 3D-печати.

3 Напечатать 3D-объект, проанализировать время работы и массогабаритные показатели объекта.

Краткое теоретическое введение. *Dobot Magician*, как вы убедились, может выполнять различные задачи, 3D-печать не исключение. Он оснащен системой автоматического выравнивания платформы, что позволяет быстро начать печать без необходимости ручного выравнивания.

Для начала работы с *Dobot Magician* необходимо подготовить модель к печати. Это делается с помощью специального программного обеспечения – слайсера. Слайсер разделяет модель на множество слоев и создает G-код – набор команд для 3D-принтера.

После подготовки модели нужно подключить *Dobot Magician* к компьютеру или мобильному устройству через USB-кабель или *Wi-Fi*. Затем следует открыть программу *Dobot Studio* и загрузить в нее G-код. В программе можно также задать начальную точку печати и другие параметры.

При работе с *Dobot Magician* важно соблюдать меры безопасности. Никогда не оставляйте робота без присмотра во время работы. Рабочая зона должна быть свободной от препятствий. Рекомендуется использовать защитные очки и перчатки для защиты от горячего пластика.

Также стоит учитывать, что качество печати зависит от многих факторов, включая настройки программы по 3D-печати, материал, температуру и скорость печати. Поэтому перед началом работы рекомендуется провести тестовую печать и настроить параметры под свои нужды.

Ход выполнения работы.

Установка набора для 3D-печати.

Необходимо ознакомиться с комплектом набора для 3D-печати (рисунок 7.23). Рабочим органом в данной лабо-

раторной работе является экструдер типа Боуден, который состоит из нагревательного элемента, подающей машины и тефлоновой трубки. Сделано это для того, чтобы уменьшить массу рабочего органа. Принцип работы подающей машины, представленной на рисунке 7.24, состоит в следующем: в отверстие подается филамент, который помещается между зубчатым колесом и упорным подшипником. Прижимная пружина и рукоятка на подающей машине создают дополнительное усилие для лучшего соприкосновения зубчатого колеса и филамента. Далее филамент по тефлоновой трубке (PTFE) подается в нагревательный элемент, где расплавляется и с помощью руки манипулятора в соответствии с программой работы наносится послойно на объект печати. В набор входит стекло для создания ровной поверхности, подставка и филамент.

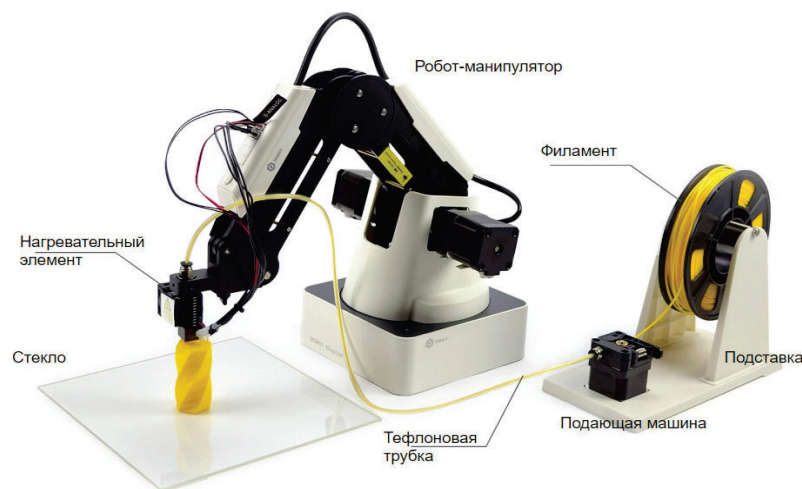


Рисунок 7.23 – Набор для 3D-печати

Для начала печати необходимо разместить компоненты так, как показано на рисунке 7.23. Нажав ручку на подающей машинке, ослабить натяжение и завести филамент

так, как показано на рисунке 7.25, а. Выполнить соединение тефлоновой трубки и нагревательного элемента рабочего органа, рисунок 7.25, б, и пропустить через нее также филамент. Закрепить печатающую головку на роботе с помощью фиксирующего винта, рисунок 7.26, а. На плече робота находятся разъемы для подключения периферийных устройств, рисунок 7.26, б, в таблице 7.2 представлена информация о подключении контактов экструдера. Кабель от шагового двигателя подающей машины необходимо включить к основанию робота-манипулятора в гнездо *Stepper 1*, как показано на рисунке 7.27.



Рисунок 7.24 – Устройство подающей машины

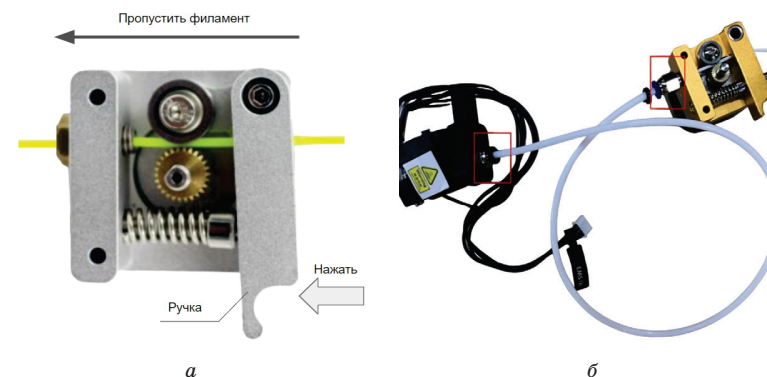


Рисунок 7.25 – Заправка филамента

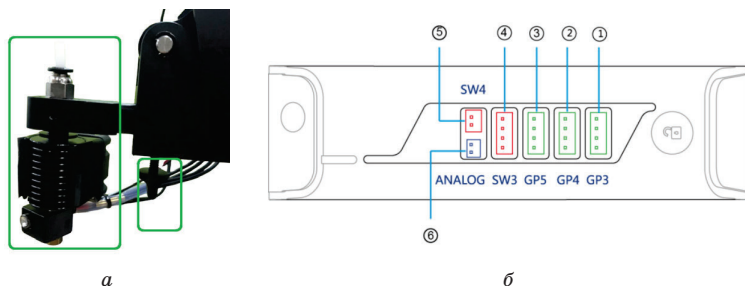


Рисунок 7.26 – Разъемы периферийных интерфейсов на плече

Таблица 7.2 – Информация о разъемах для подключения в режиме 3D-печати на плече робота

Интерфейс	Описание
4	SW3, интерфейс экструдера (режим 3D-печати);
5	Порт для подключения вентилятора (режим 3D-печати)
6	Порт подключения термистора (режим 3D-печати)

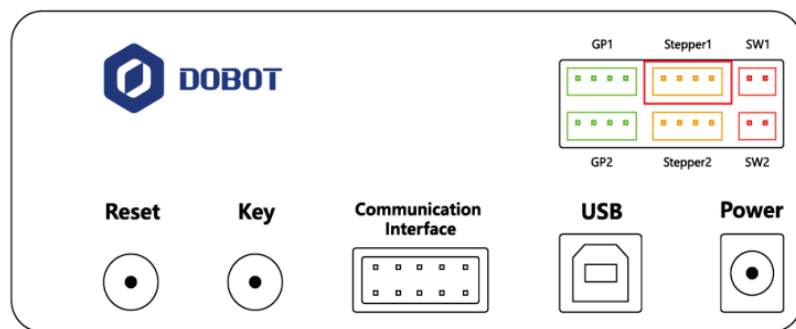


Рисунок 7.27 – Панель интерфейсов основания робота

Настройка Repetier Host.

Repetier Host встроен в *DobotStudio*. После выбора режима 3D-печати страница хоста *Repetier* будет отображена автоматически.

Предварительные требования:

- подготовлена модель для 3D-печати;
- подготовлена платформа для печати, помещена в рабочую зону *Dobot Magician*;
- включен *Dobot Magician*;
- успешно выполнено подключение *Dobot Magician* к *DobotStudio* через *USB* (если поддерживается);
- установлен комплект для 3D-печати.

Установка прошивки.

Открыть *DobotStudio* и выбрать режим 3D-печати: откроется страница 3D-печати, как показано на рисунке 7.28.

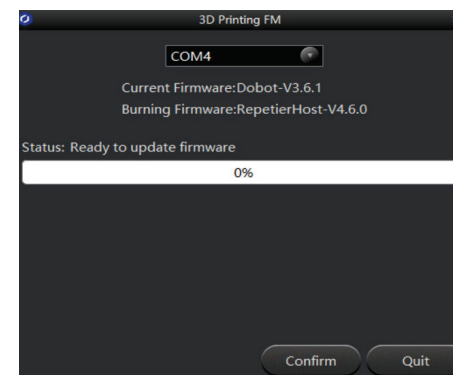


Рисунок 7.28 – Страница загрузки

После записи прошивки для 3D-печати отображается страница *Repetier Host* автоматически, как показано на рисунке 7.29.

Настройка 3D-печати.

Установка параметров печати.

Параметры печати необходимо устанавливать только в первый раз.

Нажмите кнопку *Config* на верхней панели окна *Repetier Host*. Выберите в контекстном меню *Printer Settings*.

Установите параметры, которые представлены на рисунке 7.30.

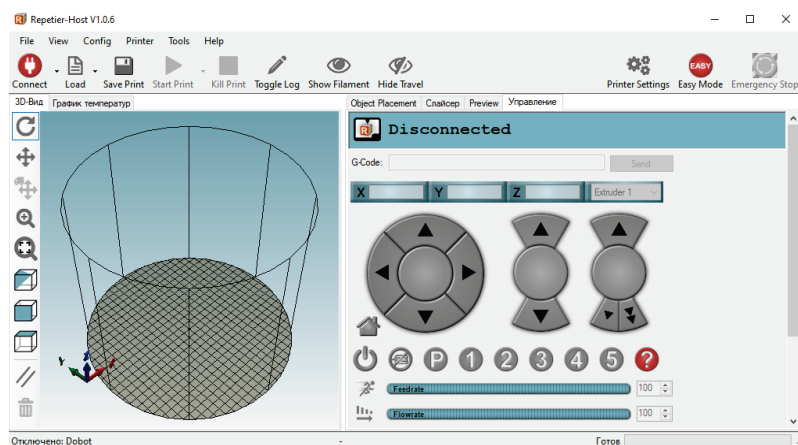


Рисунок 7.29 – Окно *Repetier Host*

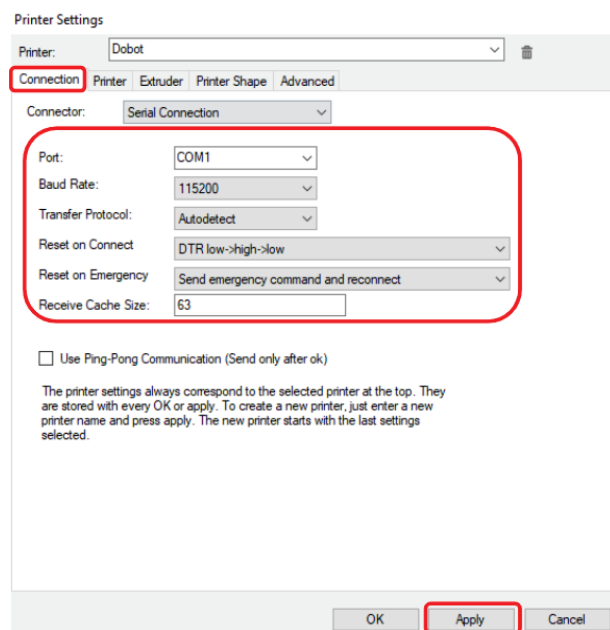


Рисунок 7.30 – Вкладка *Connection*

После нажмите *Apply*.

Уберите отметки в полях на вкладке *Printer*, как показано в красном прямоугольнике на рисунке 7.31. Остальные настройки оставьте стандартными. После этого нажмите *Apply*.

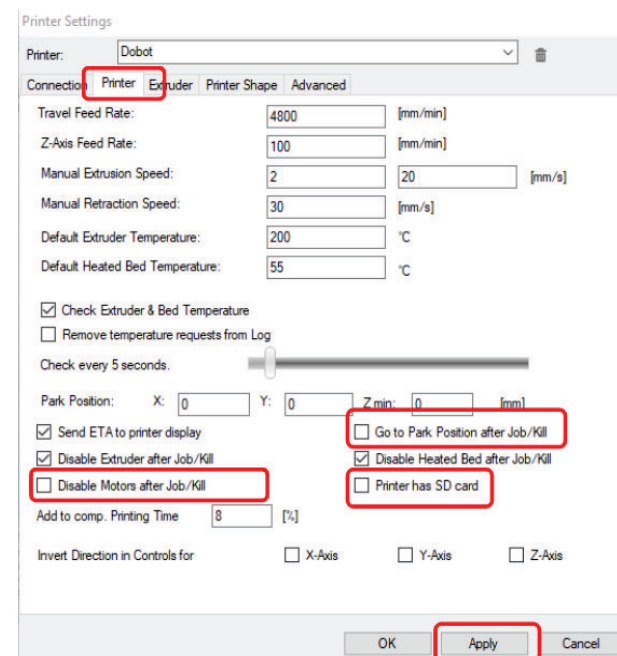


Рисунок 7.31 – Вкладка *Printer*

Настройте необходимые параметры на вкладке *Extruder* в соответствии с красным полем на рисунке 7.32. Остальные параметры уже заданы по умолчанию. После этого нажмите кнопку *Apply*.

Установите параметры на вкладке *Printer Shape*, как указано на рисунке 7.33, остальные параметры оставьте по умолчанию. После этого нажмите *Apply*.

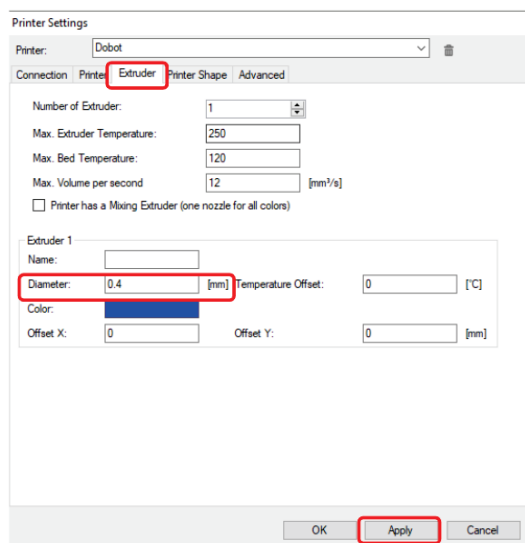


Рисунок 7.32 – Вкладка *Extruder*

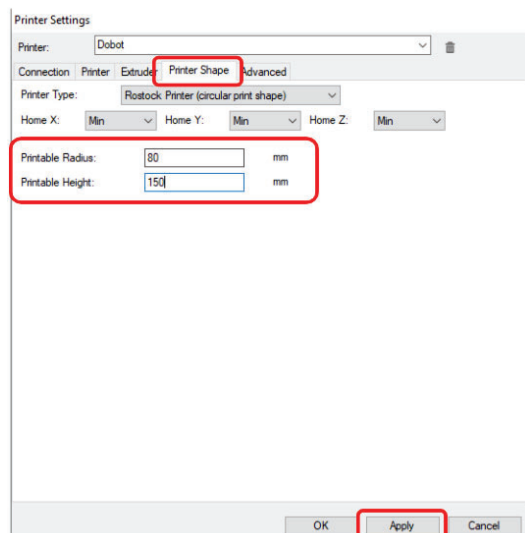


Рисунок 7.33 – Вкладка *Printer Shape*

Нажмите кнопку *Connect* на панели *Repetier Host* для соединения с *Dobot Magician*. После успешного подключения текущая температура нагрева будет показана на экране программы *Repetier Host*, как показано на рисунке 7.34.

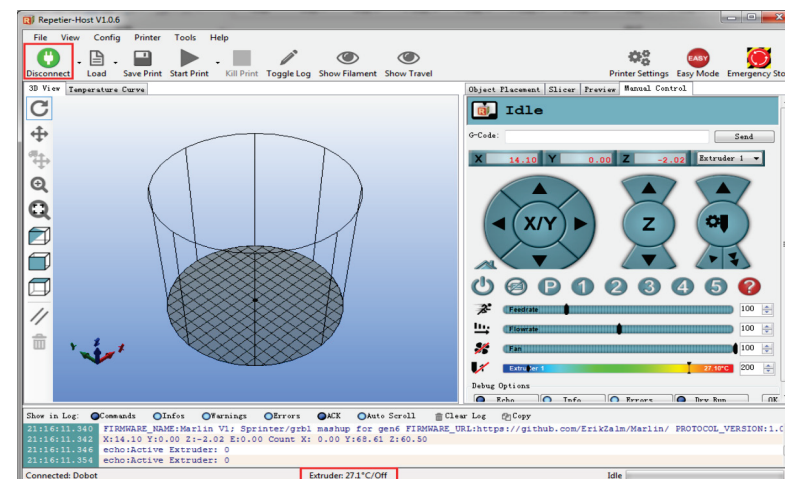


Рисунок 7.34 – Соединение с *Dobot Magician*

Тестирование экструдера. Перед началом 3D-печати необходимо убедиться, что экструдер функционирует должным образом и расплавленный пластик вытекает из сопла экструдера. Температура экструдера должна быть выше 170 °C. Только после этого Добот-Волшебник сможет приступить к 3D-печати. Таким образом, сначала нужно прогреть экструдер.

Установите температуру нагрева 200 °C на панели управления *Repetier Host* и нажмите , так как показано на рисунке 7.35.

Нажмите на перемещение экструдера, когда температура достигнет 200 °C, и выдавите 10–30 мм, как показано на рисунке 7.36.

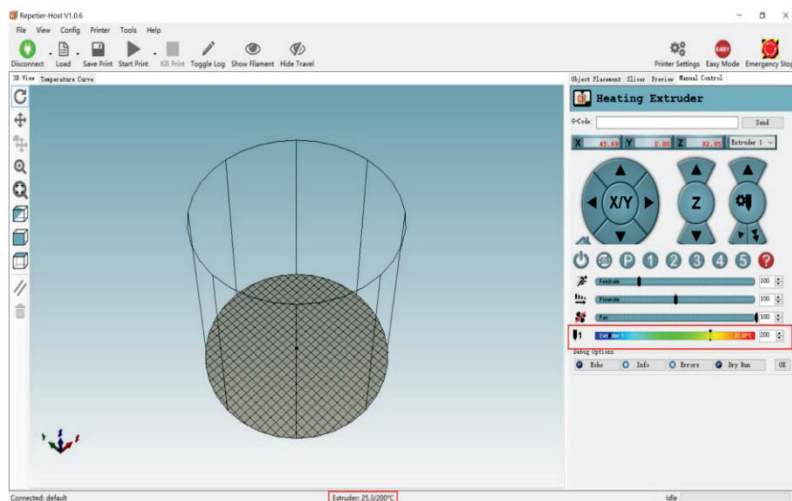


Рисунок 7.35 – Управление температурой нагрева экструдера

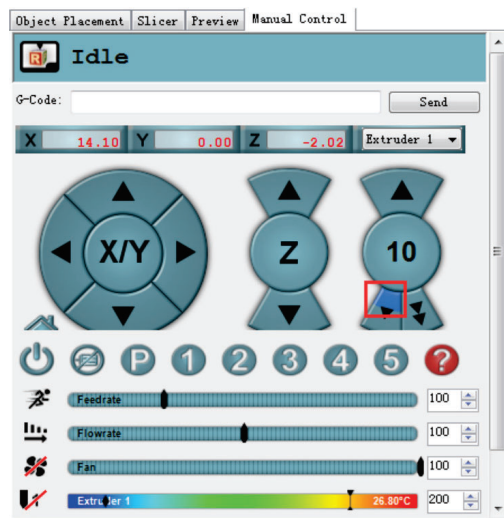


Рисунок 7.36 – Тестовое выдавливание пластика

Если расплавленная нить вытекает из экструдера, это говорит об исправленном состоянии установки.

Нагревательный элемент будет разогреваться до 250 °С, поэтому будьте осторожны. Не разрешайте детям играть с ним самостоятельно. Необходимо постоянно следить за процессом. По его завершении сразу отключите прибор.

Настройка пространства печати и установки координат печати. Перед началом печати необходимо отрегулировать начальное положение руки манипулятора. Рекомендованное расстояние до стола печати не более двух листов бумаги А4. Чтобы улучшить прилипание первого слоя, следует разместить на платформе малярный скотч.

Важный первый слой. Крайне важно правильно нанести первый слой. Если сделать это неправильно, это может привести к деформации деталей, их отсоединению или даже полному отказу. Ключи к успешному первому слою:

- печать на ровной поверхности;
- снизить скорость;
- высота более толстого слоя должна быть такой же,

как диаметр сопла, в нашем случае 0,4 мм;

– увеличить ширину экструзии – это можно сделать либо в процентах, либо на фиксированную величину. Значение для первого слоя рекомендуется 200%. Это 200% высоты слоя. Если использовать указанную выше настройку, то ширина экструзии составит 0,8 мм.

Нажмите кнопку разблокировки на плече робота и удерживайте *Dobot Magician* так, чтобы печатающая головка соприкоснулась с поверхностью малярного скотча (расстояние между печатающей головкой и поверхностью малярного скотча равно толщине листа бумаги формата А4). После этого отпустите кнопку разблокировки. Введите команду M415 в окне команд G-кода и нажмите *Enter*, чтобы получить текущие координаты, как показано на рисунке 7.37. Также вы можете нажать кнопку *Key* на задней части базы, чтобы получить текущую информацию, координаты.

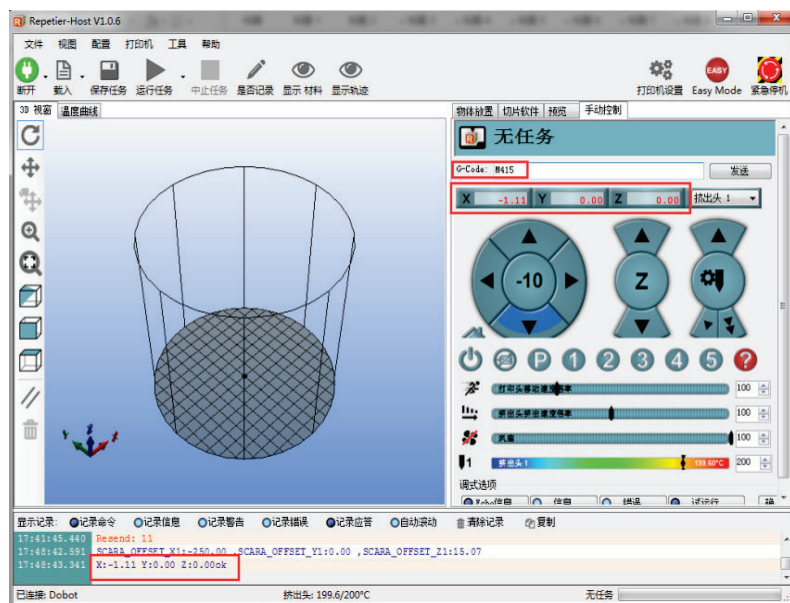


Рисунок 7.37 – Определение текущих координат экструдера

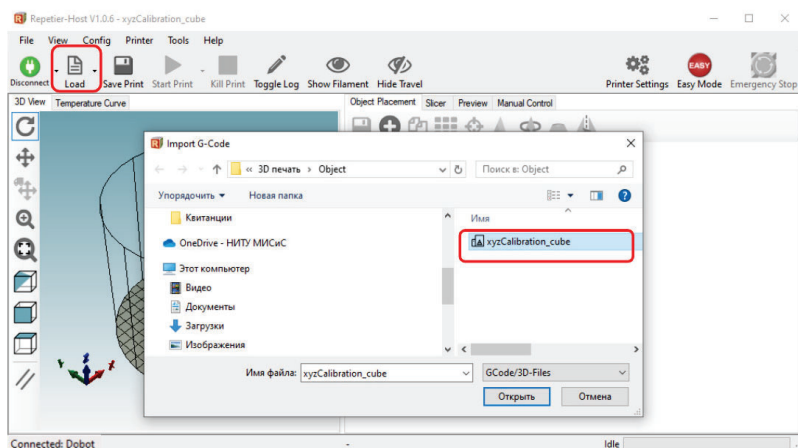


Рисунок 7.38 – Загрузка объекта

Установим модель на печать. Скачаем тестовую фигурку с любого доступного сайта, например предлагается 10 моделей для тестирования: <https://3d-m.ru/10-modelej-dlya-kalibrovki-3d-printera/>

После того как модель была скачана, нажмем кнопку *Load* на панели *Repetier Host* (рисунок 7.38).

После импорта модели вы можете центрировать, масштабировать или вращать модель на вкладке *Object Placement* (рисунок 7.39).

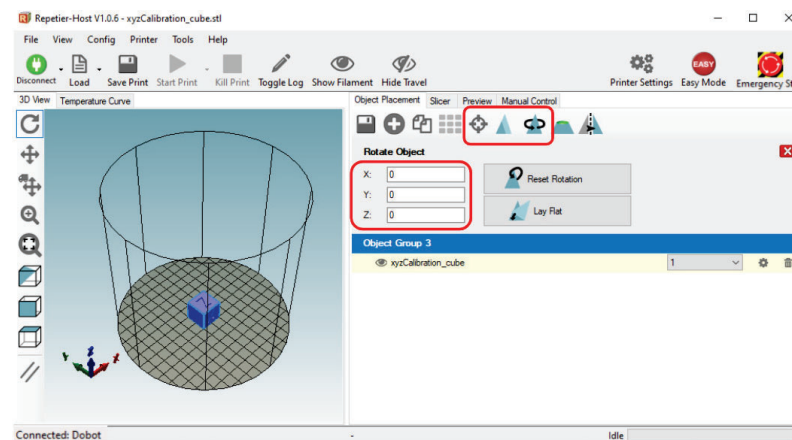


Рисунок 7.39 – Расположение объекта в области печати

Установка параметров слайсинга. Перед первой печатью необходимо установить параметры нарезки. Выберите *Slic3r* из раздела *Slicer* на вкладке *Slicer* на странице *Repetier Host* и нажмите *Configuration*, как показано на рисунке 7.40, откроется окно *Slic3r* (рисунок 7.41).

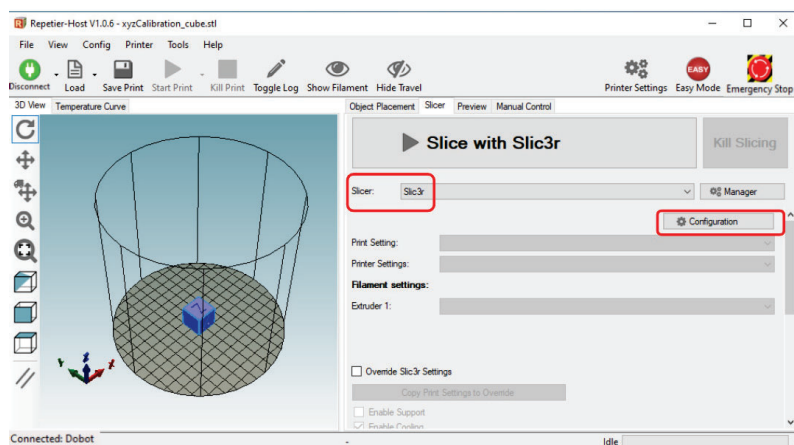


Рисунок 7.40 – Вызов конфигурации

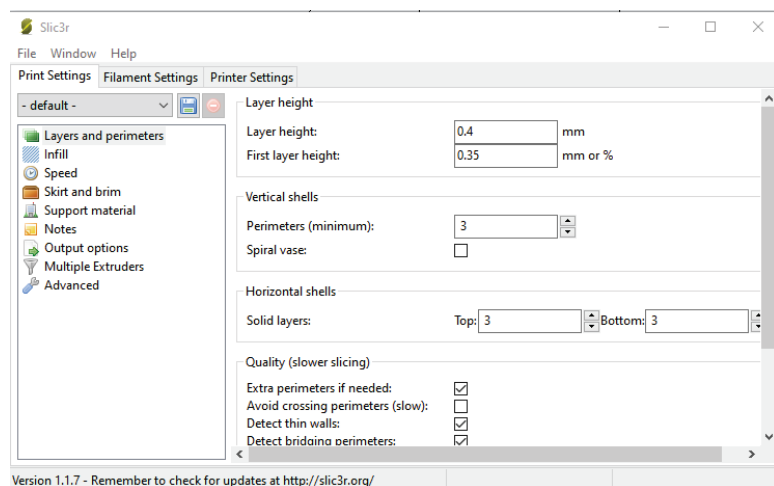


Рисунок 7.41 – Окно настройки Slic3r

Чтобы настроить параметры нарезки на странице *Slic3r*, откройте раздел *File* и выберите *Load Config*. Затем перейдите в каталог *DobotStudio* и импортируйте файл

attachment, как показано на рисунке 7.42. Это позволит вам выбрать подходящую конфигурацию для вашей 3D-печати, рисунок 7.43.

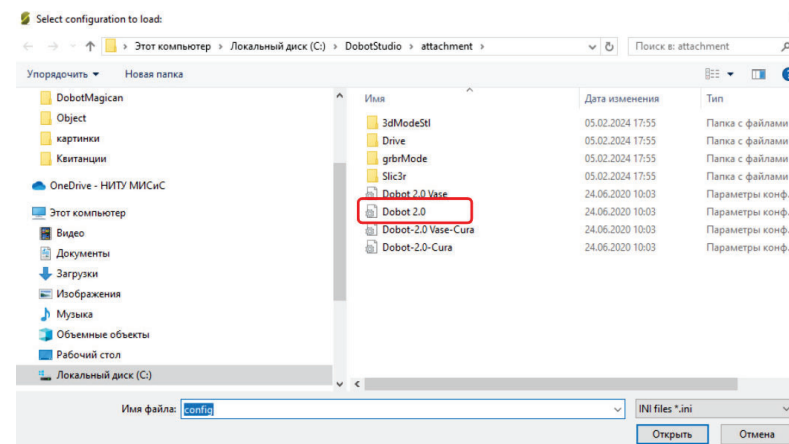


Рисунок 7.42 – Выбор файла конфигурации

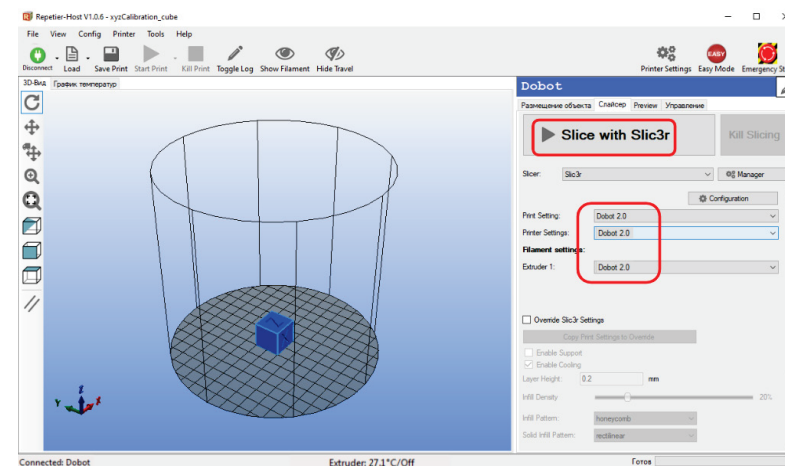


Рисунок 7.43 – Установка настройки печати

Нажмите  в верхнем левом углу страницы *Repetier Host*, чтобы распечатать. В результате подготовки модели на печать было выведено время печати, количество слоев и длина потраченного филамента.

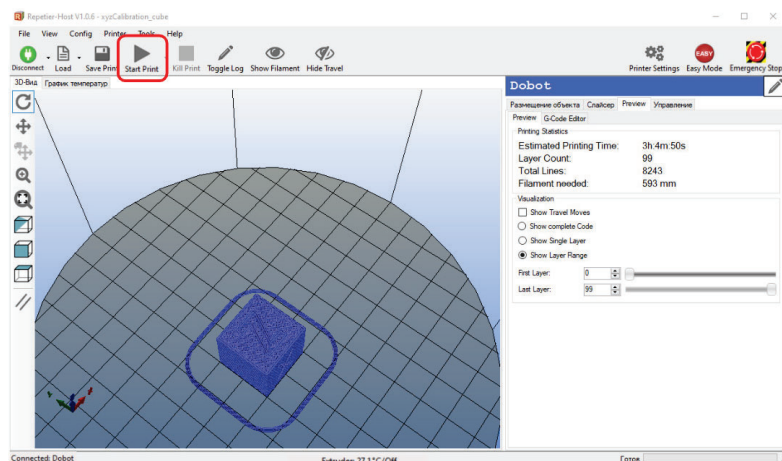


Рисунок 7.44 – Запуск печати

Результат печати представлен на рисунке 7.45.



Рисунок 7.45 – Напечатанный объект

Выводы. Выполнив лабораторную работу, учащиеся научатся управлять роботом *Dobot Magician* в режиме 3D-печати. Это включает изучение интерфейса программы управления, подготовку модели к печати, настройку парамет-

ров печати и анализ результатов. Также они освоят работу с набором для 3D-печати, научатся устанавливать и настраивать компоненты, подключать периферийные устройства и выполнять необходимые настройки. Не менее важным аспектом является соблюдение мер безопасности при работе с роботом, использование защитных средств и предотвращение потенциальных опасностей. Наконец, учащиеся смогут анализировать качество печати, оценивая время работы, массогабаритные показатели объекта и влияние различных факторов на качество печати.

Вопросы для диагностики

Базовый уровень

1 Какие основные компоненты используются в 3D-печати с *Dobot Magician*?

Ответ: В 3D-печати с *Dobot Magician* используются экструдер типа Боуден, состоящий из нагревательного элемента, подающей машины и тефлоновой трубки, а также стекло для создания ровной поверхности, подставка и филамент.

2 Как происходит подготовка модели к печати с помощью слайсера?

Ответ: Подготовка модели к печати с помощью слайсера включает разделение модели на множество слоев и создание G-кода – набора команд для 3D-принтера.

3 Какие меры безопасности следует соблюдать при работе с *Dobot Magician*?

Ответ: При работе с *Dobot Magician* следует соблюдать меры безопасности, такие как не оставлять робота без присмотра, обеспечить свободную от препятствий рабочую зону, использовать защитные очки и перчатки, а также проводить тестовую печать и настраивать параметры под свои нужды.

4 От каких факторов зависит качество печати?

Ответ: Качество печати зависит от настроек программы по 3D-печати, материала, температуры и скорости печати.

5 Как осуществляется установка набора для 3D-печати на *Dobot Magician*?

Ответ: Установка набора для 3D-печати на *Dobot Magician* включает ознакомление с комплектом, установку экструдера, подключение периферийных устройств и выполнение необходимых настроек.

6 Как происходит настройка *Repetier Host*?

Ответ: Настройка *Repetier Host* включает подготовку модели, подготовку платформы для печати, подключение *Dobot Magician* к *DobotStudio* и установку комплекта для 3D-печати.

7 Как проверить работоспособность экструдера перед началом печати?

Ответ: Проверка работоспособности экструдера перед началом печати осуществляется путем прогрева экструдера до определенной температуры и проверки вытекания расплавленного пластика из сопла экструдера.

8 Как настроить пространство печати и установить координаты печати?

Ответ: Настройка пространства печати и установка координат печати включают регулировку начального положения руки манипулятора и установку начальной точки печати.

Продвинутый уровень

1 Почему важен правильный первый слой при 3D-печати?

Ответ: Первый слой при 3D-печати важен, так как от него зависит прилипание деталей, их деформация, отсоединение или полный отказ.

2 Как установить параметры слайсинга перед печатью?

Ответ: Параметры слайсинга устанавливаются в *Slic3r* путем выбора соответствующей конфигурации и настройки параметров нарезки.

3 Какой результат получается после печати?

Ответ: Результат печати представляет собой напечатанный 3D-объект с определенными массогабаритными показателями.

4 Что такое SW3 и для чего он используется?

Ответ: SW3 – это порт для подключения экструдера в режиме 3D-печати, используемый для управления экструдером.

5 Для чего нужен порт для подключения вентилятора в режиме 3D-печати?

Ответ: Порт для подключения вентилятора в режиме 3D-печати используется для охлаждения печатаемой модели.

6 Как подключить кабель от шагового двигателя подающей машины?

Ответ: Кабель от шагового двигателя подающей машины подключается к основанию робота манипулятора в гнезде *Stepper 1*.

7 Как прогреть экструдер перед началом печати?

Ответ: Прогрев экструдера перед началом печати осуществляется путем установки температуры нагрева и ожидания достижения ее экструдером.

8 Как проверить текущую температуру нагрева в программе *Repetier Host*?

Ответ: Текущая температура нагрева отображается в программе *Repetier Host* после успешного подключения к *Dobot Magician*.

9 Как установить начальное положение руки манипулятора?

Ответ: Начальное положение руки манипулятора устанавливается путем приближения печатающей головки к поверхности малярного скотча на платформе печати.

10 Как установить параметры нарезки в *Slic3r*?

Ответ: Параметры нарезки в *Slic3r* устанавливаются путем загрузки соответствующей конфигурации и настройки параметров слайсинга.

7.4 Кейсовая задача 4.

Погружение – Маркировка элементов на конвейерной ленте с использованием *Dobot Magician*

На высокотехнологичном производстве, где все процессы автоматизированы, возникает необходимость в определении цвета товаров, упакованных в коробки красного, зеленого и синего цвета. Однако вместо того чтобы полагаться на человеческий глаз, было решено использовать робота-манипулятора *Dobot Magician* для выполнения этой задачи.

Необходимо оснастить робота специальными датчиками, способными определять цвет коробок. Как только коробка попадает на конвейер, робот должен определить ее цвет. Затем в зависимости от цвета и очередности наклеить на коробку соответствующую этикетку: № 1 для первой коробки, № 2 для второй коробки и № 3 для третьей коробки. Коробки поступают на производство в разном порядке.

После этого коробки автоматически перемещаются в соответствующие зоны разгрузки. Красные коробки отправляются в зону разгрузки красного цвета, зеленые – в зеленую, а синие – в синюю. Это позволит быстро и эф-

фективно распределить товары по складам или магазинам, минимизировать время ожидания и ошибки при сортировке.

Таким образом, благодаря использованию робота-манипулятора и автоматизации процесса производство станет более точным, быстрым и эффективным, обеспечивая высокий уровень качества продукции и удовлетворенность клиентов.

Этикетки представлены на рисунке 7.46. Расположение оборудования представлено на рисунке 7.47.



Рисунок 7.46 – Этикетки для коробок

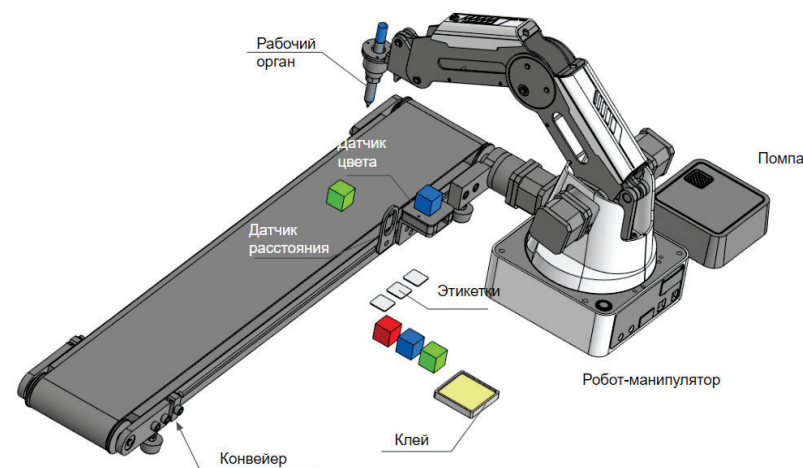


Рисунок 7.47 – Примерное расположение оборудования

Подключение датчика цвета представлено на рисунке 7.48.

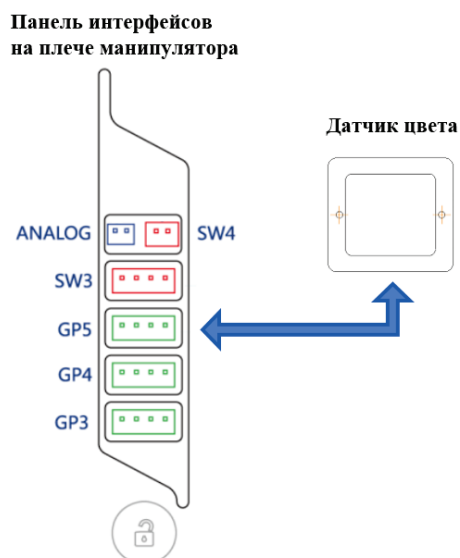


Рисунок 7.48 – Схема подключения датчика цвета

Составим программу для работы с датчиком цвета (рисунок 7.49). Датчик цвета имеет возможность определять основные цвета: красный (*Red*), зеленый (*Green*) и синий (*Blue*). Датчик цвета (*RGB*) работает по принципу отражения света от поверхности объекта. Он излучает свет красного, зеленого и синего цветов и регистрирует отраженный свет. Каждый цвет имеет свой уникальный код, который датчик преобразует в аналоговый сигнал в диапазоне от 0 до 255. Значение, соответствующее наибольшему из трех, определяет цвет предмета, находящегося перед датчиком. Эффективное расстояние между объектом и датчиком цвета составляет 2–5 мм. Программа, написанная на языке *Blocky*, представлена на рисунке 7.50.



Рисунок 7.49 – Датчик цвета

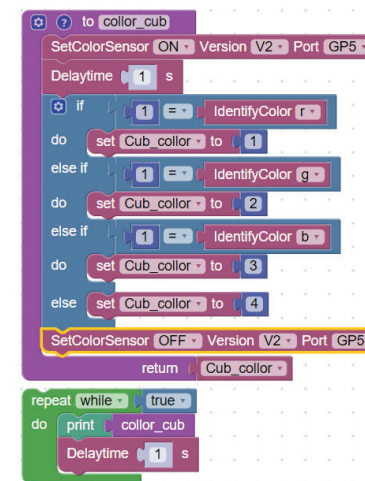


Рисунок 7.50 – Программа для определения цвета коробки (*Blocky*)

В основном цикле программы вызывается пользовательская функция *collor_cub*, которая возвращает четыре цифры:

- 1 – если датчик идентифицирует красный цвет;
- 2 – если датчик идентифицирует зеленый цвет;
- 3 – если датчик идентифицирует синий цвет;
- 4 – если датчик идентифицирует желтый цвет.

При входе в подпрограмму включается датчик цвета с помощью команды *SetColorSensor*. Устанавливается режим *ON* – включен, указывается версия сенсора *V2* и указывается порт *GP5*, к которому подключен датчик. Далее делаем небольшую задержку *Delaytime* на 1 с. После этого команда *IdentifyColor* возвращает 1, если цвет на датчике цвета совпадает с красным, если нет, то 0. При совпадении цвета в переменную *Cub_collor* записывается цифра 1. Далее проверяется с зеленым цветом, и присваивается цифра 2 в переменную *Cub_collor*. Затем проверяется с синим цветом, и присваивается цифра 3 в переменную *Cub_collor*. Если же ни один цвет не был определен, то в переменную *Cub_collor* записывается число 4. После этого сенсор отключается. Функция возвращает значение переменной *Cub_collor*. Программа для определения цвета кубика на языке *Python* представлена в листинге 3.

Листинг 3. Программа для определения цвета кубика.

```
1 Cub_collor = None
2 def collor_cub():
3     global Cub_collor
4     dType.SetColorSensor(api, 1 ,3, 1)
5     dType.dSleep(1000)
6     if 1 == (dType.GetColorSensorEx(api, 0)):
7         Cub_collor = 1
8     elif 1 == (dType.GetColorSensorEx(api, 1)):
9         Cub_collor = 2
10    elif 1 == (dType.GetColorSensorEx(api, 2)):
11        Cub_collor = 3
12    else:
13        Cub_collor = 4
14    dType.SetColorSensor(api, 0 ,3, 1)
15    return Cub_collor
16 while True:
17     print(collor_cub())
18     dType.dSleep(1000)
```

Протестировав программу с идентификацией цвета, переходим к составлению алгоритма работы программы по кейсу. Рассмотрим компоновку оборудования, представленную на рисунке 7.48.

1 На конвейер произвольным образом помещаются 9 коробок (3 красных, 3 зеленых и 3 синих).

2 Вращаем конвейер.

3 При определении датчиком расстояния коробки останавливаем конвейер.

4 Собираем коробку манипулятором (позиция К1).

5 Транспортируем коробку к датчику цвета (позиция К2).

6 Определяем цвет коробки.

7 Если коробка соответствует цвету, указанному в задании, и он еще не был установлен, тогда его размещаем в зону разгрузки (позиция К5).

8 Далее в зависимости от номера коробки, установленной в зону разгрузки, устанавливаем этикетку. Для этого берем этикетку (позиция К4), помещаем ее в клей (позиция К3) и затем помещаем этикетку на коробку в зоне разгрузки.

9 Завершается выполнение работы, когда все 9 коробок были установлены на свои места в зоне разгрузки.

Определить координаты основных точек К1, К2, К3, К4, К4 и К5 возможно с помощью следующего алгоритма.

1 Нажмите кнопку разблокировки на плече робота  и удерживайте.

2 Переместите роботизированную руку в необходимую точку К, а затем отпустите кнопку.

3 На панели управления роботом отобразятся координаты искомой точки (рисунок 7.51).

Программа, работающая по составленному алгоритму, представлена на рисунке 7.52.



Рисунок 7.51 – Координаты точки К: $X = 302$, $Y = 0$, $Z = -108$

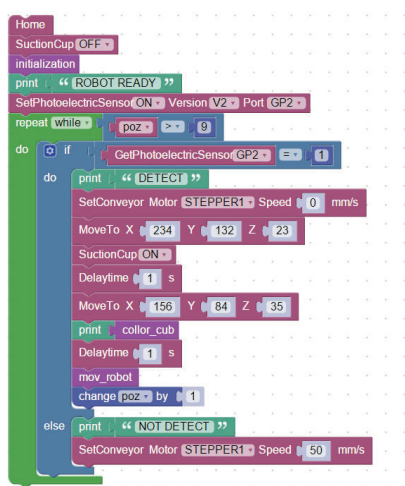


Рисунок 7.52 – Программа выполнения кейсового задания

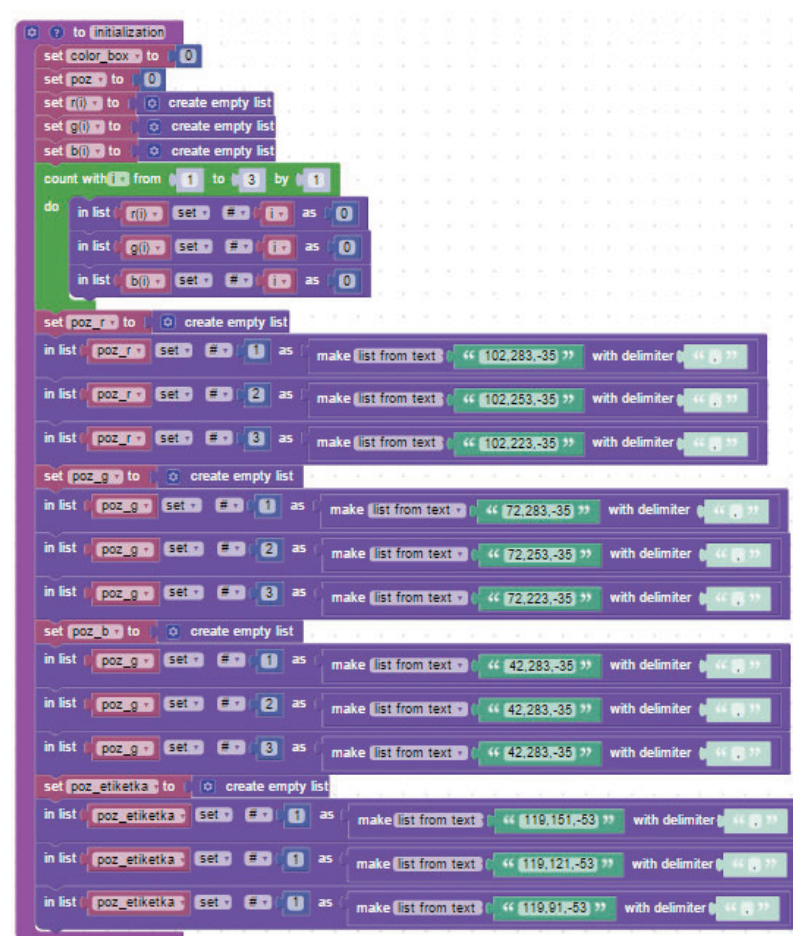


Рисунок 7.53 – Подпрограмма инициализации

В программе используются следующие глобальные переменные:

color_box – хранит цвета определяемого объекта (1 – красный; 2 – зеленый; 3 – голубой);

poz – хранит количество загруженных коробок;

список $r(i)$, $g(i)$, $b(i)$ – списки, хранящие флаги заполненности ячеек в зоне разгрузки соответственно красного, зеленого и синего цвета (0 – позиция пуста; 1 – позиция заполнена);

список poz_r , poz_g , poz_b – списки, хранящие в текстовом формате координаты ячейки каждого цвета в зоне разгрузки соответственно красного, зеленого и синего цвета;

список $poz_etiketke$ – списки, хранящие в текстовом формате координаты ячейки с расположением этикеток.

Переменная poz отвечает за количество вакантных ячеек. Если есть вакантное место ($poz < 3$) и датчик расстояния не зафиксировал наличие кубика в позиции K1, происходит движение конвейерной ленты. При обнаружении кубика в позиции K1 перемещение конвейерной ленты останавливается, и задается позиция для перемещения робота-манипулятора в позицию K1. При достижении заданной позиции происходит включение захвата *SuctionCup ON*. Осуществляется задержка на 1 секунду, это делается для надежного прикрепления объекта. Далее манипулятор перемещает кубик в позицию K2, где запускается подпрограмма *color_cub* (рисунок 7.49). После определения цвета кубика запускается подпрограмма *mov_robot*, рисунок 7.54.

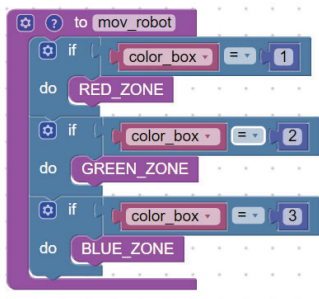
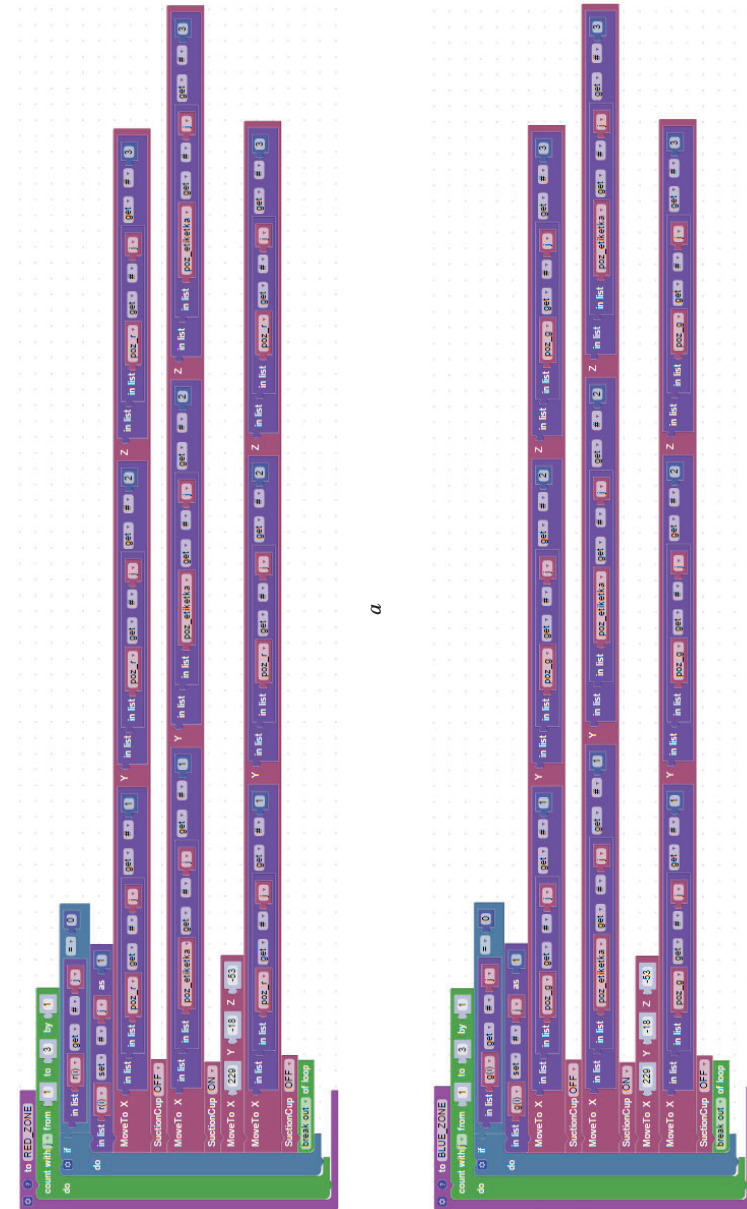
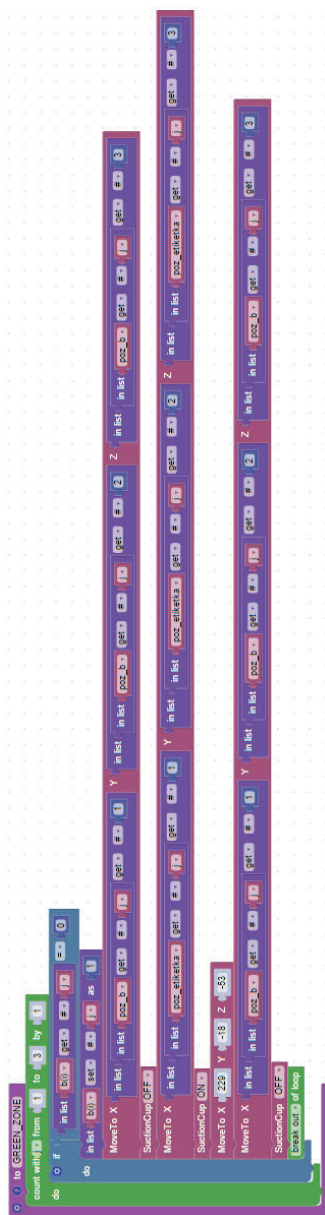


Рисунок 7.54 – Подпрограмма *mov_robot*





6

Рисунок 7.55 – Подпрограммы размещения коробок:
a – красная зона; *б* – зеленая зона; *в* – синяя зона

В данной подпрограмме проверяется цвет коробки и в зависимости от цвета коробки активируются подпрограммы *RED_ZONE*, *GREEN_ZONE* и *BLUE_ZONE*. Принцип которых аналогичен друг другу. В данных подпрограммах проверяется наличие вакантной ячейки для данного цвета коробки в зоне разгрузки, осуществляется команда перемещения кубика в соответствующую ячейку и изменяется информация о вакантной ячейке в соответствующем списке *poz_r*, *poz_g*, *poz_b*. Далее в зависимости от номера занимаемой вакантной позиции формируется координата для перемещения манипулятора в позицию, где хранится этикетка с нужным номером. Манипулятор перемещается в данную позицию, включает захват и берет этикетку. После этого этикетка помещается в зону нанесения клея с координатами `MoveTo X 229 Y -18 Z -53`. После этого манипулятор возвращается в позицию, где была установлена коробка в зоне разгрузки, и отключает захват. После этого командой `break out of loop` выходит из цикла проверки вакантной ячейки. Аналогичную проверку осуществляет по другим цветам и после этого выходит их подпрограммы *mov_robot*. Далее изменяется на единицу переменная *poz*. И все повторяется заново, до тех пор, пока вся зона разгрузки будет заполнена. Листинг программы, написанный на языке *Python*, представлен ниже.

Листинг 4. Программа решения кейса.

```
1 from numbers import Number
2
3 Cub_collor = None
4 color_box = None
5 j = None
6 poz = None
7 r_i_ = None
8 g_i_ = None
9 b_i_ = None
10 i = None
11 poz_r = None
```

```

12 poz_g = None
13 poz_b = None
14 poz_etiketka = None
15
16 def RED_ZONE():
17     global j, r_i_, poz_r, poz_etiketka
18     for j in range(1, 4):
19         if r_i_[int(j - 1)] == 0:
20             r_i_[int(j - 1)] = 1
21             current_pose = dType.GetPose(api)
22             dType.SetPTPCmdEx(api, 2, ((poz_r[int(j
- 1)])[0]), ((poz_r[int(j - 1)])[1]), ((poz_r[int(j
- 1)])[2]), current_pose[3], 1)
23             dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api,
0, 1)
24             current_pose = dType.GetPose(api)
25             dType.SetPTPCmdEx(api, 2, ((poz_
etiketka[int(j - 1)])[0]), ((poz_etiketka[int(j -
1)])[1]), ((poz_etiketka[int(j - 1)])[2]), current_
pose[3], 1)
26             dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api,
1, 1)
27             current_pose = dType.GetPose(api)
28             dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 229, (-18),
(-53), current_pose[3], 1)
29             current_pose = dType.GetPose(api)
30             dType.SetPTPCmdEx(api, 2, ((poz_r[int(j
- 1)])[0]), ((poz_r[int(j - 1)])[1]), ((poz_r[int(j
- 1)])[2]), current_pose[3], 1)
31             dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api,
0, 1)
32         break
33
34 def collor_cub():
35     global color_box, Cub_collor
36     dType.SetColorSensor(api, 1, 3, 1)
37     dType.dSleep(1000)
38     if 1 == (dType.GetColorSensorEx(api, 0)):
39         color_box = 1
40     elif 1 == (dType.GetColorSensorEx(api, 1)):
41         color_box = 2
42     elif 1 == (dType.GetColorSensorEx(api, 2)):

```

```

43         color_box = 3
44     else:
45         color_box = 4
46         dType.SetColorSensor(api, 0, 3, 1)
47         return Cub_collor
48
49 def BLUE_ZONE():
50     global j, g_i_, poz_g, poz_etiketka
51     for j in range(1, 4):
52         if g_i_[int(j - 1)] == 0:
53             g_i_[int(j - 1)] = 1
54             current_pose = dType.GetPose(api)
55             dType.SetPTPCmdEx(api, 2, ((poz_g[int(j
- 1)])[0]), ((poz_g[int(j - 1)])[1]), ((poz_g[int(j
- 1)])[2]), current_pose[3], 1)
56             dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api,
0, 1)
57             current_pose = dType.GetPose(api)
58             dType.SetPTPCmdEx(api, 2, ((poz_
etiketka[int(j - 1)])[0]), ((poz_etiketka[int(j -
1)])[1]), ((poz_etiketka[int(j - 1)])[2]), current_
pose[3], 1)
59             dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api,
1, 1)
60             current_pose = dType.GetPose(api)
61             dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 229, (-18),
(-53), current_pose[3], 1)
62             current_pose = dType.GetPose(api)
63             dType.SetPTPCmdEx(api, 2, ((poz_g[int(j
- 1)])[0]), ((poz_g[int(j - 1)])[1]), ((poz_g[int(j
- 1)])[2]), current_pose[3], 1)
64             dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api,
0, 1)
65         break
66
67 def initialization():
68     global color_box, poz, r_i_, g_i_, b_i_,
i, poz_r, poz_g, poz_b, poz_etiketka
69     color_box = 0
70     poz = 0
71     r_i_ = []
72     g_i_ = []

```

```

73  b_i_ = []
74  for i in range(1, 4):
75      r_i_[int(i - 1)] = 0
76      g_i_[int(i - 1)] = 0
77      b_i_[int(i - 1)] = 0
78  poz_r = []
79  poz_r[0] = '102,283,-35'.split(',')
80  poz_r[1] = '102,253,-35'.split(',')
81  poz_r[2] = '102,223,-35'.split(',')
82  poz_g = []
83  poz_g[0] = '72,283,-35'.split(',')
84  poz_g[1] = '72,253,-35'.split(',')
85  poz_g[2] = '72,223,-35'.split(',')
86  poz_b = []
87  poz_g[0] = '42,283,-35'.split(',')
88  poz_g[1] = '42,283,-35'.split(',')
89  poz_g[2] = '42,283,-35'.split(',')
90  poz_etiketka = []
91  poz_etiketka[0] = '119,151,-53'.split(',')
92  poz_etiketka[0] = '119,121,-53'.split(',')
93      poz_etiketka[0] = '119,91,-53'.
split(',')
94
95  def GREEN_ZONE():
96      global j, b_i_, poz_b, poz_etiketka
97      for j in range(1, 4):
98          if b_i_[int(j - 1)] == 0:
99              b_i_[int(j - 1)] = 1
100      current_pose = dType.GetPose(api)
101      dType.SetPTPCmdEx(api, 2, ((poz_b[int(j -
1)])[0]), ((poz_b[int(j - 1))][1]), ((poz_b[int(j -
1)])[2]), current_pose[3], 1)
102          dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api,
0, 1)
103      current_pose = dType.GetPose(api)
104          dType.SetPTPCmdEx(api, 2, ((poz_
etiketka[int(j - 1))][0]), ((poz_etiketka[int(j -
1)])[1]), ((poz_etiketka[int(j - 1))][2]), current_
pose[3], 1)
105          dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api,
1, 1)
106      current_pose = dType.GetPose(api)

```

```

107      dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 229, (-18),
(-53), current_pose[3], 1)
108      current_pose = dType.GetPose(api)
109      dType.SetPTPCmdEx(api, 2, ((poz_b[int(j
- 1)])[0]), ((poz_b[int(j - 1))][1]), ((poz_b[int(j
- 1)])[2]), current_pose[3], 1)
110          dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api,
0, 1)
111      break
112
113  def mov_robot():
114      global color_box
115      if color_box == 1:
116          RED_ZONE()
117      if color_box == 2:
118          GREEN_ZONE()
119      if color_box == 3:
120          BLUE_ZONE()
121
122
123  dType.SetHOMECmdEx(api, 0, 1)
124  dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api, 0, 1)
125  initialization()
126  print('ROBOT READY')
127  dType.SetInfraredSensor(api, 1, 1, 1)
128  while poz > 9:
129      if (dType.GetInfraredSensor(api, 1)[0])
== 1:
130          print('DETECT')
131  STEP_PER_CRICLE = 360.0 / 1.8 * 10.0 * 16.0
132  MM_PER_CRICLE = 3.1415926535898 * 36.0
133  vel = float(0) * STEP_PER_CRICLE / MM_PER_
CRICLE
134  dType.SetEMotorEx(api, 0, 0, int(vel), 1)
135  current_pose = dType.GetPose(api)
136  dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 234, 132, 23,
current_pose[3], 1)
137      dType.SetEndEffectorSuctionCupEx(api, 1,
1)
138      dType.dSleep(1000)
139      current_pose = dType.GetPose(api)
140      dType.SetPTPCmdEx(api, 2, 156, 84, 35,

```

```

current_pose[3], 1)
141 print(collor_cub())
142 dType.dSleep(1000)
143 mov_robot()
144 poz = (poz if isinstance(poz, Number) else
0) + 1
145 else:
146 print('NOT DETECT')
147 STEP_PER_CRICLE = 360.0 / 1.8 * 10.0 * 16.0
148 MM_PER_CRICLE = 3.1415926535898 * 36.0
149 vel = float(50) * STEP_PER_CRICLE / MM_
PER_CRICLE
150 dType.SetEMotorEx(api, 0, 1, int(vel), 1)

```

Вопросы для диагностики

Базовый уровень

1 Какие основные цвета может определить датчик цвета?

Ответ: Основные цвета, которые может определить датчик цвета: красный, зеленый и синий.

2 Как работает датчик цвета?

Ответ: Датчик цвета работает по принципу отражения света от поверхности объекта. Он излучает свет красного, зеленого и синего цветов и регистрирует отраженный свет.

3 Что такое эффективное расстояние между объектом и датчиком цвета?

Ответ: Эффективное расстояние между объектом и датчиком цвета составляет 2–5 мм.

4 Какой алгоритм используется для определения цвета коробки?

Ответ: Алгоритм определения цвета коробки включает использование команды *IdentifyColor*, которая возвращает 1, если цвет на датчике цвета совпадает с красным, если нет, то 0.

5 Какие действия выполняются, когда коробка соответствует цвету, указанному в задании?

Ответ: Когда коробка соответствует цвету, указанному в задании, она размещается в зоне разгрузки на вакантную позицию. На коробку наносится этикетка в соответствии с порядковым номером коробки.

6 Как определяется занятость позиций в зоне разгрузки?

Ответ: Занятость позиций в зоне разгрузки определяется с помощью списков *r_i*, *g_i*, *b_i*, которые хранят флаги заполненности ячеек для красного, зеленого и синего цвета соответственно (0 – позиция пуста; 1 – позиция заполнена). При размещении коробки в зоне разгрузки, соответствующий флаг устанавливается в значение 1.

7 Что делает переменная *roz*?

Ответ: Переменная *roz* отвечает за количество занятых ячеек в зоне разгрузки.

8 Как завершается выполнение программы?

Ответ: Выполнение программы завершается, когда все 9 коробок были установлены на свои места в зоне разгрузке.

Продвинутый уровень

1. Как определить координаты основных точек К1, К2, К3, К4, К5 и т.д.?

Ответ:

- Нажать кнопку разблокировки на плече робота и удерживать ее.
- Переместить роботизированную руку в нужную точку К, а затем отпустить кнопку.
- На панели управления роботом отобразятся координаты искомой точки.

2. Какие задачи решает робот-манипулятор в данном задании?

Ответ: Робот-манипулятор решает задачу выставления цветных коробок в зоне разгрузки в определенной последовательности и маркирует их.

3. Как подключен датчик цвета к роботу-манипулятору?

Ответ: Датчик цвета подключен к порту *GP5*.

4. Какой принцип работы датчика цвета?

Ответ: Датчик цвета работает по принципу отражения света от поверхности объекта. Он излучает свет красного, зеленого и синего цветов и регистрирует отраженный свет.

5. Что делает команда *SetColorSensor* в программе?

Ответ: Команда *SetColorSensor* включает датчик цвета.

6. Как определяется цвет коробки в программе?

Ответ: Цвет коробки определяется с помощью команды *IdentifyColor*, которая возвращает 1, если цвет на датчике цвета совпадает с красным, если нет, то 0.

7. Что делает команда *SetHOMECmdEx* в программе?

Ответ: Команда *SetHOMECmdEx* устанавливает домашнюю позицию для робота-манипулятора.

8. Как программа определяет, что все девять коробок были установлены на свои места в зоне разгрузке?

Ответ: Когда переменная *roz* становится больше 9, программа понимает, что все позиции в зоне разгрузки заняты.

9. Как программа управляет движением конвейерной ленты?

Ответ: Программа управляет движением конвейерной ленты с помощью команды *SetEMotorEx*, которая регулирует скорость мотора.

Тест 6 Автоматизация и роботизация производства

Тестовые вопросы данной главы выдаются после завершения изучения учебного материала. Они предназначены для контроля уровня знаний, полученных в процессе обучения. Рекомендуется выполнять тестовые задания в конце последнего практического занятия, чтобы закрепить изученный материал. На выполнение теста отводится 1 академический час. Правильные ответы обозначены символом *.

1 Что такое прямая задача кинематики?

a) Определение углов поворота звеньев робота, зная начальное и конечное положения рабочего органа.

b) Определение положения рабочего органа робота, зная длины звеньев и углы поворота.*

c) Составление программы для перемещения робота.

2 Чем отличается код программы для реального робота от кода для виртуального робота?

a) Существенных отличий нет, но в виртуальной среде могут быть дополнительные функции.

b) Реальный робот требует аппаратного взаимодействия, а виртуальный – только программного.*

c) Виртуальный робот всегда проще в управлении.

3 Как проверить работоспособность экструдера перед началом печати?

a) Прогреть экструдер до определенной температуры и проверить вытекание расплавленного пластика.*

b) Включить и выключить экструдер несколько раз.

c) Посмотреть на индикатор состояния экструдера.

4 Какое максимальное значение скорости и ускорения можно установить в программе *DobotStudio*?

a) 500 мм/с*

- b) 500 см/с
- c) 500 м/с

5 Как программируется траектория движения пишущего инструмента в режиме рисования?

- a) Заданием начальной и конечной точек.*
- b) Путем выбора предустановленных шаблонов.
- c) Программирование не требуется, все делается автоматически.

6 Как определить координаты указанных точек на поле?

- a) Координаты указанных точек на поле определяются относительно нулевой координаты, которая находится в центре поля.
- b) Координаты указанных точек на поле определяются относительно центра основания робота.*
- c) Координаты указанных точек на поле определяются произвольно.

7 Как происходит подготовка модели к печати с помощью слайсера?

- a) Модель разделяется на множество слоев и создается G-код.*
- b) Модель просто загружается в слайсер.
- c) Модель остается неизменной.

8 Как регулируется высота пера в работе-манипуляторе *Dobot Magician*?

- a) Изменением значения оси Z.*
- b) Ручным вращением регулировочного винта.
- c) Изменением высоты платформы.

9 Что такое обратная задача кинематики?

- a) Определение углов поворота звеньев робота, зная начальное и конечное положения рабочего органа.*

b) Определение положения рабочего органа робота, зная длины звеньев и углы поворота.

c) Определение положения рабочего органа робота, зная длины звеньев и углы поворота.

10 Какой материал чаще всего используется для печати поддержек при 3D-печати?

- a) PLA
- b) ABS
- c) PVA*

Список использованных источников

1 Методическое пособие для учителя *Dobot Magician*. – URL: <https://clck.ru/3FfVdf> (дата обращения: 24.04.2024).

2 *Magician Lite // Dobot*. – URL: <https://www.Dobot-robots.com/products/education/magician-lite.html> (дата обращения: 24.04.2024).

3 *Dobot lab*. – URL: <https://Dobotlab.Dobot-robots.com/#/> (дата обращения: 24.04.2024).

Видеоуроки

5 Управление манипулятором с пульта [1] Урок по DOBOT // RUTUBE. – URL: <https://rutube.ru/video/8e2e3593601b9e83c5d47df08a418e0a/> (дата обращения: 24.04.2024).

6 Работа с DOBOT Studio [2] Урок по DOBOT // RUTUBE. – URL: <https://rutube.ru/video/a3220417a2401092c8fa10f201327433/> (дата обращения: 24.04.2024).

7 Слежение за курсором мыши [3] Урок по DOBOT // RUTUBE. – URL: <https://rutube.ru/video/9915eb67fd92e087b079d6b5f9f32a4a/> (дата обращения: 24.04.2024).

8 Режим обучения или первая простая программа [4] Урок по DOBOT // RUTUBE. – URL: <https://rutube.ru/video/d4bdb21d8cb03bc1ed9fab7cb5d70987/> (дата обращения: 24.04.2024).

9 Лазерная гравировка изделий [5] Урок по DOBOT // RUTUBE. – URL: <https://rutube.ru/video/36692031ecff023cc7108e66c92074c6/?r=wd> (дата обращения: 24.04.2024).

10 Программирование в блочной среде [6] Урок по DOBOT // RUTUBE. – URL: <https://rutube.ru/video/1e68e8464fc83c2f263f24db7b03ee23/> (дата обращения: 24.04.2024).

11 Программирование движений в среде Blockly [7] Урок по DOBOT // RUTUBE. – URL: <https://rutube.ru/video/3669a020c1e903116fb8cd3941c656b3/> (дата обращения: 24.04.2024).

12 Робот выбирает флаг или ветвления If Else в Blockly [8] Урок по DOBOT // RUTUBE. – URL: <https://rutube.ru/video/ad6baa224272457244e1f98380095e09/> (дата обращения: 24.04.2024).

13 Строим координатную плоскость! Геометрия и формулы в Blockly [12] Урок по DOBOT// RUTUBE. – URL: <https://rutube.ru/video/b38d4c687cbcf6e95b4313e6f2b12cf4/> (дата обращения: 24.04.2024).

14 Соревнования VEX, Манипуляторы DOBOT в учебном процессе | Онлайн-урок #1 // RUTUBE. – URL: <https://rutube.ru/video/6eb6b045fd4b31beabf4a68214100c5e/> (дата обращения: 24.04.2024).

8 Особенности промышленного производства

8.1 Способы масштабирования под серийное производство

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 2 часа)

Технологии, применяемые в макетировании, 3D-печати, лазерной резке пластика или металла, литье в силиконовую форму, хорошо подходят для одиночного производства. Эти технологии не требуют затрат на оснастку и с их применением можно сразу сделать новую деталь. Но представьте, что нужно за час напечатать тысячу деталей. Привычными технологиями это сделать не получится – не успеть по времени. Это означает, что в серийном производстве материалы и производственные технологии отличаются от макетных.

Для наглядности представим таблицу 8.1 сопоставления технологий, обеспечивающих масштабирование под серийное производство.

Таблица 8.1 – Сопоставление технологий

Технология	При единичном производстве	При серийном производстве
Изготовление пластиковой детали	3D-печать	Литье на термопластавтомате
	Литье в силикон	Литье на термопластавтомате
Изготовление плоских листовых деталей (металл)	Лазерная резка / раскрой на портальном ЧПУ-станке	Вырубка
Изготовление объемных листовых деталей (металл)	Лазерная резка, гибка и сварка	Вырубка и штамповка

Окончание таблицы 8.1

Технология	При единичном производстве	При серийном производстве
Изготовление листовых деталей (резина)	Лазерная резка / 3D-печать	Вырубка\литье на пресс-форме
Объемная / габаритная пластиковая деталь	Выклейка	Формовка
Токарная деталь (тело вращения)	Токарная обработка	Токарный ЧПУ с автоподачей
Фрезерованная деталь	Фрезерная / ЧПУ-обработка	Литье заготовки + ЧПУ-обработка

При серийном производстве используются пресс-формы и термопластавтоматы.

Скорость производства при литье на термопластавтомате – 1 деталь за 30 секунд. Пресс-формы при этом стоят очень дорого – несколько миллионов рублей и требуют обязательного учета и проработки требований разъемности, равномерности, защепок, точного подбора материала и режима охлаждения. Изготовление пресс-формы может занимать от 1 до 4 месяцев. Как правило, деталь, которая легко печатается на 3D-принтере, не подходит по ряду параметров для литья в пресс-форму. Основные сравнительные параметры производства пластиковых деталей можно увидеть в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Производство пластиковых деталей

	Скорость производства	Стоимость детали	Стоимость оснастки	Примечания
3D-печать	1 деталь в 4 часа	1000 рублей за 1 штуку	Нет	
Литье в силикон	1 деталь за 30–60 минут	500 рублей за 1 штуку	Силикон – 1 тыс. рублей за 1 кг, ресурс – до 20–50 отливок	

Окончание таблицы 8.2

	Скорость производства	Стоимость детали	Стоимость оснастки	Примечания
Литье в пресс-форму	1 деталь за 30 секунд	25 рублей за 1 штуку	1–5 млн рублей за пресс-форму, ресурс – 50–500 тысяч отливок до ремонта	Важна разъемность, равномерность, материал, режим охлаждения, длительное производство оснастки

Разъемность формы. В отличие от 3D-печати при литье в силикон деталь отливается в замкнутом объеме литейной формы. Далее из формы эту деталь нужно достать, при этом не повредить форму и деталь. Для этого деталь не должна иметь вогнутых внутрь элементов.

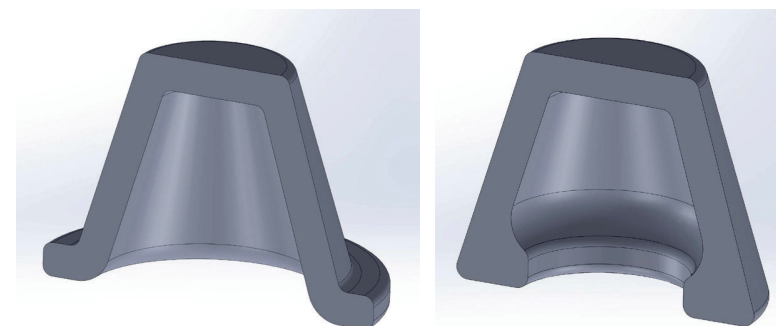
Разъемная форма
деталиНеразъемная
форма детали

Рисунок 8.1 – Разъемная и неразъемная деталь

В мелкосерийном и серийном производстве детали должны быть разъемной формы (рисунок 8.1). Неразъемная форма возможна лишь для тех случаев, когда это исключительно необходимо конструктивным решением (например, обеспечение прочности, создание места крепления) или тре-

бованиями промышленного дизайна (в случае, если деталь наружной формы). При этом деталь неразъемной формы может быть значительно дороже в оснастке и производстве (оснастка и деталь могут быть в 2–3 раза дороже).

Защелки. Защелки пластиковых корпусных деталей, которые хорошо срабатывают, если деталь изготовлена методом 3D-печати, могут оказаться менее прочными и даже вообще не сработать при изготовлении этой же детали при литье в силиконовую форму или на термопластавтомате. Защелки и прочие мелкие конструктивные элементы должны дорабатываться и адаптироваться под технологию производства. На рисунке 8.2 показан пример защелки, аналогичной крышке пульта батарейного отсека у телевизора.

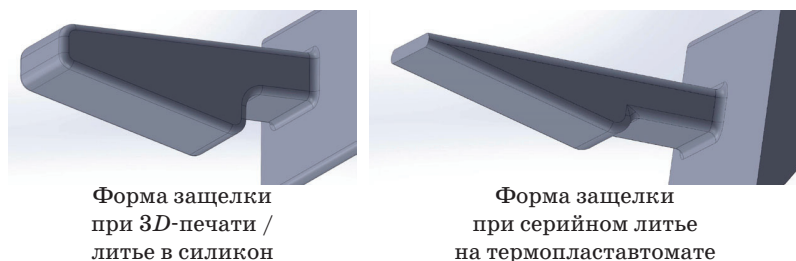


Рисунок 8.2 – Сравнение защелок

При 3D-печати и литье в силикон защелки приходится делать толще, крупней и с отгибом / зацеплением на больший размер, чем при серийном литье. Это необходимо для обеспечения прочности самой защелки, а также для учета зазоров деталей при малой точности. При литье на термопластавтомате точность деталей выше, зазоры меньше и можно делать тонкие крепкие элементы.

Толщина стенок детали, равнотолщинность. При 3D-печати стенки пластиковой детали могут быть разной толщины, с точки зрения техпроцесса печати толщина элементов имеет минимальное значение в сравнении с литьем в силиконовую форму и в металлическую пресс-форму.

При литье в силиконовую форму рекомендуется избегать сильных перепадов толщин детали (например, переход из 8 в 3 мм может не протечь / не пролиться до конца, а при застывании и отверждении это место может изогнуться). При литье в пресс-форму рекомендуется, чтобы толщина всех стенок детали была равной, а в конструктивных элементах типа ребер жесткости перепад толщины не должен быть более 30–50% от основной (например, если толщина стенки 2 мм, перепады могут быть от 1,5 и до 2,5–3 мм). Постоянство толщины необходимо, чтобы форма легче проливалась, было меньше брака и меньше визуальных дефектов – усадки, непроливов, когда с внешней стороны видны вмятины, которые образуются в местах толстых ребер и прочих утолщений.

Изготовление плоских листовых деталей (металл).

При единичном производстве листовые детали, как правило, вырезают на лазере или вырезают из листа / плиты на раскройном фрезерном станке. При серийном производстве для более быстрого и дешевого производства тех же деталей используют вырубку и штамповку. Вырубка позволяет с применением пресса обрабатывать деталь сразу по всей площади пресса / штампа. Пример – листовая деталь, имеющая несколько отверстий (рисунок 8.3).

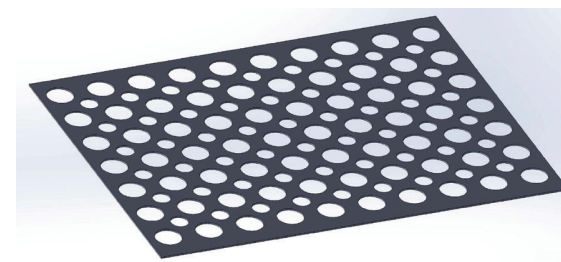


Рисунок 8.3 – Пример детали из листового металла

В случае изготовления данной детали лазерной резкой не требуются затраты на оснастку, однако лазеру предстоит

циям из-за точечного нагрева, как при лазерной резке (таблица 8.3). Торцы деталей как при лазерной резке, так и при вырубке, могут иметь загибы, для которых потребуется дополнительная обработка.



Изготовление листовых деталей (резина и пластик).

Изготовление объемных листовых деталей (металл).

При мелкосерийном производстве в связи с тем, что стоимость изготовления штампа может окупиться только на тираже от тысячи и более изделий, объемные листовые детали как правило делают путем раскроя и последующей гибки и сварки. При этом сварку стараются применять в минимальном количестве. Чем больше длина сварных элементов, тем дороже и дольше деталь в изготовлении (рисунок 8.5).

При этом вырезании деталь будет значительно нагреваться и может деформироваться под действием нагрева от лазера. Время изготовления детали может составлять порядка 1–2 минуты. При этом стоимость производства будет оцениваться по суммарной длине пути, по которому предстоит пройти лазеру при резке. При одиночном и мелкосерийном изготовлении такие детали можно вырезать лазером, при производстве тиражами от 1 тыс. штук изготовление детали более целесообразно на штампе. В таком случае можно будет за один удар штампом делать одну деталь за 3–5 секунд. При этом деталь будет менее подвержена деформации.

Примеры сварной детали и штамповочной представлены на рисунке 8.5.

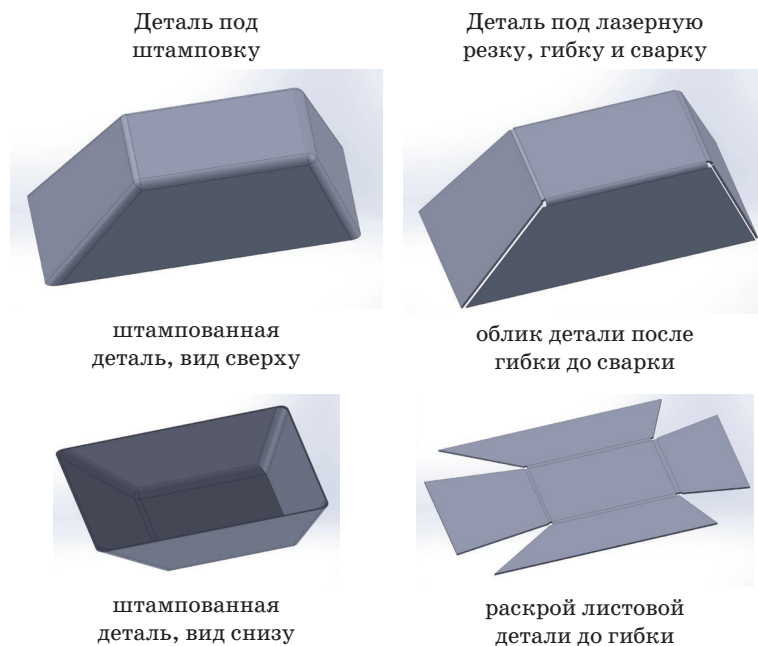


Рисунок 8.5 – Сравнение геометрии детали при серийной штамповке и лазерной резке, гибке и сварке

Объемная / габаритная пластиковая деталь. В штучном производстве, если нужно получить крупную (от 1 метра и более) деталь сложной формы, как правило, используют технологию выклейки. В таком случае делается модель под будущий слепок, поверх которого выкладывается специальная ткань и пропитывается смолой. Конечная деталь получается прочной, держит форму без усадки, однако данный процесс очень трудоемкий. В серийном производстве подобные детали при возможности делают с помощью формовки.

В данном случае листовой материал нагревают и прижимают к форме. В таком случае скорость производства получается на порядок быстрее и стоимость изготовления деталей получается значительно ниже.

Токарная деталь (тело вращения). При серийном производстве стараются применять высокоавтоматизированные станки – с автоматической подачей материала, автоматической сменой инструмента и отрезанием. В таком случае станок может без участия человека непрерывно изготавливать детали без необходимости частого участия человека.

Фрезерованная деталь. При серийном производстве стремятся использовать автоматизированные станки с автосменой инструмента, с групповой обработкой сразу нескольких деталей в серии, в связи с тем, что стоимость механической обработки весьма высока, стараются, где возможно, заменить литьем и свести механическую обработку к минимуму.

Практическая работа

Задача. Вы сделали макет нового изделия на 3D-принтере, вырезали металлические части лазером и согнули на листогибе. Все работает.

Вопрос – какие технологии производства будете применять, если получите заказ на:

- а – 10 устройств, срок поставки 3 мес.;
- б – 1000 устройств, срок поставки 4 мес.;
- в – 10 000 устройств, срок поставки 6 мес.?

Ответ:

а – 10 устройств, срок поставки 3 мес. – те же технологии, что и в макете – 3D-печать и лазер;

б – 1000 устройств, срок поставки 4 мес.; производство пластика – или печать или термопласт, производство листового металла – или лазерная резка, или штамповка;

в – 10 000 устройств, срок поставки 6 мес. – пластик – преимущественно термопласт, металл – преимущественно штамповка.

8.2 Экология и управление качеством

(Теоретические занятия – 1 час; практические занятия – 2 часа)

8.2.1 Экология

Важным аспектом в инженерном мире стало понятие «Устойчивое развитие».

Устойчивое развитие – это модель развития человеческой цивилизации, базирующаяся на необходимости соблюдать баланс между решением социальных и экономических проблем и сохранением природной среды. Если говорить более понятными терминами, то это тип экономического развития, при котором исполнение потребностей настоящего времени осуществляется без ущерба для будущих поколений.

Устойчивое развитие базируется на трех составляющих (рисунок 8.6).



Рисунок 8.6 – Три составляющие устойчивого развития

1 Экономический рост: стабильное развитие экономики с созданием условий и факторов для повышения качества жизни населения при обеспечении экологического баланса в окружающей среде.

2 Социальная ответственность: повышение уровня благосостояния людей и обеспечение социальной справедливости.

3 Экологическое равновесие: обеспечение целостности биологических и физических природных систем.

Экология – наука о взаимоотношениях живых существ между собой и с окружающей их средой. Таким образом, любое негативное воздействие на окружающую среду вызывает дальнейшие трудности в развитии различных биологических видов.

Основные экологические загрязнения можно разделить на несколько групп, например, по источнику.

Химическое загрязнение – попадание чужеродных веществ в почву, воздух и воду.

Физическое загрязнение – изменение физических параметров среды.

Биологическое загрязнение – попадание в экосистемы нехарактерных для них видов организмов и продуктов их жизнедеятельности.

По масштабам воздействия выделяют следующие группы.

Локальное загрязнение – загрязнение небольшой территории.

Региональное загрязнение – охватывает большие территории.

Глобальное загрязнение – охватывает всю Землю или большую ее часть.

Очень часто в документах и отчетах структурируют загрязнения по зонам:

- загрязнение воды;
- загрязнение почвы;
- загрязнение атмосферы.

Рассмотрим основные понятия воздействия на окружающую среду самого производства и отходов, которые остаются после всех процессов:

- обращение с отходами – деятельность по сбору, накоплению, транспортированию, обработке, утилизации, обезвреживанию, размещению отходов;

- размещение отходов – хранение и захоронение отходов;

- хранение отходов – складирование отходов в специализированных объектах сроком более чем на одиннадцать месяцев в целях утилизации, обезвреживания, захоронения;

- захоронение отходов – изоляция отходов, не подлежащих дальнейшей утилизации, в специальных хранилищах в целях предотвращения попадания вредных веществ в окружающую среду;

- утилизация отходов – использование отходов для производства товаров (продукции), включая повторное применение отходов, в том числе повторное применение отходов по прямому назначению (рециклинг), их возврат в производственный цикл после соответствующей подготовки (регенерация), извлечение полезных компонентов для их повторного применения (рекуперация), а также использование твердых коммунальных отходов в качестве возобновляемого источника энергии (вторичных энергетических ресурсов) после извлечения из них полезных компонентов на объектах обработки;

- твердые коммунальные отходы – отходы, образующиеся в жилых помещениях в процессе потребления физическими лицами, а также товары, утратившие свои потребительские свойства в процессе их использования физическими лицами в жилых помещениях в целях удовлетворения личных и бытовых нужд;

- объекты захоронения отходов – предоставленные в пользование в установленном порядке участки недр, подземные сооружения для захоронения отходов I–V классов опасности.

Отходы в зависимости от степени негативного воздействия на окружающую среду подразделяются на пять классов опасности (таблица 8.4).

Таблица 8.4 – Основные классы опасности отходов

Класс опасности	Наименование	Примеры
I класс	Чрезвычайно опасные отходы	Трансформаторы, ртутные лампы, градусники
II класс	Высокоопасные отходы	Аккумуляторы свинцовые, кабель медно-жильный, батарейки
III класс	Умеренно опасные отходы	Провод медный, автомобильные масла
IV класс	Малоопасные отходы	Строительный мусор, отработанные опилки, покрышки
V класс	Практически неопасные отходы	Пищевые отходы, крупногабаритный мусор, отходы от уборки лечебно-воспитательных учреждений

На территории Российской Федерации действует кодификация, согласно которой все утильсырье разделяют на группы для дальнейшей безопасной утилизации. Согласно правовому документу, мусор сортируют по ряду признаков на различные категории (таблица 8.5).

Таблица 8.5 – Группы утильсырья

По агрегатному состоянию	По происхождению	По возможности повторного применения
Газообразные; жидкие; твердые; сыпучие; гелеобразные; смешанные	Органические; химические; минеральные; коммунальные	Перерабатываются во вторичное сырье; возвратные – могут использоваться по другому назначению; безвозвратные – подлежат уничтожению или захоронению

Практическая работа

Задача. Площадь суши земного шара составляет 149 939,063133 тыс. кв. км. Каждый год общая площадь пустынь расширяется на 7 млн га. Подсчитайте, за сколько

времени половина территории нашей планеты превратилась бы в пустыню, если бы человек не проводил мероприятия по борьбе с опустыниванием земель, учитывая, что на данный момент по данным ЮНЕСКО и ФАО, к категории типичных пустынь относится 23% суши. Сделайте выводы об экологических последствиях опустынивания.

Решение.

Давайте проведем необходимые расчеты, чтобы определить, за сколько времени половина территории Земли превратилась бы в пустыню, если бы не проводились мероприятия по борьбе с опустыниванием.

Общая площадь суши Земного шара: площадь суши составляет 149 939,063133 тыс. кв. км. Переведем это значение в гектары: 149 939 063,133 тыс. кв. км = 149 939 063 133 кв. км $\times 10^4 = 1\,499\,390\,631\,330\,000$ га.

Площадь, составляющая половину суши: половина общей площади суши:

Половина площади суши = $1\,499\,390\,631\,330\,000 / 2 = 749\,695\,315\,665\,000$ га.

Текущая площадь пустынь: площадь пустынь составляет 23% от общей площади суши:

Площадь пустынь = $0,23 \times 1\,499\,390\,631\,330\,000 \approx 344\,732\,228\,000\,000$ га.

Необходимая площадь для превращения в пустыню: для того чтобы половина суши превратилась в пустыню, необходимо, чтобы площадь пустынь достигла 749 695 315 665 000 га. Таким образом, площадь, которую нужно превратить в пустыню:

Необходимая площадь для роста пустынь = $749\,695\,315\,665\,000 - 344\,732\,228\,000\,000 \approx 404\,963\,087\,665\,000$ га.

Расширение пустынь: площадь пустынь расширяется на 7 млн га в год.

Время, необходимое для превращения половины суши в пустыню: теперь рассчитаем, сколько лет потребуется, чтобы площадь пустынь достигла необходимой площади:

$t = \text{Расширение пустынь в год} / \text{Необходимая площадь для роста пустынь} = 404\,963\,087\,665\,000 \text{ га} / 7 \times 10^6 \text{ га/год} = 57\,709 \text{ лет.}$

Таким образом, согласно проведенным расчетам, потребуется примерно 57 709 лет, чтобы половина суши Земли превратилась в пустыню, если бы не проводились меры по борьбе с опустыниванием.

Выводы об экологических последствиях опустынивания.

1 Потеря биоразнообразия: увеличение пустынных территорий приводит к уничтожению экосистем, угрожая выживанию многих видов.

2 Опустынивание может вызвать миграцию населения, что приведет к социальным и экономическим проблемам в регионах, принимающих мигрантов.

3 Сокращение пахотных земель из-за опустынивания может привести к нехватке продовольствия, увеличивая зависимость от импорта.

4 Опустынивание может усугубить изменение климата, поскольку сокращение растительности снижает способность Земли поглощать углекислый газ.

5 Увеличение пустынных территорий может негативно сказаться на экономике стран, зависящих от сельского хозяйства.

8.2.2 Управление качеством

Качество продукции оценивают по результатам измерений различных характеристик этой продукции (так называемых показателей качества). Измерения являются объективным источником информации о состоянии технологических процессов, о свойствах материалов и изделий.

План изложения материала по темам (примерный).

Тема 1 Основные понятия метрологии. Обеспечение единства измерений.

Тема 2 Международная система единиц СИ.

Тема 3 Результат измерений. Погрешность и неопределенность.

Презентации по темам представлены в электронном виде в приложении.

Практическое задание.

Практическое занятие знакомит учащихся с обработкой результатов прямых измерений в соответствии с ГОСТ Р 8.736.

Практическая работа

Задача 1 Анализ погрешностей.

Исходные данные. Высокочастотные измерения индуктивности катушки дали следующие результаты: 162, 160, 156, 158, 162, 141, 162, 160, 154, 158 (мГн).

Задача. Проверить полученный ряд измерений в соответствии с ГОСТ 8.736 на наличие грубых погрешностей. Если с уровнем значимости 1% такие погрешности обнаружены, то исключить их из ряда результатов и вычислить результат измерений для доверительной вероятности 0,95.

Результат. Записать результат в соответствии с правилами округления.

Примечание.

1 Проверку на нормальность распределения делать не нужно: результаты подчиняются закону нормального распределения!

2 Требуется четкое следование алгоритму, включая повторный расчет характеристик.

3 Для выполнения использовать п. 6 («Исключение грубых погрешностей») и приложение А («Критические значения для критерия Граббса») в ГОСТ Р 8.736.

4 Для записи результата руководствоваться Приложением Е ГОСТ Р 8.736 («Правила округления при обработке результатов измерений»).

Задача 2 Запись результата измерений и число значащих цифр.

После обработки данных вычисленное значение результата измерений некоторой величины составило 0,002751. Рассчитанное значение границы погрешности составило 0,000445. Записать результат измерений в соответствии с правилами согласования числа значащих цифр и правилами округления.

Решение.

Границы погрешности, поскольку первая значащая цифра 4, указываются с одной значащей цифрой, с учетом правил округления эта величина будет 0,0005. Таким образом, результат измерений следует округлить и указать с четырьмя знаками после запятой, а именно 0,0028.

Задача 3 Погрешность и неопределенность.

Относительная стандартная неопределенность величины, полученной как среднее арифметическое по результатам измерений, равна 0,8%. Найти доверительные границы относительной случайной погрешности величины, считая, что результаты измерений подчиняются нормальному распределению. Доверительная вероятность 0,99.

Решение.

Относительная стандартная неопределенность величины

$$u = \frac{S_x}{\bar{x}}. \quad (8.1)$$

Доверительные границы относительной погрешности этой величины

$$\varepsilon = \frac{S_x t_{0,99;5}}{\bar{x}} = u t_{0,99;5}. \quad (8.2)$$

Здесь $t_{0,99;5} = 4,032$ – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности 0,99 и $n - 1 = 6 - 1 = 5$ степеней свободы (табличное данное).

Подставляя данные в (8.2), получаем:

$$\varepsilon = 0,8\% \cdot 4,032 \approx 3,2\%.$$

Задача 4 Погрешность и неопределенность.

В результате 9 измерений расстояния получен результат $(22,0 \pm 0,5)$ м с доверительной вероятностью $P = 0,95$. Найти стандартную неопределенность отдельных результатов измерений, если известно, что они подчиняются нормальному распределению.

Решение.

Доверительные границы выражаются соотношением

$$\varepsilon = S_x t_{P,n-1}, \quad (8.3)$$

где S_x – среднее квадратическое отклонение среднего арифметического, $t_{P,n-1}$ – коэффициент Стьюдента (табличное значение) для доверительной вероятности P и числа степеней свободы $n - 1$; n – число измерений. В данном случае

$$t_{P,n} = t_{0,95;8} = 2,365.$$

Стандартная неопределенность для отдельных результатов измерений – это среднее квадратическое отклонение отдельных результатов измерений S_x , которое связано со средним квадратическим отклонением среднего арифметического S_x соотношением

$$u = S_x = \sqrt{n} \cdot S_x. \quad (8.4)$$

Выражая S_x из (8.3) и подставляя в (8.4) получаем

$$u = \sqrt{n} \frac{\varepsilon}{t_{P,n-1}}. \quad (8.5)$$

Подставляя числовые данные в (8.5), получаем

$$u = \sqrt{9} \frac{0,5}{2,365} \approx 0,63 \text{ м.}$$

Вопросы к тесту 7

«Особенности промышленного производства»

1 Что такое международная система единиц?

Варианты ответов (выберите один правильный ответ):

1 Система, основанная на подмножестве семи основных величин: длины, массы, времени, электрического тока, термодинамической температуры, количества вещества, силы света, принятая Генеральной конференцией по мерам и весам.

2 Система, основанная на подмножестве семи основных величин: длины, массы, времени, электрического тока, термодинамической температуры, количества вещества, силы света, а уравнения связи для производных единиц представляют собой физические законы, принятая Генеральной конференцией по мерам и весам.

3 Система единиц, основанная на Международной системе величин, вместе с наименованиями и обозначениями, а также набором приставок и их наименованиями и обозначениями вместе с правилами их применения, принятая Генеральной конференцией по мерам и весам.

4 Система единиц, основанная на основанная на подмножестве семи основных величин: длины, массы, времени, электрического тока, термодинамической температуры, количества вещества, силы света, производные единицы которой, представляют собой произведение основных единиц, возведенных в степень, с коэффициентом пропорциональности, равным единице, принятая Генеральной конференцией по мерам и весам.

2. Что такое эталон, предназначенный для передачи единицы величины или шкалы измерений средствам измерений?

Варианты ответов (выберете один правильный ответ):

1 Рабочий эталон.

2 Эталон сравнения.

3 Специальный эталон.

4 Вторичный эталон.

3. Какие из перечисленных единиц допущены к применению без ограничения срока наравне с единицами СИ?

Варианты ответов (выберете несколько правильных ответов):

1 Фут (длина)

4 Килограмм-сила (сила)

2 Час (время)

5 Гектар (площадь)

3 Баррель (объем)

6 Литр (объем)

Вопросы и задания для диагностики

1 Назовите цели устойчивого развития.

Ответ.

1 Повсеместная ликвидация нищеты во всех ее формах.

2 Ликвидация голода, обеспечение продовольственной безопасности и улучшение питания, содействие устойчивому развитию сельского хозяйства.

3 Обеспечение здорового образа жизни и содействие благополучию для всех в любом возрасте.

4 Обеспечение всеохватного и справедливого качественного образования и поощрение возможности обучения на протяжении всей жизни для всех.

5 Обеспечение гендерного равенства и расширение прав и возможностей всех женщин и девочек.

6 Обеспечение наличия и рационального использования водных ресурсов и санитарии для всех.

7 Обеспечение доступа к недорогостоящим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех.

8 Содействие неуклонному, всеохватному и устойчивому экономическому росту, полной и производительной занятости и достойной работе для всех.

9 Создание прочной инфраструктуры, содействие обеспечению всеохватной и устойчивой индустриализации и внедрению инноваций.

10 Снижение уровня неравенства внутри стран и между ними.

11 Обеспечение открытости, безопасности, жизнестойкости и устойчивости городов и населенных пунктов.

12 Обеспечение рациональных моделей потребления и производства.

13 Принятие срочных мер по борьбе с изменением климата и его последствиями.

14 Сохранение и рациональное использование океанов, морей и морских ресурсов в интересах устойчивого развития.

15 Защита, восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное управление лесами, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биологического разнообразия.

16 Содействие построению миролюбивых и открытых обществ в интересах устойчивого развития, обеспечение доступа к правосудию для всех и создание эффективных, подотчетных и основанных на широком участии учреждений на всех уровнях.

17 Укрепление средств достижения устойчивого развития и активизация работы механизмов глобального партнерства в интересах устойчивого развития.

2 Что такое углеродная нейтральность?

Ответ. Углеродная нейтральность – это концепция, предполагающая достижения баланса между антропогенными выбросами парниковых газов в атмосферу и их поглощением.

3 Назовите основные экологические загрязнения, по источнику и их отличия.

Ответ.

Химическое загрязнение – попадание чужеродных веществ в почву, воздух и воду.

Физическое загрязнение – изменение физических параметров среды.

Биологическое загрязнение – попадание в экосистемы нехарактерных для них видов организмов и продуктов их жизнедеятельности.

8.3 Кейсовая задача 5.

Погружение – Мониторинг качества объектов окружающей среды

(Практические занятия – 1 час)

Эта кейсовая задача поможет учащимся понять важность метрологии в оценке состояния окружающей среды и развить навыки практической работы с данными.

Ожидаемые результаты.

- Учащиеся научатся проводить измерения и анализировать данные.
- Разовьют навыки работы с научным оборудованием.
- Получат опыт в разработке рекомендаций на основе собранных данных.
- Научатся представлять свои результаты и аргументировать свои предложения.

Школьники под руководством своих учителей могут выбрать задачу, которая интересна, актуальна и для ее решения имеется соответствующее оборудование.

В качестве примера рассмотрим следующую задачу.

Тема: Оценка качества воздуха в школьном районе.

Введение.

Ваша школа расположена в районе с высокой плотностью транспорта и промышленными предприятиями. В последнее время учащиеся и их родители начали беспокоиться

о качестве воздуха, которым они дышат. Ваша задача – провести мониторинг качества воздуха в окрестностях школы и предложить рекомендации по улучшению ситуации.

Задача.

1 Определение параметров для измерения.

Какие показатели качества воздуха вы будете измерять? (Например, уровень загрязняющих веществ: диоксид азота (NO₂), угарный газ (CO), твердые частицы (PM₁₀, PM_{2.5}) и др.)

2 Выбор оборудования.

Какое оборудование вам необходимо для измерения этих параметров? (Например, портативные газоанализаторы, фильтры для сбора твердых частиц и др.)

Каковы основные характеристики этого оборудования? (Точность, диапазон измерений, стоимость.)

3 Планирование мониторинга.

Какую методику вы выберете для сбора данных? (Например, точечные замеры в разные часы дня, анализ данных за определенный период.)

Где будут расположены точки замеров? (Например, у входа в школу, вблизи дороги, в парке.)

4 Сбор данных.

Проведите измерения в течение одной недели. Запишите полученные данные и проанализируйте их.

5 Анализ результатов.

Сравните полученные данные с нормативами качества воздуха, установленными в вашей стране или регионе.

Какие превышения норм были зафиксированы? В какие дни и в какое время?

6 Рекомендации.

На основе полученных данных предложите меры по улучшению качества воздуха в районе школы. Это могут быть предложения по уменьшению автомобильного трафика, озеленению территории или проведению информационных кампаний среди жителей.

7 Презентация результатов.

Подготовьте презентацию для учителей и родителей, в которой представьте ваши результаты, анализ и рекомендации. Используйте графики и таблицы для наглядности.

Дополнительные материалы, которые можно использовать:

- стандарты качества воздуха;
- методические рекомендации по проведению мониторинга;
- примеры успешных проектов по улучшению качества окружающей среды.

Кейсовая задача 6. По особенностям промышленного производства

Подумайте, какие изменения в конструкции прибора, например компьютерной мышки, в части корпуса могут применяться, если вы проектируете ее с нуля и у вас есть в доступе только 3D-принтер. Опишите, какие способы крепления деталей доступны и применимы, как вы будете решать вопрос меньшей точности и нестабильности деталей. Нарисуйте эскиз корпуса в сечении. Как вы обеспечите нажатие кнопок на концевые датчики с учетом меньшей точности размером деталей при 3D-печати?

Решение кейсовой задачи.

(Практические занятия – 3 часа)

Список использованных источников

Основная литература

1 Альшиц И.Я., Благоев Б.Н. Проектирование деталей из пластмасс. – 1977.

2 Чиченев Н.А., Карфидов А.О. Определение параметров ступенчатой гибки тонколистового металла // Черные металлы; Университет науки и технологий «МИСИС». – 2024. – № 1. – С. 17–20.

3 Карфидов А.О. Сквозной цикл разработки. Взаимодействие инженера-конструктора с промышленным дизайнером и САМ оператором. – URL: https://isicad.ru/ru/articles.php?article_num=16373

4 Пять причин неуспеха российских инновационных продуктов. – URL: <https://www.rbc.ru/> <https://pro.rbc.ru/demo/5ec52ddb9a79472db5894470>

5 Никитина Е.Н. Защита окружающей среды от техногенных воздействий: учебн. пособие. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2017. – 1 электрон. опт. диск (CD-R)

6 Федеральный закон от 24.06.1998 № 89-ФЗ (ред. от 08.08.2024) «Об отходах производства и потребления».

7 Липина А.В. Зеленая экономика: метод. указания. – М., 2020.

8 Саямов Ю.Н. Устойчивое развитие и глобализация: учеб.-метод. пособие. – М., 2021.

9 Зеленая экономика: управление развитием. Стратегия и тактика: монография / С.А. Липина, Е.В. Кудряшова, Е.В. Агапова [и др.]; под общ. ред. С.А. Липиной, Е.В. Кудряшовой. – Архангельск: САФУ, 2022.

10 Сергеев А.Г. Метрология: учебник и практикум для среднего профессионального образования. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Юрайт, 2024. – 391 с.

Дополнительная литература

1 Воробьева Г.Н., Муравьева И.В. Метрология, стандартизация, сертификация: электрон. учебник. – М.: МИСИС, 2019. – 278 с.

2 Богомолова С.А., Муравьева И.В. Метрология и измерительная техника. Технические требования к средствам измерений: электрон. учебник. – М.: МИСИС, 2019. – 172 с.

3 Митрофанова С.А., Муравьева И.В. Метрологическое обеспечение производства металлургической продукции: учеб. пособие (электрон. учебник). – М.: МИСИС, 2022. – 149 с.

4 Положение о единицах величин, допускаемых к применению в Российской Федерации (в ред. постановлений Правительства Российской Федерации от 15.08.2015 № 847, от 09.03.2022 № 323).

5 ГОСТ 8.736–84. ГСИ. Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.

6 РМГ 29-2013. ГСИ. Метрология. Основные термины и определения.

9 Организация и проведение защит исследовательских и проектных работ

С целью апробации решения кейсовых, проектных или исследовательских работ рекомендуется участие в конкурсах и конференциях технического уровня. На базе школы может быть организована публичная защита исследовательских и проектных работ [1]. Для организации защит необходимо:

- 1 утвердить положение по защите;
- 2 создать оргкомитет;
- 3 утвердить критерии оценки;
- 4 подготовить участников;
- 5 оценить работы.

Экспертная комиссия оценивает работы на основе заранее утвержденных критериев. Результаты фиксируются в экспертных листах и используются для формирования рейтинга проектов.

Положение о защите проектных работ обучающихся
// URL: <https://disk.yandex.ru/i/bf4UJ4sWmFP2Dg> (дата обращения: 24.10.2024).

Приложение А – Рабочая программа по дисциплине «Технология современного производства»

№ п/п	Раздел / Тема	Количество часов			Формы аттестации (контроля)
		Всего ауд. ч	Теория	Практика	
1	Введение в технологию современного производства	2	1	1	Опрос
2	Аддитивные технологии и моделирование	11	2	9	Тест 1 Аддитивные технологии и моделирование (формирует преподаватель на основе контрольных вопросов)
2.1	Моделирование	5	1	4	
2.2	Оборудование для 3D-печати	5	1	4	
2.3	Кейсовая задача 1. Погружение	1		1	Кейс 1 3D-моделирование
3	Субтрактивные технологии	10	3	7	Тест 2 Субтрактивные технологии (формирует преподаватель на основе контрольных вопросов)
3.1	Лазерная резка	3	1	2	
3.2	Механическая обработка деталей резанием	4	1	3	
3.3	Фрезерные станки с ЧПУ	3	1	2	
4	Основы металлургии	5	3	2	Тест 3 Основы металлургии (формирует преподаватель на основе контрольных вопросов)
4.1	Литейное производств	1	1		
4.2	Обработка металлов давлением	2	1	1	

№ п/п	Раздел / Тема	Количество часов			Формы аттестации (контроля)
		Всего ауд. ч	Теория	Практика	
4.3	Порошковая металлургия	2	1	1	
5	Конструкционные материалы	4	3	1	Тест 4 Конструкционные материалы (формирует преподаватель на основе контрольных вопросов)
5.1	Виды и типы материалов для современного производства	1	1		
5.2	Металлы и сплавы	1	1		
5.3	Полупроводники	1	1		
5.4	Кейсовая задача 2. Погружение 3D-сканирование, как основополагающий этап реверс-инжиниринга	1		1	Кейс 2 Материалы для медицины
6	основополагающий этап реверс-инжиниринга	11	4	7	Тест 5 3D-сканирование, как основополагающий этап реверс-инжиниринга
6.1	Основные понятия и принципы реверс-инжиниринга	1	1		
6.2	Инструменты для 3D-сканирования	3	1	2	
6.3	Технологическая последовательность проведения 3D-сканирования	3	1	2	
6.4	Оценка результатов 3D-сканирования	3	1	2	
6.5	Кейсовая задача 3. Погружение Автоматизация и роботизация производства	1		1	Кейс 3 Реверс-инжиниринг
7		11	2	9	Тест 6 Автоматизация и роботизация производства
7.1	Основы автоматизации производственных процессов	3	1	2	

Наименование раздела, темы	Кол- во ч	Неделя																																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
3 Субтрактивные технологии	3																																		
3.3 Станки с ЧПУ												x	x																						
4 Основы метал- лургии	1										x																								
4.1 Литейное про- изводств														x																					
4 Основы метал- лургии	2																																		
4.2 Обработка ме- таллов давлением													x																						
4 Основы метал- лургии	2																																		
4.3 Порошковая металлургия															x																				
5 Конструкцион- ные материал	1																																		
5.1 Виды и типы материалов для современного про- изводства																																			
5 Конструкцион- ные материал	1															x																			
5.2 Металлы и сплавы																	x																		
5 Конструкцион- ные материал	1																																		
5.3 Полупрово- дники																																			x

Наименование раздела, темы	Кол- во ч	Неделя																																	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
5 Конструкционные материалы 5.4 Кейсовая задача 2. Погружение	1																																		
6 3D-сканирование, как основной этап полагающий этап реверс-инжиниринга	1																x																		
6.1 Основные понятия и принципы реверс-инжиниринга																																			
6 3D-сканирование, как основной этап полагающий этап реверс-инжиниринга	3																		x																
6.2 Инструменты для 3D-сканирования																																			
6 3D-сканирование, как основной этап полагающий этап реверс-инжиниринга	3																		x																
6.3 Технологическая последовательность проведения 3D-сканирования																																			
																				x															
																					x														

Приложение В – Рекомендации по решению кейсовых задач

Проект – это временное предприятие, направленное на создание уникального продукта, услуги или результата надлежащего качества, в ограниченные сроки с использованием ограниченных ресурсов.

В качественном плане должны быть отражены семь ключевых элементов проекта:

- цели;
- показатели успешности;
- заинтересованные стороны и роли;
- бюджет;
- хронология и график;
- ожидаемые результаты.

Цель проекта должна соответствовать требованиям заказчика: что и как должен делать продукт.

Выявление требований

- Что хотите узнать?
- Где хотите узнать?
- Как будете узнавать?
- Что хотите получить?
- Когда хотите узнать?

Показатели успешности.

Успех продукта:

- пригодность для использования;
- позиционирование на рынке;
- рентабельность; узнаваемость бренда.

Успех управления:

- выполнение заданных сроков;
- соблюдение бюджета;

- удовлетворенность заинтересованных сторон.

Заинтересованные стороны и роли.

- Заказчик (зачем?).
- Спонсор (сколько?).
- Команда (что и как?).
- Руководитель проекта (управление командой и поддержание ее работы).

Бюджет проекта – это план, выраженный в количественных показателях и отражающий затраты, необходимые для достижения поставленной цели. В бюджете представлены оценочные результаты календарного плана и стратегии реализации проекта.

Смета – документ, который отвечает на вопросы, сколько и за что предстоит заплатить в проекте.

Хронология и график.

- какие задачи должны быть выполнены;
- когда должны быть выполнены;
- с помощью каких ресурсов.

Презентация – публичное представление чего-либо, выступление, доклад, как правило, сопровождаемый демонстрацией иллюстративного материала (слайды, плакаты, образцы и т.д.).

Структура и содержание выступления.

- 1 Контекст и обозначение проблемы или возможности.
- 2 Решение, которое дает интересные возможности.
- 3 Возможность. Конкретизация и достигнутый эффект.
- 4 Суть решения. Необходимо обозначить 2–3 функции, и почему именно они позволяют решить эту проблему.
- 5 Потенциал. Каковы масштабы применения решения и его целевая аудитория?

6 Конкуренция. Сравните с конкурентными решениями, чтобы визуально представить в чем ваше преимущество по ключевым факторам.

7 План-график ключевых этапов реализации проекта.

8 Предложение. Укажите, какие временные, материальные, и финансовые ресурсы необходимы на каждом этапе реализации проекта.

9 Заключение. Итоги, цифры, доказывающие жизнеспособность и перспективность идеи.

Формат презентации (слайды) идеи.

- Проект (название, автор).
- Проблема (описание).
- Цель проекта.
- Продукт проекта.
- Потребители.
- Отличительная особенность решения (конкуренты, аналоги).
- Планируемые сроки и ключевые этапы.
- Расходы и доходы, потребность финансирования.
- Заключение.

Оформление презентации:

- один стиль оформления;
- лучше холодные тона и нейтральные цвета;
- одинаковые шрифты, немного текста;
- обдуманное использование картинок и анимации.

Подача материала:

- представьтесь;
- говорите своими словами, не зачитывайте;
- соблюдайте временной регламент;
- сосредоточьтесь на основных моментах;
- расскажите, к чему вы стремитесь;
- отрепетируйте до автоматизма;
- комфортная одежда.

Как отвечать на вопросы:

- «Да», «Нет»;
- задать уточняющий вопрос;
- попросить повторить вопрос;
- отвечать спокойно;
- отшутиться, не поддаваясь на провокацию.

Дорожная карта проекта

1	Целевая аудитория проекта (для кого/чего будет реализован)	
2	Актуальность проекта (какую проблему целевой аудитории решает)	
3	Цель проекта (что будет в итоге)	
4	Задачи проекта (какие способы / этапы достижения цели будут)	
5	Итоговый продукт проекта (что конкретно получим)	
6	Кто заинтересован в проекте (кому важно устранение выделенной проблемы)	
7	Время реализации проекта (сроки выполнения задач)	
8	Бюджет проекта (сколько требуется денег на реализацию, откуда их можно получить, сколько и когда можно заработать)	
9	Ресурсы для проекта (материальные, человеческие, интеллектуальные)	
10	Кто будет реализовывать проект (люди, команды, компании)	
11	Роли участников в команде проекта (руководитель, технический специалист, вдохновитель, эксперт и т.д.)	
12	Контрольные точки проекта (даты объявления промежуточных результатов и завершения работы)	
13	Показатели эффективности (обязательные, желательные, идеальные результаты)	
14	Где будет размещена информация о проекте (рабочая в процессе реализации для участников, для целевой аудитории, для заинтересованных сторон, для информирования в рекламных и ознакомительных целях массовой аудитории)	

Источник: Рекомендации по решению кейсовых задач
// Инженерная школа НИТУ МИСИС URL: <https://misis.ru/applicants/school-leavers/pre-university-training/homestudy-school/videoteka/>

Приложение Г – Кейсовые задачи

Кейсовая задача № 1

Придумай изделие, которое ты бы хотел создать. Это может быть все, что угодно. В качестве главного критерия необходимо учитывать, что это изделие должно делать жизнь людей лучше (помогать человеку, быть удобным и (или) информативным).

После того как в твоей голове появилась концепция изделия, попробуй нарисовать его эскиз (или создать 3D-модель), опиши это изделие и весь его функционал как можно подробнее.

Далее проведи поиск аналогов такого изделия. Проанализируй, чем твоя задумка отличается от существующих разработок.

Продумай, как ты будешь производить свое новое изделие, и подробно опиши этот процесс. Если технологии современного производства не позволяют изготовить твое новое изделие, подумай и дай описание, как, по твоему мнению, оно может быть изготовлено в будущем.

Методические рекомендации для решения кейсовой задачи № 1

При решении кейсовой задачи рекомендуется придерживаться последовательности действий, изложенных в данных рекомендациях.

Кейсовую задачу обучающиеся могут решать как в индивидуальном, так в групповом порядке (в команде). Если кейсовая задача решается в групповом порядке, то рекомендуется распределять роли между участниками команды.

Приступая к работе, важно определить проблемную зону и целевую аудиторию, на которые будет направлено решение кейсовой задачи. На этом же этапе прорабатывается

первичная концепция решения кейсовой задачи и проводится поиск аналогов (уже существующих решений).

В качестве следующего шага необходимо определить цель, идею и задачи проекта (кейса). Цель – этот результат, к которому мы хотим прийти, решая кейсовую задачу. Идея проекта – это та его особенность, которая качественно отличает конкретный проект от аналогичных проектов. Задачи проекта – это действия, которые позволяют нам достичь цели проекта (решения кейсовой задачи).

Обращаю ваше внимание на распространенную ошибку. Изучение программного обеспечения или создание цифровой модели могут быть задачами проекта (решения кейсовой задачи), но никак не могут быть его целью.

После постановки цели и задач необходимо провести планирование разработки проекта. Кейсовая задача является проектом. Проект всегда имеет временные ограничения.

Так как кейсовая задача относится к технической сфере, рекомендуется на первых этапах ее решения создавать эскизы (визуальной концепции) будущего решения.

В результате решения кейсовой задачи должна быть получена схема устройства (или 3D-модель).

Решение кейсовой задачи следует представлять в виде презентации, которая отражает все этапы решений кейсовой задачи (выполнения проекта). Презентация должна содержать в себе полученную схему устройства (или 3D-модель) с подробным описанием ее функционала, положительных и отрицательных особенностей по сравнению с аналогичными устройствами.

Презентация должна быть понятна и хорошо читаема. Необходимо нумеровать каждый слайд присваивать ему имя заголовка. Слайды презентации должны содержать минимум текста, но при этом на них должна отсутствовать излишняя пустота. Если на слайде необходимо представить большое количество числовой информации, то рекомендуется размещать ее в виде графиков и диаграмм, а не громоздких таблиц.

На заключительном этапе решения кейсовой задачи рекомендуется проводить рефлексию, которая должна содержать в себе анализ того как проект был реализован по сравнению с тем, как планировались его реализация в начале работы. Необходимо дать свою оценку, насколько проект является завершенным, а его тема исчерпана, а также продумать возможное дальнейшее развитие проекта.

Кейсовая задача № 2

Придумай конструкцию манипулятора, который сможет захватывать, поднимать и перемещать предметы (масса которых не превышает 30 кг) на относительно небольшие расстояния (1–2 м), при этом затрачивая минимум энергии и имея минимальные размеры.

При решении кейсовой задачи необходимо провести поиск аналогов, создать эскиз (или 3D-модель) манипулятора, подробно описать его принцип работы и преимущества разработанной конструкции, произвести расчет мощности механизма и действующих на него сил.

Методические рекомендации для решения кейсовой задачи № 2

При решении кейсовой задачи рекомендуется придерживаться последовательности действий, изложенных в данных рекомендациях.

Кейсовую задачу обучающиеся могут решать как в индивидуальном, так в групповом порядке (в команде). Если кейсовая задача решается в групповом порядке, то рекомендуется распределять роли между участниками команды.

Приступая к работе, важно определить проблемную зону и целевую аудиторию, на которые будет направлено решение кейсовой задачи. На этом же этапе прорабатывается первичная концепция решения кейсовой задачи и проводится поиск аналогов (уже существующих решений).

В качестве следующего шага необходимо определить цель, идею и задачи проекта (кейса). Цель – этот результат к которому мы хотим прийти, решая кейсовую задачу. Идея проекта – это та его особенность, которая качественно отличает конкретный проект от аналогичных проектов. Задачи проекта – это действия, который позволяют нам достичь цели проекта (решения кейсовой задачи).

Обращаю ваше внимание на распространенную ошибку. Изучение программного обеспечения или создание цифровой модели могут быть задачами проекта (решения кейсовой задачи), но никак не могут быть его целью.

После постановки цели и задач необходимо провести планирование разработки проекта. Кейсовая задача является проектом. Проект всегда имеет временные ограничения.

Так как кейсовая задача относится к технической сфере, рекомендуется на первых этапах ее решения создавать эскизы (визуальной концепции) будущего решения.

В результате решения кейсовой задачи должна быть получена схема механизма (или 3D-модель).

Решение кейсовой задачи должно содержать в себе расчет основных параметров механизма, который должен быть выполнен на основе исходных данных.

Решение кейсовой задачи следует представлять в виде презентации, которая отражает все этапы решений кейсовой задачи (выполнения проекта). Презентация должна содержать в себе полученную схему механизма (или 3D-модель) с подробным описанием ее функционала, положительных и отрицательных особенностей по сравнению с аналогичными механизмами.

Презентация должна быть понятна и хорошо читаема. Необходимо нумеровать каждый слайд и присваивать ему имя заголовка. Слайды презентации должны содержать минимум текста, но при этом на них должна отсутствовать излишняя пустота. Если на слайде необходимо представить большое количество числовой информации, то рекомендуется

ся размещать ее в виде графиков и диаграмм, а не громоздких таблиц.

На заключительном этапе решения кейсовой задачи рекомендуется проводить рефлексию, которая должна содержать в себе анализ того, как проект был реализован по сравнению с тем, как планировались его реализация в начале работы. Необходимо дать свою оценку, насколько проект является завершенным, а его тема исчерпана, а также продумать возможное дальнейшее развитие проекта.

Учебное издание

Баранова Александра Павловна
Герасимова Алла Александровна
Гостева Екатерина Александровна
Губанов Сергей Геннадьевич
Давыдкин Максим Николаевич
Емельянов Иван Андреевич
Карфидов Алексей Олегович
Ли Элина Валерьевна
Лопатин Владимир Юрьевич
Морозова Ирина Георгиевна
Мясков Александр Викторович
Степашкин Андрей Александрович
Титов Андрей Юрьевич
Филичкина Вера Александровна
Харитонов Николай Дмитриевич

ТЕХНОЛОГИЯ СОВРЕМЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Методические указания

Технический редактор *Т.В. Суханова*
Корректор *В.В. Демидова*
Верстальщик *Ю.Б. Пашкова*

Подписано в печать 15.12.24 Уч.-изд. л. 20,25

Формат 60 × 90¹/₁₆

Университет науки и технологий МИСИС,
119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4, стр. 1

Издательский Дом НИТУ МИСИС,
119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 2А
Тел. 8 (495) 638-44-06

Отпечатано в типографии
Издательского Дома НИТУ МИСИС,
119049, Москва, Ленинский пр-кт, д. 4А
Тел. 8 (495) 638-44-16, 8 (495) 638-44-43