Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

ИЗУЧЕНИЕ И НАСТРОЙКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

Методические указания к практическим работам по курсу
«Аддитивные технологии в машиностроении»
для студентов направлений

15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»

очной и заочной форм обучения

Энгельс 2026 г.

УДК 621.9.07
ББК 34.5-5

Стекольников М.В., Тихонов Д.А. Изучение и настройка оборудования для 3D-печати: Методические указания к практическим работам по курсу «Аддитивные технологии в машиностроении» – Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2023. – 26 с.

Рецензенты**:**

В учебно-методическом пособии приведены методические рекомендации для выполнения лабораторных работ по дисциплинам, связанным с аддитивными технологиями и быстрым производством изделий

УДК 621.9.07
ББК 34.5-5

Одобрено редакционно-издательским советом
ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Брошюра издается в авторской редакци

Содержание

1 Лабораторная работа № 1. Изучение устройства и принципа работы 3D-принтера Vshaper Pro…….. 4
2 Лабораторная работа № 2. Изучение устройства и принципа работы 3D-принтера Formlabs Form 3…….. 9
3 Лабораторная работа № 3. Обработка изделий из фотополимерных материалов после печати на 3D-принтере Form 3 … 13
4 Лабораторная работа № 4. Изучение устройства и принципа работы 3D-сканера Medit T510 ……. 15
5 Лабораторная работа № 5. Изучение устройства и принципа работы 3D-принтера Sinterit Lisa Pro SLS …… 17
6 Лабораторная работа № 6. Подготовка 3D-принтера Sinterit Lisa Pro SLS к печати …… 21
Список литературы ……... 25

1 Лабораторная работа № 1. Изучение устройства и принципа работы 3D-принтера Vshaper Pro

Цель работы

Ознакомление с основными рабочими узлами принтера и принципом его работы.

Приобретение навыков в работе с прибором для 3D-печати методом FFF.

***Оборудование*:** 3D-принтер Vshaper Pro.

1.1 Теоретические сведения

Принтер Vshaper 3D используется для создания пластиковых деталей. Это может создать любую форму, разработанную на компьютере. Материал в виде тонкой полимерной нити подается в сопло. Сопло нагревается, что приводит к пластификации материала. Полупластичный полимерный материал укладывают на нагретую платформу принтера в виде тонких слоев. Печатая слой за слоем, принтер может создать любую пространственную модель. Связь между компьютерной программой и машиной осуществляется через G-код.

Основные рабочие узлы принтера представлены на рисунке 1.1.

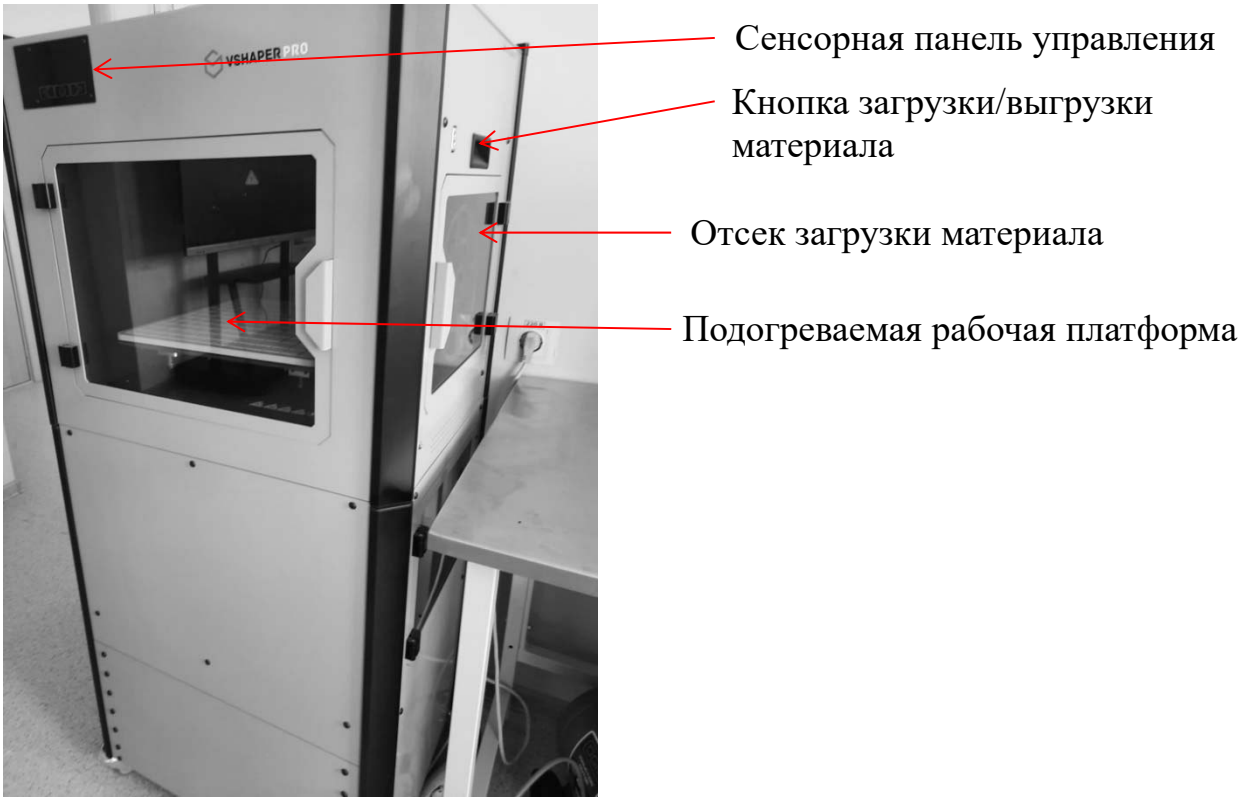


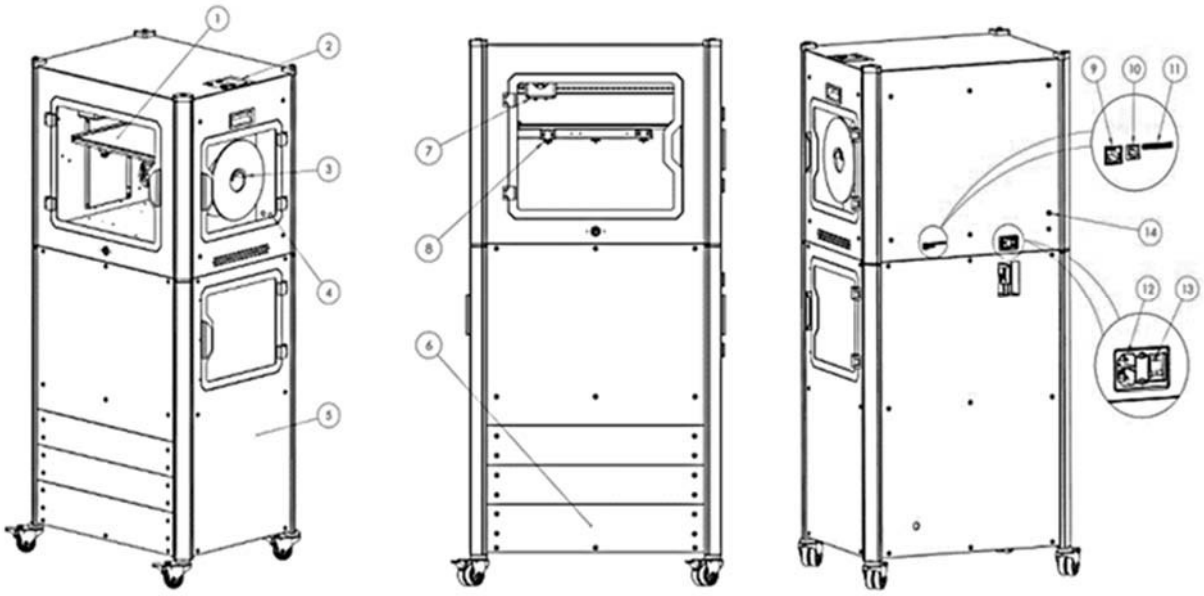
Рисунок 1.1 – Основные рабочие узлы принтера Vshaper Pro

Технические характеристики принтера приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Технические характеристики принтера Vshaper Pro

Технология печати	Fused Filament Fabrication
Габариты камеры построения	250 x 250 x 175 мм
Толщина слоя	0,05 мм…0,3 мм
Точность укладки слоев	30 мкм
Точность позиционирования	XY 12,5 мкм/Z 1,25 мкм
Количество сопел	1
Максимальная температура печати для HT	420 °C
Диаметр сопел	0,4 мм
Диаметр нити	1,75 мм
Точность подачи материала	1 мкм
Максимальная температура печати для ST	300 °C
Рекомендуемый материал	ABS, PMMA, PA, PC, PET, PET-G, HIPS, ASA
Температура рабочей платформы	150 °C
Максимальная температура камеры	70 °C

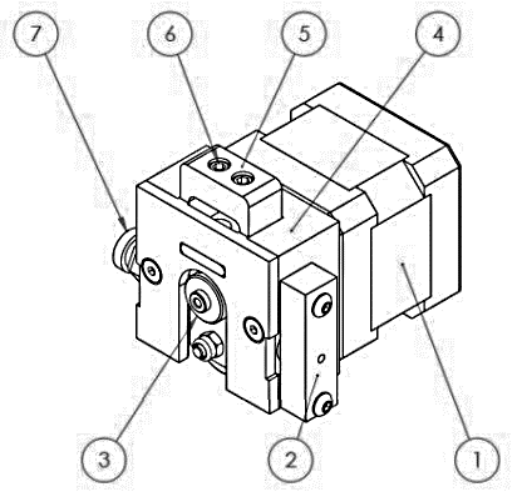
Составные части 3D-принтера Vshaper Pro представлены на рисунке 1.2.



1 – подогреваемая рабочая платформа; *2* – панель управления; *3* – держатель катушки материала; *4* – предохранитель экструдера; *5* – V-BOX; *6* – место для ББП; *7* – датчик выравнивания стола; *8* – поджимы регулировки стола; *9* – интернет-порт; *10* – USB для AM-BM-кабелей; *11* – SD-порт; *12* – вход питания; *13* – кнопа отключения питания; *14* – пневматический коннектор

Рисунок 1.2 – Составные части 3D-принтера Vshaper Pro

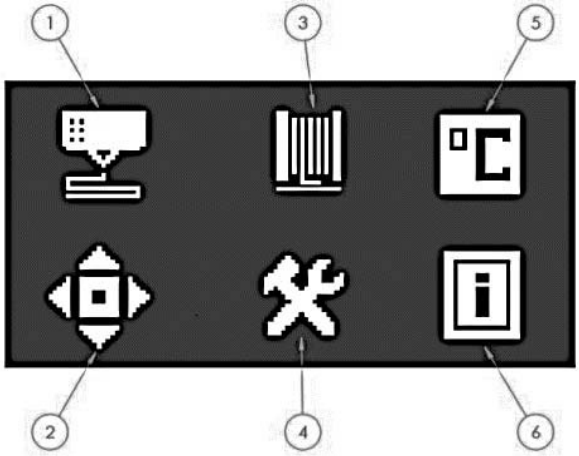
Механизм подачи материала (экструдер) показан на рисунке 1.3.



1 – двигатель; *2* – датчик наличия материала; *3* – ролик; *4* – тело механизма; *5* – поджимной блок материала; *6* – поджимной болт с пружиной; *7* – прямой разъем

Рисунок 1.3 – Механизм подачи материала

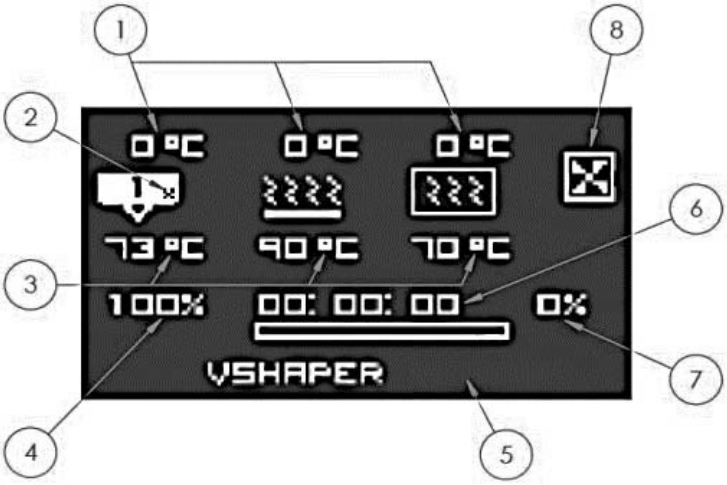
Пользовательский интерфейс 3D-принтера Vshaper Pro представлен на рисунке 1.4.



1 – PRINT (печать); *2* – MOVE (двигать); *3* – FILAMENT (материал); *4* – OPTIONS (опции); *5* – STATUS (статус); *6* – INFO (информация)

Рисунок 1.4 - Пользовательский интерфейс 3D-принтера Vshaper Pro

Информационное окно 3D-принтера Vshaper Pro, показывающее параметры печати, изображено на рисунке 1.5.



1 – выбранная температура экструдера, стола и камеры; *2* – охлаждение печати; *3* – текущая температура экструдера, стола и камеры; *4* – процент текущей скорости печати; *5* – меню сообщений; *6* – время печати; *7* – печать в работе; *8* – вентиляция камеры

Рисунок 1.5 – Параметры печати

1.2 Меры безопасности

1 3D-принтер следует эксплуатировать в хорошо проветриваемом помещении. Обработка некоторых термопластов может привести к выделению неприятных, а иногда и вредных газов, которые затрудняют работу с оборудованием.

2 3D-принтер Vshaper включает в себя следующие нагревательные элементы: печатающую головку и рабочую платформу. Необходимо подождать примерно 30 мин после завершения печати, перед тем как трогать платформу или напечатанные детали. Во время работы оборудования рекомендуется использовать защитные перчатки.

3 Vshaper включает в себя подвижные элементы, которые могут нанести телесные повреждения. Никогда не открывайте принтер во время работы.

4 Не снимайте защитный корпус принтера. Любой ремонт или использование компонентов машины самостоятельно не допускается.

5 Из-за риска срыва части печатной модели или опорной конструкции рекомендуется носить защитные очки во время работы оборудования. Будьте особенно осторожны при удалении напечатанного объекта с рабочей платформы.

6 Принтер можно выключить только после его охлаждения.

7 В случае опасности отключите питание принтера.

Ход выполнения работы

Выберите материал, который должны соответствовать диаметру 1,75 мм, перед каждой печатью его необходимо просушить. Обрежьте кончик материала под углом 45 град и немножко выпрямите его. Поместите катушку материала на держатель.

Вставьте кончик материала в отверстие питателя, он автоматически подхватит его и подтянет на требуемое расстояние для захвата.

Проверьте температуры экструдера и материала.

Положить лист адгезии на алюминиевый стол печати, во время включения вакуума прижимайте края листа к столу, пока он полностью не будет закреплен.

Важно, по окончании загрузки материала, дождаться, пока из сопла не будет продавлен весь старый материал, он может отличаться характеристиками и температурной обработкой. Требуется подождать, пока не продавит около 1 м тонкой нити из экструдера на стол печати.

Загрузите файл на печать с помощью SD-карты.

1 Выключите принтер.

2 Извлеките SD-карту с задней стороны принтера.

3 Вставьте SD-карту в компьютер или переходное устройство, подключенное к компьютеру.

4 Скопируйте сформированный файл в формате g-code, подготовленный с помощью программы Softshaper (Имя файла должно содержать только латинские буквы, а также цифры. Перед извлечением SD-карты используйте функцию «безопасного отключения устройства» и дождитесь сообщения о том, что карту можно извлечь).

5 Вставьте карту в слот принтера.

6 Включите 3D-принтер.

7 Выберите нужный файл из списка, используя команды меню PRINT(печать).

Дальнейший запуск проекта должен осуществлять преподаватель.

Задание по работе

1 Изучить рабочие узлы принтера и зарисовать их.

2 Изучить принцип работы принтера.

3Изучить пользовательский интерфейс и описать последовательность включения и выключения принтера.

4 Подготовить принтер к работе и начать пробную печать по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы

1 Укажите области применения 3D-принтера.

2 Что относится к основным рабочим узлам принтера?

3 При какой температуре в экструдере осуществляется печать пластиком ABS?

4 Какими полимерными материалами можно печатать на данном принтере?

5 Для чего осуществляется подогрев рабочей платформы?

2 Лабораторная работа № 2. Изучение устройства и принципа работы 3D-принтера Formlabs Form 3

Цель работы

Ознакомление с основными рабочими узлами принтера и принципом его работы.

Приобретение навыков в работе с прибором для 3D-печати методом стереолитографии Low Force Stereolithography (LFS).

Оборудование: 3D-принтер Formlabs Form 3.

2.1 Теоретические сведения

Стереолитография (SLA или SL) – технология аддитивного производства моделей, прототипов и готовых изделий из жидких фотополимерных смол. Отвердевание смолы происходит за счет облучения ультрафиолетовым лазером.

Form 3 – это 3D-принтер, предназначенный для изготовления изделий из фотополимерной смолы по проектам пользователей методом аддитивного производства.

Метод основан на облучении жидкой фотополимерной смолы лазером для создания твердых физических моделей. Построение модели производится слой за слоем. Каждый слой вычерчивается лазером согласно данным, заложенным в трехмерной цифровой модели. Облучение лазером приводит к полимеризации (т. е. затвердеванию) материала в точках соприкосновения с лучом.

По завершении построения контура рабочая платформа погружается в бак с жидкой смолой на дистанцию, равную толщине одного слоя – как правило, от 0,05 до 0,15 мм. После выравнивания поверхности жидкого материала начинается процесс построения следующего слоя. Цикл повторяется до построения полной модели. После завершения постройки изделия промываются для удаления остаточного материала и, при необходимости, подвергаются обработке в ультрафиолетовой печи до полного затвердевания фотополимера.

Стереолитография требует использования поддерживающих структур для построения навесных элементов модели, аналогично технологии моделирования методом послойного наплавления (FDM). Опоры предусматриваются в файле, содержащем цифровую модель, и выполняются из того же фотополимерного материала. По сути, опоры являются временными элементами конструкции, удаляемыми вручную после завершения процесса изготовления.

Основные рабочие узлы принтера представлены на рисунке 2.1.

Рисунок 2.1 – Основные рабочие узлы принтера Form 3

Технические характеристики принтера Form 3 приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Технические характеристики принтера Form 3

Габариты	300 x 300 x 80 мм
Технология 3D-печати	Low Force Stereolithography (LFS)
Минимальные размеры для удобного доступа	Ширина: 400 мм; глубина: 530 мм; высота: 780 мм
Рабочая температура	Автоподогрев до 35 °C
Контроль температуры	Рабочая камера с подогревом воздуха
Технические характеристики лазера	1 Light Processing Unit (LPU) – лазерный модуль Лазерная аппаратура класса 1 Фиолетовый лазер, длина волны 405 нм Мощность 250 мВт
Размер лазерного пятна (ПШПВ)	85 мкм
Сетевые интерфейсы	Wi-Fi, Enternet и USB
Излучение шума	Не превышает 70 дБ(А)
Управление принтером	Интерактивный сенсорный экран
Система подачи полимера	Автоматическая
Объем печати	145 x 145 x 185 мм

Дисплей принтера Form 3 состоит из индикаторов состояния и сенсорного экрана. На сенсорном экране отображаются сведения о модели, параметры и сообщения об ошибках. Это основной элемент пользовательского интерфейса принтера Form 3. Индикаторы состояния сигнализируют о состоянии принтера. Расшифровку сигналов индикаторов можно прочитать на сенсорном экране.

2.2 Последовательность работы на принтере

Подсоедините кабель питания. Принтер автоматически выполнит процесс инициации.

Перед началом печати принтер Form 3 нагревает полимер до заданной температуры. Текущая температура в рабочей камере отображается на сенсорном

экране. Рабочая камера нагревается горячим воздухом, который поступает из колонны, находящейся за резервуаром для полимеров. Теплый воздух в рабочей камере нагревает полимер. Температуру воздуха измеряет датчик, установленный в воздухозаборном отверстии. Принтер Form 3 автоматически осуществляет предварительный нагрев и поддерживает постоянную температуру в рабочей камере до выполнения задания на печать и между ними.

Подготовьте, сохраните и загрузите файлы FORM в принтер. Программа PreForm позволяет работать с файлами STL и OBJ.

Перед выполнением каждого задания на печать принтер выполняет такие проверки. Принадлежности: датчики проверяют правильность установки резервуара для полимеров, рабочей платформы и картриджа для полимеров. Температура: рабочая камера и полимер нагреваются до температуры около 35 °C. Вентилятор сначала подает воздух на нагреватель, где он нагревается, а затем поступает в резервуар для полимеров, повышая температуру полимера. Полимеры: полимер поступает из картриджа в резервуар, когда под воздействием специального рычага дозирования на картридже открывается клапан. Принтер Form 3 регулирует количество полимера в резервуаре с помощью датчика LevelSense, который расположен за резервуаром для полимеров. Принтер начинает подавать полимер в резервуар при запуске и поддерживает в нем нужный уровень полимера во время печати. Печать начинается автоматически, когда датчик LevelSense фиксирует нужное количество полимера в резервуаре.

Чтобы начать печать, выберите задание на сенсорном экране и следуйте дальнейшим указаниям (выполняется вместе с преподавателем). Чтобы остановить текущую печать, нажмите кнопку «Приостановить», а затем – «Отменить печать».

2.3 Меры безопасности

1 Луч лазера опасен для зрения. Избегайте прямого контакта.

2 Изопропиловый спирт является легковоспламеняющимся химическим веществом.

3 Луч лазера опасен для зрения, поэтому необходимо избегать прямого контакта с ним.

4 Полимеры могут вызывать зуд или аллергические реакции на коже. При работе с жидкими полимерами и поверхностями с полимерным покрытием надевайте перчатки. Хорошо мойте кожу с мылом.

5Иногда при удалении поддерживающих структур от них могут откалываться маленькие кусочки. Остерегайтесь мелких летящих осколков. Используйте средства защиты органов зрения и перчатки для защиты кожи и глаз.

6 Надевайте защитные очки при работе с жидкими полимерами, извлечении напечатанных моделей и удалении поддерживающих структур.

7 Работать с изопропиловым спиртом следует в хорошо проветриваемом помещении в перчатках. Храните его вдали от источников тепла, искр и открытого пламени.

Задание по работе

1 Изучить рабочие узлы принтера и зарисовать их.
2 Изучить принцип работы принтера.
3Изучить пользовательский интерфейс и описать последовательность включения и выключения принтера.
4 Подготовить принтер к работе и начать пробную печать по заданию преподавателя.

Ход выполнения работы

При замене типов полимеров необходимо заменять как резервуар, так и картридж.

Чтобы запустить загруженный файл: подтвердите, что резервуар для полимеров и картридж соответствуют типу и версии полимера, указанным в файле. Нажмите на имя файла в очереди.

Чтобы удалить модель из очереди: нажмите на имя файла в очереди. Нажмите «Удалить».

После выполнения печати изделия выполните следующие действия.

Промывка – используйте комплекты Form Wash или Finish Kit, чтобы смыть остатки жидкого полимера с поверхности напечатанной модели.

Сушка – после промывки подождите не менее 30 мин. За это время изопропиловый спирт должен полностью испариться.

Финальная полимеризация – используйте решение Form Cure, чтобы подвергнуть напечатанные модели воздействию света и тепла для стабилизации и обеспечения нужных характеристик.

Пост-обработка – удалите поддерживающие структуры, а затем примените шлифовку, грунтовку или покраску для улучшения внешнего вида или воспользуйтесь другим оборудованием для создания форм для литья из напечатанных деталей.

Чтобы полностью отключить принтер Form 3, отсоедините шнур питания от источника питания.

Контрольные вопросы

1 Укажите области применения 3D-принтера.
2 Что относится к основным рабочим узлам принтера?
3 Что такое LFS?
4 Какими полимерными материалами можно печатать на данном принтере?
5 Что такое стереолитография?
6 Поясните принцип работы принтера.

3 Лабораторная работа № 3. Обработка изделий из фотополимерных материалов после печати на 3D-принтере Form 3

Цель работы

Ознакомление с основными рабочими узлами станции промывки Form Wash и станции просушки Form Cure, принципом их работы.

Приобретение навыков в работе на станции промывки Form Wash и станции просушки Form Cure.

Оборудование: станция промывки Form Wash, станция просушки Form Cure.

3.1 Теоретические сведения

После печати на 3D-принтере Form 3 изделия из фотополимера нуждаются в окончательной обработке – промывке от остатков жидкого полимера и полной полимеризации материала под действием ультрафиолета. Для этого используют стацию промывки Form Wash и станцию просушки Form Cure (рисунок 3.1).

а) *б*)

Рисунок 3.1 – Станция промывки Form Wash (*а*); станция просушки Form Cure (*б*)

Для промывки напечатанного изделия его извлекают из принтера вместе со столом печати. Стол помещают в станцию промывки на специальные держатели. Далее с помощью контроллера в меню прибора устанавливают необходимое время промывки изделия (в минутах). Минимальное время промывки указано в характеристиках полимера. Рабочая камера станции промывки заполнена изопропиловым спиртом.

После истечения времени промывки стол с напечатанным изделием автоматически поднимется. Не нужно сразу же снимать изделие, а следует

дождаться стекания спирта. После того, как остатки спирта стекли с модели, необходимо аккуратно снять модель со стола печати. Для этого используется специальный скребок, который входит в комплект станции промывки. После снятия изделия со стола его необходимо поместить в камеру станции просушки. До помещения изделия в камеру станции просушки Form Cure её нужно разогреть до требуемой температуры (указана в характеристиках полимера).

С помощью контроллера на станции просушки необходимо выбрать время и температуру сушки изделия и запустить прогрев камеры. На экране будет показываться набор температуры в градусах. После того, как камера наберет необходимую температуру, в ней включатся ультрафиолетовые лампы и пойдет обратный отсчет времени, оставшегося до окончания полной полимеризации изделия.

После истечения заданного времени изделие можно извлечь из станции просушки и дать ему некоторое время остыть. После этого специальными щипцами можно будет удалить с изделия элементы поддержек.

3.2 Меры безопасности

1 Изопропиловый спирт может быть легковоспламеняющимся и даже взрывоопасным веществом, поэтому его следует хранить вдали от источников тепла, огня или искр. Неиспользуемые емкости с изопропиловым спиртом следует хранить в закрытом или накрытом состоянии. Кроме того, работать с изопропиловым спиртом рекомендуется в защитных перчатках в хорошо проветриваемом помещении.

2 Полимеры могут вызывать зуд или аллергические реакции на коже. При работе с жидкими полимерами и поверхностями с полимерным покрытием надевайте перчатки. Хорошо мойте кожу с мылом.

3 Иногда при удалении поддерживающих структур от них могут откалываться маленькие кусочки. Остерегайтесь мелких летящих осколков. Используйте средства защиты органов зрения и перчатки для защиты кожи и глаз.

Ход выполнения работы

1 Достаньте изделие из 3D-принтера Form 3.
2 Поместите изделие в станцию промывки.
3 Поместите изделие в станцию просушки.
4 Достаньте изделие, охладите его и удалите элементы поддержки.

Задание по работе

1 Изучить устройство станции промывки Form Wash и станции просушки Form Cure, зарисовать их.

2Изучить пользовательский интерфейс и описать последовательность включения и выключения станций.

3 Подготовить станции к работе и начать пробную промывку и просушку изделия по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы

1 Для чего изделия, напечатанные из фотополимера, нуждаются в промывке и просушке?

2 Какое необходимо установить время промывки изделия, применяемое в лабораторной работе?

3 Какое необходимо установить время просушки изделия, применяемое в лабораторной работе?

4 Почему нельзя использовать изделие сразу после его просушки?

4 Лабораторная работа № 4. Изучение устройства и принципа работы 3D-сканера Medit T510

Цель работы

Ознакомление с основными рабочими узлами сканера и принципом его работы.

Приобретение навыков в работе с прибором для 3D-сканирования и создания цифровых моделей.

Оборудование: 3D-сканер Medit T510.

4.1 Теоретические сведения

3D-сканер – периферийное устройство, анализирующее форму предмета и на основе полученных данных создающее его 3D-модель. Предназначен для цифровой записи топографических характеристик объектов.

Основная цель использования 3D-сканеров – создание точных трехмерных объектов.

Полученные методом сканирования 3D-модели в дальнейшем могут быть обработаны средствами САПР для разработки технологии изготовления изделий и инженерных расчётов. Для вывода 3D-моделей могут использоваться такие средства, как 3D-монитор, 3D-принтер или фрезерный станок с поддержкой G-кода.

Сканирование объектов происходит путем направления волн, представленных в виде лазерного луча или структурированного света. Далее наступает обнаружение и анализ отражения. Сканер отправляет луч на предмет, а камера записывает данные о расположении в координатах. Движение лазера сопровождается фиксацией в поле зрения камеры в разных местах. Такие трехмерные сканеры прозвали триангуляционными, т. к. луч, камера и конечная точка образуют треугольник.

Технические характеристики 3D-сканера Medit T510 представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Технические характеристики 3D-сканера Medit T510

Разрешения камеры	5.0 (MP) x 2
Расстояние между двумя точками	0,040 мм
Точность (ISO 12836)	7 мкм
Область сканирования	103 мм x 99 мм x 89 мм
Скорость сканирования полной дуги	12 с
Технология сканирования	Структурированный свет, триангуляция
Источник света	Стетодиод, 150 ANSI-люмен
Тип источника света	Голубой светодиод
Тип подключения	USB 3.0 тип B

Основные рабочие узлы сканера показаны на рисунке 4.1.

Рисунок 4.1 – Основные рабочие узлы 3D-сканера Medit T510

Ход выполнения работы

1 Закрепите при помощи пластилина объект для сканирования на столе. Объект выдается преподавателем.

2 Включите сканер.

3 Запустите программу сканирования.

4 Дождитесь завершения процесса.

5 Сохраните на компьютере отсканированный объект в виде цифровой модели для дальнейшего редактирования.

Задание по работе

1 Изучить рабочие узлы сканера и зарисовать их.
2 Изучить принцип работы сканера.
3 Изучить пользовательский интерфейс и описать последовательность включения и выключения сканера.
4 Подготовить сканер к работе и начать пробное сканирование по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы

1 Укажите области применения 3D-сканера.
2 Что относится к основным рабочим узлам сканера?
3 Почему технология сканирования называется триангуляция?
4 Объект каких максимальных размеров можно отсканировать на данном сканере?
5 Что такое 3D-сканер?
6 Поясните принцип работы сканера.

5 Лабораторная работа № 5. Изучение устройства и принципа работы 3D-принтера Sinterit Lisa Pro SLS

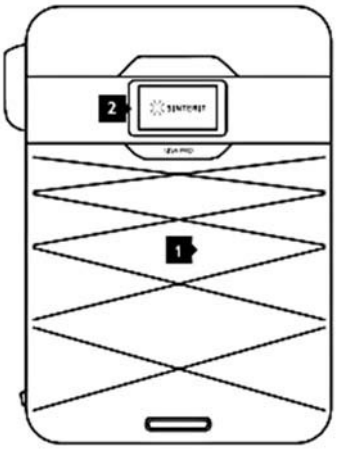
Цель работы

Ознакомление с основными рабочими узлами 3D-принтера Sinterit Lisa Pro SLS и принципом его работы.
Приобретение навыков в работе с 3D-принтером Sinterit Lisa Pro SLS.

Оборудование: 3D-принтер Sinterit Lisa Pro SLS.

5.1 Теоретические сведения

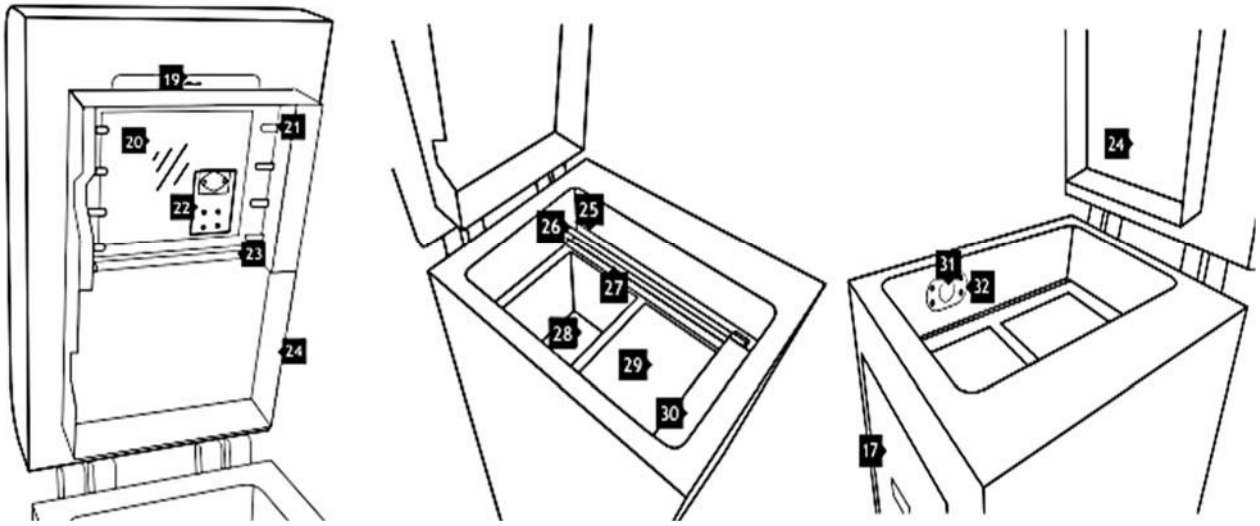
3D-принтер Sinterit Lisa Pro предназначен для печати изделий из различных полимерных порошковых материалов по технологии SLS (селективное лазерное спекание) (рисунок 5.1).



1 – съемная передняя панель; *2* – жидкокристаллический сенсорный экран

Рисунок 5.1 – Внешний вид 3D-принтера Sinterit Lisa Pro

Принтер состоит из камеры печати, переливного блока и блока управления. В камере печати располагаются стол печати, камера загрузки порошка, инфракрасные обогреватели, устройство повторного нанесения порошка, лазерный модуль, пирометр и камера (рисунок 5.2).



19 – разделительный штифт; *20* – специальное место для лазерного защитного стекла; *21* – короткие инфракрасные обогреватели (белые) четыре штуки с каждой стороны; *22* – лазерный модуль; *23* – длинные инфракрасные обогреватели (красные); *24* – нагревательный модуль; *25* – шнур привода устройства повторного нанесения покрытия; *26* – направляющая штанга устройства повторного нанесения покрытия; *27* – шнур повторного нанесения покрытия; *28* – платформа подачи в загрузочной камере; *29* – стол печати; *30* – устройство для повторного нанесения покрытия (ракиль); *31* – встроенная камера (для печатного стола); *32* – пирометр печатной платформы за оконным модулем пирометра

Рисунок 5.2 – Рабочая камера принтера

Начинать работу на 3D-принтере Sinterit Lisa Pro необходимо с включения программы построения и расчета модели Sinterit Studio 2019. После открытия и загрузки программы открывается окно Preset, где в левой его части можно выбрать модель принтера, тип материала (задается преподавателем например – PA12 Smooth) и высоту слоя печати (0,125 мм) (рисунок 5.3). В правой части окна программа покажет, какой материал печати выбран и сколько, в процентном соотношении, необходимо досыпать нового неиспользованного порошка.

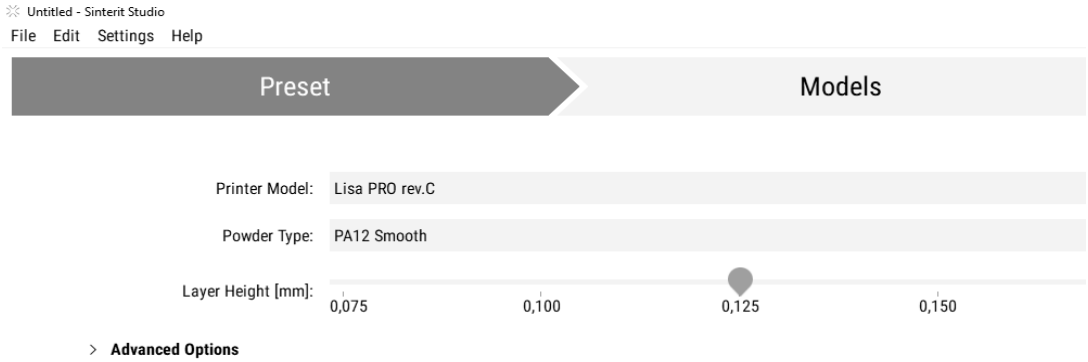


Рисунок 5.3 – Выбор типа материала и высоты слоя печати

После того, как выбраны параметры печати, переходим на вкладку Models (см. рисунок 5.3). В этой вкладке открывается зона построения модели (рабочая камера принтера). Низ зоны построения разбит на квадраты, окрашенные в три цвета – зеленый, желтый и красный. Это говорит о том, что при загрузке 3D-модели необходимо располагать ее таким образом, чтобы габариты изделия при печати оставались в зеленой зоне и по возможности не выходили в желтую зону, и ни в коем случае не выходили в красную зону. Это связано с тем, что лазер не может достаточно прогреть порошок по краям рабочей камеры и с удалением его от центра возрастает вероятность брака при печати.

Для загрузки 3D-модели в программу открываем вкладку File, далее New, Yes и выбираем файл из папки с нарисованным изделием в формате stl (указывает преподаватель).

После загрузки модель появится в рабочей зоне принтера. Далее левой клавишей мыши один раз щелкаем по модели, выделяя ее. На поверхности модели появятся бегунки, позволяющие передвигать объект по осям и вращать его вокруг них (рисунок 5.4). Они позволяют изменить положение модели в области печати принтера и расположить более компактно несколько моделей.

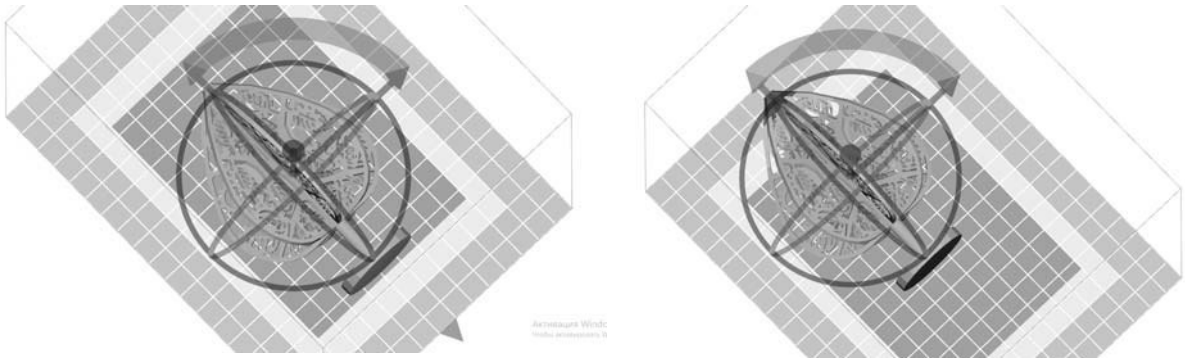


Рисунок 5.4 – Перемещение объекта по осям и его вращение

Если модель при загрузке либо после корректировки расположения выйдет из зеленой зоны печати, то программа покажет эти зоны модели, подсветив из соответствующим цветом.

После того, как модель расположена в рабочей зоне, можно переходить к следующей вкладке – Slise. В этой вкладке нажимаем кнопку Slise, выбираем место, куда будем сохранять файл программы, и даем ему имя. После сохранения в правой части программы появится информация о процессе печати (рисунок 5.5): используемый материал, высота слоя печати, время печати, объем порошка, который необходимо загрузить в рабочую камеру принтера, и объем нового порошка, который нужно добавить. Во вкладке Preview можно посмотреть, как будет идти печать.

Рисунок 5.5 – Информация о процессе печати

После выполнения всех пунктов закрываем программу, загружаем сохраненный файл на флеш-карту и переносим его на принтер. Далее необходимо подготовить принтер к печати и загрузить порошок.

Задание по работе

1 Изучить рабочие узлы принтера и зарисовать их.

2 Изучить принцип работы принтера.

3 Изучить пользовательский интерфейс и описать последовательность работы на принтере.

4 Подготовить рабочий файл программы для переноса на принтер.

Ход выполнения работы

1 Загрузите программу построения и расчета модели Sinterit Studio 2019.

2 Выберите тип материала и высоту слоя печати. При необходимости определите в процентном соотношении количество досыпаемого нового неиспользованного порошка.

3 Рационально расположите изделие в зоне построения принтера.

4 Сохраните файл программы на флеш-карту.

Контрольные вопросы

1 Назовите основные узлы 3D-принтера Sinterit Lisa Pro.

2 Назовите основные особенности технологии селективное лазерное спекание (SLS).

3Почему необходимо размещать габариты изделия в зеленой зоне построения?

4 Как влияет высота слоя печати на качество печати изделия?

5 Продемонстрируйте, как более компактно, в рабочей зоне принтера, можно расположить несколько моделей.

6 Лабораторная работа № 6. Подготовка 3D-принтера Sinterit Lisa Pro SLS к печати

Цель работы

Ознакомление с основными рабочими узлами 3D-принтера Sinterit Lisa Pro SLS и принципом его работы.

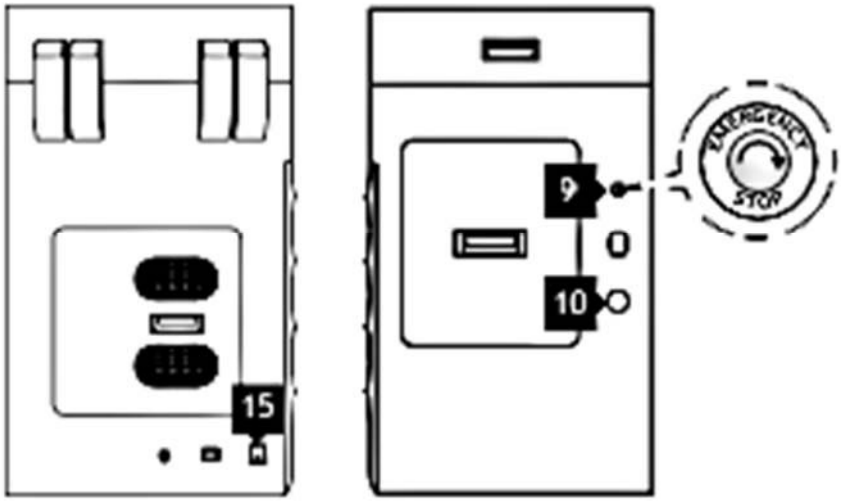
Приобретение навыков в работе с 3D-принтером Sinterit Lisa Pro SLS.

Оборудование: 3D-принтер Sinterit Lisa Pro SLS.

6.1 Теоретические сведения

Перед началом работы необходимо проверить, не выключена ли кнопка безопасности *10* (красная кнопка с правой стороны принтера). Если выключена, то поверните черный фланец кнопки по часовой стрелке на четверть оборота. Далее можно включить принтер. Переведите переключатель питания *15* из положения «0» в положение «1» и поверните ключ зажигания в пазу для ключа *9* по часовой стрелке на четверть оборота. Подождите, пока не появится главное меню с четырьмя кнопками на ЖК-экране (время ожидания около 20 с) (рисунок 6.1).

В принтере установлен электрозамок. Чтобы открыть крышку принтера, нажмите кнопку «Начать новую печать / Разблокировать крышку» на экране. Магнитная блокировка отключается на 10 с. Через 10 с она снова активируется. Мягко нажмите на крышку, а затем поднимите ее за ручку крышки. Убедитесь, что все компоненты на месте и готовы к заполнению порошком.

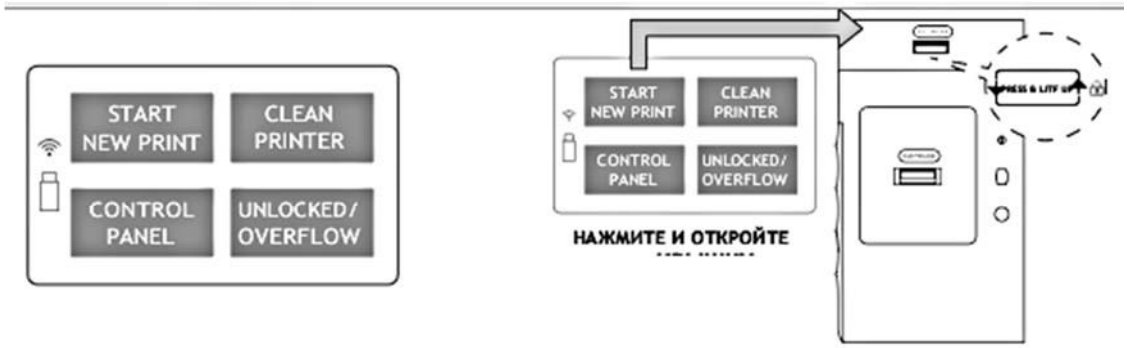


9 – паз для ключа; *10* – кнопка безопасности; *15* – переключатель питания

Рисунок 6.1 – Внешний вид боковой панели принтера

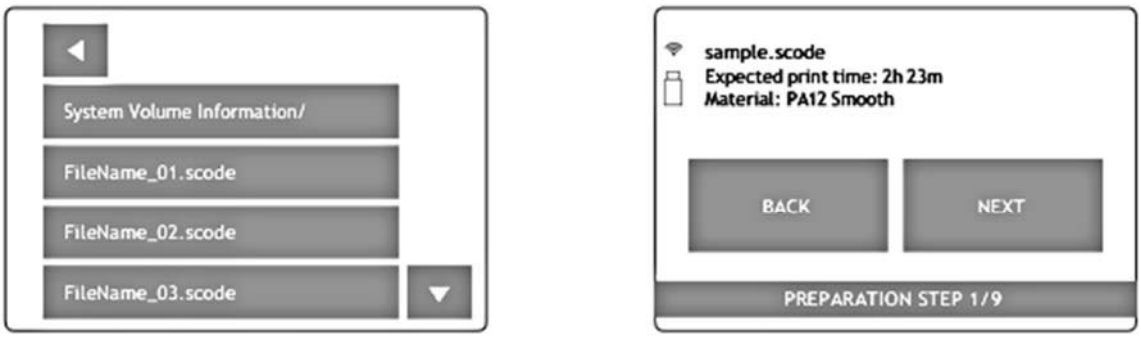
Принтер спросит, очищали ли порошок после последней распечатки. Если да, нажмите кнопку «Да». Если нет, то нажимаете кнопку «Нет, порошок еще внутри» и принтер запустит процесс очистки (рисунок 6.2, *а*).

а)



Экран главного меню. Разблокировка крышки принтера.

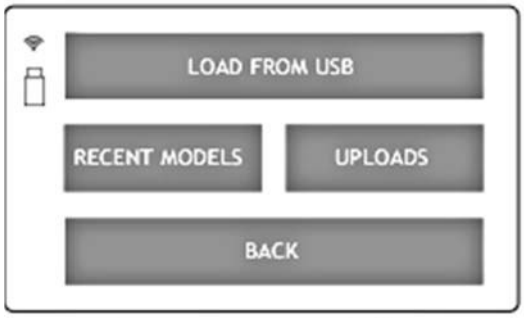
б)



Выберите файл для печати. Основная информация после загрузки файла на экран принтера

Рисунок 6.2 – Панель управления принтера

в)



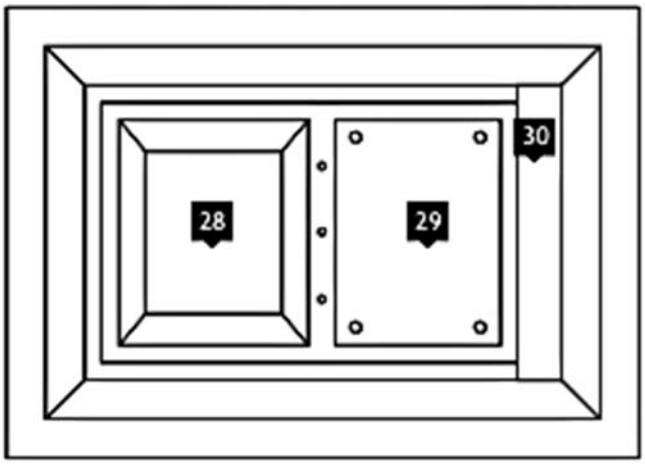
Выберите источник файла.

Окончание рисунка 6.2

Далее можно приступить к подготовке принтера к самой печати. Загрузите файл для печати из меню USB (рисунок 6.2, *б*).

Выберите файл из списка и щелкните по нему. Имя файла, время печати и тип используемого порошка появятся на экране. Подготовьте подходящий порошок и нажмите кнопку «Next» (рисунок 6.2, *в*).

Убедитесь, что на пути ракеля нет препятствий. Если нет, подтвердите кнопкой «Готово». Ракель *30* и стол печати *29* будут возвращаться в исходное положение. Ракель для повторного нанесения покрытия *30* будет расположен над бункером для перелива. Стол печати *29* выровняется с камерой для печати. Подающая платформа загрузочной камеры *28* будет установлена на высоту, соответствующую необходимому объему порошка для печати (рисунок 6.3).



Вид камеры печати после размещения

Рисунок 6.3 – Внешний вид внутренней части принтера

Используя воронку для порошка, заполните загрузочную камеру порошком. Требуемый объем порошка указан в отчете в Sinterit Studio. Осторожно сожмите порошок в загрузочной камере. Для этого рекомендуется использовать мастерок – его размер соответствует размеру загрузочной камеры (рисунок 6.4).

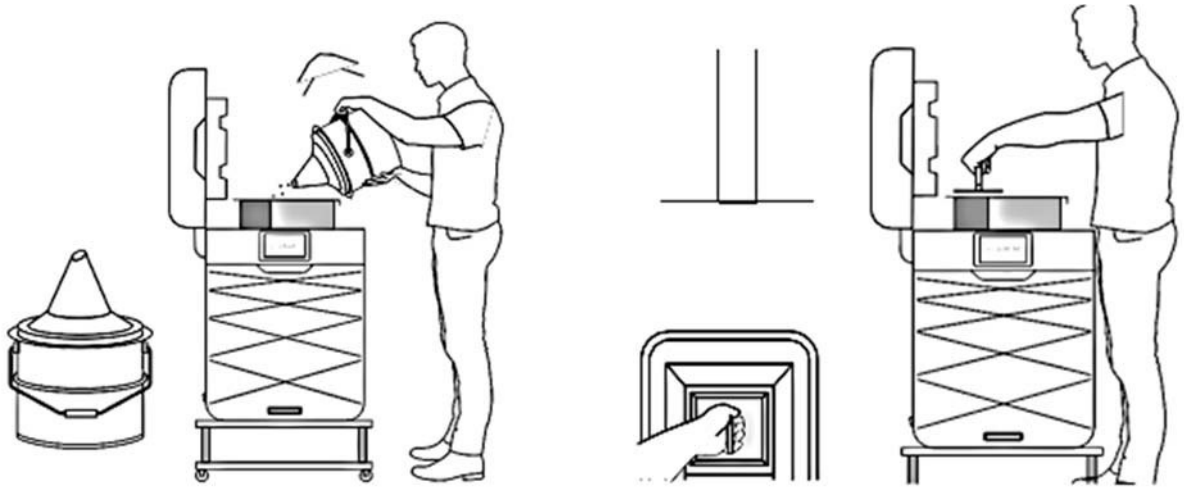


Рисунок 6.4 – Последовательности заполнения порошком загрузочной камеры

Далее необходимо заполнить стол печати порошком. Для этого нажмите кнопку «Start leveling», чтобы начать выравнивание. Процесс будет автоматически остановлен, когда слой порошка на столе печати достигнет нескольких миллиметров.

Если слой порошка распределен правильно, нажмите кнопку «Далее». Если качество созданного слоя после выравнивания неудовлетворительное, вы можете повторить процесс, нажав кнопку «Повторить выравнивание».

После того, как камера и стол печати заполнены порошком, необходимо очистить оконный модуль пирометра и направляющие повторного нанесения порошка от пыли. Для этого следует использовать специальные пылевые салфетки, не оставляющие ворса. После очистки направляющие для повторного нанесения порошка необходимо смазать силиконовым маслом и нажать кнопку «Готово».

Убедитесь, что в камере для печати нет лишних элементов. Если нет, закройте крышку принтера. Принтер готов к печати. Чтобы начать процесс, нажмите «Начать печать».

6.2 Меры безопасности

1 Перед печатью всегда убедитесь, что на принтере нет посторонних материалов, таких как мусор, масло, оборудование и другие предметы, которые могут повлиять на работу и стать причиной травм.

2 При появлении сильного дыма, раздражающего запаха или других тревожных обстоятельств во время печати нажмите кнопку безопасности. Она немедленно отключит питание принтера. Однако помните, что открыть принтер невозможно до тех пор, пока температура внутри не упадет ниже 50 °C и не станет доступной опция «Разблокировать крышку».

3 При работе с полиамидным порошком или другим порошком, предназначенным для принтера Sinterit Lisa PRO, всегда используйте средства

индивидуальной защиты, предназначенные для этого устройства (защитные очки, защитные перчатки, защитную пылезащитную маску).

4 При работе с порошком избегайте вдыхания или проглатывания, а также контакта с кожей и глазами.

5 Полиамидный порошок следует хранить в плотно закрытых контейнерах в помещении при комнатной температуре и невысокой влажности.

6 Если устройство не используется долгое время, порошок следует удалить из принтера и хранить в запечатанной упаковке.

7 Во время работы принтера не прикасайтесь к другим элементам, кроме сенсорного ЖК-экрана, кнопки безопасности, порта USB и переключателя питания.

Задание по работе

1 Изучить принцип подготовки принтера к печати.

2 Изучить пользовательский интерфейс и описать последовательность запуска принтера.

3 Записать основные меры безопасности при работе с порошковыми материалами.

Ход выполнения работы

1 Включите принтер и откройте его крышку.

2 Заполните загрузочную камеру порошком.

3 Заполните стол печати порошком.

4 Начните процесс печати.

Контрольные вопросы

1 Расскажите последовательность включения принтера.

2 Зачем равномерно распределять порошок в камере принтера?

3 Для чего используется «Мастерок»?

4 Как можно наблюдать за процессом спекания порошка?

5 Какие необходимо соблюдать меры безопасности при загрузке порошка в принтер?

Список литературы

1 **Гибсон, Я.** Технологии аддитивного производства / Я. Гибсон, Д. Розен, Б. Стакер; пер. с англ. И. В. Шишковского. – Москва: ТЕХНОСФЕРА, 2020. – 648 с. : ил.

2 Аддитивные технологии в производстве изделий аэрокосмической техники: учебное пособие для вузов / А. Л. Галиновский [и др.]; под общ. ред. А. Л. Галиновского. – Москва: Юрайт, 2020. – 115 с.

3 **Каменев, С. В.** Технологии аддитивного производства: учебное пособие / С. В. Каменев, К. С. Романенко. – Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2018. – 156 с.

4 **Шкуро, А. Е.** Технологии и материалы 3D-печати: учебное пособие / А. Е. Шкуро, П. С. Кривоногов. – Екатеринбург: Уральский гос. лесотехн. ун-т, 2017.

5 Изучение основных принципов разработки технологического процесса изготовления заготовок на основе использования аддитивных технологий: методические указания / Сост. А. В. Сотов [и др.]. – Самара: Самарский ун-т, 2016. – 35 с.

Стекольников Максим Владимирович
Тихонов Денис Александрович

ИЗУЧЕНИЕ И НАСТРОЙКА ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

Методические указания к лабораторным работам

Ответственный за выпуск Стекольников М.В.
Оригинал-макет Стекольников М.В.

Подписано в печать _____
Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать RISO.
Объем _____ Тираж _____ Заказ № _____

413100, Россия, Саратовская область, г. Энгельс, пл. Свободы, 17
ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.