

## **5D ПРИНТЕР STEREO TECH**

Модель  
**Hybrid / Fiber 640 V2.0**

**РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ**

ST.640XS.00.00.000PЭ

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
1. Требования безопасности и предупреждения.....	5
2. Описание и общие сведения .....	7
2.1. Назначение и область применения.....	7
2.2. Состав изделия .....	7
2.3. Средства измерения, инструмент и принадлежности.....	7
2.4. Принцип работы 5D принтера и его составные части.....	8
2.4.1. Общее устройство.....	8
2.4.2. 5D модуль.....	9
2.4.3. Печатающая головка .....	9
2.4.4. Принтблок .....	10
2.4.5. Программное обеспечение (ПО).....	13
2.5. Маркировка и пломбирование .....	13
2.6. Упаковка.....	13
3. Использование по назначению .....	16
3.1. Требования к рабочему месту.....	16
3.2. Порядок установки и опробования 5D принтера .....	17
3.3. Режимы работы 5D принтера.....	20
3.4. Подготовка 5D принтера к работе.....	21
3.4.1. Алгоритм подготовки принтера к запуску печати.....	21
3.4.2. Настройка удалённого управления принтером через web-интерфейс .....	21
3.4.3. Загрузка пластика .....	22
3.4.4. Диагностика и устранение проблем с подачей пластика.....	24
3.4.5. Регулировка прижима нити .....	27
3.4.6. Загрузка и выгрузка непрерывного волокна (для принтеров Fiber) .....	30
3.4.7. Установка и снятие платформы для 3D печати.....	33
3.4.8. Выравнивание и калибровка 3D платформы .....	35
3.4.9. Калибровка 5D модуля .....	38
3.4.10. Настройка точки старта печати в режиме 5D .....	43
3.4.11. Подготовка поверхности нагревательной платформы для 3D печати.....	44
3.4.12. Подготовка оснастки для 5D печати .....	45
3.5. Подготовка задания печати в различных режимах .....	48
3.5.1. Алгоритм подготовки задания печати .....	48
3.5.2. Типы файлов.....	49
3.5.3. Получение моделей для печати.....	49

3.5.4. Подготовка моделей к печати .....	50
3.5.5. Материалы для печати .....	50
3.5.6. Настройка профиля двухэкструдерной печати PLA+PLA (для принтеров Hybrid) .....	51
3.5.7. Настройка режима печати ABS с поддержками SBS (для принтеров Hybrid).....	54
3.5.8. Материалы для печати с армированием (для принтеров Fiber) .....	57
3.5.9. Подготовка моделей для печати с армированием (для принтеров Fiber) .....	60
3.6. Запуск принтера и управление процессом печати .....	68
3.6.1. Алгоритм запуска принтера .....	68
3.6.2. Описание функций интерфейса STE App .....	69
3.6.3. Приостановка процесса печати и действия на паузе.....	74
4. Техническое обслуживание и ремонт .....	77
4.1. Общие указания по техническому обслуживанию.....	77
4.2. Самодиагностика 5D принтера с помощью ПО STE App.....	77
4.3. Порядок технического обслуживания 5D принтера .....	78
4.3.1. Перечень операций ТО, периодичность обслуживания .....	78
4.3.2. Очистка сопла .....	79
4.3.3. Очистка стекла.....	79
4.3.4. Очистка вентиляторов модулей электрики и питания.....	79
4.3.5. Очистка вентилятора печатающей головки.....	81
4.3.6. Очистка модуля нагрева камеры .....	82
4.3.7. Очистка внутреннего пространства модуля XY .....	83
4.3.8. Диагностика и очистка канала подачи непрерывного волокна (для принтеров Fiber) .....	84
4.3.9. Диагностика и очистка сопла для непрерывного волокна (для принтеров Fiber).....	87
4.3.10. Замена принтблока .....	88
4.3.11. Замена сопла, сборка принтблоков.....	95
4.3.12. Калибровка положения XYZ экструдеров .....	98
4.3.13. Настройка PID-регуляторов нагревателей.....	103
4.3.14. Смазка рельсовых направляющих и кареток модуля XY.....	103
4.3.15. Смазка цилиндрических направляющих и ШВП модуля Z .....	108

## ВВЕДЕНИЕ

Настоящее руководство по эксплуатации (далее – РЭ) предназначено для операторов, наладчиков и обслуживающего персонала. Задача РЭ – ознакомить с принципом действия, правилами эксплуатации и технического обслуживания 5D принтеров Stereotech 640 в исполнениях Hybrid и Fiber, содействовать их рациональному использованию.

Для эффективной работы с принтером обслуживающий персонал должен ознакомиться с данным РЭ и пройти соответствующее обучение либо иметь опыт использования аналогичного оборудования для аддитивного производства, работающего по технологии FDM.

### **ВНИМАНИЕ**

**Не приступайте к работе с 5D принтером, не ознакомившись с предписаниями и рекомендациями, изложенными в РЭ.**

В связи с постоянной работой по совершенствованию изделия в его конструкцию могут быть внесены незначительные изменения, не отражённые в настоящем РЭ. Комплектующие изделия (сопла, ремни, электроаппаратура и т.п.) следует приобретать (заказывать) согласно маркировке, нанесённой непосредственно на изделия.

Ознакомьтесь с актуальной информацией о приёмах работы с 5D принтерами Stereotech, программным обеспечением STE App и STE Slicer и свойствах материалов для FDM печати, а также скачать электронную версию настоящего РЭ можно на информационном сайте Stereotech: <https://wiki.stereotech.org>.



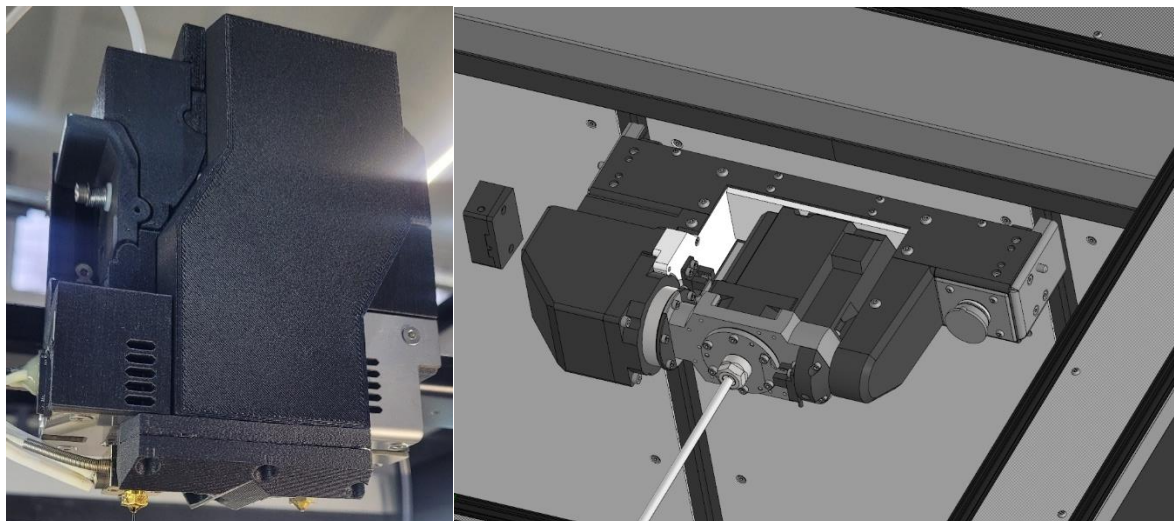
## 1. ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ И ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

При подготовке принтера к работе и техническом обслуживании соблюдайте следующие правила:

- Персонал, работающий с принтерами, должен пройти соответствующее обучение, ознакомиться с РЭ и правилами техники безопасности, а также получить доступ к самостоятельной работе с принтером.
- Принтер должен быть установлен на рабочем месте согласно рекомендациям раздела 3.1 и подключен к электрической сети, соответствующей требованиям эксплуатационной документации.
- Помещение, в котором работают принтеры, должно иметь систему принудительной или естественной вентиляции.
- Адгезив в общем случае наносится на поверхность печати при нормальных климатических условиях (температура воздуха  $25\pm 10$  °С, относительная влажность 45 .. 80%). При нанесении адгезивов следует применять специальные правила и средства защиты, рекомендованные его производителем.
- Установка принтблоков и нагревательной платформы должна осуществляться только исправным инструментом в обесточенном состоянии принтера.

Перед запуском задания печати убедитесь, что:

- Принтблоки закреплены в печатающей головке, отсутствует люфт.
- Защитные кожухи печатающей головки и 5D модуля установлены на своих местах, разъём для подключения нагревательной платформы закрыт защитным колпачком, если платформа не установлена.



- Камера принтера очищена от посторонних предметов, мусора.
- Если производилась замена материала – материал, выходящий из сопла, подается равномерным потоком.

Правила безопасности в процессе печати:

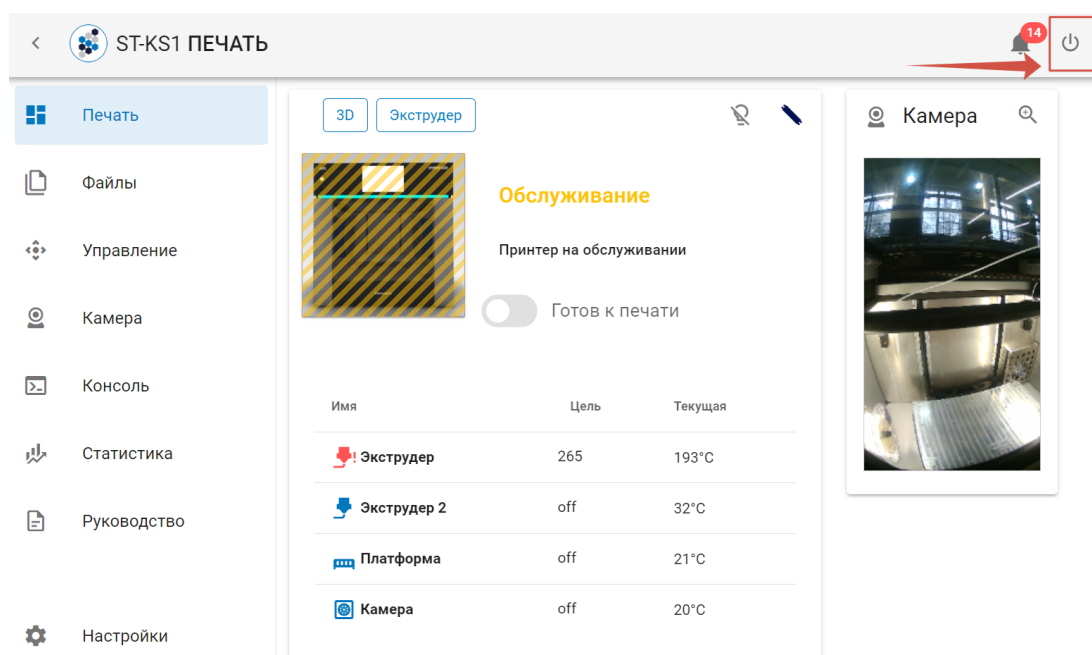
- Запрещается дотрагиваться до принтблоков и поверхности нагревательной платформы голыми руками. Для удаления мусора необходимо воспользоваться пинцетом.

- Запрещается прикасаться к ремням, шкивам двигателей и другим подвижным частям.
- Посторонние предметы внутри рабочей зоны принтера не допускаются.
- Не допускаются операции с печатающей головкой кроме замены материала в активном экструдере в соответствии с указаниями подразделов 3.4.3, 3.6.3.
- Запрещается открывать переднюю и верхнюю дверцы принтера в процессе печати с включенным нагревом термокамеры.

Правила безопасности после завершения печати:

- Запрещается дотрагиваться до принтблока и поверхности нагревательной платформы голыми руками до момента их охлаждения ниже 50 °С.
- Запрещается снимать деталь с нагревательной платформы до того, как деталь и платформа не охладятся до температуры ниже 40 °С естественным путём.
- Запрещается снимать напечатанную деталь с оснастки, не извлечённой из цангового патрона 5D модуля.
- Если производилась печать в закрытой камере материалом с температурой плавления >250 °С, либо использовался специальный адгезив, либо изделие печаталось с включенным нагревом термокамеры, следует придерживаться рекомендаций по охлаждению камеры от производителя адгезива или материала для печати. В общем случае не рекомендуется открывать рабочую камеру до того, как принтблоки и платформа охладятся до температуры 70 °С, если печать проводилась в полностью закрытой камере.
- Постобработку детали с использованием режущего инструмента следует проводить в защитных перчатках и очках. При использовании механизированного инструмента, растворителей следует дополнительно защищать органы дыхания маской или респиратором.

При возникновении аварийной ситуации в процессе работы необходимо на дисплее принтера осуществить аварийную остановку печати, расположенную в меню выключения принтера, затем нажать кнопку «Выключить», затем при необходимости отключить питание принтера тумблером на задней панели принтера. При воспламенении – обесточить принтер и использовать средства пожаротушения.



The screenshot shows the printer's control interface. At the top, there is a navigation bar with a back arrow, a gear icon, and the text "ST-KS1 ПЕЧАТЬ". On the right side of the top bar, there is a red notification bell icon with the number "14" and a power button icon. Below the navigation bar is a sidebar menu with options: Печать, Файлы, Управление, Камера, Консоль, Статистика, Руководство, and Настройки. The main area is divided into two sections. The left section is titled "Обслуживание" (Maintenance) and shows a printer icon with a warning symbol, the text "Принтер на обслуживании" (Printer under maintenance), and a toggle switch for "Готов к печати" (Ready to print) which is currently turned off. The right section is titled "Камера" (Camera) and shows a live video feed of the printer's interior. Below the maintenance section is a table with the following data:

Имя	Цель	Текущая
Экструдер	265	193°C
Экструдер 2	off	32°C
Платформа	off	21°C
Камера	off	20°C

## 2. ОПИСАНИЕ И ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### 2.1. Назначение и область применения

5D принтер – это оборудование, предназначенное для изготовления изделий путём послойного наплавления материала по цифровой 3D модели. Область применения 5D принтера включает образовательную, научную и производственную сферы, где принтер может применяться для единичного и мелкосерийного производства изделий из полимерных и полимерных композиционных материалов. 5D принтер серии 640 позволяет установить подогреваемую рабочую платформу и использовать оборудование как «классический» 3D принтер. Режимы 5D печати с помощью наклонно-поворотного модуля и ПО STE Slicer открывают возможность изготовления изделий из неплоских слоёв для уменьшения количества поддержек, повышения прочности и автоматизированной печати на закладных элементах. Применение термокамеры с активным подогревом воздуха в 3D и 5D режимах печати позволяет изготавливать изделия из высокотемпературных пластиков.

Модель 5D принтера «Hybrid 640» оснащена двумя экструдерами (основным и вспомогательным) для печати филаментами из полимерных материалов и позволяет автоматически печатать каждый слой поочерёдно двумя материалами. Благодаря этому можно выращивать изделия с перекрывающимися участками из разных материалов, в том числе со сложными растворимыми поддержками.

Модель 5D принтера «Fiber 640» оснащена основным экструдером для печати филаментом из полимерного материала и вспомогательным экструдером для укладки непрерывного волокна в соответствии с управляющей программой для изготовления прочных армированных изделий.

Полный список технических характеристик 5D принтера в каждом исполнении приведён в техническом паспорте.

### 2.2. Состав изделия

В комплект стандартной поставки 5D принтера входят следующие части:

- 5D принтер Stereotech Hybrid/Fiber 640 V2.0 в комплекте;
- нагревательная платформа для печати в 3D режиме;
- комплект для автоматизированной калибровки принтера;
- набор ЗИП (в зависимости от модели Hybrid или Fiber);
- эксплуатационная документация.

Полный список запасных частей, инструментов и принадлежностей для 5D принтера в каждом исполнении приведён в техническом паспорте и ведомости упаковки.

### 2.3. Средства измерения, инструмент и принадлежности

Для технического обслуживания и ремонта 5D принтера применяются указанные в таблице средства измерений и приспособления, не входящие в комплект поставки.

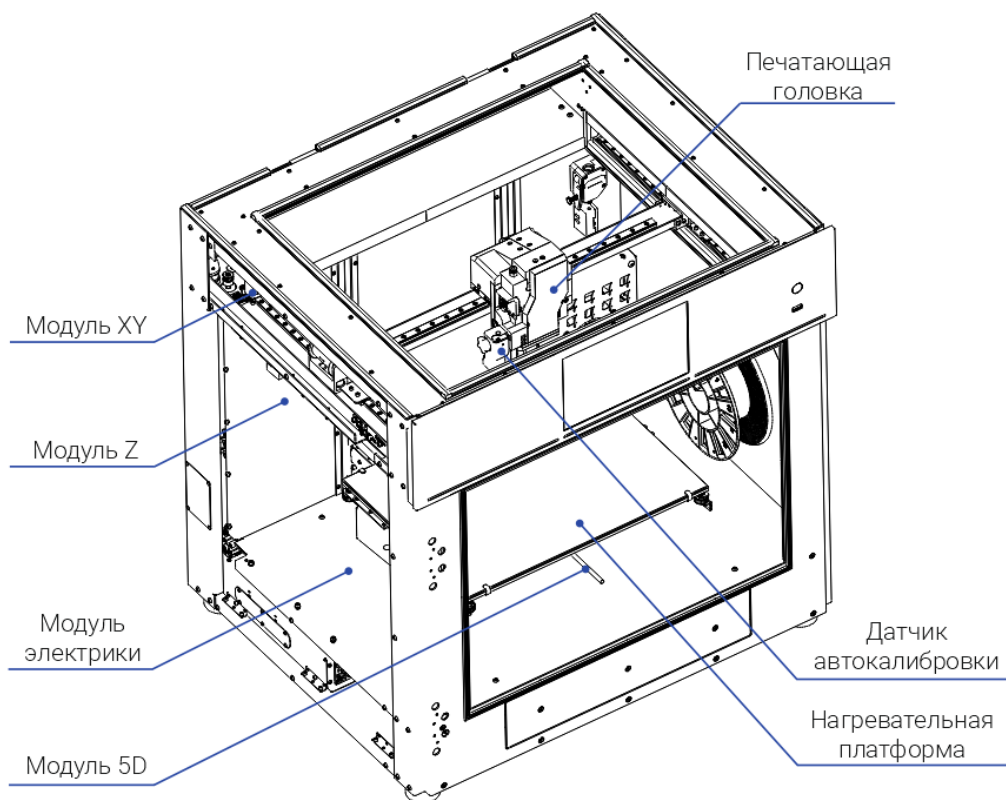
№	Описание	Характеристики	Назначение
1	Пылесос	–	Очистка камеры принтера, вентиляторов и модулей (подразделы 4.3.4 .. 4.3.8)
2	Динамометрический ключ	Диапазон регулировки момента от 1 до 6 Н•м Разрешающая способность не хуже 0,5 Н•м	Затяжка сопла при сборке принтблоков (подраздел 4.3.11)
3	Плунжерный шприц для смазки с накопчиком или пресс-маслёнкой М6 либо медицинский шприц с трубкой	–	Смазка направляющих XY и Z (подразделы 4.3.14, 4.3.15)

## 2.4. Принцип работы 5D принтера и его составные части

### 2.4.1. Общее устройство

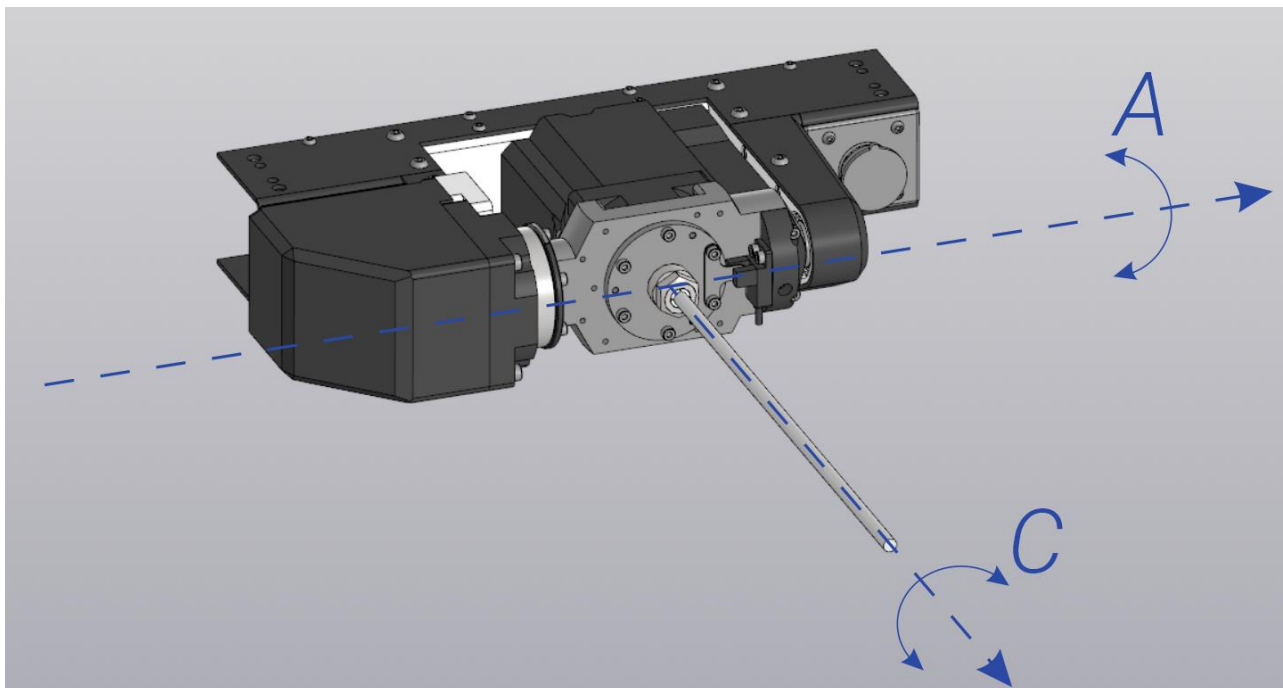
5D принтер Stereotech 640 состоит из следующих частей:

- модуль электрики – нижний отсек принтера с двумя блоками электроаппаратуры у левого и правого боков принтера;
- модуль вертикального перемещения Z (далее – модуль Z);
- модуль горизонтального перемещения XY (далее – модуль XY);
- печатающая головка;
- датчик автоматизированной калибровки, устанавливаемый на печатающую головку (далее – датчик автокалибровки);
- наклонно-поворотный модуль для печати в 5D режимах (далее – 5D модуль, на рисунке скрыт нагревательной платформой, см. подраздел 2.4.2);
- нагревательная платформа для печати в 3D режиме (3D модуль), устанавливаемая поверх 5D модуля.



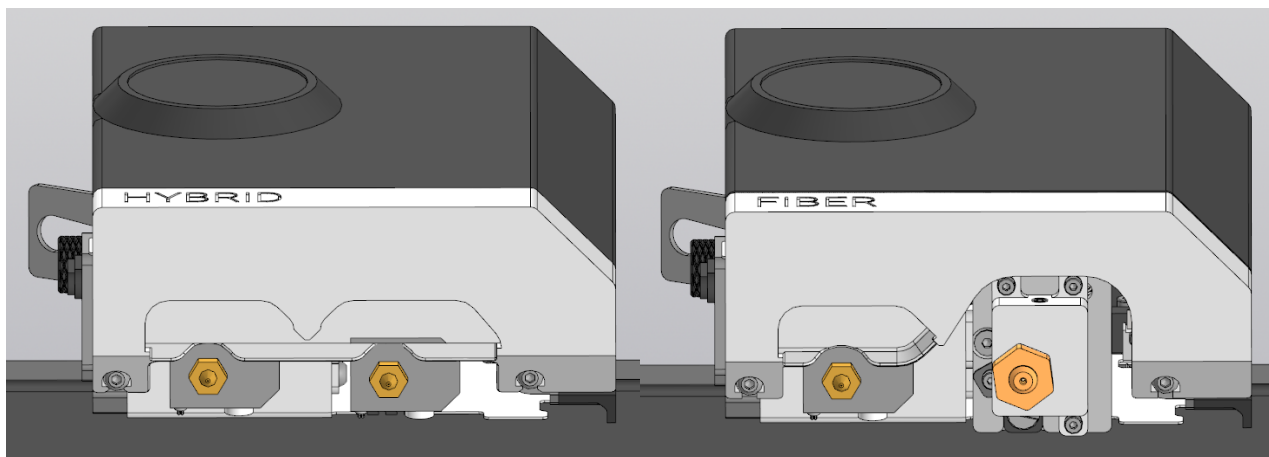
### 2.4.2. 5D модуль

5D модуль служит для установки различных оснований для печати в 5D режимах. По сравнению с обычными FDM 3D принтерами данный модуль вводит в конструкцию принтера две угловые оси: ось А (наклон оснастки) и ось С (поворот оснастки). Оснастки устанавливаются в цанговый патрон ER11. Штатная цанга имеет диаметр 6 мм, возможна установка цанг ER11 диаметром до 8 мм.



### 2.4.3. Печатающая головка

Печатающая головка 5D принтеров Stereotech 640 имеет два экструдера: основной экструдер (левый) и вспомогательный (правый), конструкция которого различается у моделей 640 Hybrid и 640 Fiber.



Основной (левый) экструдер принтеров Hybrid и Fiber адаптирован под работу с филаментами диаметром 1,75 мм. Тип экструдера – прямой (Direct), двигатель и механизм подачи установлены внутри печатающей головки.

**Основной экструдер принтеров Hybrid и Fiber** предназначен для печати следующими материалами:

- пластиками для прототипирования из серии Proto;
  - твёрдыми материалами серии Enduse и Fiberpart для конечных изделий, в том числе деталей с высокими прочностными характеристиками;
  - эластичными материалами серии Sealant для мягких изделий и уплотнительных элементов;
  - материалами с металлическим порошком серии Metalcast для производства заготовок под запекание по MIM-технологии;
  - материалами серии HighTemp, обладающими высокой термостойкостью.
- Сведения о материалах для печати приведены в подразделе 3.5.5.
- Вспомогательный (правый) экструдер принтеров Hybrid аналогичен основному экструдеру, но имеет тип боуден (Bowden), его механизм подачи закреплён в модуле электрики.

**Вспомогательный экструдер принтера Hybrid** предназначен для печати следующими материалами:

- материалами серии Proto, в том числе пластиком Proto PVA для печати водорастворимых поддержек;
- твёрдыми материалами серии Enduse и Fiberpart.

Для пластиков серии Sealant, Metalcast, HighTemp вспомогательный экструдер не предназначен. Пример настройки режима двухэкструдерной печати двумя пластиками описан в подразделах 3.5.6 и 3.5.7.

**Вспомогательный (правый) экструдер принтеров Fiber** – это экструдер для непрерывного волокна. Он служит для печати только армирующим филаментом диаметром ~0,6 мм и не предназначен для работы с обычными филаментами для FDM печати. Особенности печати с армированием на принтерах Fiber описан в подразделах 3.5.8 и 3.5.9.

#### 2.4.4. Принтблок

Узел основного экструдера и вспомогательного экструдера Hybrid, который осуществляет плавление и укладку материала на приёмную поверхность, называется *принтблоком*.

Каждый принтблок имеет буквенно-числовое обозначение по следующей схеме:

**VБхDDDM,**

где **V** – версия принтблока (**7** для всех принтблоков к 5D принтерам 640 V2.0);

**Б** – материал нагревательного блока: **A** – Алюминий (**Al**uminum), **C** – Медь (**Co**pper), **B** – Латунь (**Br**ass);

**х** – материал термобарьера: **T** – Тефлон, **M** – цельноМеталлический *стальной*, **B** – Биметаллический медь-титан-медь, **I** – тИтановый, **A** – биметаллический титАн-титан-медь;

**DDD** – размер сопла в сотых долях миллиметра (015 = 0,15 мм; 040 = 0,4 мм и т.д.);

**M** – материал сопла: **S** – сталь (**St**eel), **H** – закаленная сталь (**Har**dened steel), **B** – латунь (**Br**ass), **W** – карбид вольфрама (**Wo**lfram carbide), **R** – медь с твердосплавной (ca**R**bid) вставкой, **C** – медь (**Co**pper).

Все принтблоки версий 6 и 7 оснащены терморезисторами T-D500 (контроль температуры до 500 °С) и нагревателями мощностью 70 Вт.

### **ВНИМАНИЕ**

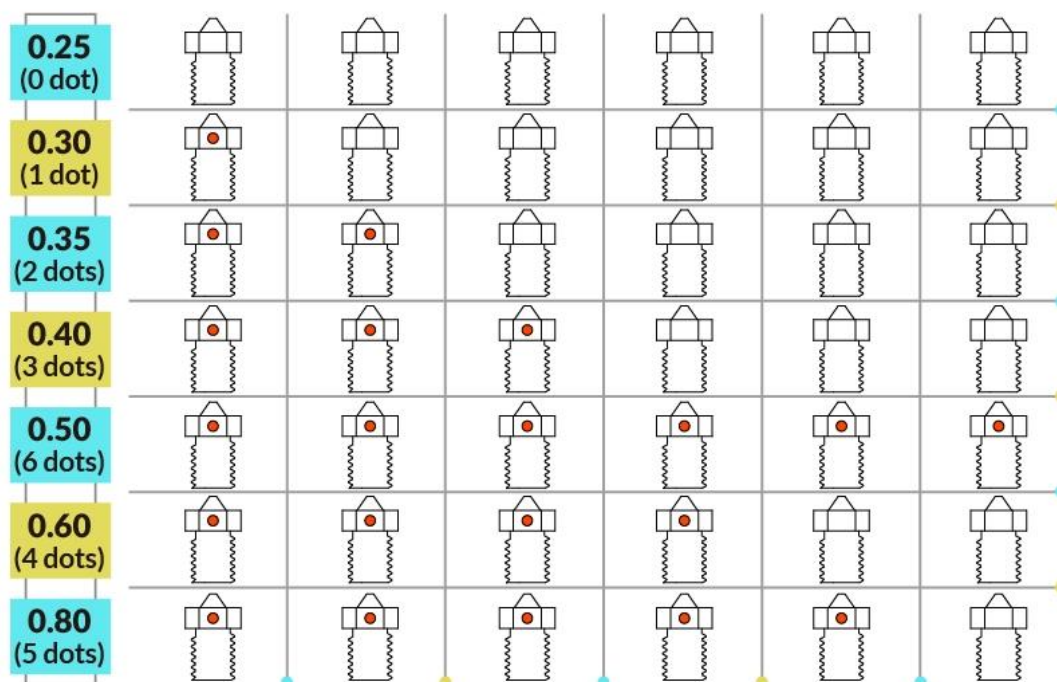
**При самостоятельной сборке принтблоков следует использовать комплектующие, аналогичные по характеристикам оригинальным.**

**Применение не предусмотренных производителем комплектующих (в первую очередь терморезисторов и нагревателей) может привести к повреждению 5D принтера, ухудшить его технические характеристики или привести к непредсказуемым результатам печати.**

**Повреждения, связанные с применением отличающихся комплектующих, не являются гарантийным случаем.**

Диаметр выходного отверстия указывается непосредственно на сопле, вид маркировки зависит от производителя. Как правило, используется один из двух способов обозначения:

- числовое обозначение диаметра выгравировано на одной из граней сопла;
- на грани сопла нанесено определённое количество точек, обозначающее диаметр выходного отверстия:

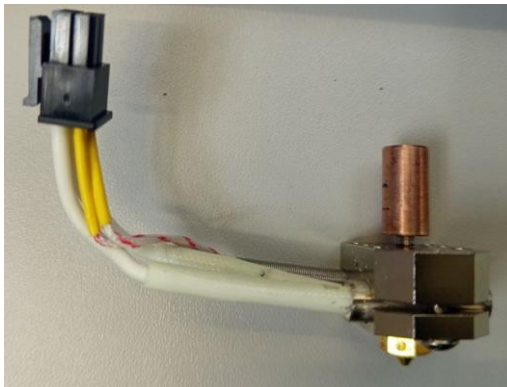


При пересборке комплектных принтблоков (например, для замены сопла) и самостоятельной сборке принтблоков следует придерживаться правил и последовательности действий, указанных в подразделе 4.3.11.

#### ***Примеры обозначения комплектных принтблоков 5D принтеров Stereotech 640***

– 7CB040B (1 шт. в основном экструдере + 1 шт. во вспомогательном экструдере 640 Hybrid) – принтблок версии 7 на базе медного блока с биметаллическим (Cu-Ti-Cu) термобарьером и латунным соплом диаметром 0,4 мм;

- 7CB060B (1 шт. в комплекте) – принтблок версии 7 на базе медного блока с биметаллическим (Cu-Ti-Cu) термобарьером и латунным соплом диаметром 0,6 мм;
- 7CB060H (1 шт. в комплекте) – принтблок версии 7 на базе медного блока с биметаллическим (Cu-Ti-Cu) термобарьером и соплом из закалённой стали диаметром 0,6 мм.



Принтблок 7CB040B



*Варианты совместимых сопел (медное с твердосплавным наконечником, латунное, из закалённой стали)*

### **Принтблок с латунным соплом**

Принтблоки с латунными соплами позволяют печатать большинством материалов, включая эластичные пластики (TPU A75), ломкие материалы (PMMA, Wax3D), материалы поддержки (PVA, HIPS) и пластики с температурой экструзии выше 270 °C (PC, PPS, PSU). Исключение составляют композиционные материалы, наполненные короткими волокнами, стружкой, металлическим порошком или другими твёрдыми наполнителями – такие материалы могут вызвать износ сопла в течение нескольких часов, что приводит к ухудшению качества печати.

### **Принтблок с соплом из закалённой стали**

Принтблок с соплом из закалённой стали необходим для работы с абразивными материалами – пластиками, наполненными коротким угле- или стекловолокном, металлическим порошком, стружкой и т.д.

Из-за меньшей теплопроводности сопло из закалённой стали требует задавать температуру экструзии на 15 .. 30 °C выше, чем для латунного сопла (в зависимости от материала и скорости печати). Для уменьшения количества переналадок использовать стальное сопло для печати эластичными и ненаполненными пластиками также можно, но максимальная производительность в этом случае будет в 1,5 .. 2 раза меньше, чем при использовании латунных сопел.

### 2.4.5. Программное обеспечение (ПО)

Непосредственное управление 5D принтерами Stereotech 640 осуществляется с помощью ПО STE App на экране принтера либо через web-интерфейс с компьютера или мобильного устройства, подключенных к одной локальной сети вместе с принтером. STE App установлено на каждый принтер и не требует дополнительной подготовки. Краткие сведения об управлении принтером с помощью STE App приведены в соответствующих разделах РЭ. Подробная информация с описанием интерфейсов и функций приведена в руководстве по STE App, с актуальной версией которого можно ознакомиться на информационном сайте Stereotech: <https://wiki.stereotech.org/steapp>.



Подготовка управляющих программ (G-кода) для FDM принтеров производится с помощью специальных программ – «слайсеров». Для работы с 5D принтерами Stereotech 640 во всех предусмотренных режимах предназначено ПО STE Slicer. Краткие сведения о подготовке задания печати с помощью STE Slicer приведены в разделе 3.5. Подробная информация с описанием режимов печати, настроек и дополнительных функций приведена в руководстве по STE Slicer. С его актуальной версией можно ознакомиться также на информационном сайте Stereotech по адресу: <https://wiki.stereotech.org/steslicer>.



### 2.5. Маркировка и пломбирование

На левой боковой стенке принтера прикреплена табличка, содержащая изображение товарного знака, обозначение принтера, его серийный номер, месяц и год выпуска.

Голографические пломбы установлены на крышки каждого из двух блоков модуля электрики в количестве 1 штуки.

#### **ВНИМАНИЕ**

**Гарантийный ремонт осуществляется только при условии сохранности гарантийных пломб.**

На транспортной таре должны быть нанесены следующие манипуляционные знаки по ГОСТ 14192-96:

- ВЕРХ;
- ХРУПКОЕ. ОСТОРОЖНО;
- БЕРЕЧЬ ОТ ВЛАГИ;
- ОБРАЩАТЬСЯ С ОСТОРОЖНОСТЬЮ;
- НЕ ШТАБЕЛИРОВАТЬ.

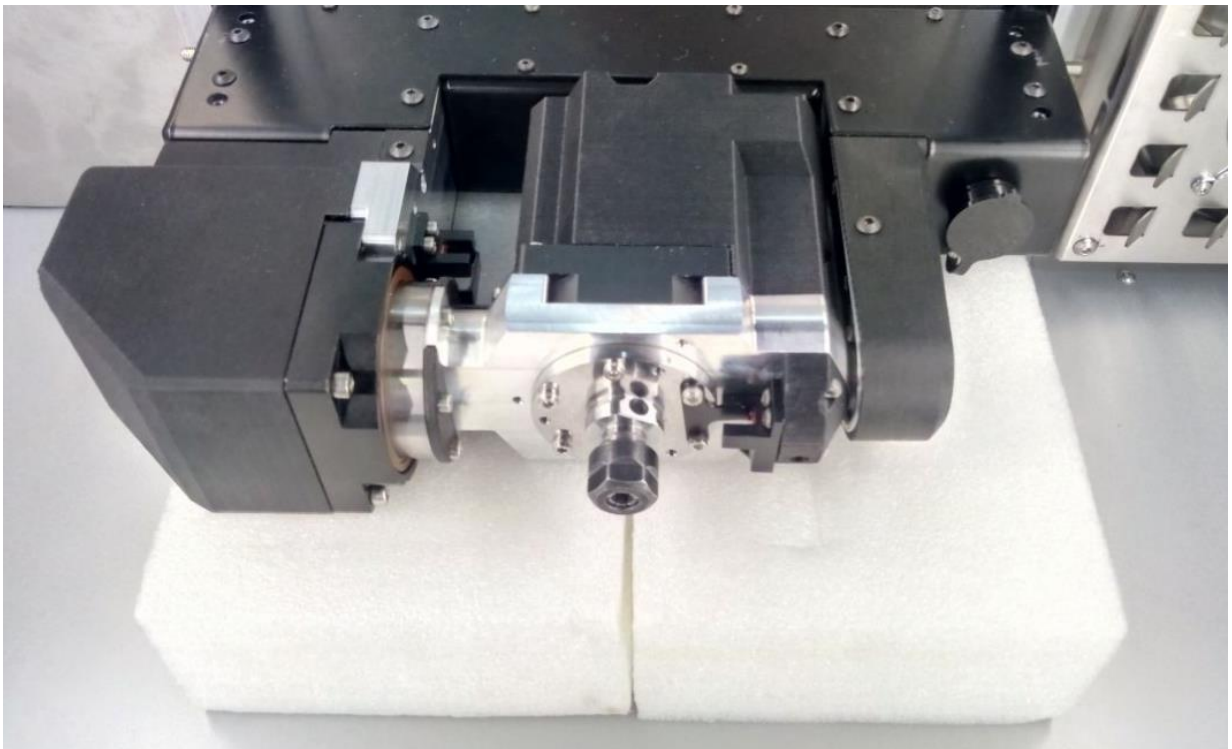
### 2.6. Упаковка

5D принтер Stereotech 640 упаковывается в картонную коробку с подложкой из поролона и ДВП. Составные части 5D принтера, не установленные непосредственно в него, упаковываются в специальные ложементы.

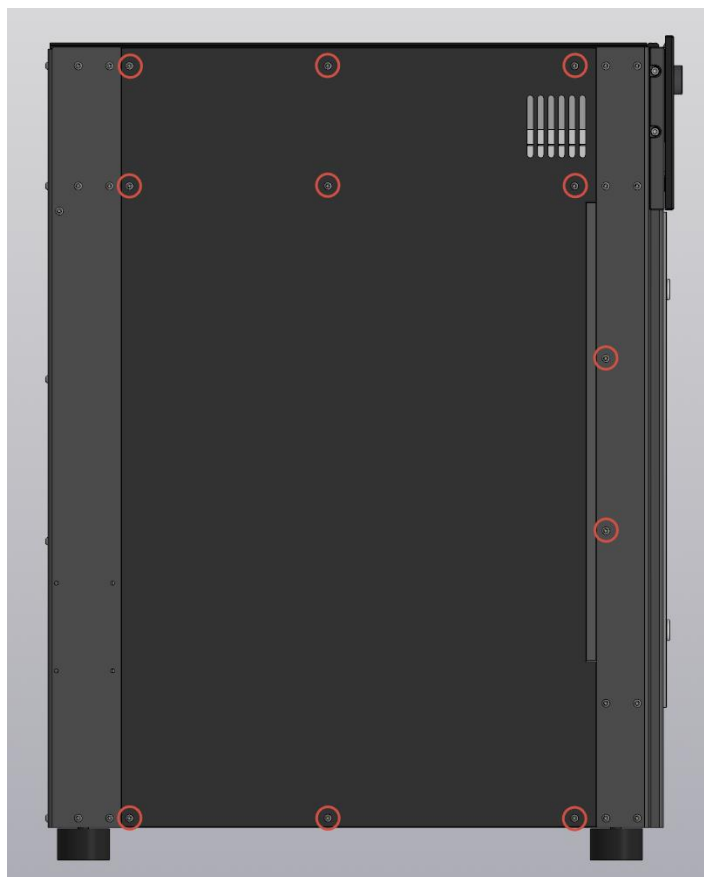
Если принтер необходимо упаковать для хранения или транспортирования, то в обязательном порядке следует очистить принтер от грязи, пластика и следов адгезива и смазать направляющие XY и Z согласно подразделам 4.3.14, 4.3.15.

При упаковке принтера для хранения или транспортирования подвижные части 5D принтера должны быть зафиксированы в следующей последовательности:

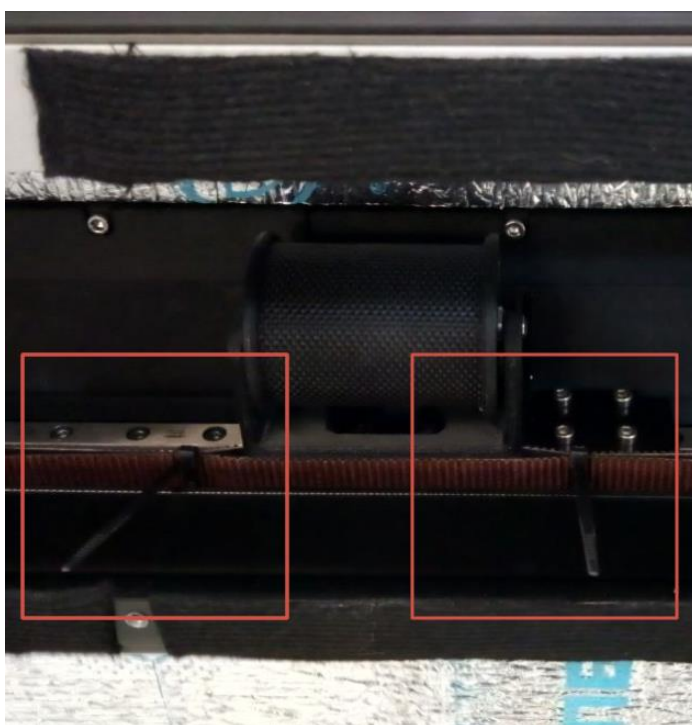
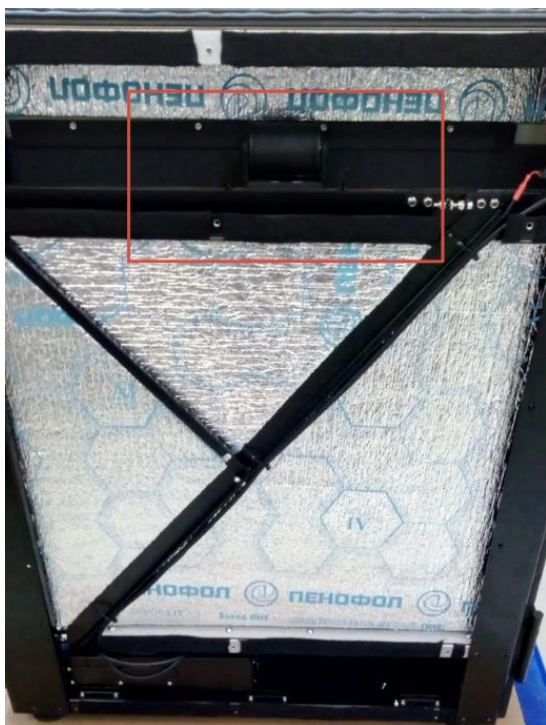
- 1) снять нагревательную платформу и убрать её в ящик для хранения инструмента и принадлежностей;
- 2) запарковать все оси, затем 5D модуль переместить вверх по оси Z на расстояние от 50 мм до 100 мм;
- 3) подложить под 5D модуль блок из пенополиэтилена, пенополиуретана, полиэтиленовый мешок с пузырчатой плёнкой либо иную прослойку из мягкого упаковочного материала, как на фото ниже, при необходимости передвинуть 5D модуль выше или ниже на 10 .. 20 мм, чтобы поджать мягкий блок;



- 4) выключить и обесточить принтер;
- 5) вручную плавным движением передвинуть печатающую головку в центр области печати;
- 6) снять боковые панели 5D принтера, для чего требуется открутить 11 винтов на каждой панели;



7) установить кабельные стяжки на ремни системы перемещений XY слева и справа от портала X на расстоянии около 1 см, как на фото ниже.



8) установить боковые панели обратно и зафиксировать каждую с помощью 11 винтов.

### 3. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

#### 3.1. Требования к рабочему месту

5D принтер предназначен для эксплуатации в климатических условиях УХЛ4.2 (ГОСТ 15150-69). В помещении, в котором устанавливается 5D принтер, при использовании по назначению должна поддерживаться температура  $25\pm 10$  °С, относительная влажность воздуха не более 80%.

Помещение должно иметь приточно-вытяжную или вытяжную вентиляцию с кратностью воздухообмена не менее трёх объёмов помещения в час. 5D принтер желательно располагать на небольшом удалении от места вытяжки воздуха, либо, если система вентиляции позволяет, оснастить систему воздухоприёмной розеткой в непосредственной близости над 5D принтером. В районах с большой запыленностью воздуха либо в помещениях рядом с запылёнными цехами требуется наличие воздушных фильтров, очищающих приточный воздух.

Для размещения 5D принтера при использовании по назначению и обслуживании требуется отдельно стоящая тумба с размером рабочей поверхности не менее 850×700 мм и высотой не менее 800 мм либо рабочий стол с размером рабочей поверхности не менее 1500×700 мм, если планируется установить на тот же стол ПК или дополнительное оборудование (например, сушилку для филамента). Поверхность для размещения и обслуживания 5D принтера должна выдерживать нагрузку не менее 100 кг. Для удобства обслуживания над принтером требуется оставить свободное пространство высотой не менее 700 мм.

Для размещения инструментов, запчастей и материалов рекомендуется использовать тумбы или столы с полками или ящиками, также рекомендуется разместить в пределах 1 метра от принтера урну для пластиковых отходов. Желательна установка 5D принтера в том же помещении, где установлен и ПК с установленным ПО Stereotech STE Slicer.

Для размещения 5D принтера при ремонте требуется рабочий стол с размером рабочей поверхности не менее 1500×700 мм, достаточно жёсткий и устойчивый для размещения нагрузки не менее 100 кг.

5D принтер подключается к однофазной трёхпроводной сети с использованием трех проводов: фазного (L), нулевого (N) и защитного (PE), защитный нулевой провод должен быть заземлён согласно правилам электромонтажных работ. Сеть должна обладать следующими параметрами: номинальное напряжение  $220\pm 20$  В, частота 50/60 Гц, мощность не менее 2500 Вт.

Желательно полное отсутствие помех в сети (удалённость от цехового, станочного оборудования). При наличии помех в сети крайне рекомендуется подключать 5D принтер к сети через однофазный стабилизатор напряжения с мощностью не менее 1,5 .. 2 кВА, обязательно с фильтром.

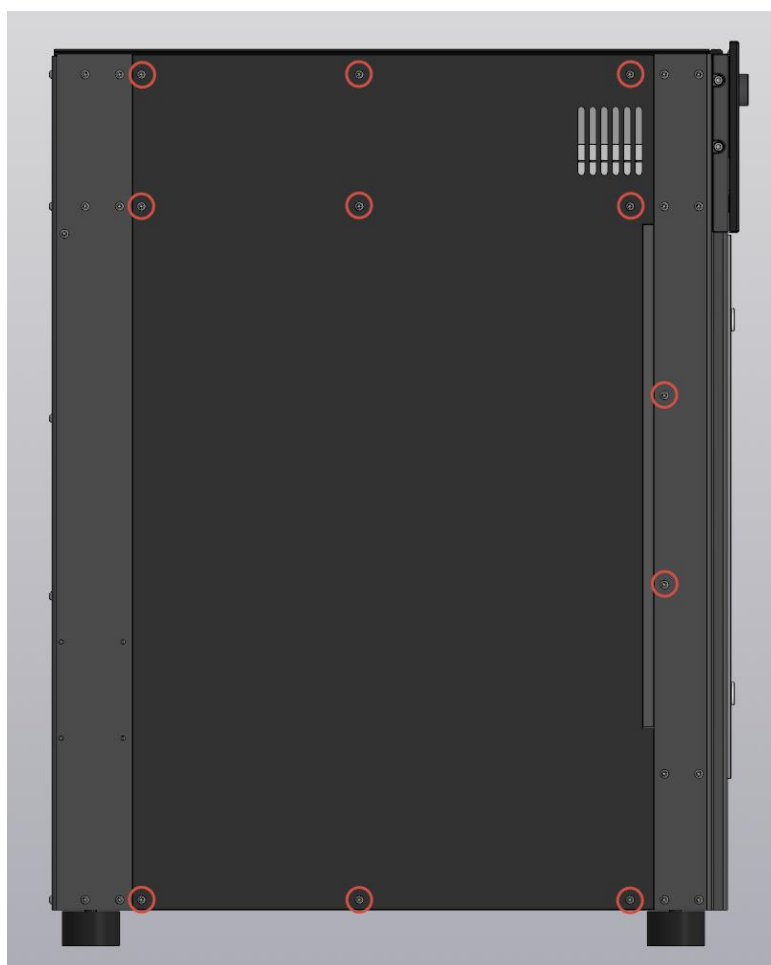
Сеть, к которой подключен 5D принтер должна иметь в своем составе защитное оборудование в виде УЗО (выключатель дифференциальный, ВД) либо автоматического выключателя дифференциального тока (АВДТ) с током утечки не более 30 мА.

### 3.2. Порядок установки и опробования 5D принтера

Опробование 5D принтера – процесс визуального осмотра принтера и его модулей, а также проверка выполнения основных функций: способность нагревать 3D платформу, термокамеру и экструдеры до заданной температуры, беспрепятственно перемещаться печатающей головкой по осям X, Y, 3D модулем по оси Z, 5D модулем по осям Z, A, C, а также подавать через соответствующие экструдеры поддерживаемые материалы печати.

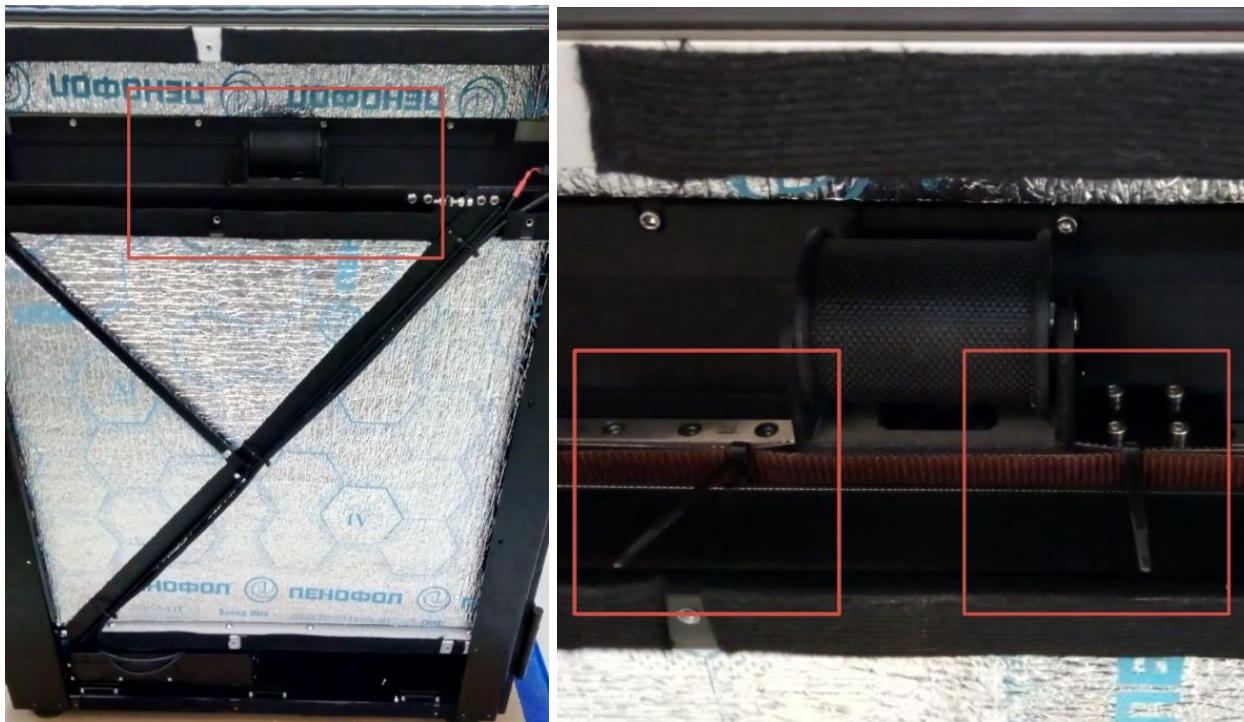
Перед опробованием 5D принтера необходимо разблокировать его подвижные части в следующем порядке.

1. Убрать из-под 5D модуля подушку из мягкого упаковочного материала.
2. Снять боковые панели 5D принтера, для чего требуется открутить 11 винтов на каждой панели.



3. Произвести осмотр рабочей камеры принтера и внутреннего пространства модуля XY. Проверить, есть ли конденсат на металлических элементах: модуль 5D, внутренняя камера, нагревательная платформа (модуль 3D), печатающая головка, кинематика XY – ремни и рельсы; не нарушена ли целостность корпуса.

4. С помощью комплектных кусачек срезать по две транспортировочные стяжки на ремнях системы перемещения XY около каждой из двух катушек подматывателя кожуха на портале X. **Стяжки на ремнях удалять с осторожностью, чтобы не повредить ремни.**



5. Установить боковые панели корпуса обратно, закрепить каждую 11 винтами.

После распаковки и установки 5D принтера на рабочем месте согласно рекомендациям раздела 3.1 его необходимо выдержать не менее 4 часов для нормализации температуры всех элементов и узлов устройства. Затем опробование принтера провести в следующей последовательности.

1. Открыть верхнюю и переднюю дверцы 5D принтера. Проверить, плавно ли открываются дверцы и плотно ли прилегают к корпусу принтера в закрытом состоянии.

2. Подключить 5D принтер к сети питания 220В/50 Гц и сети Ethernet (при наличии) с помощью комплектных кабелей.

3. Переключить тумблер питания в положение «включено» (знак «I»). Проверить, включилась ли подсветка камеры, работает ли экран, корректно ли отображается 5D модуль на вкладке «Печать».

4. Перейти на вкладку «Управление». Убедиться, что в разделе «Менеджеры» активны менеджеры, предназначенные для настройки 5D модуля. Поочерёдно отправить в домашнее положение оси C, A, Z, XY. Перед парковкой каждой оси дождитесь, пока запаркуется предыдущая ось. Убедиться, что столкновений при парковке подвижных частей не было.

5. Выбрать шаг перемещения 100 мм. Переместить ось Z вверх, нажав кнопку со стрелкой «вверх» (находится под надписью Z). Выбрать шаг 25 мм. Наклонить ось A «вверх» (находится под надписью A). Повернуть ось C влево и право, нажав кнопки поворота (находятся под надписью C). Переключить шаг перемещения с 25 мм на 100 мм. Направить печатающую головку влево, нажав кнопку со стрелкой «влево» (находится под надписью X / Y). Направить печатающую головку «на себя», нажав кнопку со стрелкой «вниз» (находится под надписью X / Y). Переключить шаг на 50 мм. Направить печатающую головку «вправо», нажав кнопку со стрелкой «вправо» (находится под надписью X / Y). Направить печатающую головку «от себя», нажав

кнопку со стрелкой «вверх». Убедиться, что отказов при всех перемещениях нет, и запарковать оси A, C, Z, X/Y (в таком порядке).

6. На вкладке «Управление» в разделе «Вентиляторы» включить вентиляторы обдува детали, расположенные на печатающей головке. Проверить, ощущается ли движение воздуха через сопла воздухопроводов на крышке печатающей головки.

7. Выключить принтер с помощью кнопки выключения на экране. Дождаться, пока экран погаснет.

8. На вкладке «Управление» в разделе «Менеджеры» выбрать «Смена модуля». По соответствующему приглашению принтера выключить его. Установить модуль 3D (нагревательную платформу), как описано в подразделе 3.4.7. Подключить разъём платформы.

9. Включить принтер с помощью кнопки на лицевой панели принтера. Перейти на вкладку «Печать» и убедиться, что модуль 3D корректно отображается на экране принтера (аналогично п. 5).

10. Перейти на вкладку «Управление». Убедиться, что в разделе «Температуры» появился индикатор температуры платформы, в разделе «Менеджеры» активны менеджеры, предназначенные для настройки нагревательной платформы.

11. Убедиться, что под платформой нет посторонних предметов и ничего не мешает ей запарковаться. Запарковать оси Z, X/Y. Убедиться, что столкновений при парковке подвижных частей не было.

12. Выбрать шаг перемещения 100 мм и направить ось Z вверх, нажав кнопку со стрелкой «вверх» (находится под надписью Z). Направить печатающую головку влево, нажав кнопку со стрелкой «влево» (находится под надписью X / Y). Направить печатающую головку «на себя», нажав кнопку со стрелкой «вниз» (находится под надписью X / Y). Переключить шаг на 50 мм. Направить печатающую головку «вправо», нажав кнопку со стрелкой «вправо» (находится под надписью X / Y). Направить печатающую головку «от себя», нажав кнопку со стрелкой «вверх». Убедиться, что отказов при всех перемещениях нет, и запарковать оси Z и X/Y.

13. На вкладке «Управление» в разделе «Температуры» включить нагрев платформы до 100 °С. Убедиться, что температура достигла заданного значения. Выключить нагрев платформы и поочерёдно включить нагрев каждого экструдера до 240 °С. Убедиться, что температура экструдеров достигает заданного значения, отключить нагрев.

14. Полностью закрыть переднюю и верхнюю дверцы принтера. На вкладке «Управление» в разделе «Температуры» включить нагрев камеры до 60 °С. Убедиться, что температура достигла заданного значения. Выключить нагрев, открыть камеру, проверить состояние всех деталей из пластика – на них не должно быть следов деформации и трещин.

15. Установить катушку с пластиком на левый держатель и запустить менеджер загрузки материала (нужно выбрать первый экструдер). Следуя подсказкам менеджера, загрузить материал в экструдер, убедиться, что пластик успешно продавливается. Температуру для каждого пластика можно уточнить на коробке с filamentом (PLA – около 210 °С, ABS – около 240 °С). Убедиться, что при загрузке filamentа в трубку через датчик на корпусе датчика загорается светодиод.

16. Установить катушку с пластиком (для принтеров Hybrid) или непрерывным волокном (для принтеров Fiber) на правый держатель. Запустить менеджер загрузки материала во второй экструдер или менеджер загрузки волокна соответственно.

Следуя подсказкам менеджера, загрузить материал и убедиться, что он успешно подаётся.

17. Перейти на вкладку «Настройки», раздел «Сеть». Убедиться, что принтер подключен к локальной сети через Ethernet или Wi-Fi, на экране отображается IP принтера.

18. Подключиться к принтеру с помощью ПК через любой браузер, используя в качестве адреса IP принтера (см. подраздел 3.4.2). Перейти на вкладку «Камера», убедиться, что изображение с web-камеры отображается корректно, в т.ч. при увеличении.

После выполнения описанных действий принтер готов к работе и может быть запущен в порядке, описанном в разделах 3.4 и 3.5.

В случае, если при опробовании принтера какое-либо из ожидаемых действий не выполняется, следует продиагностировать проблему с помощью сообщений об ошибках в интерфейсе принтера и данного РЭ. При необходимости обратиться в техническую поддержку через форму по адресу: <https://wiki.stereotech.org/request>.



### 3.3. Режимы работы 5D принтера

5D принтеры Stereotech и ПО STE Slicer поддерживают несколько режимов печати: 3D печать изделий из плоских слоёв на подогреваемой платформе (3D модуле), 5D печать изделий в той или иной последовательности из слоёв неплоской формы с помощью 5D модуля и оснастки (например, на комплектных стальных прутках диаметром 6 мм). Модуль для 5D печати не требует дополнительной установки. Платформа для 3D печати устанавливается в порядке, описанном в подразделе 3.4.7.

Как в 3D, так и в 5D режимах печать может производиться одним или двумя экструдерами. В режиме одноэкструдерной печати изделие печатается только основным (левым) экструдером либо из одного материала, либо из нескольких материалов с их заменой во время паузы.

Принтер Stereotech 640 Hybrid в режиме двухэкструдерной печати использует 2 филамента в одном автоматизированном цикле печати для создания различных частей изделия из разных материалов. Подготовка задания двухэкструдерной печати на принтерах Hybrid описана в подразделах 3.5.6 и 3.5.7.

Принтер Stereotech 640 Fiber в режиме двухэкструдерной печати укладывает внутри изделий армирование из высокопрочного непрерывного волокна. Подготовка задания двухэкструдерной печати на принтерах Fiber описана в подразделах 3.5.8 и 3.5.9.

Как в 3D, так и в 5D режимах перед началом печати можно разогревать не только экструдеры и платформу, но и рабочую камеру принтера. Печать с подогревом активной термокамеры рекомендуется для улучшения адгезии и прочности изделий из таких материалов с большой усадкой, как PA6 или PC, а также обязательна при печати высокотемпературными пластиками PSU, PEI, PEEK и т.д.

Более подробно список доступных режимов и различия между ними описаны в руководстве по STE Slicer, доступном по адресу: <https://wiki.stereotech.org/steslicer>.



## Системы координат принтера

5D принтеры Stereotech 640 при работе в режиме 5D использует несколько систем координат, переключение между которыми происходит во время печати разных частей изделия. Нулевое положение каждой системы координат задается через менеджер «Настройка точки старта печати», как описано в подразделе 3.4.10.

При работе с 5D модулем принтер использует 3 системы координат:

– Базовая система координат (включается в файле .gcode командой G54). Нулевое положение печатающей головки (X0; Y0) соответствует левому переднему углу области печати принтера.

– Система координат для печати сердечника в режиме 5D Full Spiral (G55). Нулевое положение расположено в центре торца оснастки, на которой производится печать, при вертикальном положении оснастки (положение A=0).

– Система координат для режима 5D Spiral (G56). Нулевое положение расположено на произвольной точке вдоль оси Y на боковой поверхности оснастки, на которой производится печать, при горизонтальном положении оснастки (положение A=90).

## 3.4. Подготовка 5D принтера к работе

### 3.4.1. Алгоритм подготовки принтера к запуску печати

В общем случае для запуска печати в любом режиме, описанном в разделе 3.3, требуется выполнить следующие действия.

1. Установить нагревательную платформу, если предполагается запуск печати в режиме 3D (см. подраздел 3.4.7).

2. Если требуется запустить печать в двухэкструдерном режиме – убедиться, что смещение XYZ второго экструдера задано верно (в противном случае – откалибровать согласно разделу 4.3.12).

3. Убедиться, что поверхность для 3D печати или оснастка для 5D печати очищены от следов предыдущей печати и адгезивов (см. подразделы 3.4.11, 4.3.3 – 3D режим, 3.4.12 – 5D режим), сопла очищены от избытков пластика и нагара после предыдущей печати (см. подраздел 4.3.2).

4. Откалибровать модуль печати 3D или 5D в зависимости от выбранного режима (если он не был откалиброван ранее), для печати в режимах 5D установить оснастку и задать по ней точку старта печати (см. подразделы 3.4.8 – 3D режим, 3.4.9, 3.4.10 – 5D режим).

5. Загрузить материалы в один или оба экструдера (см. подразделы 3.4.3, 3.4.6). Убедиться, что используемые материалы хорошо просушены, подача пластика происходит равномерно.

6. Нанести адгезив.

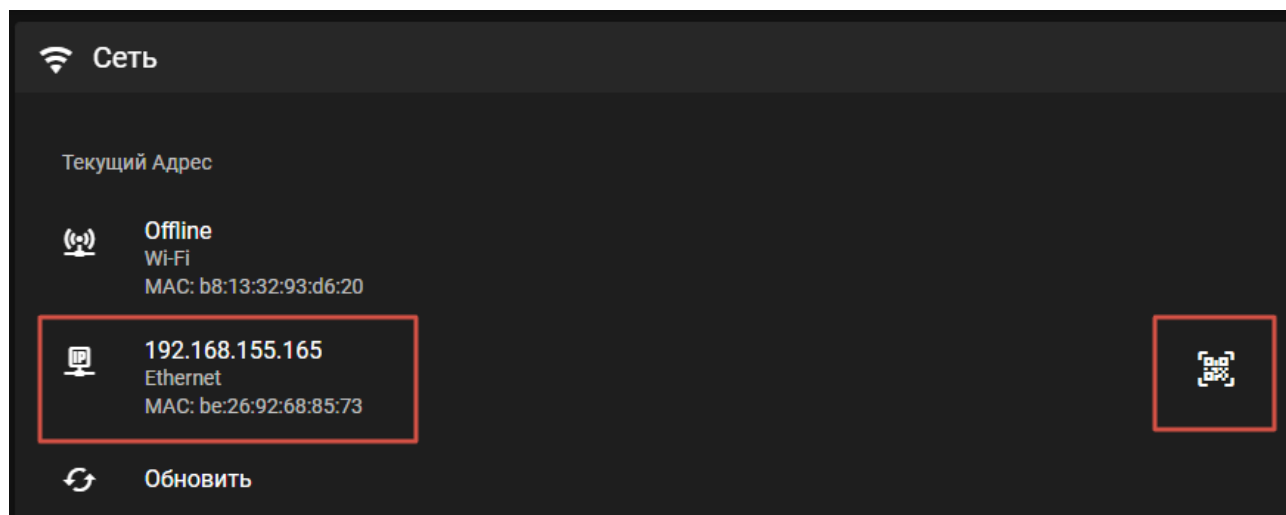
7. Запустить печать по предварительно подготовленному файлу .gcode (см. раздел 3.5).

### 3.4.2. Настройка удалённого управления принтером через web-интерфейс

Для удалённого управления принтером при подготовке печати и обслуживании, для загрузки G-кодов и мониторинга процесса печати требуется подключить принтер и устройство управления (компьютер, ноутбук, телефон) к одной локальной

сети через кабель Ethernet или по сети Wi-Fi. Для принтера рекомендуется подключение кабелем для обеспечения стабильной работы и загрузки обновлений ПО STE App.

После подключения принтера на его экране в разделе Настройки / Сеть будет отображён IP-адрес принтера в данной сети. Чтобы подключиться к интерфейсу принтера с ПК или мобильного устройства, следует ввести IP-адрес в адресной строке любого браузера либо воспользоваться QR-кодом, который вызывается нажатием на кнопку справа.



Также для подключения к web-интерфейсу принтера с ПК под управлением ОС Windows можно воспользоваться утилитой Bonjour Browser. После установки утилиты на ПК подключиться к принтеру через браузер можно по адресу: <http://st-abc.local> (где **abc** – ID принтера, указанный на фронтальной панели или в левом верхнем углу экрана).

### 3.4.3. Загрузка пластика

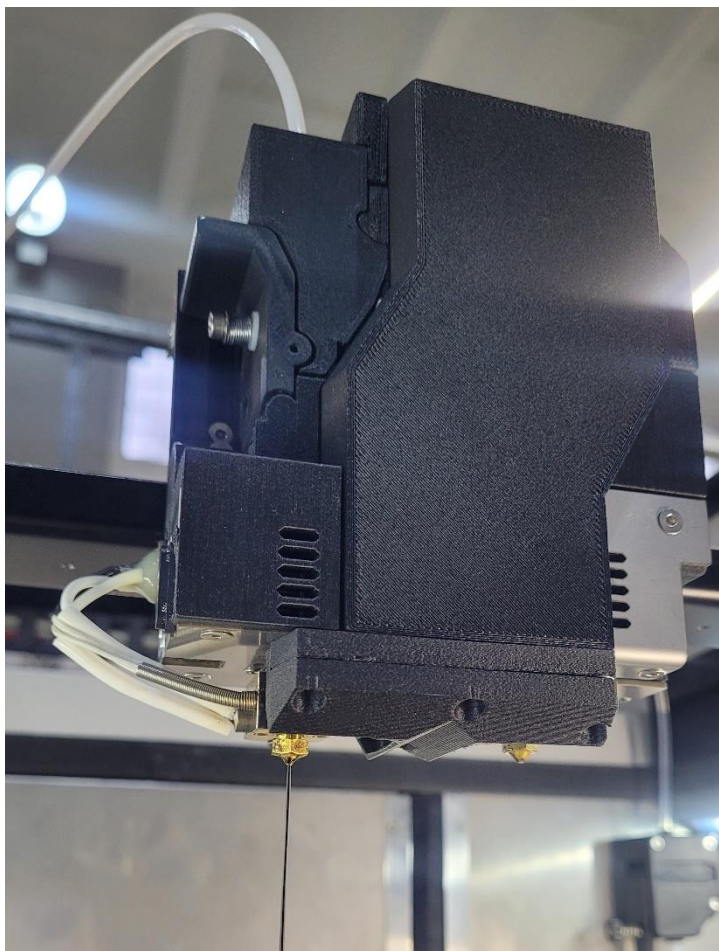
Основной экструдер принтеров Hybrid и Fiber и вспомогательный экструдер принтера Hybrid используют пластик в виде филамента диаметром 1,75 мм. Для загрузки, выгрузки и замены пластика следует воспользоваться менеджером «Смена материала» либо ручным управлением температурой экструдеров и подачей в соответствующих разделах на вкладке «Управление».

#### **ВНИМАНИЕ**

**Нагретые элементы экструдера и расплав пластика представляют опасность. После включения нагрева запрещается голыми руками касаться экструдеров, убирать выдавленный пластик. Для манипуляций с экструдерами, выдавленным пластиком следует использовать комплектный пинцет или иной инструмент.**

При хранении филамент фиксируется на катушке в специальных пазах либо с помощью клейкой ленты. После вытаскивания филамента из пазов или снятия фиксирующей ленты кончик филамента следует держать натянутым, чтобы он не раскрутился с катушки и витки филамента не перепутались. Когда катушка филамента будет установлена на держатель и филамент заправлен в трубку, его можно отпустить.

После загрузки материал должен равномерно подаваться из сопла ровной тонкой струёй, как на фото ниже, не должен дымиться, раздуваться, шипеть, подача не должна прерываться. Если подача пластика не соответствует этим требованиям, следует убедиться, что материал хорошо просушен, и продиагностировать проблемы с подачей согласно рекомендациям подраздела 3.4.4. Для некоторых материалов может потребоваться специальная настройка прижима нити, описанная в подразделе 3.4.5 или приведённая в рекомендациях производителя филамента.

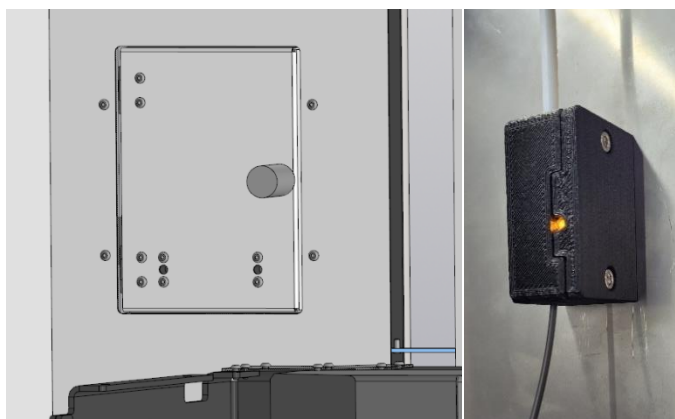


### **Система контроля подачи филамента**

На входе каждой трубки для подачи филамента в экструдеры находится механический датчик, который отслеживает наличие филамента. Датчики расположены в специальном отсеке за дверцей в задней стенке камеры.

Если филамент на катушке заканчивается, датчик посылает в систему управления принтера соответствующий сигнал, который приостанавливает процесс печати.

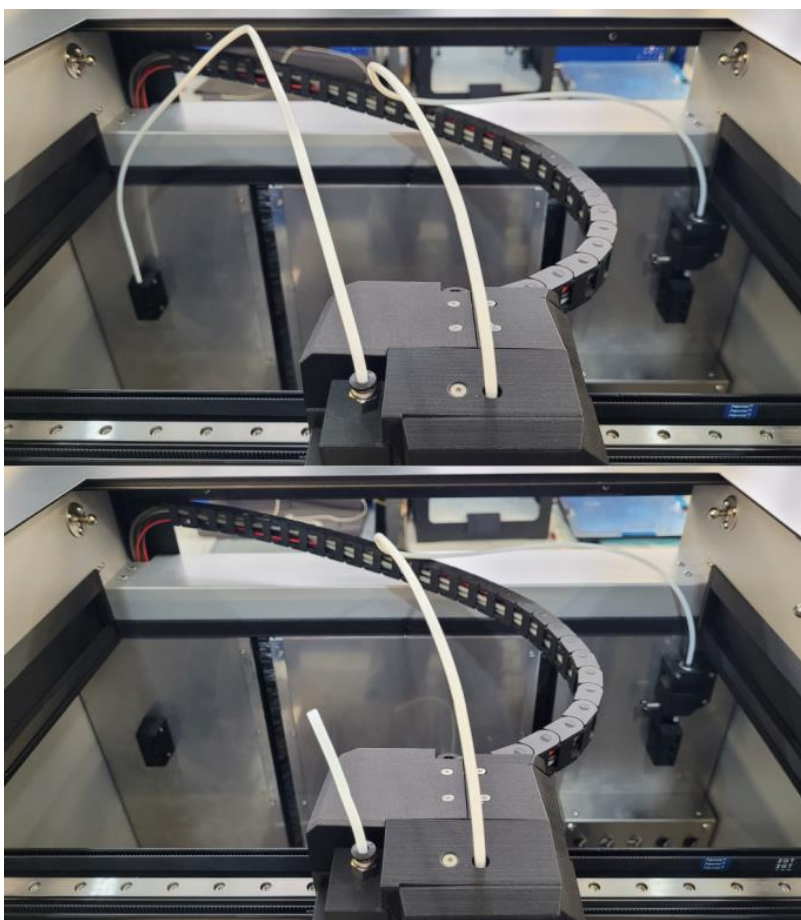
При загрузке филамента в трубку нужно протолкнуть его через корпус датчика.



### **Печать без контроля движения филамента**

При использовании эластичных материалов (например, TPU с твёрдостью A90 и ниже) и хрупких филаментов (в т.ч. композитов с содержанием стекловолокна/углеволокна >30%) может потребоваться подать филамент в обход датчика движения, если филамент заламывается или заминается внутри датчика или происходят ложные срабатывания. В этом случае в интерфейсе принтера на вкладке «Настройки» / «Контроль материала» следует отключить оба режима работы системы контроля (контроль наличия и контроль подачи филамента).

Гибкие пластики с твёрдостью по Шору ниже A90 в случае недоэкструзии или для повышения скорости печати следует подавать с подвеса через короткую трубку, установленную в фитинг на печатающей головке.



#### **3.4.4. Диагностика и устранение проблем с подачей пластика**

##### **ВНИМАНИЕ**

**Независимо от используемого пластика сопло из закалённой стали требует увеличить температуру экструдера на 15 .. 30 °C относительно температуры для латунных сопел, которая приводится в большинстве справочных материалов.**

#### **Ручная прочистка экструдера**

Если при печати с включенным контролем подачи принтер переходит в режим паузы с уведомлением о проблемах с подачей, следует в режиме ручного управления

включить нагрев соответствующего экструдера и продавить 50 .. 100 мм материала со скоростью 5 мм/с. Убедиться, что подача материала происходит стабильно и быстро, а экструдированная нитка ровная.

Если проблема с подачей не решилась, следует перезагрузить материал с помощью менеджера смены материала или функций ручного управления.

Если пластик подаётся неравномерно, подача со временем нарушается – следует воспользоваться рекомендациями по регулировке прижима и улучшению подачи, приведёнными ниже и в подразделе 3.4.5.

Если пластик подаётся стабильно в режиме ручного управления, но появляются проблемы с подачей в начале процесса печати – следует проверить, соответствует ли зазор при печати первого слоя заданной в слайсере высоте слоя и рекомендациям по калибровке зазора, приведённым в подразделах 3.4.8, 3.4.9. При необходимости зазор можно увеличить в процессе печати на вкладке «Сдвиг осей» в ручном управлении принтером, либо перезапустить калибровку 3D / 5D модуля печати и скорректировать зазор между соплом и приёмной поверхностью.

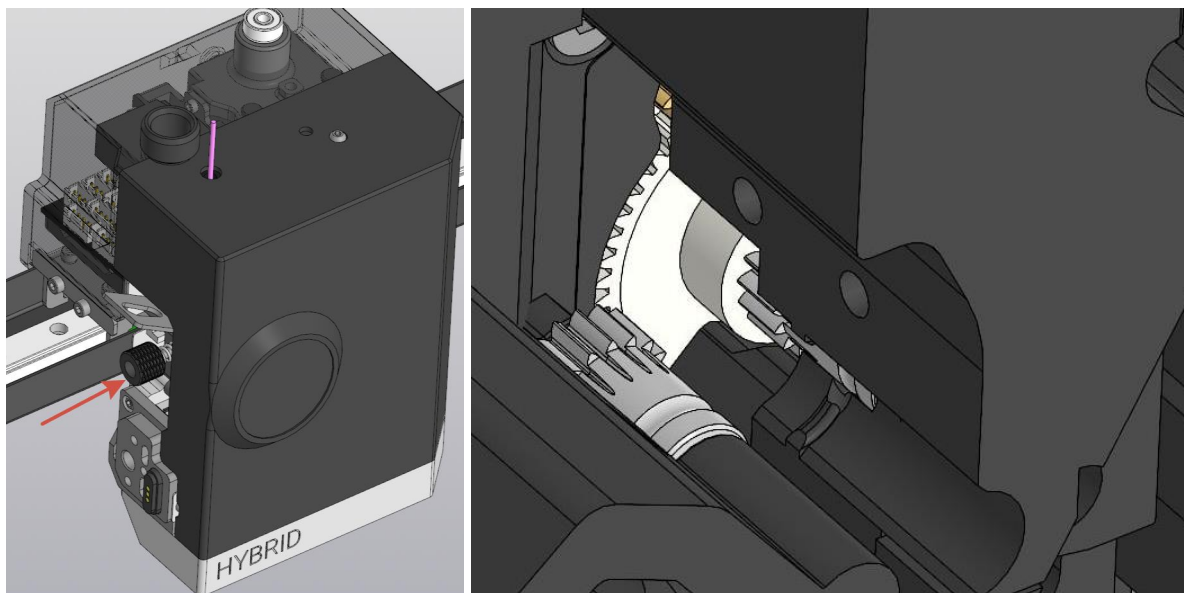
Также следует проверить ровность укладки материала при печати – если слои детали смазаны из-за переэкструзии, следует уменьшить поток на вкладке ручного управления «Экструдеры» или в слайсере.

### **Проблемы с подачей мягкого или наполненного филамента**

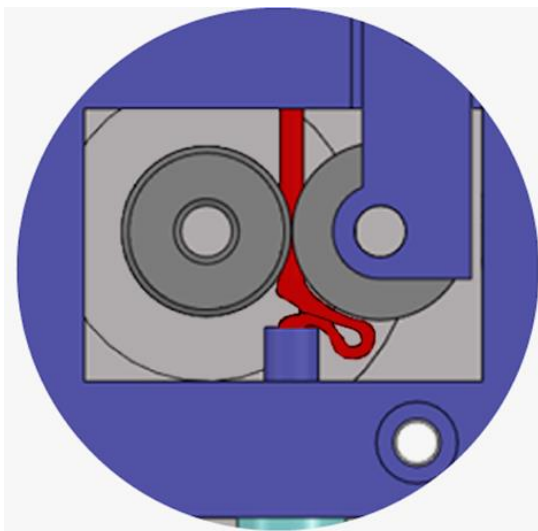
Чаще всего проблемы с подачей при загрузке филамента наблюдаются при печати эластичными материалами (TPU, SEBS) или композитными материалами (РА6 С30 и др.). При использовании такого пластика следует диагностировать проблемы с подачей в следующем порядке.

1. Убедиться, что диаметр сопла не меньше минимально допустимого для данного материала, температура экструзии находится в рекомендуемом диапазоне для данного материала.
2. Убедиться, что скорость загрузки материала не превышает 5 мм/с.
3. Убедиться, что материал просушен, в потоке материала нет пузырей.
4. Проверить прижим нити согласно рекомендациям подраздела 3.4.5.

В случае, если подача нарушается спустя некоторое время, необходимо выкрутить прижимной винт и открыть лапку на левой части печатающей головки:



Если прижим мягкого филамента задан неверно, он может деформироваться между подающими роликами:



Если прижим твёрдого филамента задан неверно, подающие ролики будут выгрызать пруток:

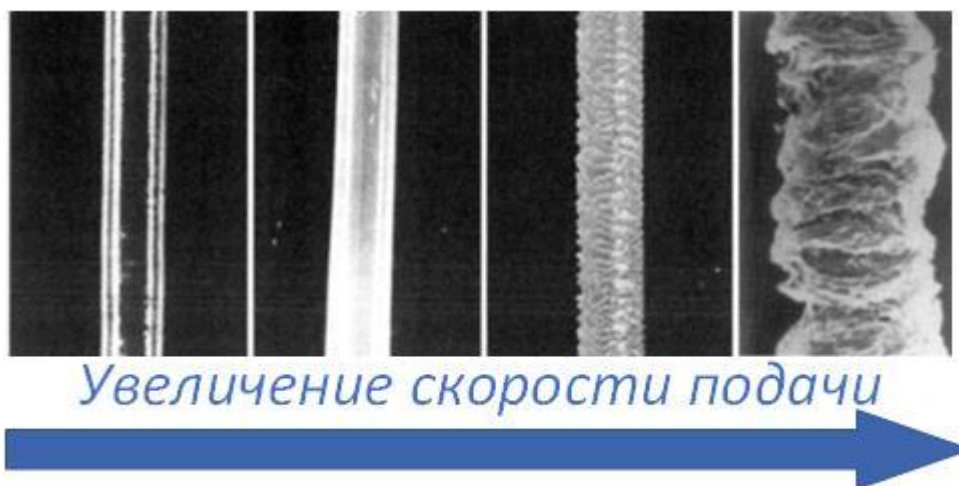


В обоих случаях следует выгрузить материал, отрезать деформированную часть филамента и загрузить его заново, отрегулировав прижим с нуля.

Выгрызание филамента особенно характерно для композиционных материалов с короткими волокнами (серия Fiberpart). При настройке такого материала особое внимание следует обратить на температуру экструдера и на соответствие диаметра используемого сопла рекомендациям производителя материала.

### **Поток материала раздувается**

При подаче твёрдого филамента с температурой экструзии выше 260 °С (например, PA6, PA12, PC) подача может нарушаться не сразу, а после 10 .. 20 мм подачи. При этом поток материала под соплом мутнеет и раздувается, со стороны печатающей головки слышен треск двигателя:



Такой эффект говорит о том, что величина и скорость подачи материала слишком велики для данной температуры. Для улучшения подачи следует:

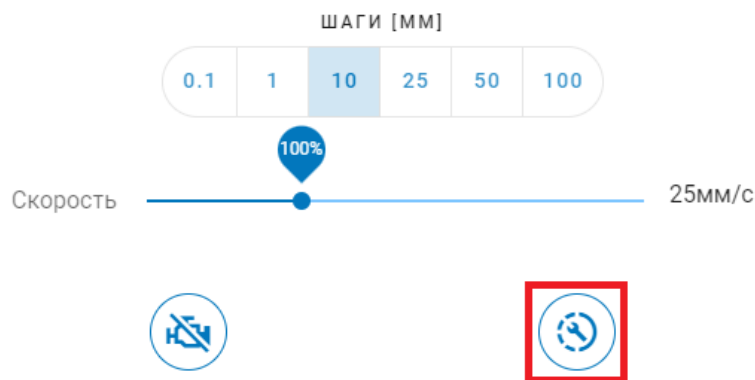
- увеличить температуру (вплоть до максимально допустимой);
- уменьшить скорость подачи до 5 мм/с (если использовалась бóльшая скорость);
- уменьшить величину однократной подачи до 10 .. 25 мм.

Признак стабильной подачи – при подаче нескольких порций материала по 10 .. 25 мм со скоростью 5 мм/с через небольшие промежутки времени (~ 1 с) пластик подаётся стабильно, не раздувается, вид струи соответствует кадрам 1 или 2 с приведённого выше рисунка.

При «разгоне» режима печати для конкретной детали может потребоваться увеличить температуру экструдера выше рекомендуемой для данного материала. Это допустимо в случае, если и скорость печати выходит за пределы рекомендуемого диапазона.

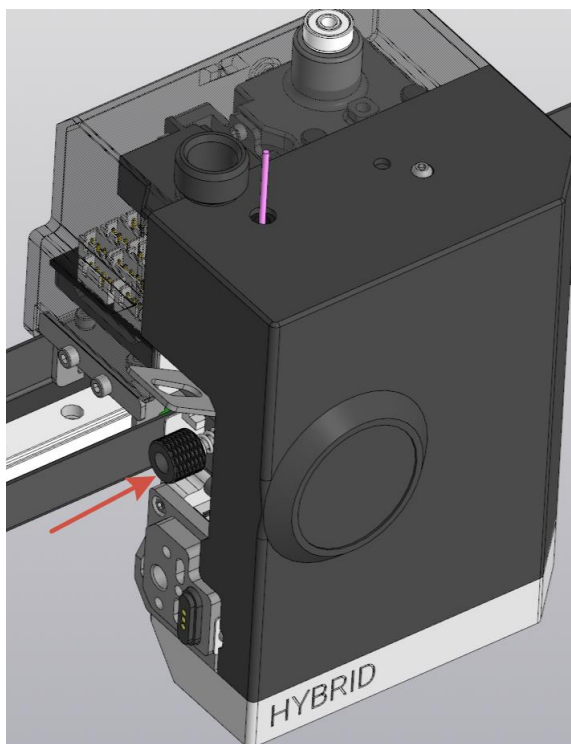
### **3.4.5. Регулировка прижима нити**

Если пластик подаётся неравномерно, может потребоваться отрегулировать прижим нити. Чтобы выполнить регулировку, следует переместить печатающую головку в центр принтера с помощью ручного управления или соответствующей кнопки в интерфейсе:

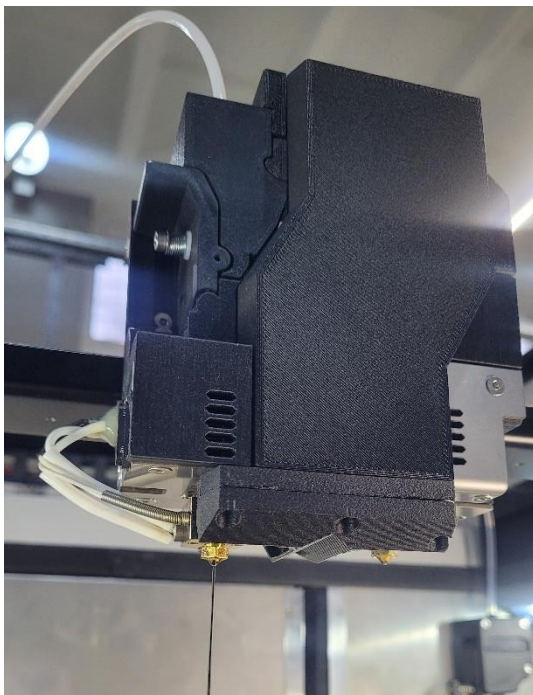


Затем включить нагрев основного экструдера. Следует выбрать целевую температуру, соответствующую температуре печати материала, для которого требуется отрегулировать прижим.

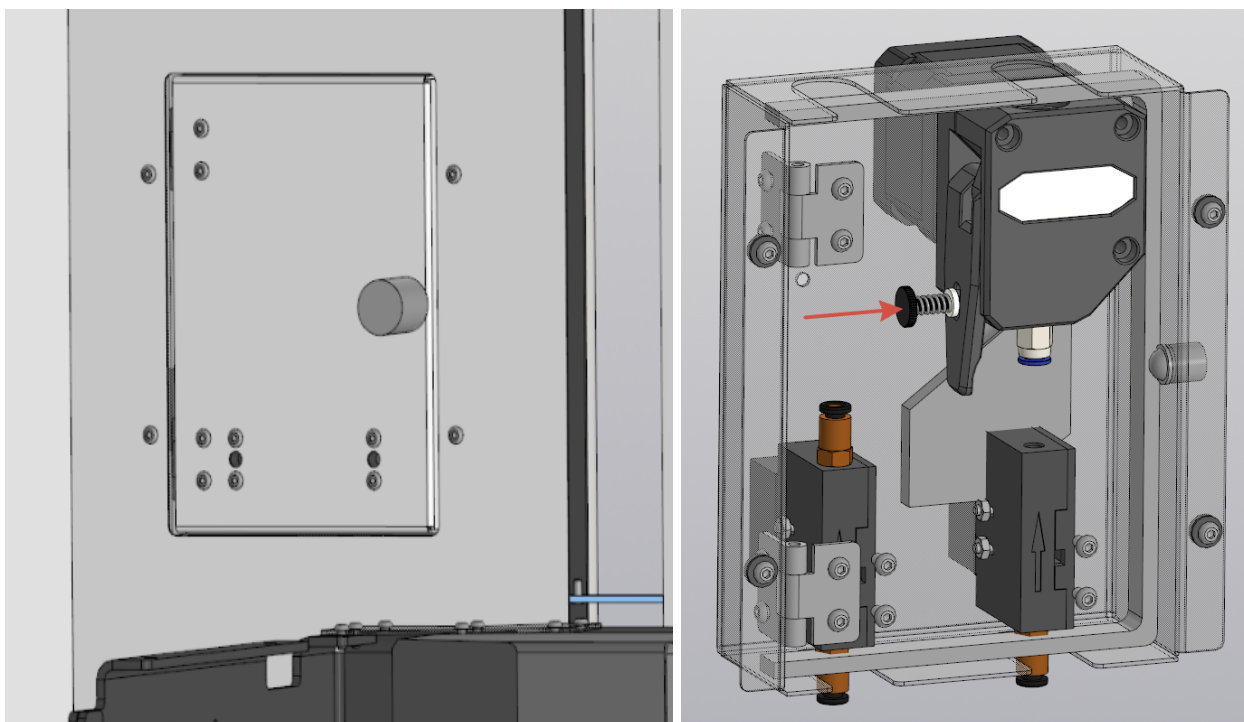
Вручную повернуть регулировочный винт на левой стороне печатающей головки, около основного экструдера. Вращение по часовой стрелке (закручивание) – усиление прижима, против часовой (выкручивание) – ослабление.



Через каждые пол-оборота винта подавать материал через сопло. Достаточный прижим обеспечен, если материал подаётся равномерно, нить на выходе – ровная и соответствует по толщине соплу установленного принтблока (по умолчанию устанавливается сопло диаметром 0,4 мм).



Для вспомогательного (правого) экструдера прижим регулируется аналогично. Двигатель подачи и регулирующий винт правого экструдера находятся в отдельном отсеке за дверцей на задней стенке камеры принтера.



### **Общие рекомендации по настройке прижима**

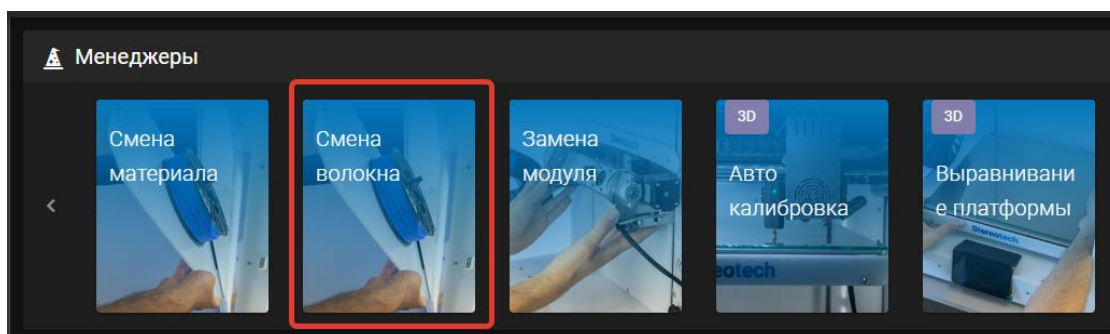
Для большинства «простых» пластиков (PETG, ABS и т.д.) точный подбор прижима не требуется.

Для эластичных материалов (SEBS, TPU A90 и т.д.), а также мягких и ломких филаментов (PVA, материалы на основе воска и с металлическим порошком) следует предпочитать лёгкий прижим филамента.

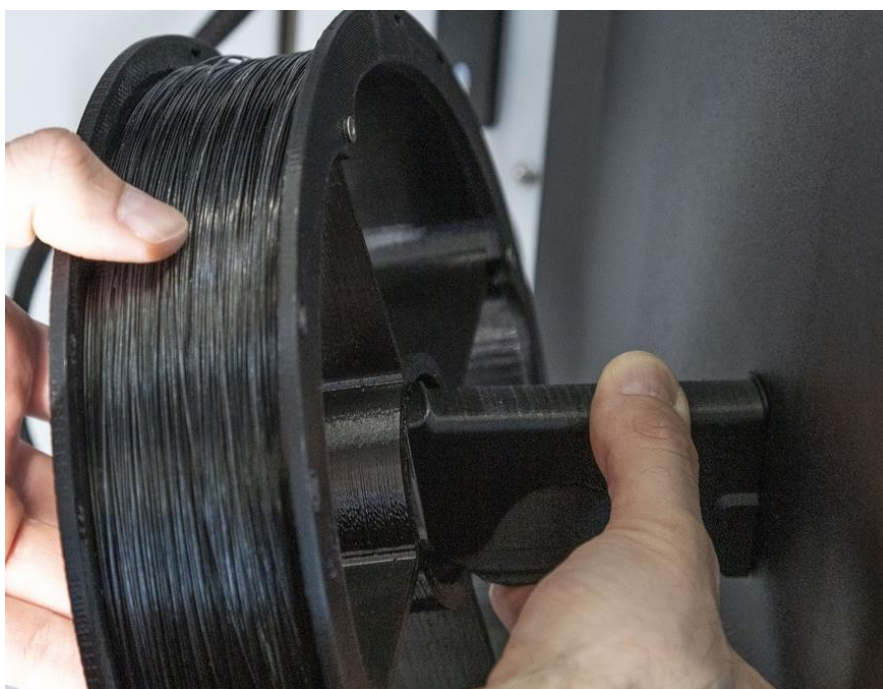
Для композиционных материалов (серия Fiberpart) и чистых пластиков с температурой плавления выше 260 °С (РА6, РС и т.д.) следует предпочитать сильный прижим.

### 3.4.6. Загрузка и выгрузка непрерывного волокна (для принтеров Fiber)

Вспомогательный (правый) экструдер принтера Fiber использует непрерывное волокно в виде филамента диаметром ~0,6 мм. Для загрузки, выгрузки и замены пластика следует воспользоваться менеджером «Смена волокна» либо ручным управлением температурой экструдеров и подачей в соответствующих разделах на вкладке «Управление».



Чтобы установить катушку с волокном, следует нажать на подпружиненную ножку, надеть катушку на опору и отпустить ножку.



#### **ВНИМАНИЕ**

**При транспортировке свободный конец волокна закреплён на катушке обрезком скотча. Запрещается снимать скотч до тех пор, пока катушка не будет установлена на опору, а свободный конец волокна – заправлен в податчик.**

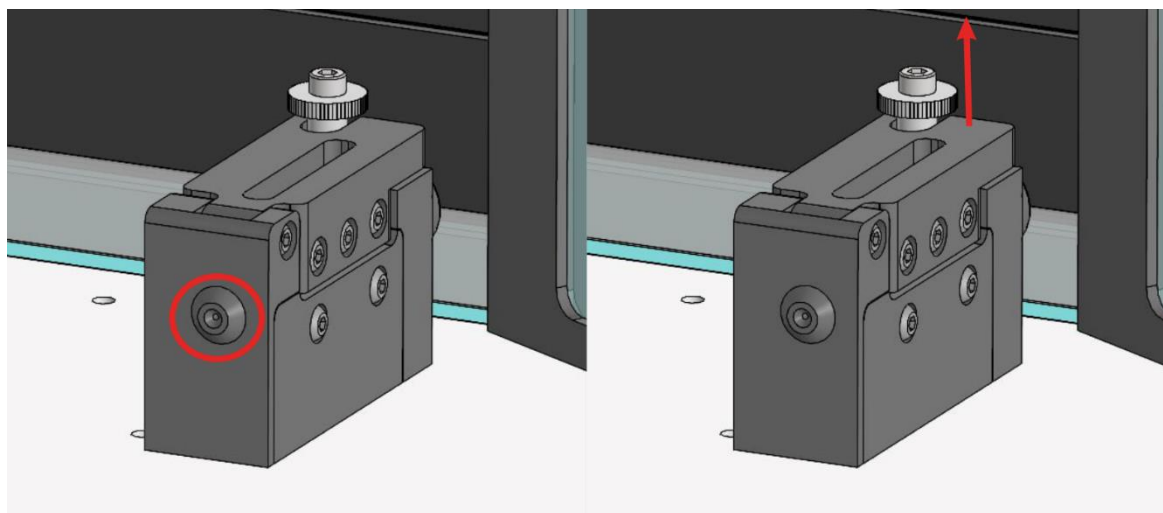
Для загрузки волокна следует поместить волокно в трубку и продвинуть его до упора, затем подать волокно вперёд с помощью соответствующей кнопки

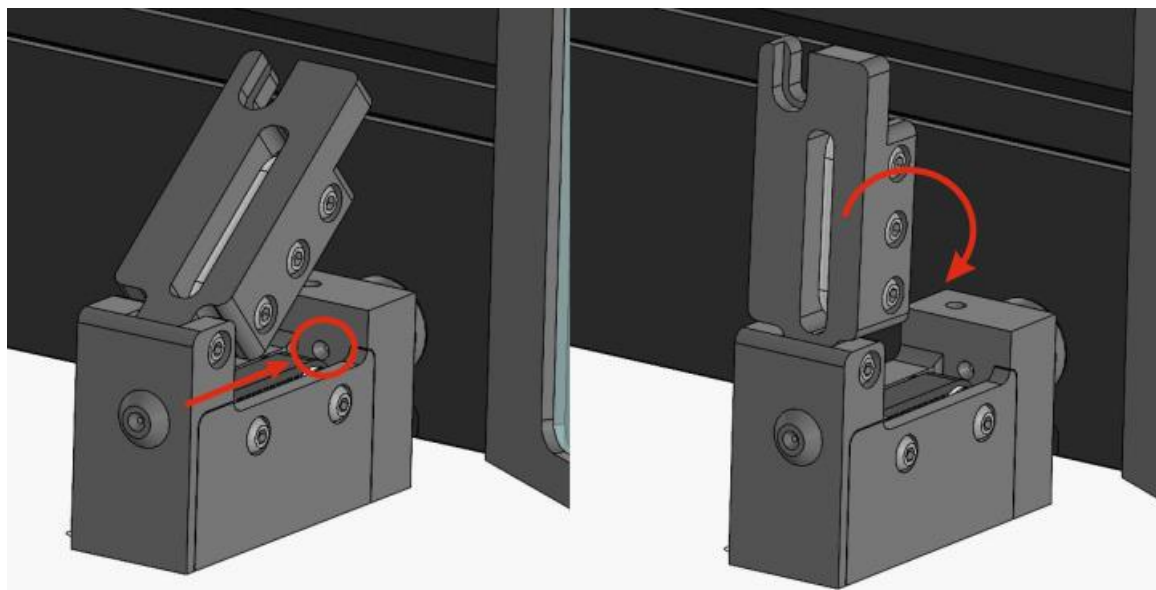
ручного управления или команды в менеджере. Когда податчик захватит волокно – его можно отпустить. Следует убедиться, что волокно попало внутрь трубки.

В случае, если податчик захватил волокно, но в трубку оно не попадает, следует открыть крышку отсека, в котором расположены датчик движения филамента и податчик волокна:



Затем открутить винт прижимной дверцы и вручную направить свободный конец волокна внутрь фторопластовой трубки. Для этого необходимо направить волокно сначала на вход податчика, затем через второе отверстие (за подающим ремнём). Затем следует закрыть дверцу и закрутить прижимной винт:

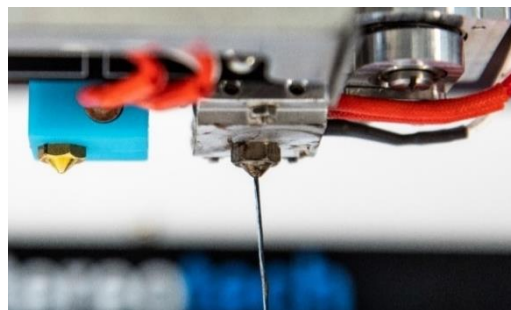




Когда волокно будет заправлено в податчик, следует подать волокно по всей длине трубки до печатающей головки. Если волокно не движется по трубке или движется с остановками – нужно сильнее закрутить прижимной винт на податчике, пока волокно не начнёт двигаться плавно. Если волокно не движется по трубке и двигатель подачи «заикается», пропуская шаги – нужно ослабить прижимной винт на податчике, пока волокно не начнёт двигаться плавно.

Когда волокно будет доведено до печатающей головки, следует включить нагрев экструдера для волокна, подать волокно в экструдер и отрезать его. При этом следует обратить внимание на следующее:

- кончик волокна должен быть ровным;
- волокно должно проходить через отверстие плавно, без «скачка»;
- после отсечения волокна и новой подачи отрезанный фрагмент должен свободно выталкиваться из сопла.



Если какое-то из данных условий не соблюдается – следует выкрутить сопло и оценить состояние фторопластового вкладыша. Оценка и замена вкладыша описана в подразделе 4.3.9.

При выгрузке непрерывного волокна из экструдера его следует вручную сматывать на катушку по мере того, как податчик будет выгружать его из трубки. Для этого можно пальцевым усилием нажимать на ближайшую к себе спицу катушки так, чтобы она прокручивалась и наматывала выходящий из податчика филамент.

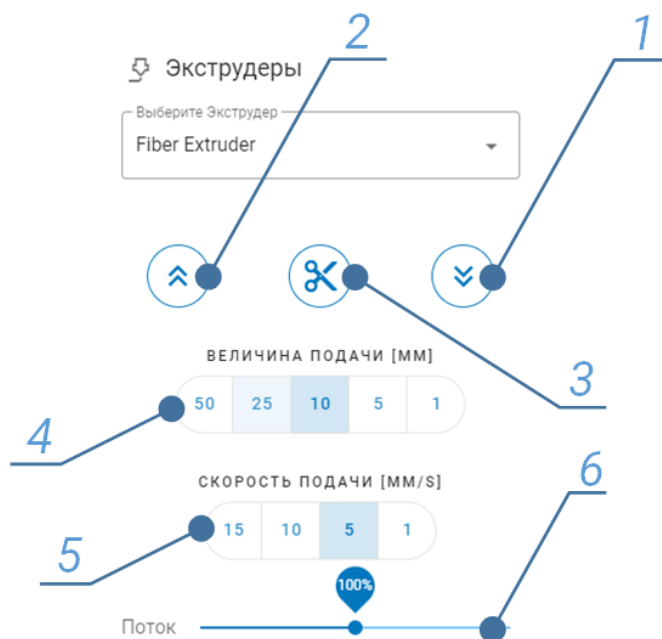
### **Интерфейс управления экструдером для волокна**

Ниже показан интерфейс ручного управления подачей и отсечения непрерывного волокна.

Кнопки 1 и 2 отвечают за управление подачей волокна вперёд, к соплу (1) или назад, к катушке (2); кнопка 3 приводит в действие механизм отреза волокна в печатающей головке. Величина подачи задаётся в мм на линейке 4, скорость подачи – на

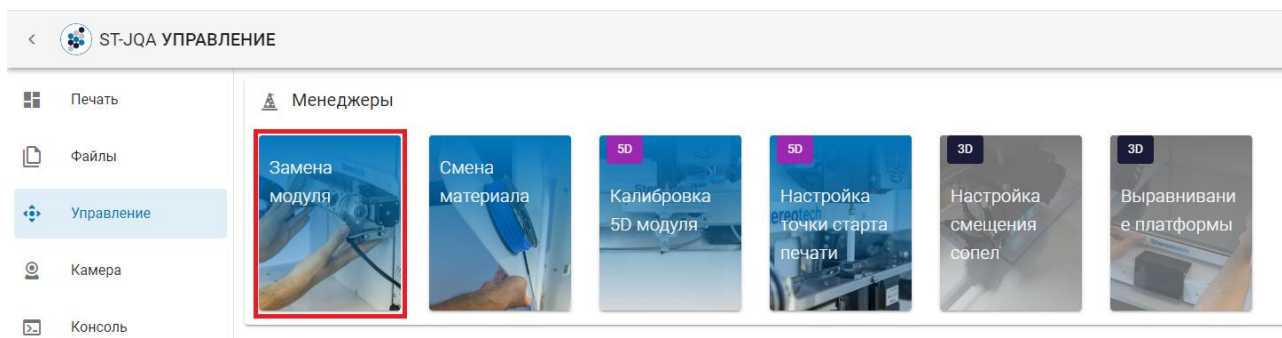
линейке 5 в мм/с. При ручных манипуляциях с волокном рекомендуется скорость 15 мм/с. Другие значения подачи и скорости можно установить в разделе Настройки / Управление.

Ползунок 6 задаёт коэффициент подачи волокна в ручном режиме или в процессе печати. Например, при коэффициенте 90% и подаче 10 мм вперёд экструдер подаст из катушки с волокном отрезок в 9 мм.

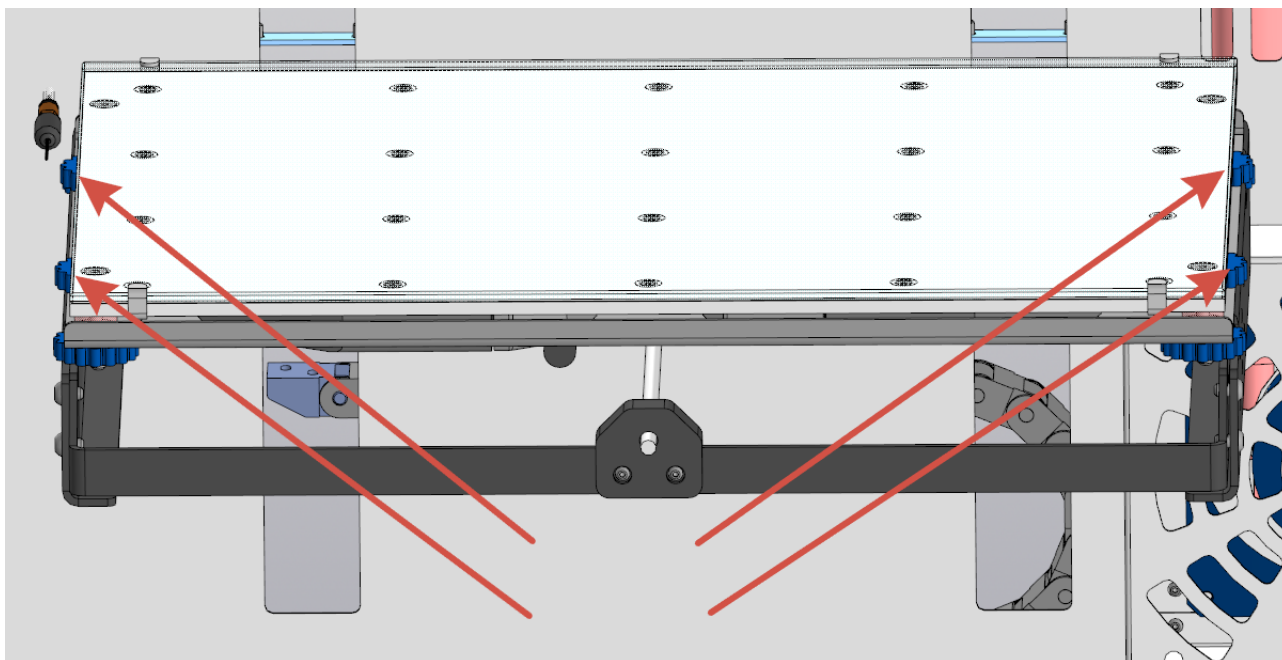


### 3.4.7. Установка и снятие платформы для 3D печати

Замена модуля печати на принтере требуется для смены режима печати (3D/5D режим). 5D модуль для печати на оснастке или закладном элементе жёстко закреплён на принтере и не требует дополнительной установки. Если требуется установить нагревательную платформу для 3D печати или вернуться обратно в 5D режим – следует воспользоваться менеджером «Замена модуля» на вкладке «Управление»:



Принтер автоматически переместит модуль в середину камеры. По соответствующему приглашению на экране принтера следует выключить его и дождаться, пока подсветка и экран погаснут. Затем установить платформу поверх рамы 5D модуля таким образом, чтобы установочные винты попадали в соответствующие отверстия, и закрутить установочные винты до упора.



Подключить кабель платформы в соответствующий разъем:



После установки и подключения платформы можно включить принтер кнопкой на лицевой панели. Затем следует убрать из камеры принтера инструмент и посторонние предметы, перейти во вкладку «Управление», раздел «Оси», и нажать кнопку с изображением дома, чтобы запарковать модуль по оси Z. Убедиться, что парковка прошла без столкновений и отказов.

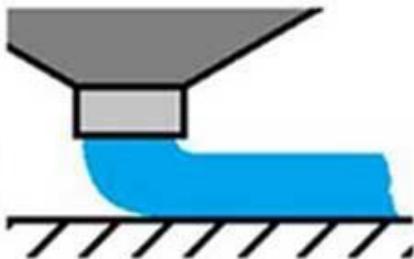

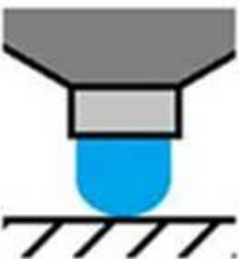
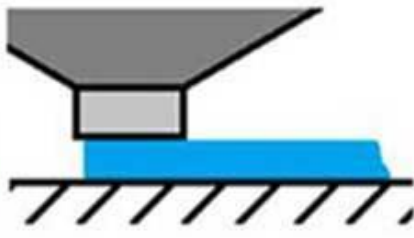

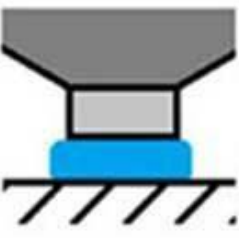
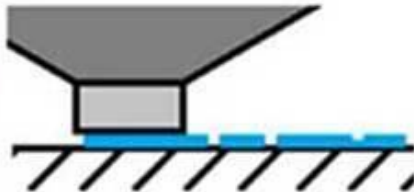

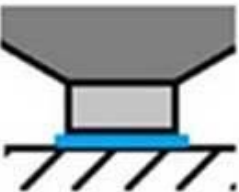


Если требуется снять платформу и перейти к 5D режиму печати, следует также запустить менеджер «Замена модуля» и выполнить следующие действия:

- 1) выключить принтер;
- 2) отключить кабель платформы и закрыть разъём защитным колпачком;
- 3) выкрутить 4 винта и 2 гайки, фиксирующих платформу на 5D модуле;
- 4) снять платформу;
- 5) включить принтер и запарковать оси 5D модуля в следующем порядке: сначала оси А, С, затем ось Z. Убедиться, что парковка прошла без столкновений и отказов.

### 3.4.8. Выравнивание и калибровка 3D платформы

Перед началом печати в режиме 3D Classic требуется выровнять стол так, чтобы во время печати первого слоя зазор между ним и кончиком сопла во всех точках был примерно одинаковым. Выравнивание стола нужно обязательно проводить после установки 3D модуля в принтер и после операций с принтблоком (замена сопла, термобарьера, самого принтблока). Также выравнивание производят, когда первый слой не приклеивается должным образом к стеклу нагревательного стола или, наоборот, сопло подъезжает слишком близко и пластик не может выйти из сопла в нужном количестве. В некоторых случаях из-за неправильной калибровки стола деталь отклеивается от стекла во время печати.

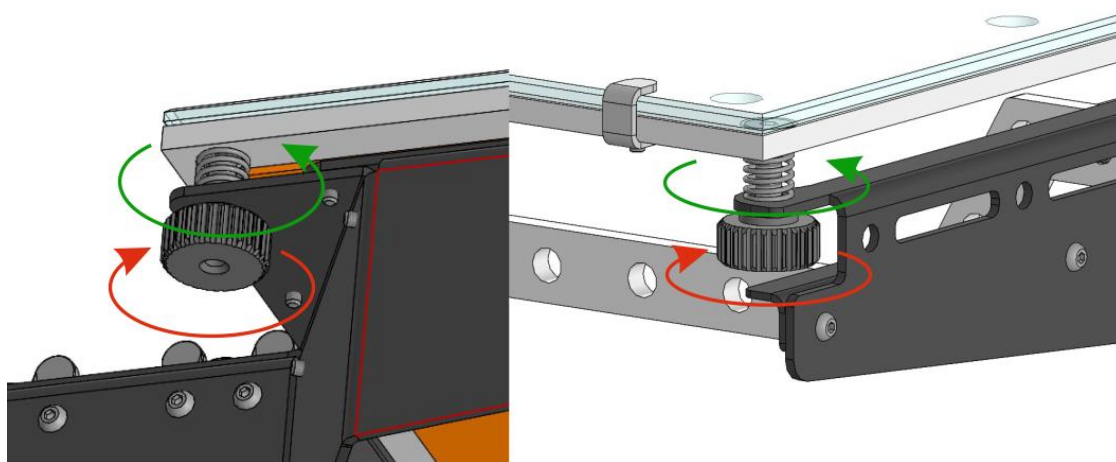
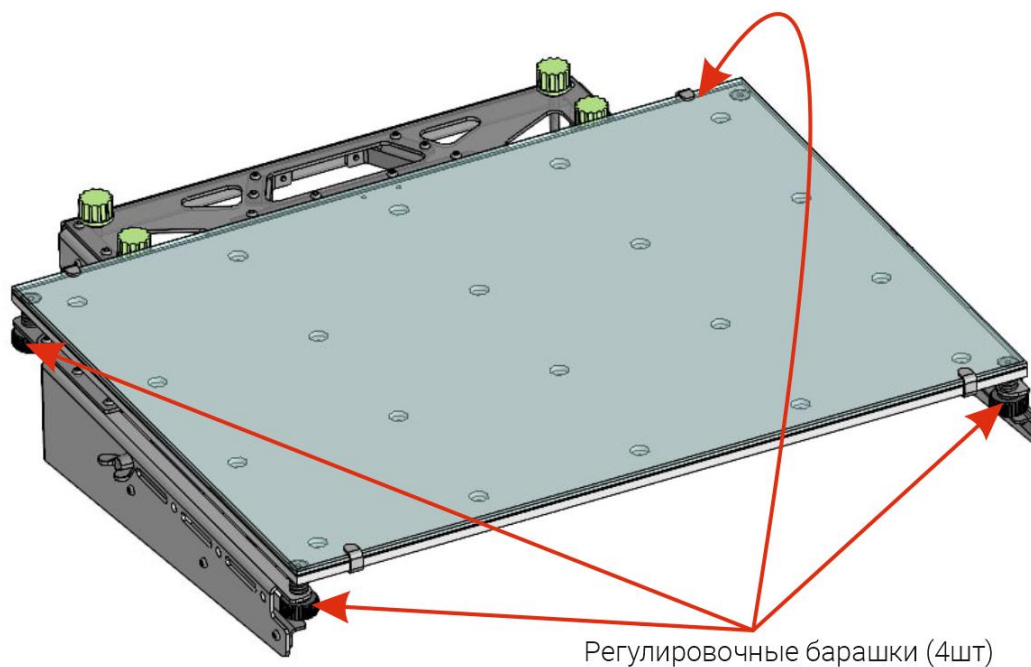
ВИД СБОКУ	ВИД СЗАДИ	ПРИМЕЧАНИЕ
 		<p><b>Сопло высоко</b></p> <p>Давление подачи недостаточно, контактная зона между нитью материала и стеклом минимальна. Нить может оторваться при печати</p>
 		<p><b>Сопло в нужном положении</b></p> <p>Нить материала плавно и ровно ложится на стол и хорошо прилипает по всей площади первого слоя</p>
 		<p><b>Сопло низко</b></p> <p>Недостаточное расстояние между соплом и столом, материалу некуда выдавливать. Ухудшает качество печати, может повредить сопло и стекло</p>

Для калибровки модуля 3D следует запустить менеджер «Выравнивание платформы» и далее следовать его указаниям. При выборе опции «Ручное выравнивание» будет выполнено только выравнивание платформы относительно сопла по трём точкам. При выборе опции «Автокалибровка» будет выполнено выравнивание, а затем построение карты высот стола с помощью датчика автокалибровки.

### **Ручное выравнивание платформы**

На первом шаге следует поднять стол до соприкосновения кончика сопла и стекла нагревательной платформы. Сопло должно коснуться стекла, но не вдавливать в него. Контролировать зазор между соплом и стеклом можно с помощью листа бумаги, щупа толщиной 0,1 мм либо визуально.

После нажатия на кнопки «Далее» и «Следующая точка» сопло будет подъезжать в три позиции в дальней и двух ближних точках стола. В каждой точке следует отрегулировать высоту стекла с помощью регулировочных барашков (в направлении зеленой стрелки стол опускается, красной поднимается), расположенных на раме стола внизу. Положение сопла и стекла в четырёх точках по краям стекла должно быть таким же, как и в центре стола на первом шаге.

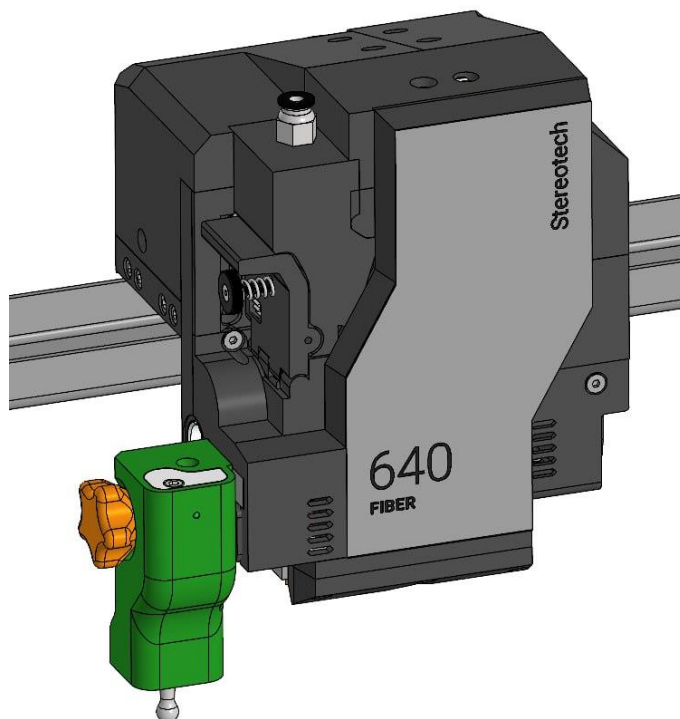


Если после регулировки всех четырёх точек требуется проверить настройку, следует нажать кнопку «Следующая точка», иначе нажать «Далее».

### **Автокалибровка платформы**

Менеджер «Автокалибровка платформы» служит для настройки точки старта печати в режиме 3D Classic, а также позволяет построить карту высот стола, чтобы компенсировать местные неровности при печати первого слоя. Менеджер автокалибровки содержит в себе процедуру ручного выравнивания платформы, отдельно запускать выравнивание платформы до автокалибровки не требуется.

После ручного выравнивания платформы, как описано в подразделе выше, по запросу менеджера следует подключить датчик автокалибровки. Датчик устанавливается на щёку печатающей головки, подключаясь контактом к специальному разъёму, и поджимается пальцевым усилием.



Чтобы сообщить программному обеспечению принтера о корректной работе датчика калибровки, по требованию менеджера следует нажать на зонд датчика снизу вверх. После установки датчика и получения сигнала от него начинается процесс автокалибровки платформы. После завершения процесса автокалибровки датчик следует отключить по соответствующему приглашению менеджера.

#### 3.4.9. Калибровка 5D модуля

Для калибровки 5D модуля используются специальный калибровочный шаблон и датчик автокалибровки, изображённые на фото ниже.

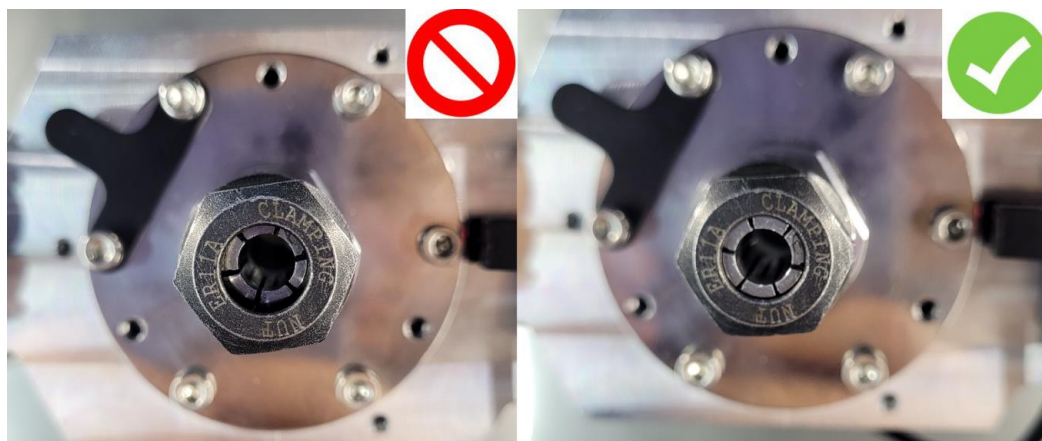


Калибровку модуля необходимо производить после замены принтблока и для периодической подналадки при появлении систематически повторяющихся

дефектов печати (некорректность формы и размеров, некорректность точки старта печати, отслоение детали от сердечника).

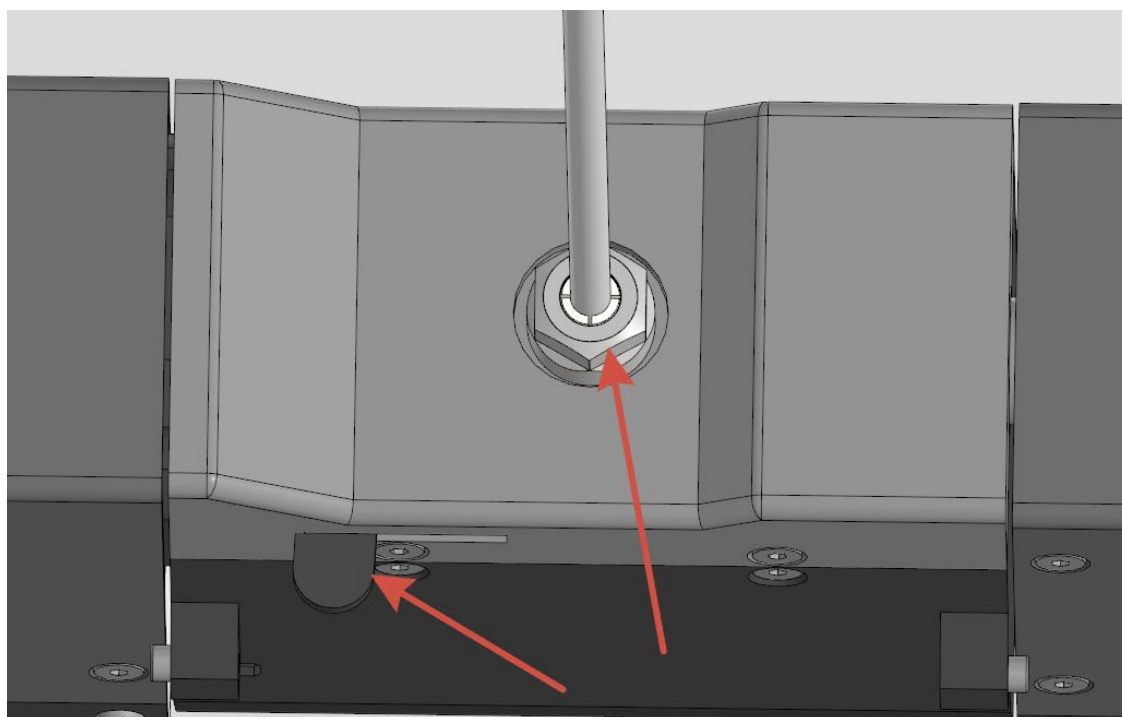
Калибровка 5D модуля принтера производится с помощью менеджера «Автокалибровка 5D» (вкладка «Управление»). Перед запуском калибровки необходимо очистить сопло от остатков пластика с помощью пинцета, при необходимости – нагреть экструдер для размягчения пластика.

На первом шаге калибровки необходимо установить калибровочный шаблон в цанговый патрон 5D модуля. Перед установкой шаблона убедиться, что цанга правильно расположено относительно гайки, поджимающей её в патроне:



Если цанга утоплена глубоко в патрон – необходимо выкрутить поджимающую гайку и защёлкнуть цангу в неё.

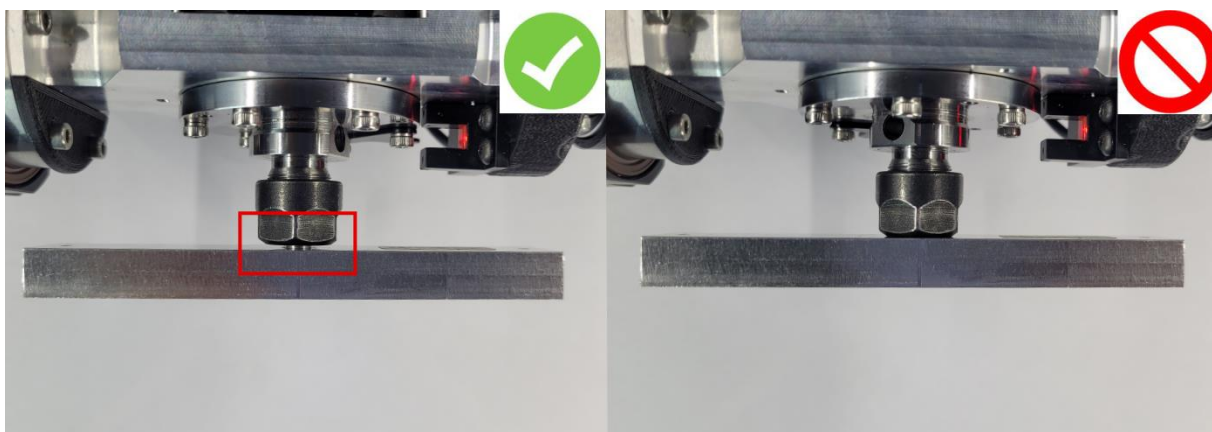
Шаблон следует установить в патрон с небольшим зазором между ним и гайкой. После установки шаблона – закрепить его так, чтобы шаблон не прокручивался относительно патрона. Патрон следует затягивать комплектным ключом, одновременно блокируя вал с помощью стопора в нижней части модуля:



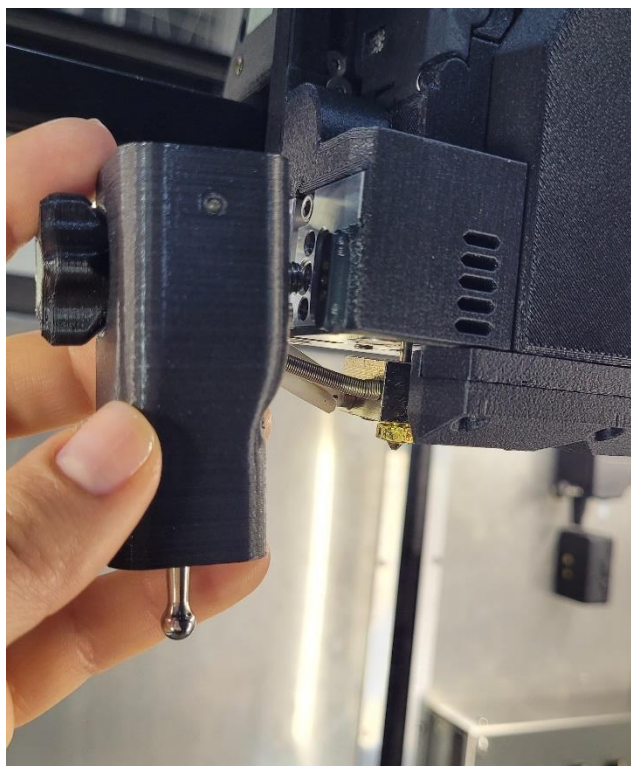
Следует проконтролировать положение шаблона после установки:

- широкая плоская часть шаблона расположена приблизительно параллельно плоской поворотной части 5D модуля (как на фото выше);
- зазор между тыльной плоскостью шаблона и гайкой составляет примерно 1 мм;
- при нажатии на любую часть шаблона он не прокручивается в патроне (в противном случае затянуть цангу сильнее).

При необходимости скорректировать поворот шаблона вокруг оси С.



После установки калибровочного шаблона по запросу менеджера следует подключить датчик автокалибровки. Датчик устанавливается на левый бок печатающей головки, подключаясь контактом к специальному разъёму, и поджимается пальцевым усилием.



Чтобы сообщить программному обеспечению принтера о корректной работе датчика калибровки, по требованию менеджера следует нажать на зонд датчика

снизу вверх. После установки датчика и получения сигнала от него начинается процесс автокалибровки.

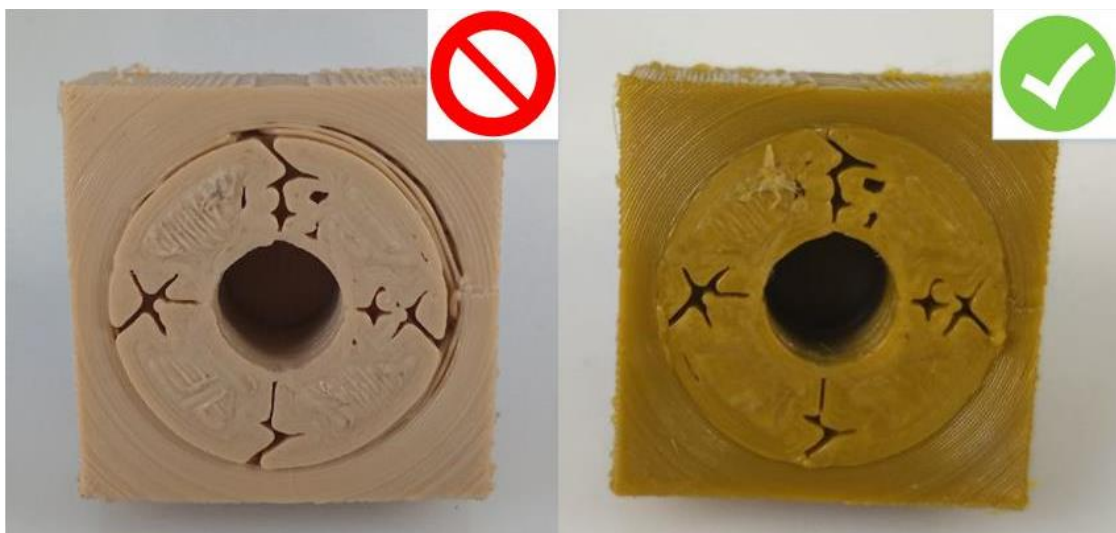
После окончания процесса калибровки настраивается положение шаблона по оси Z. Для этого поднять 5D модуль с шаблоном, пока сопло основного экструдера не коснется верхней грани. Сопло не должно вдавливаться в поверхность шаблона.

После данной операции будут доступны следующие опции:

- «Далее» – перейти к завершению процесса автокалибровки;
- «Калибровка смещения по XY» – перейти к дополнительному шагу автокалибровки.

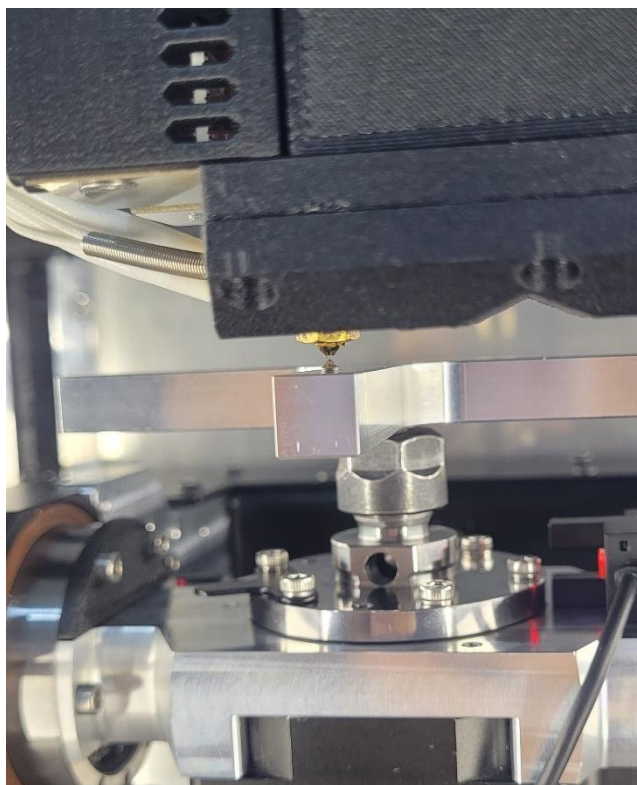
Если автокалибровка производилась после замены принтблока – следует выбрать опцию «Далее».

Калибровка смещения по XY проводится после смены модуля, а также в том случае, если при печати детали в режиме 5D Full Spiral заметен эксцентриситет сердечника относительно спиральной части детали, наблюдаются пустоты с одной стороны сердечника и уплотнения с другой. В ином случае данный шаг следует пропустить.

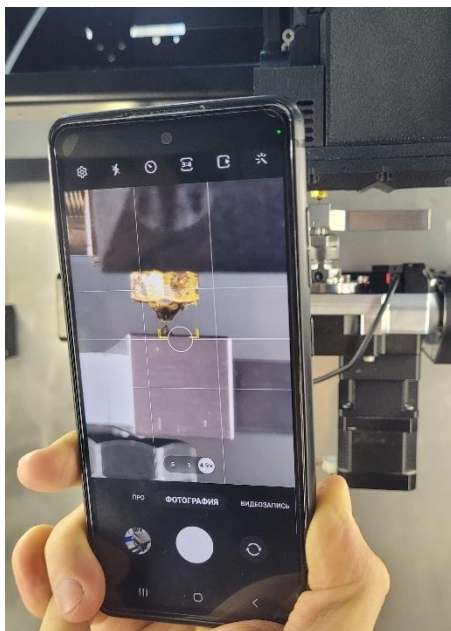


Калибровку смещения по XY проводить в следующей последовательности:

- 1) немного выкрутить из калибровочного шаблона установочный винт с помощью комплектного шестигранного ключа;
- 2) с помощью кнопки ручного управления на экране поднять ось Z так, чтобы сопло и коническое навершие винта были примерно на одном уровне (точного совмещения не требуется);
- 3) с помощью кнопок ручного управления осями XY установить сопло по центру относительно винта; точно устанавливая положение по Z также не требуется, управление осью Z предназначено для удобного совмещения сопла с винтом.



Для более простой ориентации сопла относительно отверстия можно воспользоваться режимом макросъёмки смартфона. Требуется проконтролировать положение сопла по оси X (вид на сопло спереди) и по оси Y (для этого нужно привести камеру смартфона на сопло справа или слева).



После совмещения сопла с шаблоном и установочным винтом автокалибровка завершена. По соответствующему приглашению следует снять шаблон и перейти к настройке точки старта печати согласно подразделу 3.4.10. Если точка старта настраивается непосредственно после автокалибровки, датчик допускается не снимать с печатающей головки.

### 3.4.10. Настройка точки старта печати в режиме 5D

Настройка точки старта – процедура, которая выполняется после каждой замены принтблока или оснастки для печати. Она может осуществляться автоматизировано с помощью датчика автокалибровки либо в ручном режиме (например, для очень тонких, коротких и др. оснасток сложной формы). Для каждого варианта в интерфейсе принтера предусмотрены менеджеры ручной и автоматической настройки точки старта.

Допускается не перенастраивать точку старта для одной и той же оснастки, если после переустановки обеспечивается её точное позиционирование вдоль оси Y (отклонение не более  $\pm 0,2$  мм для режима Spiral, не более  $\pm 0,1$  мм для режима Full Spiral), например, с помощью упора.

Принтеры Stereotech 640 поддерживают 2 основных режима 5D печати:

В режиме 5D Spiral изделие печатается полностью из цилиндрических слоёв при постоянном горизонтальном положении оснастки. Нулевое положение для этого режима задаётся на боковой поверхности оснастки в произвольном положении вдоль оси Y.

В режиме 5D Full Spiral изделие печатается в три этапа: сначала принтер устанавливает оснастку горизонтально и печатает спиральную подложку, потом переводит оснастку в вертикальное положение и печатает часть изделия (сердечник) из плоских слоёв от торца оснастки и подложки, затем оснастка устанавливается горизонтально, и оставшаяся часть изделия печатается из цилиндрических слоёв, как в режиме 5D Spiral. Нулевое положение для этого режима задаётся в центре торца оснастки при вертикальном её положении ( $A=0$ ).

Как при ручной, так и при автоматизированной настройке точки старта перед началом процедуры необходимо выбрать нужный режим 5D печати.

#### ***Ручная настройка точки старта 5D печати***

Для настройки точки старта вручную с помощью кнопок ручного управления осями следует совместить кончик сопла основного (левого) экструдера и оснастку:

- при печати в режиме Spiral – ввести диаметр оснастки, подвести сопло к боковой поверхности оснастки в требуемом месте;
- при печати в режиме Full Spiral – подвести сопло к центру торца оснастки.

При ручной настройке рекомендуется размечать оснастку перед установкой в 5D модуль.

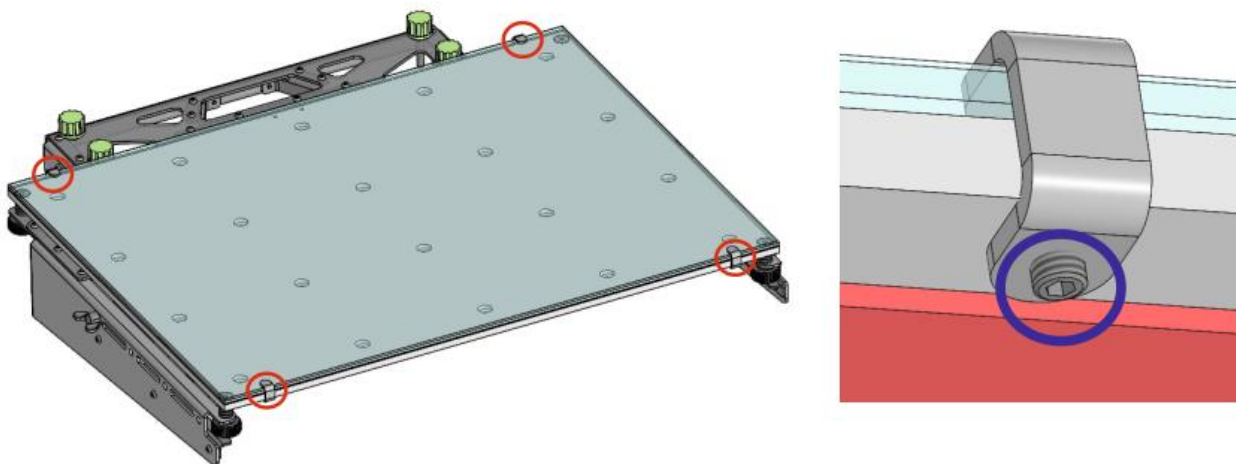
#### ***Автонастройка точки старта 5D печати***

При автоматизированной настройке рекомендуется использовать оснастки с вылетом от патрона не менее 35 мм, для оснасток меньшей длины не гарантируется точное выравнивание оснастки для обеспечения качества первых слоёв.

Для автоматизированной настройки нулевого положения следует выбрать соответствующий режим печати и выполнять инструкции менеджера. Подключение датчика калибровки при этом производится так же, как и при автокалибровке 5D модуля.

### 3.4.11. Подготовка поверхности нагревательной платформы для 3D печати

Приёмной поверхностью для 3D печати служит штатно установленное на платформу стекло либо иная поверхность толщиной 3 .. 4 мм, установленная вместо него. Чтобы снять стекло, следует ослабить четыре винта, фиксирующих П-образные зажимы стекла в четырёх точках, и снять два передних зажима на платформе.



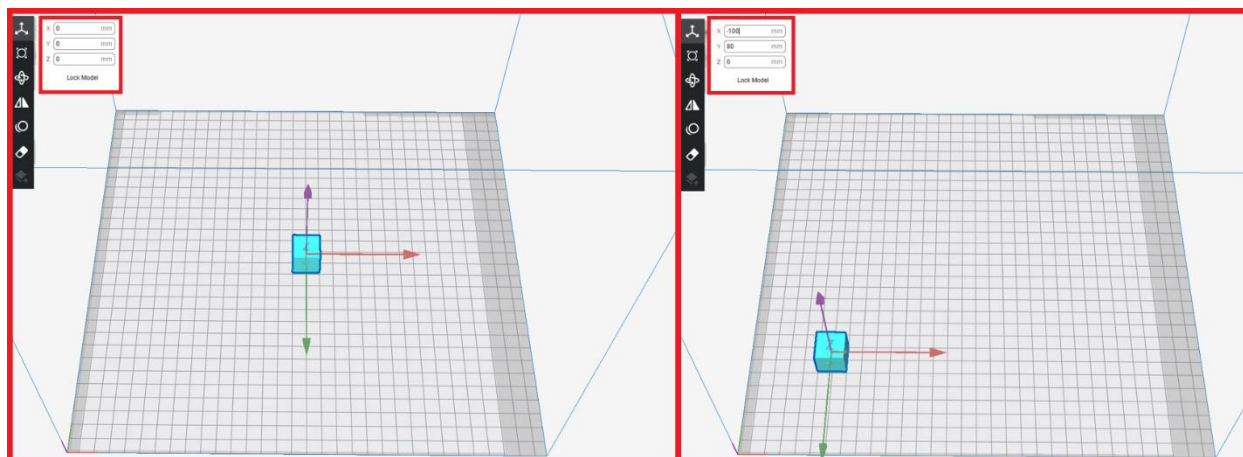
Для установки стекла следует задвинуть его в два задних зажима, установить передние зажимы и закрутить все 4 винта.

Перед запуском печати в режиме 3D следует оценить состояние поверхности стекла. Если ранее на стекле производилась печать, оно должно быть очищено от следов пластика и толстых пятен или комков адгезива, если они имеются. Допускается тонкий ровный слой адгезива, оставшийся от предыдущей печати.

Если на стекле имеются сколы размером  $>1$  мм (как на фото ниже) и для эксплуатации требуется вся поверхность платформы, следует заменить стекло либо перевернуть его обратной стороной.



Также допускается при подготовке управляющей программы в слайсере сдвинуть модель по осям XY, чтобы печатать изделие на неповреждённой поверхности стекла:



Многие материалы требуют нанести на стекло адгезив – клей, лак, покрытие, плёнку и т.д. Любой адгезив следует наносить ровным тонким слоем, избегать образования комков, бугров, складок и прочих неровностей, за которые сопло может зацепиться при печати первого слоя изделия.

При нанесении специальных адгезивов следует придерживаться рекомендаций производителя по способу нанесения и использованию средств индивидуальной защиты.

### 3.4.12. Подготовка оснастки для 5D печати

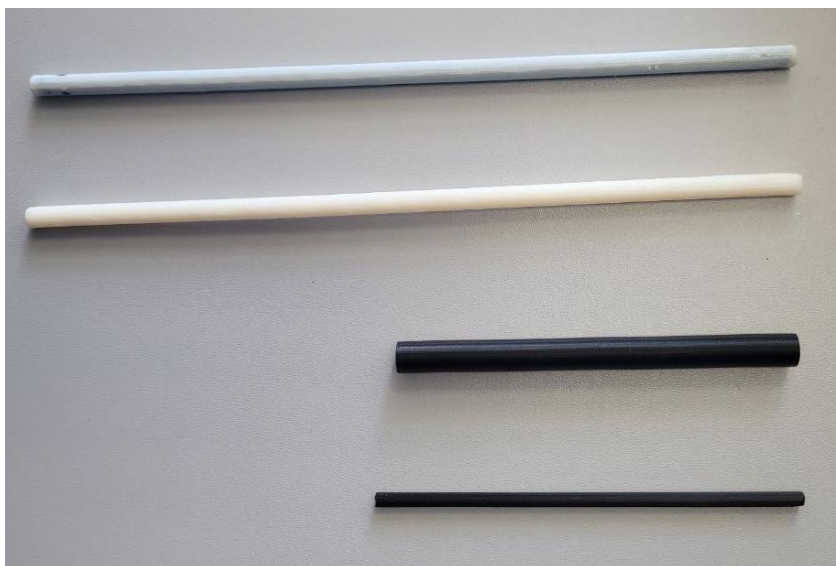
Оснастка для 5D печати устанавливается в цанговый патрон ER11 5D модуля. Могут применяться оснастки следующих видов:

- стальные стержни стандартного диаметра 6 мм (в комплекте к принтеру поставляются калиброванные прутки диаметром 6 мм и длиной от 60 до 280 мм):



- металлические стержни любого другого диаметра и длины в зависимости от особенностей печатаемой детали;

- стержни, напечатанные на 5D принтере в режиме 3D – рекомендуются стержни из твёрдых и термостойких пластиков ABS, PC, PA6 C30 и др. композитов, а также стержни, армированные непрерывным углеволокном:



– напечатанные оснастки требуемого размера для изделий с большими центральными отверстиями и металлические оснастки специальной формы (например, закладные элементы):



### **ВНИМАНИЕ**

**При использовании любых некомплектных оснасток перед запуском печати следует в режиме ручного управления убедиться, что печатающая головка может без столкновений перемещаться вдоль всех рабочих поверхностей оснастки.**

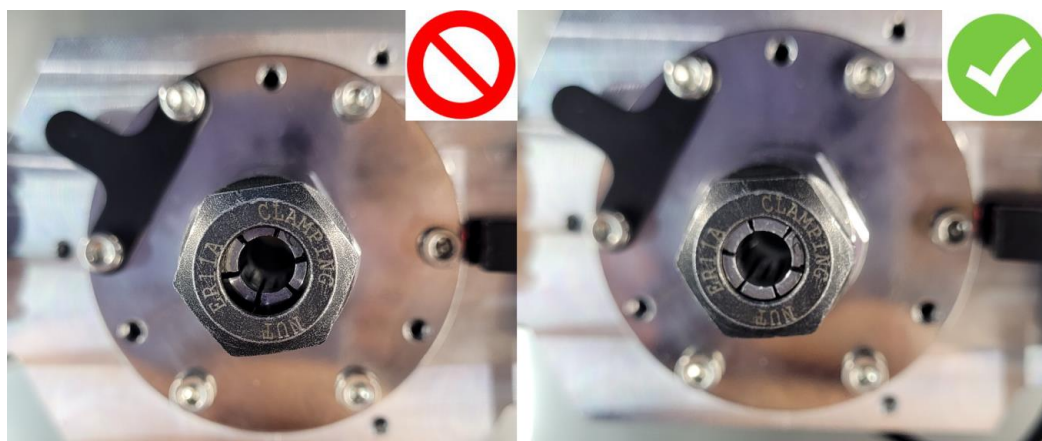
**Если используется напечатанная оснастка – следует проверить, достаточно ли она ровная. Отклонение от цилиндричности оснастки не должно превышать высоту слоя.**

В 5D модуле установлена цанга ER11 диаметром 6 мм, которая позволяет точно позиционировать стержни с диаметрами от 5,5 до 6,0 мм. Для установки более тонких или более толстых стержней следует применять цанги соответствующих размеров. Патрон ER11 поддерживает установку цанг диаметром от 1,0 до 8,0 мм.

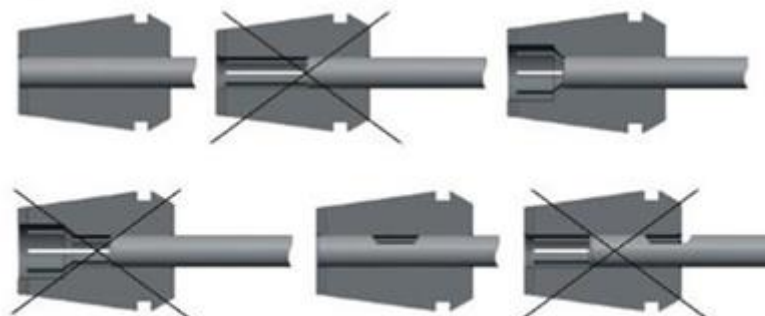
Чтобы извлечь цангу из патрона, следует полностью выкрутить прижимную гайку вместе с цангой, затем прижать цангу к одному из краёв гайки и повернуть гайку относительно цанги:



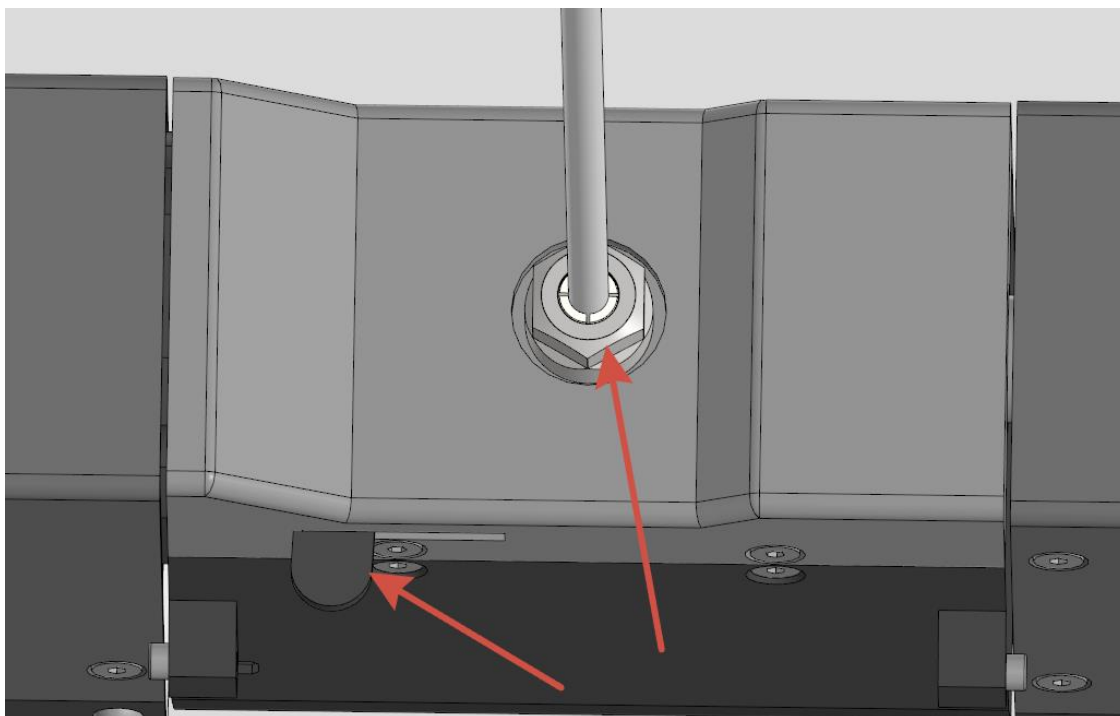
При установке новой цанги следует убедиться, что цанга защёлкнулась в гайку, и только после этого устанавливать цангу с гайкой в патрон:



Устанавливать любую оснастку в цангу следует так, чтобы оснастка заходила в цангу не менее, чем на 2/3 её длины:



Патрон следует затягивать комплектным ключом, одновременно блокируя вал с помощью стопора в нижней части модуля:



Для обеспечения адгезии первого слоя следует покрывать поверхность оснастки адгезивом в зависимости от материала. Чаще всего применяются следующие адгезивы:

- скотч (малярный, канцелярский, полиимидный и т.д.), малярный скотч применяется для большинства случаев;
- термоусадочная трубка;
- клей или гель-адгезив для FDM печати (может наноситься на скотч или непосредственно на оснастку).

Любой адгезив следует наносить тонким ровным слоем. Клей, гель или лак распределять тампоном или кисточкой по поверхности оснастки, скотч – клеить в один или несколько слоёв без задиrow и складок:



### 3.5. Подготовка задания печати в различных режимах

#### 3.5.1. Алгоритм подготовки задания печати

Подготовка задания печати многих изделий в общем случае включает в себя следующие этапы:

- 1) анализ конфигурации изделия, условий его работы и иных требований;
- 2) выбор материала;

- 3) проектирование цифровой 3D модели изделия и/или адаптация модели под технологию FDM печати и выбранный материал;
- 4) подбор настроек печати под данные материал и модель;
- 5) оптимизация режима печати для улучшения качества изделия или производительности;
- 6) обработка напечатанных изделий (шлифование, склеивание и т.д.).

### **ВНИМАНИЕ**

**При работе со многими материалами для FDM печати адаптация изделия под особенности технологии и подбор режимов печати представляет собой сложную технологическую задачу. В настоящем РЭ приведены общие сведения и рекомендации, за более подробной информацией следует обратиться к профильной литературе.**

### **3.5.2. Типы файлов**

При работе с 5D принтерами Stereotech 640 потребуется использовать файлы как минимум трёх следующих форматов:

- файлы STL предназначены для хранения цифровых 3D моделей;
- файлы 3MF также содержат 3D модель изделия, но также могут хранить настройки режимов печати (температуры, скорости и т.д.);
- файлы GCODE содержат управляющие программы для принтера и непосредственно загружаются в его файловую систему.

### **3.5.3. Получение моделей для печати**

Для подготовки задания печати в первую очередь требуется цифровая модель изделия в формате STL. Получить её можно одним из следующих способов.

1. Загрузить готовую модель со сторонних ресурсов (например, большую коллекцию бесплатных моделей предоставляет портал <https://www.thingiverse.com/>, также к моделям прилагаются ориентировочные настройки печати).
2. Создать модель в системе автоматизированного проектирования (САПР/CAD). Данный способ рекомендуется для большинства изделий машиностроения, позволяет тонко адаптировать форму и размеры изделия под особенности технологии и материала.
3. Получить модель 3D сканированием готового изделия – в первую очередь рекомендуется для объектов сложной формы, таких как панели и корпуса со множеством изгибов. Зачастую после сканирования требуется обработка STL-модели для придания ей цельного вида, непосредственно использовать результат сканирования для печати нельзя.

### **ВНИМАНИЕ**

**Для подготовки моделей к печати с армированием может потребоваться адаптировать форму или размеры модели под технологические особенности укладки непрерывного волокна, которые изложены в подразделе 3.5.9.**

### 3.5.4. Подготовка моделей к печати

Для подготовки управляющих программ используется специальное программное обеспечение – слайсеры. Для печати изделий на принтерах Stereotech во всех предусмотренных режимах специально разработано ПО «STE Slicer».

STE Slicer содержит множество настроек для печати изделий с теми или иными характеристиками. С подробным руководством и описанием настроек можно ознакомиться в разделе руководства пользователя STE Slicer по адресу: <https://wiki.stereotech.org/steslicer>.



Подбор настроек печати для каждой задачи производится индивидуально, исходя из используемого материала и формы изделия. Характеристики материалов и общие настройки, которые можно взять за отправную точку при подборе режимов печати, можно найти в листах информации для конкретных материалов в разделе «Материалы для печати» по адресу: <https://wiki.stereotech.org/fdm-materials>.



Управляющую программу для 3D режима печати можно подготовить не только в STE Slicer, но и других слайсерах: Cura, Orca, SuperSlicer и т.д. В этом случае перед выбором параметров печати требуется настроить в слайсере профиль принтера. Однако управляющие программы gcode для 5D режимов печати, для печати с армированием на принтерах Fiber (в 3D и 5D режимах) возможно подготовить только в программе STE Slicer.

#### **ВНИМАНИЕ**

**Неправильная настройка профиля принтера в стороннем слайсере может привести к повреждению 5D принтера, ухудшить его технические характеристики или привести к непредсказуемым результатам печати.**

**Повреждения, связанные с применением стороннего ПО, не являются гарантийным случаем.**

### 3.5.5. Материалы для печати

Принтеры Stereotech могут быть использованы для производства деталей из термопластичных полимерных материалов (термопластиков) с самыми различными свойствами: твёрдых и гибких, высокопрочных пластиков с дискретными наполнителями (микросферами или короткими волокнами), пластиков с металлическим порошком для последующего запекания и т.д.

С полным списком материалов, используемых в принтерах Stereotech, можно ознакомиться в разделе «Материалы для печати» по адресу: <https://wiki.stereotech.org/fdm-materials>.

Помимо указанных, в принтерах Stereotech можно использовать и другие термопластики с температурой экструзии до 350 °С, не требующих активно погрееваемой рабочей камеры. Форма



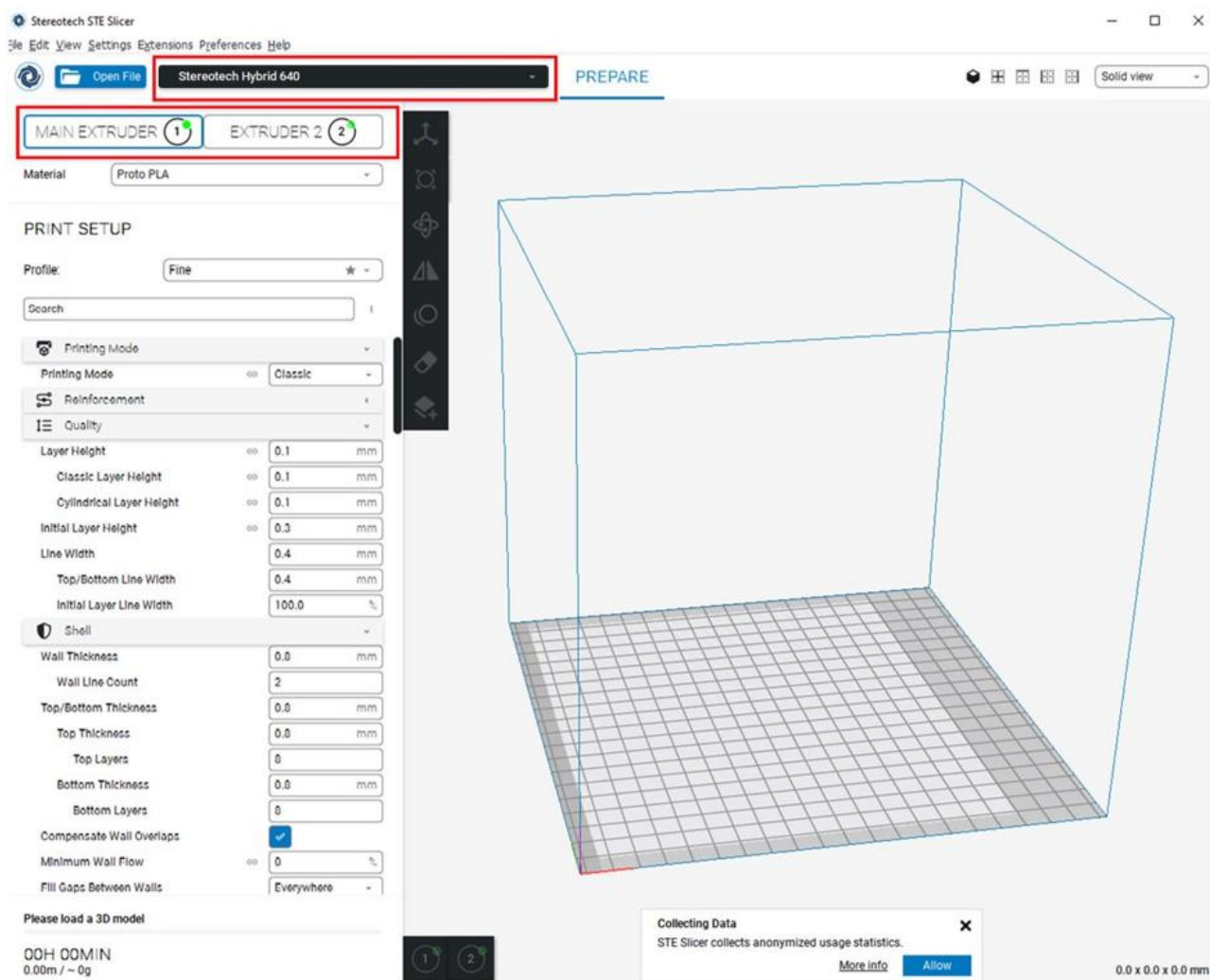
используемого материала – филамент (пруток) для 3D принтера с диаметром  $1,75 \pm 0,05$  мм.

Обратите внимание, что для печати с армированием на принтерах Fiber можно использовать не все полимерные материалы, доступные для печати основным экструдером.

### 3.5.6. Настройка профиля двухэкструдерной печати PLA+PLA (для принтеров Hybrid)

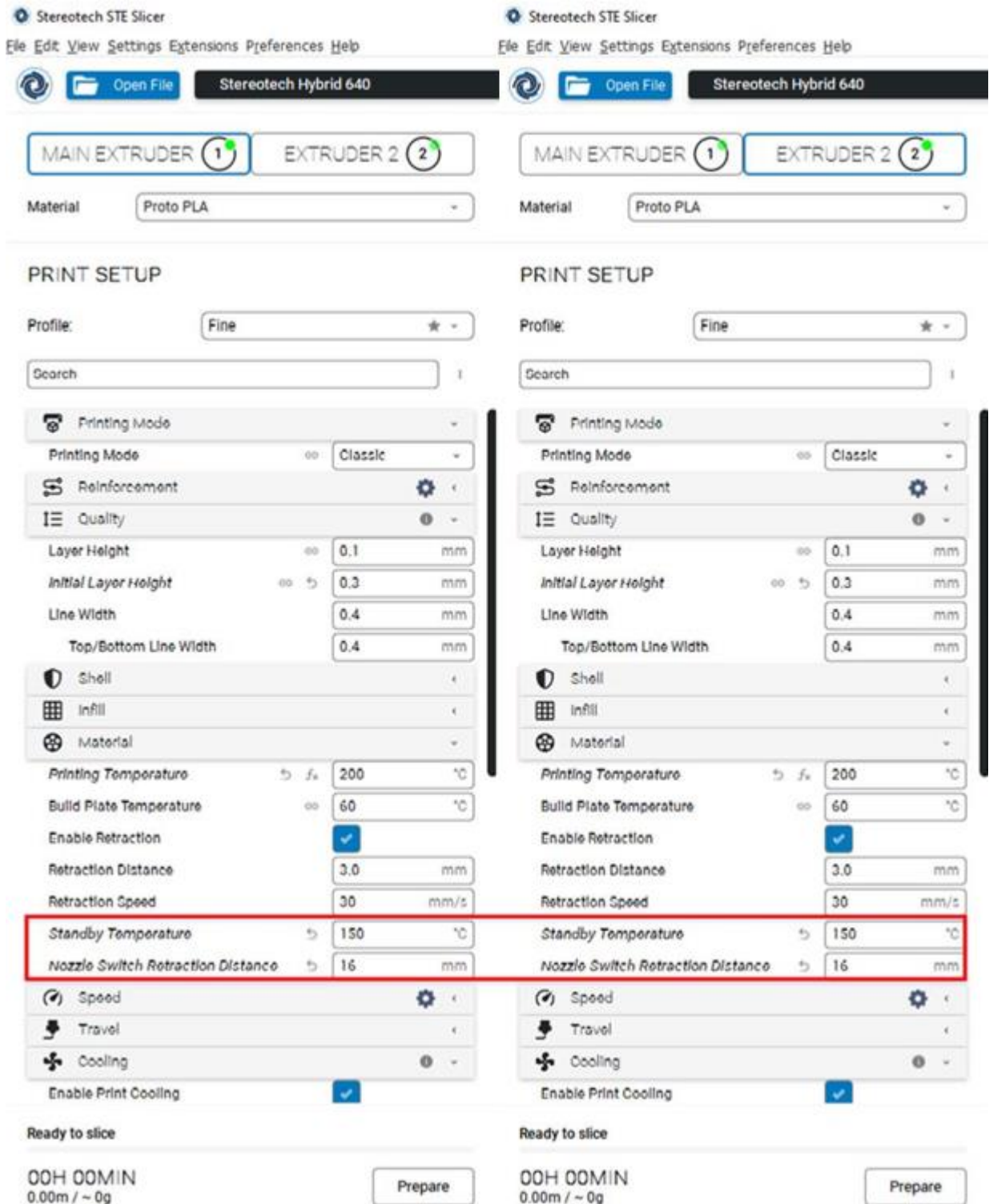
Алгоритм действий по подготовке задания двухэкструдерной печати на принтерах Hybrid будет описан на примере тестовой печати PLA + PLA, которую рекомендуется провести для опробования принтера на этом режиме.

1. Открыть ПО STE Slicer. Убедиться, что выбран верный профиль принтера (Stereotech Hybrid 640 V2.0), оба экструдера включены. Если правый экструдер выключен – нажать ПКМ и выбрать опцию «Enable Extruder»:



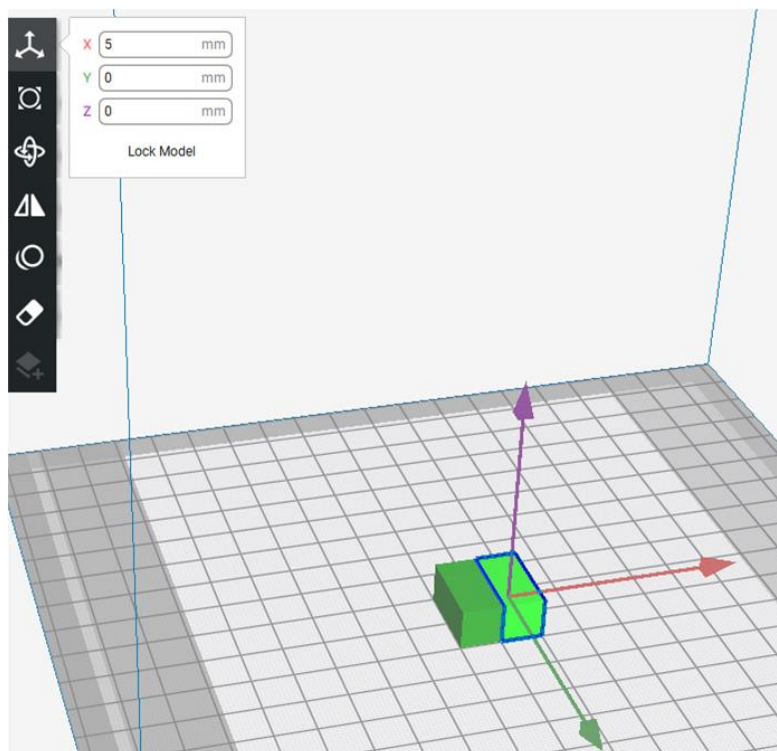
2. Убедиться, что установлен верный профиль материала: Proto PLA. Каждый экструдер настраивается отдельно, как показано на рисунке. Вкладки Режим печати (Printing Mode), Качество (Quality) общие для обоих экструдеров. Важные параметры для двухэкструдерной печати, которые необходимо добавить: Температура ожидания (Standby Temperature) и Ретракт при переключении сопел (Nozzle Switch

Retraction Distance). Также выставить Обдув (Cooling) для каждого экструдера на 100% (для PLA).

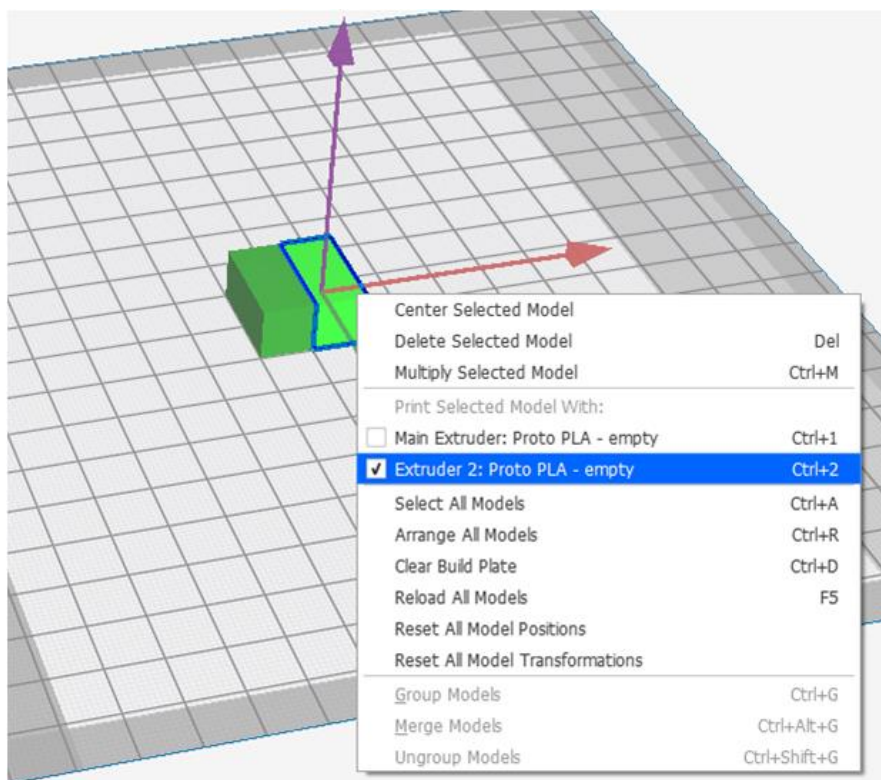


The image shows two identical screenshots of the Stereotech STE Slicer interface, side-by-side. Each interface is for a specific extruder, labeled 'MAIN EXTRUDER 1' and 'EXTRUDER 2'. The material is set to 'Proto PLA'. The profile is 'Fine'. The 'Printing Mode' is 'Classic'. The 'Layer Height' is 0.1 mm, 'Initial Layer Height' is 0.3 mm, and 'Line Width' is 0.4 mm. The 'Shell' settings are: 'Printing Temperature' 200 °C, 'Build Plate Temperature' 60 °C, 'Enable Retraction' checked, 'Retraction Distance' 3.0 mm, and 'Retraction Speed' 30 mm/s. The 'Standby Temperature' is 150 °C and 'Nozzle Switch Retraction Distance' is 16 mm. The 'Speed' settings are: 'Speed' (gear icon), 'Travel' (gear icon), and 'Cooling' (gear icon). The 'Enable Print Cooling' checkbox is checked. At the bottom, it says 'Ready to slice' and shows '00H 00MIN' and '0.00m / ~ 0g' with a 'Prepare' button.

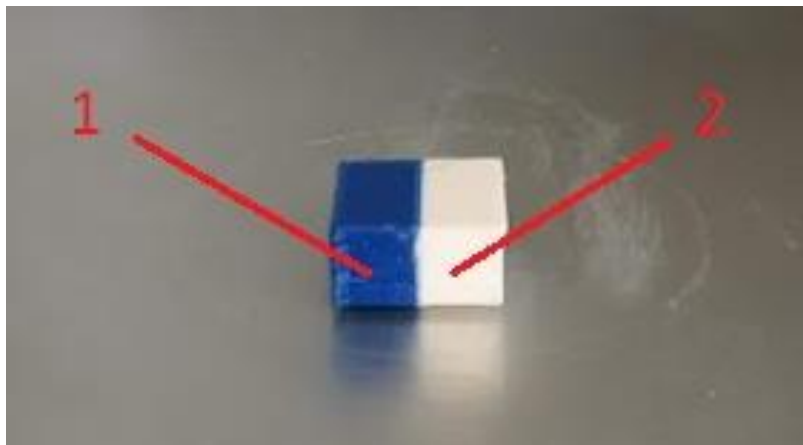
3. В качестве тестовой модели для печати добавить 2 бруска 10x20x10 мм и разместить их вплотную.



4. Кликнуть ПКМ по правому бруску, назначить для него Extruder 2. Цвет модели изменится: брусок для активного экструдера подсвечен, для второго экструдера – затемнён. Если назначить для экструдеров разные материалы, они будут помечены каждый своим цветом.



5. Напечатать деталь с данными настройками. Результат должен быть таким, как на картинке ниже: два бруска из PLA-пластика одного и другого цвета надёжно скреплены и образуют единую модель. Если получен неудовлетворительный результат – следует откалибровать положение экструдеров XY, как описано в подразделе 4.3.12.

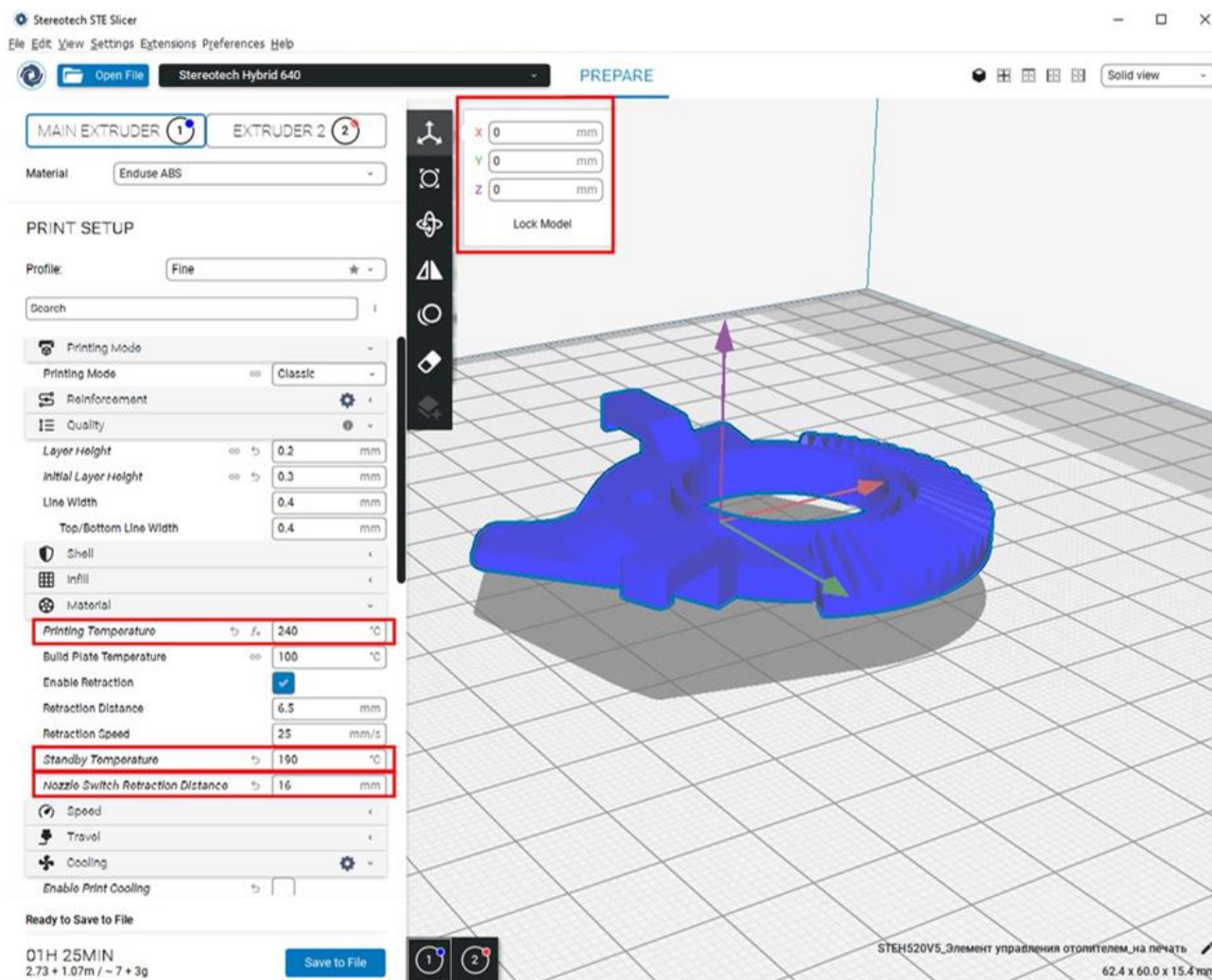


### 3.5.7. Настройка режима печати ABS с поддержками SBS (для принтеров Hybrid)

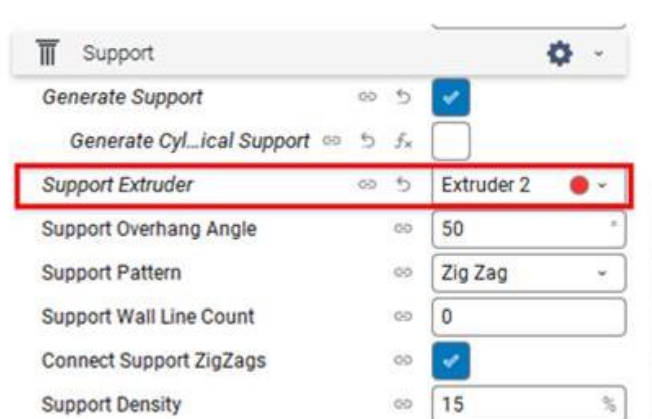
Алгоритм действий по подготовке задания двухэкструдерной печати с печатью поддержек вспомогательным экструдером будет описан на примере тестовой печати ABS + SBS. Аналогичный приём часто используется с водорастворимым пластиком PVA в качестве вспомогательного материала.

1. В STE Slicer загрузить деталь. Первый экструдер настроить под основной материал – ABS:

- температура экструдера (Printing Temperature) 240 °C;
- Температура ожидания (Standby Temperature) 190 °C;
- Ретракт при переключении сопел (Nozzle Switch Retraction Distance) 16 мм;
- Обдув (Cooling) для ABS отключить;
- Рекомендуется выбирать температуры печати и ожидания таким образом, чтобы разница между ними составляла не более 50 °C.



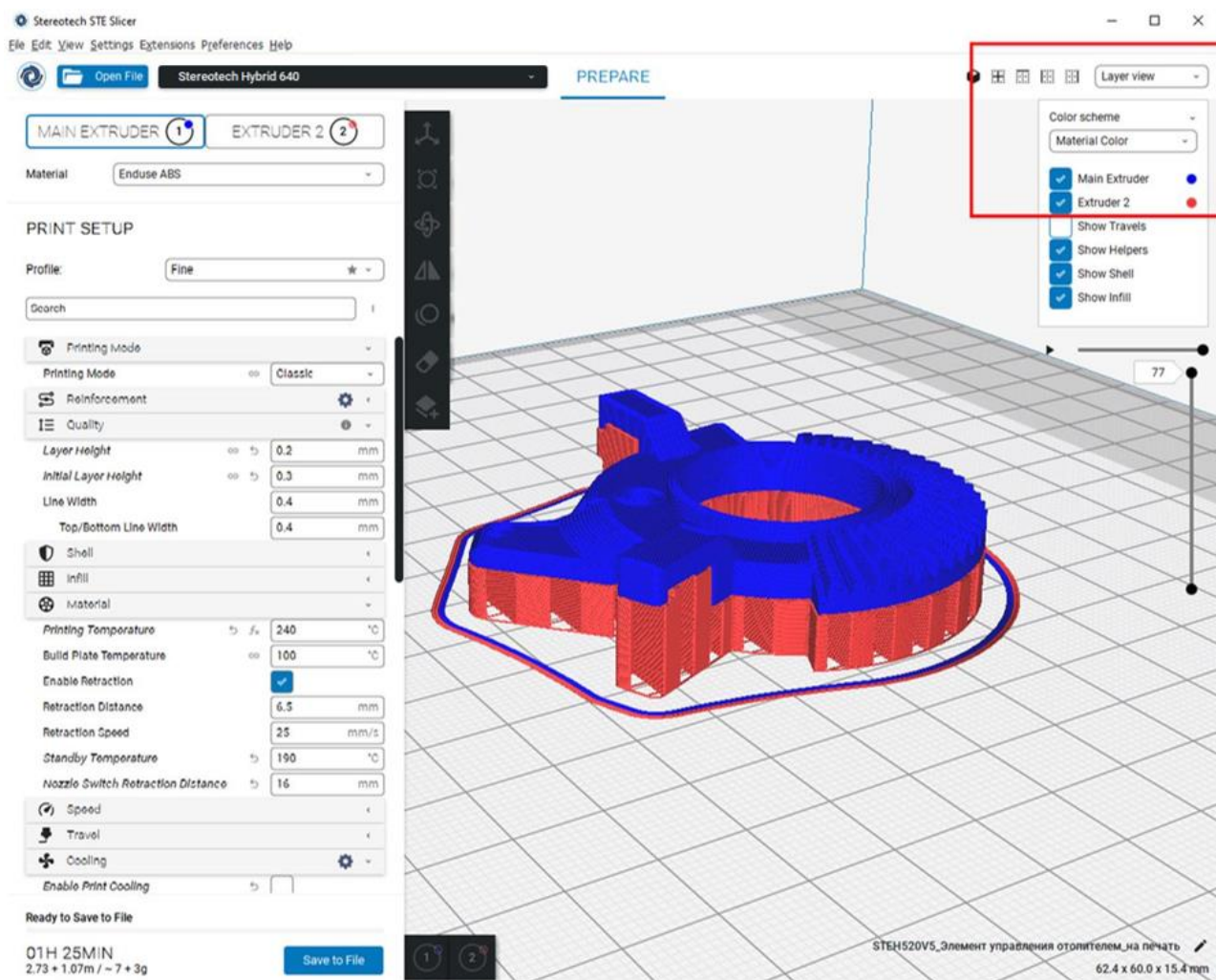
2. Затем настроить поддержки. Делается это также во вкладке первого экструдера. Главное – назначить Экструдер для печати поддержек (Support Extruder) как Extruder 2.



3. Второй экструдер аналогично настроить под материал поддержек – SBS. Здесь также важно установить настройки температур и ретрактов для второго материала. Остальные настройки печати по обоим экструдерам опциональны и зависят от детали.

4. Нарезать, визуализировать поле предварительного просмотра под цвет материала (Material Color). Видно, что поддержки печатаются вторым экструдером.

Кайма перед началом печати также будет выведена в несколько линий каждым экструдером, чтобы продавить начальный объем материала и подготовить экструдер к работе.

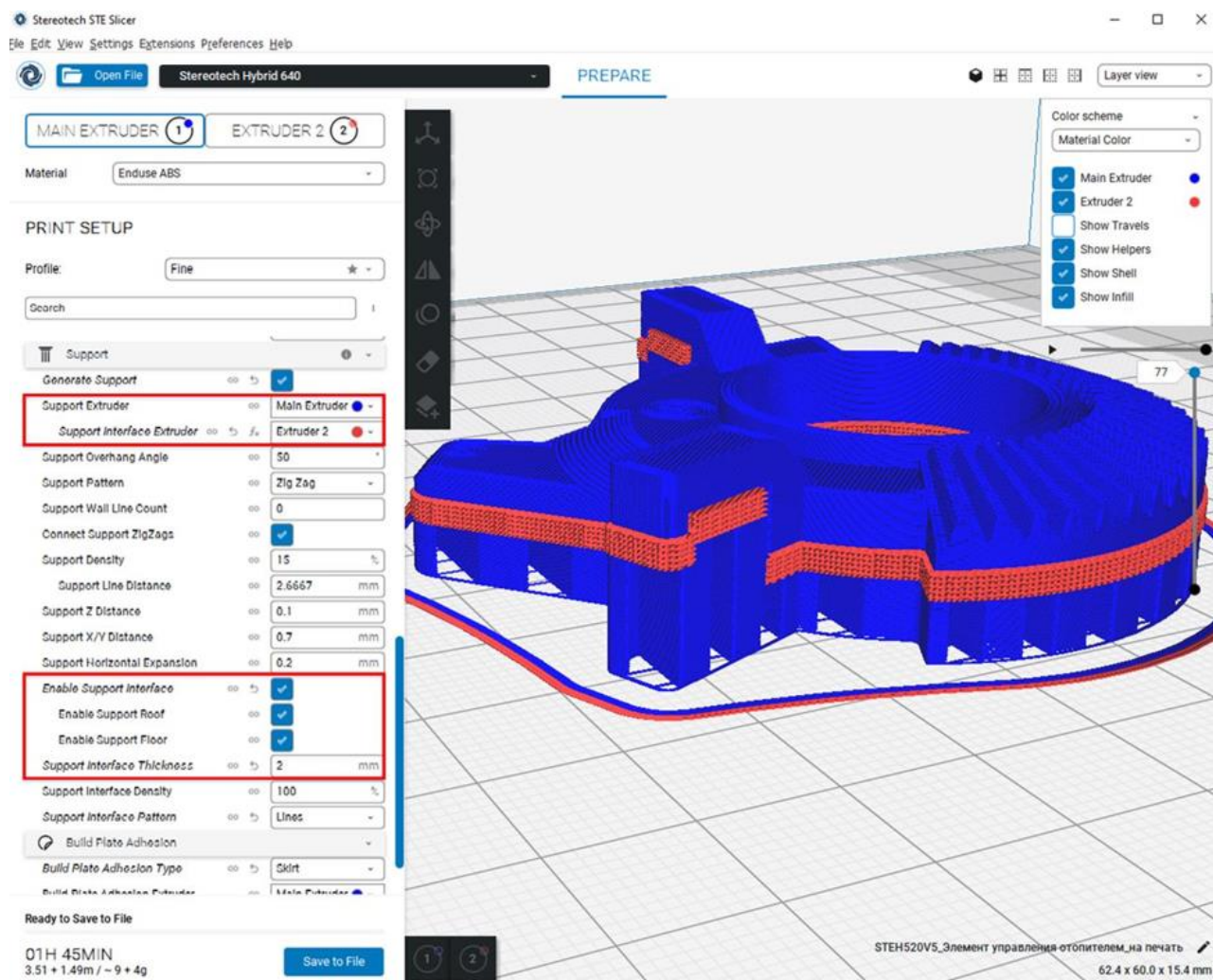


5. Результат печати данной детали выглядит следующим образом:



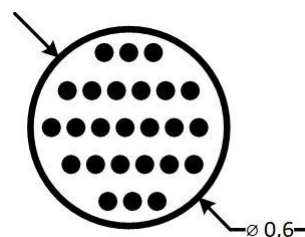
6. Также можно настроить печать поддержек основным материалом (ABS), а из дополнительного (SBS) печатать только связующий слой между поддержками и деталью (Support Interface). Настройки и визуализация приведены на рисунке ниже.

Такой приём рационально использовать для экономии вспомогательного материала, который значительно дороже основного (например, если Proto PVA используется как поддержка для Proto PLA или Enduse PA6).



### 3.5.8. Материалы для печати с армированием (для принтеров Fiber)

Материалы из серии ContiFiber – это филаменты, состоящие из очень тонких (порядка 1 .. 10 мкм) непрерывных волокон и пропитки из термопластика. Термопластик (в этом случае он называется матрицей) скрепляет волокна между собой и позволяет укладывать их внутри печатного изделия для повышения его прочности.

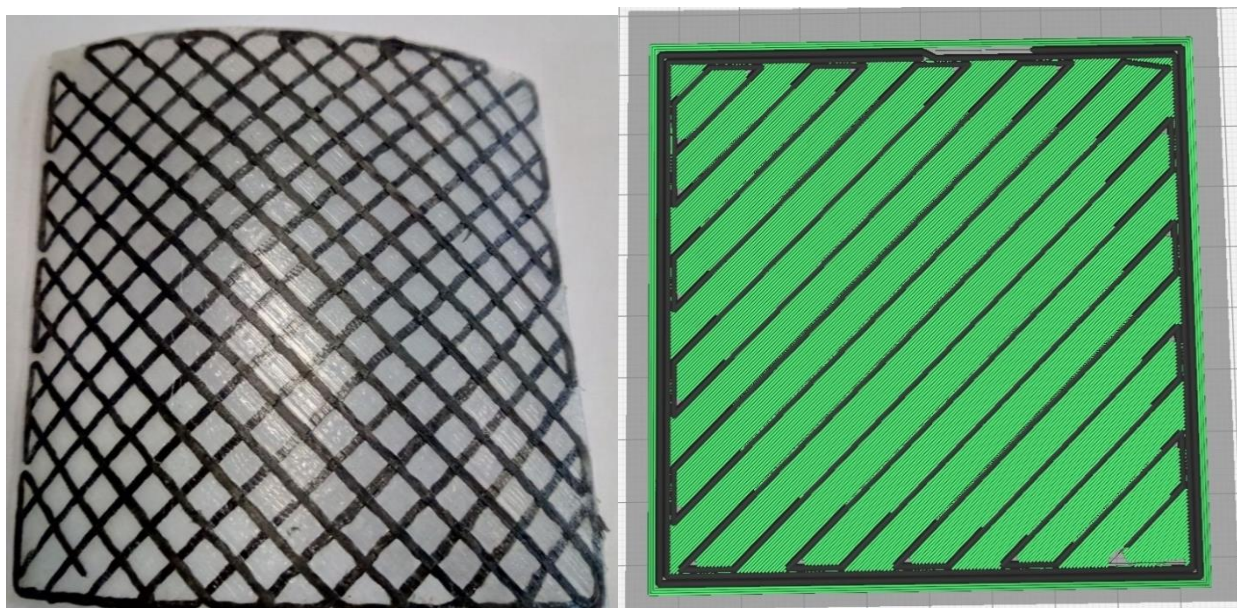


В технологии Fused Filament Fabrication для печати с армированием чаще всего используют углеволокно, стекловолокно и кевларовое волокно – каждый материал имеет свои физико-механические свойства и служит для упрочнения изделий под определённые нагрузки. Например, наиболее распространённое углеволокно имеет очень высокую прочность при растяжении (около 1900 МПа).

### Принцип печати с армированием

Основная часть детали печатается точно так же, как и при обычной 3D или 5D печати.

Непрерывное волокно подаётся и укладывается внутри определённых слоёв – так же, как стальная арматура в железобетоне. Экструдер для непрерывного волокна при печати нагревается до определённой температуры, при которой термопластичная пропитка филамента плавится, а сами волокна размягчаются и могут быть без повреждений согнуты на поверхности слоя. Когда разогретый армирующий материал подаётся из сопла, он прилипает к поверхности предыдущего слоя, полностью состоящего из пластика (как это происходит и при обычной полимерной печати).



Плотность укладки волокна, тип рисунка и направление линий, соотношение волокна и пластика – эти параметры армирования задаются при настройке режима печати в ПО STE Slicer.

По краям слоя с армированием выкладываются контуры (стенки), как и при обычной печати. Промежутки между соседними линиями волокна также заполняются пластиком. Пластик выполняет роль матрицы композитного изделия: он удерживает армирование на отведённом ему месте и не позволяет ему «играть», когда к детали прикладывается нагрузка. Волокна воспринимают основную часть этой нагрузки и не дают изделию сломаться и/или деформироваться.

### Полимерные материалы для печати с армированием

Матрица – это весь материал, окружающий армирование, «тело изделия». Главное требование к материалу матрицы: он должен хорошо слипаться с пропиткой армирования (т.е. с термопластиком PA6 для непрерывного углеволокна ContiFiber CPA). Для этого необходимо, чтобы оба материала имели сходные температуры размягчения и плавления, а также хорошо слипались друг с другом. Температура печати для филамента ContiFiber CPA составляет от 220 до 300 °C в зависимости от используемого материала матрицы и скорости укладки.

Наилучшего соединения армирования с матрицей можно добиться, если матрица будет из того же материала – PA6 (чистый или наполненный материал). Среди материалов Stereotech для печати с армированием можно применять следующие:

**Enduse PA6** (полимерная основа – PA6, температура печати 240 .. 270 °С) – прочный, жёсткий, эластичный материал с высокой химической стойкостью, устойчивый к ползучести и абразивному износу. Основными недостатками PA6 как конструкционного материала являются его уязвимость к влаге и УФ-излучению: на солнце он постепенно деградирует, а с накоплением влаги становится менее прочным и твёрдым (хотя более стойким к ударной нагрузке).

В сочетании с непрерывным волокном этот материал обеспечивает наибольшую возможную прочность. В то же время этот материал очень сложен для печати из-за высокого влагопоглощения и сильной усадки. В первую очередь его можно рекомендовать для печати в 5D режимах высоконагруженных и/или химически стойких изделий: в этом случае гораздо меньше риск коробления и отрыва детали от основания из-за усадки.



Как аналог PA6 для печати с армированием можно использовать пластик ABS/PA6 – менее гибкий и износостойкий, но более простой в работе и менее склонный к набору влаги.

Для печати высокопрочных армированных деталей для больших нагрузок рекомендуются композиционные материалы на основе PA6, наполненные короткими волокнами (серия Fiberpart): PA6 C30, PA6 G30, ABS/PA6 G8.

**Enduse TPU D70** (полимерная основа – TPU, температура печати 210 .. 240 °С) – жёсткий термополиуретан с твёрдостью 70 по шкале Шора D. Прочный и упругий материал, во многом аналогичный PA6, но более мягкий. Также он меньше поглощает влагу, плавится при меньшей температуре и отличается меньшей усадкой, благодаря чему гораздо проще для печати. Данный материал хорошо подойдёт для 3D и 5D печати деталей, работающих при умеренной нагрузке или требующих гибкости. При достижении предельной нагрузки происходит хрупкое разрушение волокна, матрица из TPU D70 только деформируется.

Для более нагруженных деталей рекомендуется использовать композитные материалы на основе TPU из серии Fiberpart: TPU C5, TPU G10, TPU G30.



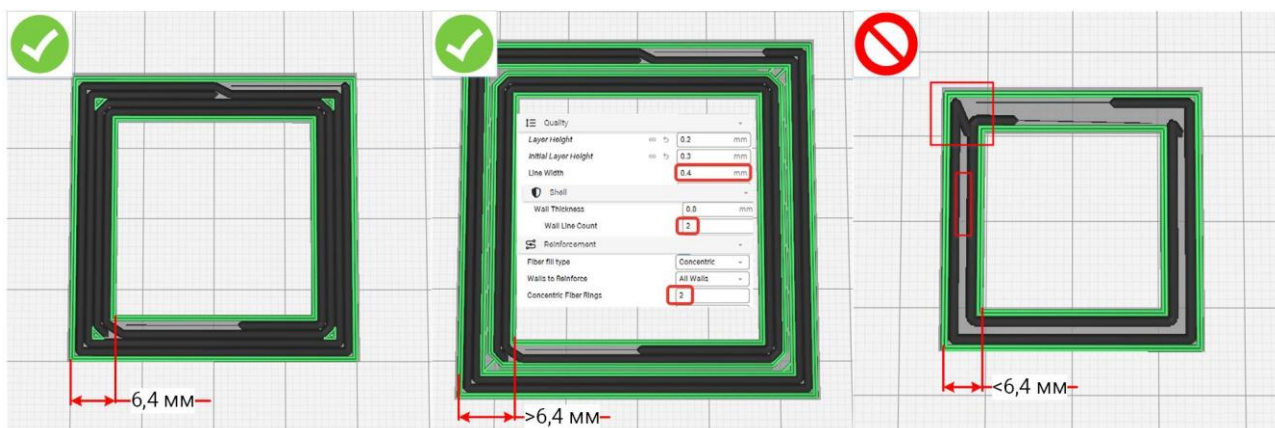
### 3.5.9. Подготовка моделей для печати с армированием (для принтеров Fiber)

Из-за свойств армирующего материала и особенностей процесса печать с укладкой непрерывного волокна имеет свои особенности и ограничения, которые необходимо учитывать уже на этапе подготовки моделей.

#### Ширина армирующей линии

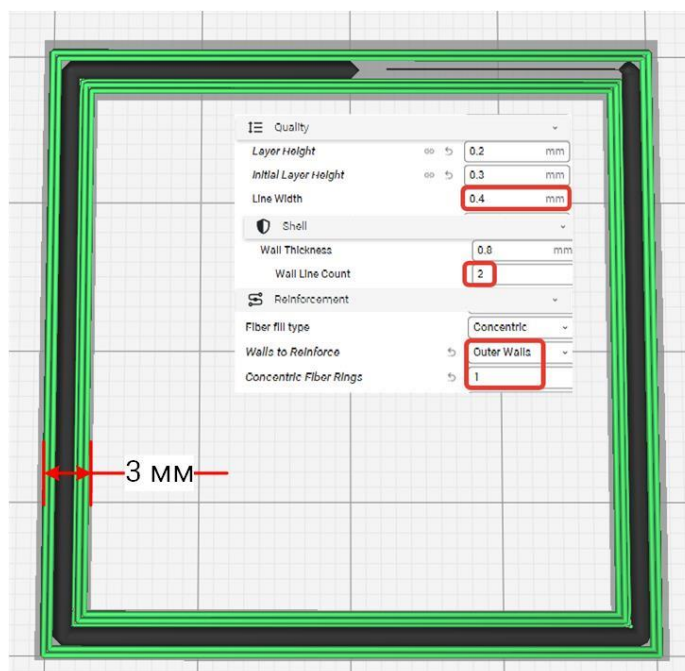
В отличие от полимеров для FDM печати, непрерывное волокно – материал, который не сжимается и весьма ограниченно гнётся. При выкладке на поверхность слоя волокно раскатывается в линию шириной около **1,2 мм**.

Место для укладки линий непрерывного волокна следует предусмотреть уже на этапе проектирования. Так, ширину тонких элементов изделия (например, стенок квадратной модели на картинке ниже) следует выбирать исходя из того, сколько линий волокна будет закладываться в этот элемент и сколько линий основного (полимерного) материала будет укладываться в контурах вокруг них. В примере ниже вдоль каждой боковой поверхности изделия заложены по 2 линии пластика шириной 0,4 мм и 2 линии волокна шириной 1,2 мм – таким образом, толщина модели в этом месте должна составлять не менее  $2 \times (0,4 \times 2) + 2 \times (1,2 \times 2) = 6,4 \text{ мм}$ .



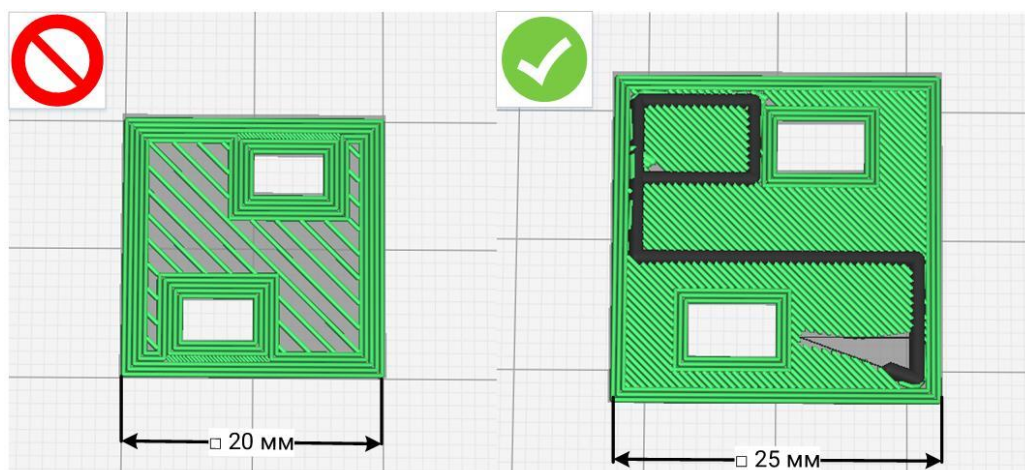
При увеличении этого размера свободное пространство будет автоматически заполняться пластиком. Однако если размер будет меньше, чем следовало его назначить исходя из количества линий – между линиями волокна появятся щели, а также могут возникнуть наложения линий на краях.

Для получения ровной боковой поверхности изделия боковой контур из пластика должен быть толщиной не менее 0,8 .. 1,0 мм на каждую сторону (рекомендуется 1,0 .. 2,5 мм). Таким образом, минимальная ширина тонкого армированного элемента (при контуре 0,8 мм на сторону и одной линии волокна в середине) составляет 3 мм.



### Длина армирующей линии

Расстояние между выходом сопла для непрерывного волокна и лезвием, отсекающим волокно в конце траектории, составляет около **16 мм**. Траектории непрерывного волокна, закладываемые в слой, не могут быть короче этого расстояния – отрезок волокна меньшего размера подать не получится. Запрет на генерацию более коротких траекторий заложен в ПО STE Slicer, при проектировании изделия нужно только учитывать это ограничение при создании маленьких деталей и/или маленьких армированных участков.

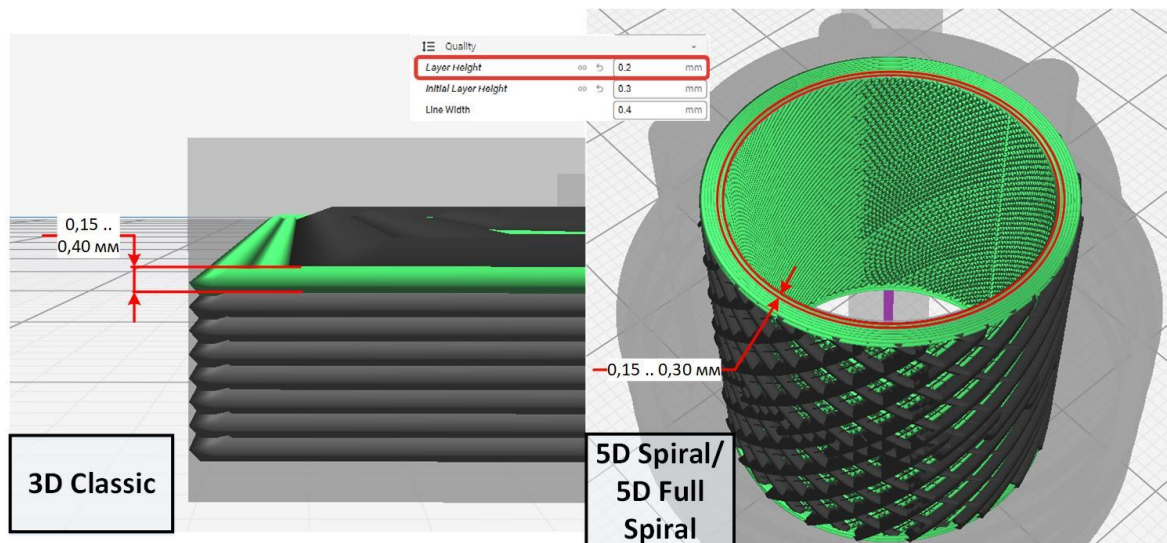


### Высота армирующего слоя

При FDM печати изделие выращивается послойно – на приёмную поверхность выкладывается один слой материала, за ним другой и так далее, пока изделие не будет напечатано целиком. При подготовке G-кода для принтера высота слоя плавно настраивается в зависимости от того, требуется ли получить изделие с минимальной шероховатостью боковой поверхности (тогда высоту слоя уменьшают) или как можно быстрее (тогда увеличивают).



Непрерывное волокно при укладке раскатывается в линию определённой высоты в зависимости от настроенной высоты слоя изделия и высоты установки экструдера для волокна (см. подраздел 4.3.12). Однако задаваемая высота слоя не может быть слишком маленькой (при печати должно оставаться достаточно пространства для выкладки волокна) или слишком большой (в этом случае волокно плохо прилипнет к поверхности предыдущего слоя и изделие может расслоиться под нагрузкой). Для печати с армированием на 5D принтерах Stereotech 640 Fiber рекомендуется использовать высоту слоя в диапазоне 0,15 .. 0,4 мм для печати в режиме 3D Classic и 0,15 .. 0,3 мм в режимах 5D Spiral и 5D Full Spiral.



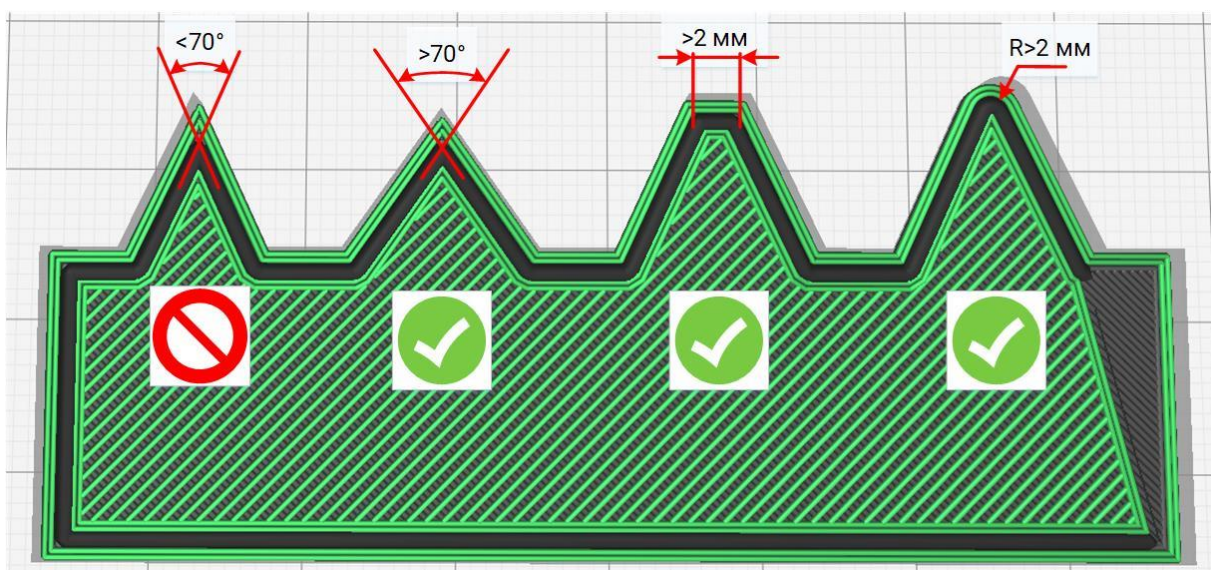
### **ВНИМАНИЕ**

**Максимально допустимая высота слоя для печати пластиком зависит от используемого сопла и не должна превышать 80% диаметра его выходного отверстия (т.е. слой высотой не более 0,32 мм для стандартно используемого сопла 0,4 мм). Например, при печати с армированием слоем 0,4 мм рекомендуется установить в левый экструдер сопло диаметром от 0,6 мм.**

### Точки перегиба армирующих траекторий

При выкладке длинной армирующей траектории могут происходить перегибы волокна, в первую очередь – при переходе с одной линии внутреннего заполнения на другую и при армировании боковых контуров изделия (как изображено на картинке ниже). При проектировании модели следует избегать острых перегибов армирующей линии: на слишком острых углах волокно ломается и «смазывается», что может привести к засорению сопла и остановке печати.

Острые перегибы следует делать не менее  $70^\circ$ , чтобы волокна имели возможность плавно изогнуться. Также рекомендуется для внешних выступающих элементов и внутренних отверстий вместо треугольного профиля использовать более плавные траектории (например, в виде трапеции или эвольвенты с шириной верхнего основания  $>2$  мм, или же скруглять острые края радиусом  $R > 2$  мм).



### Эксплуатационные ограничения

Ограничения по применению того или иного армирующего материала связаны с физико-механическими свойствами филамента – в первую очередь с диапазоном его рабочих температур (можно узнать на листе информации о материале) и с тем, под какими видами нагрузок данные волокна могут работать.

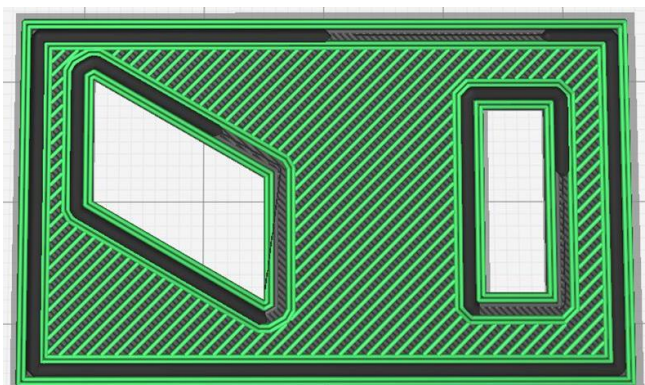
### Настройка положения волокон в армирующем слое

ПО STE Slicer позволяет настроить способ ориентации, направление и плотность армирующих линий в зависимости от того, на какие нагрузки рассчитывается изделие. Ниже приводится общее описание доступных структур армирования в разных режимах печати. Более подробный обзор настроек армирования приведён в руководстве по ПО STE Slicer по адресу: <https://wiki.stereotech.org/steslicer>.



Как в режиме стандартной 3D печати, так и в 5D режимах доступно армирование изделия по контуру и армирование внутренней части слоя по нескольким стандартным рисункам. В зависимости от режима и формы детали конкретная реализация этих рисунков может отличаться.

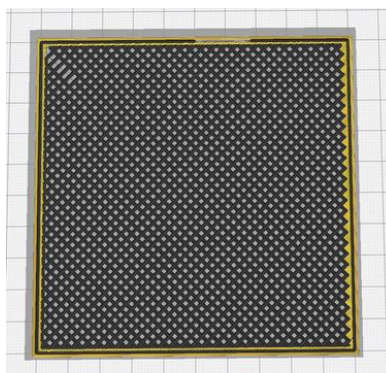
Контурная укладка волокна происходит аналогично печати Стенок (Walls) из основного материала. Количество армирующих контуров задаётся настройкой «Количество армирующих контуров» (Fiber Walls Count). Если у изделия есть отверстия в слое, где закладывается армирование – армирующий контур будет построен и вокруг них тоже.



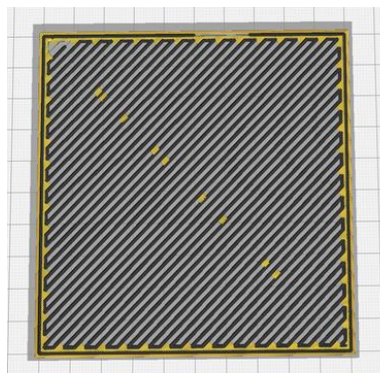
При армировании контуров следует проверить, нет ли слишком больших перегибов в армирующих траекториях. Если перегибы есть, очертания модели следует сглаживать так, как описано выше.

Поскольку внешние очертания многих изделий так или иначе согласуются с их рабочими нагрузками, использование большего или меньшего количества контуров из волокна целесообразно в большинстве случаев. Для тонкостенных изделий это также единственный доступный вид армирования.

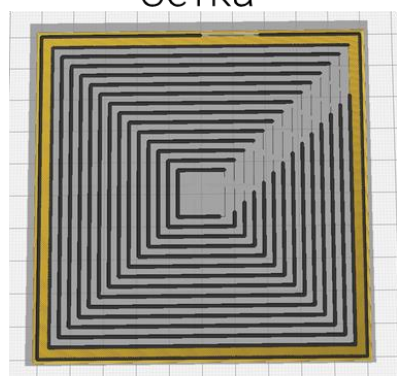
Укладка волокна по внутренней части слоя происходит аналогично печати Заполнения (Infill) из основного материала в соответствии с одним из 3 рисунков заполнения, аналогичных стандартным рисункам для FDM печати: Линии (Lines), Сетка (Grid) и Концентрический (Concentric).



Сетка



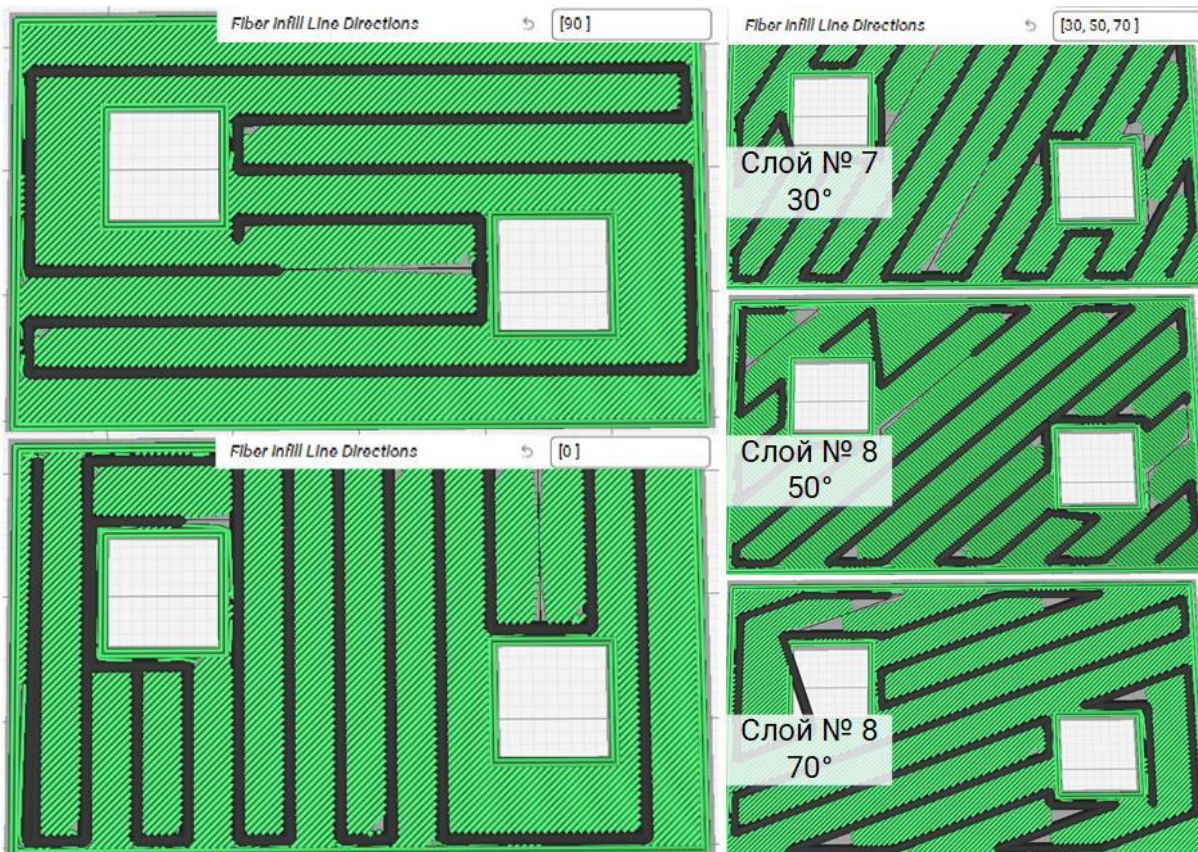
Линии



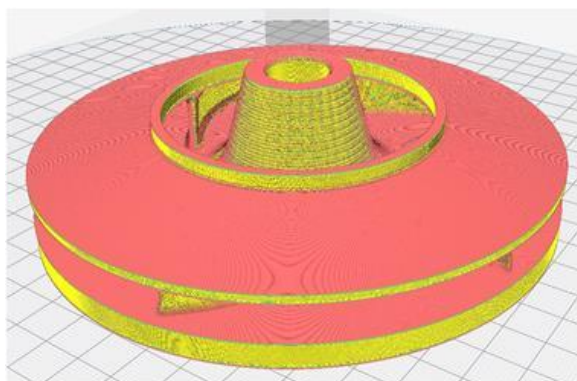
Концентрическое заполнение

Внутреннее заполнение можно комбинировать с произвольным количеством контуров из волокна. Плотность и направление линий регулируется; в общем случае рекомендуется располагать линии волокна вдоль линий действия рабочих нагрузок.

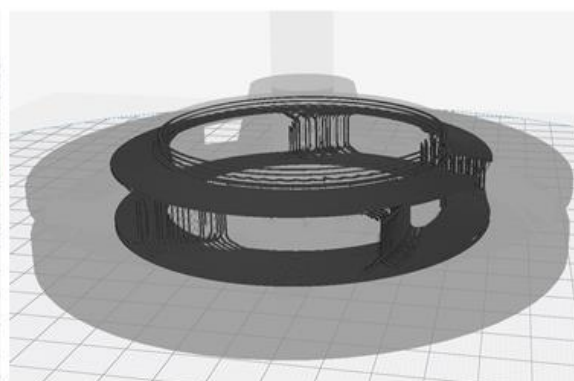
При несплошном армировании промежутки между линиями волокна заполняются основным материалом для лучшего закрепления армирующих линий в теле изделия. Для обеспечения более равномерных механических свойств в некоторых изделиях целесообразно чередовать направления укладки волокна.



Армирование контуров в цилиндрических слоях **при 5D печати** также происходит аналогично построению стенок. При простой форме слоя стенки из волокна будут принимать вид колец по краям модели и вокруг отверстий. В моделях более сложной формы (как крыльчатка на рисунке ниже) контуры из волокна выстраиваются в виде жёсткого каркаса изделия:

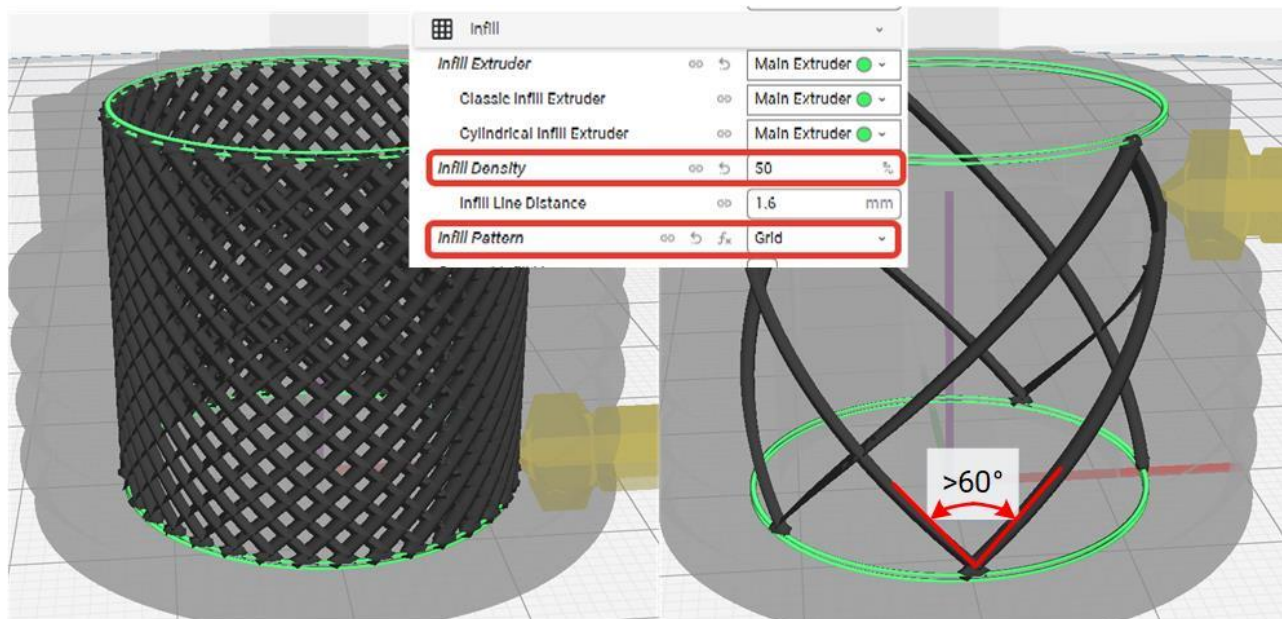


Общий вид детали



Армирующий каркас

Рисунок внутреннего заполнения типа «Сетка» подходит для большинства массивных деталей. Заполнение армирующего слоя происходит длинными траекториями с минимальным количеством отсечений и плавными перегибами по краям слоя. Для этого типа армирования рекомендуется регулировать плотность заполнения от 10% до 80% (при которой достигается практически сплошной армирующий слой). Угол подъёма армирующих линий настраивается в зависимости от требуемой прочности. Рекомендуются углы от 60° градусов, если изделие работает на растяжение или изгиб, меньшие углы в случае, если изделие работает на кручение.



Особенностью данного способа заполнения является то, что в каждом армирующем слое происходит многократное взаимное наложение линий волокна. С одной стороны, это дополнительно увеличивает прочность слоя (по сравнению с Линейным или Концентричным заполнением аналогичной плотности). С другой стороны, фактическая толщина слоя в этом случае получается на 20 .. 40% (в зависимости от плотности заполнения) больше расчётной, заданной в ПО STE Slicer. Чтобы избежать непредсказуемого утолщения детали и/или появления дефектов формы, рекомендуется ограничить количество армирующих слоёв, идущих подряд, в зависимости от плотности.

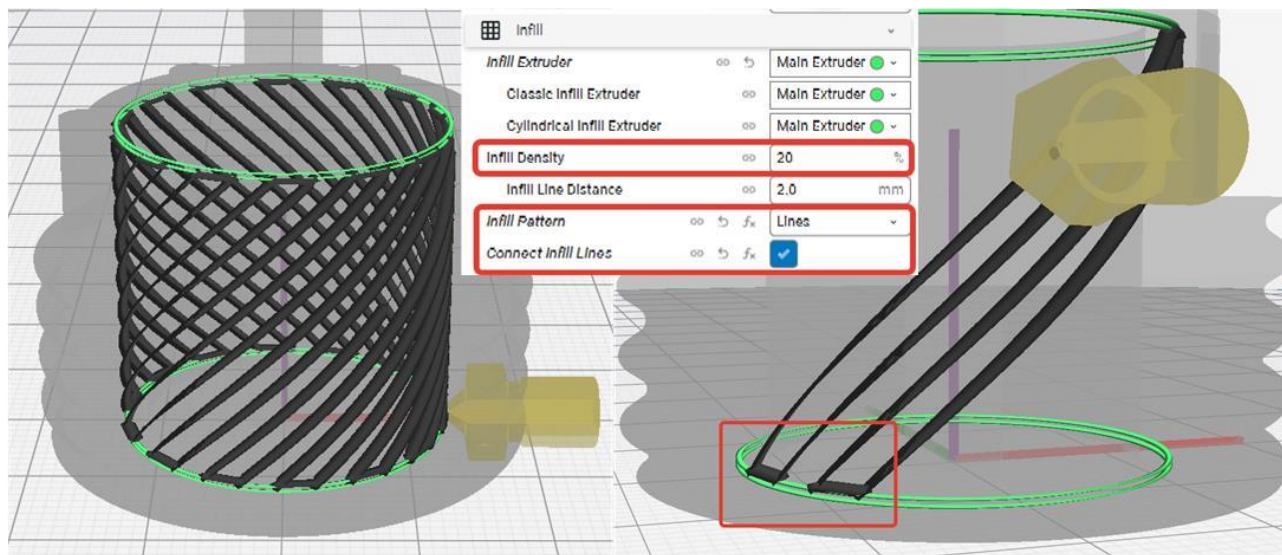
**Таблица 3.1.**

Плотность сетчатого заполнения	Количество армирующих слоёв без промежуточных слоёв
10%	6
20%	5
30%	4
40%	3
50%	2
>50%	1

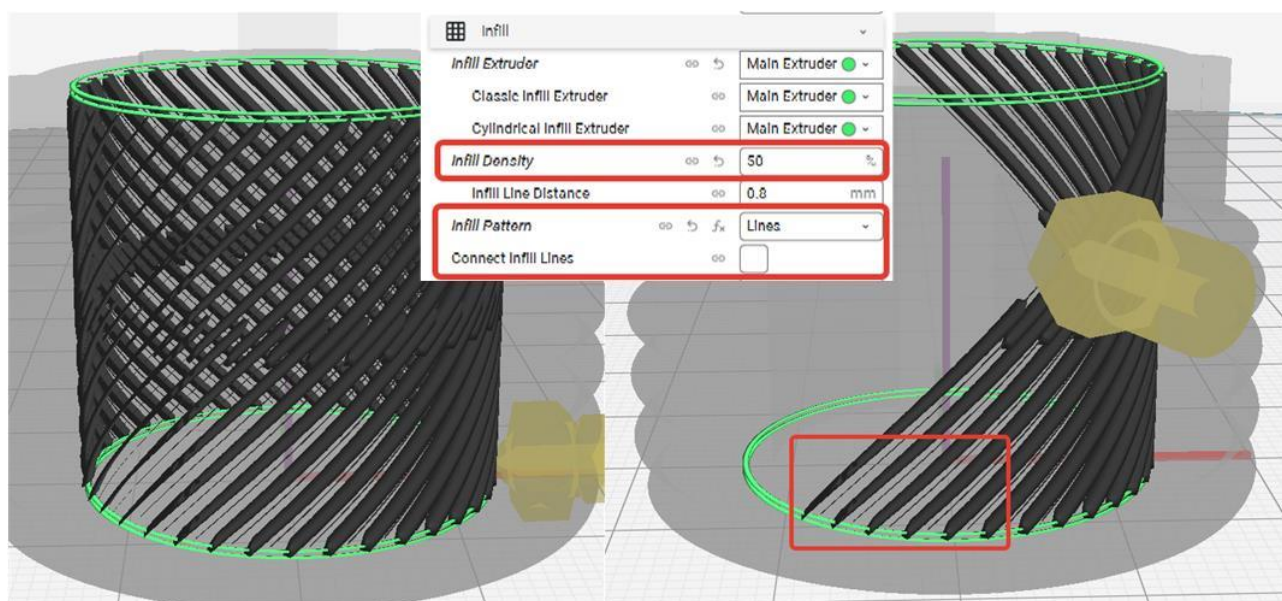
Указанное количество армирующих слоёв рекомендуется чередовать со слоями из пластика, чтобы сгладить неровности укладки волокна.

При выборе рисунка типа «Линии» с опцией «Соединять линии заполнения» заполнение армирующего слоя происходит также длинными траекториями с минимальным количеством отсечений. Во избежание резких перегибов рекомендуется

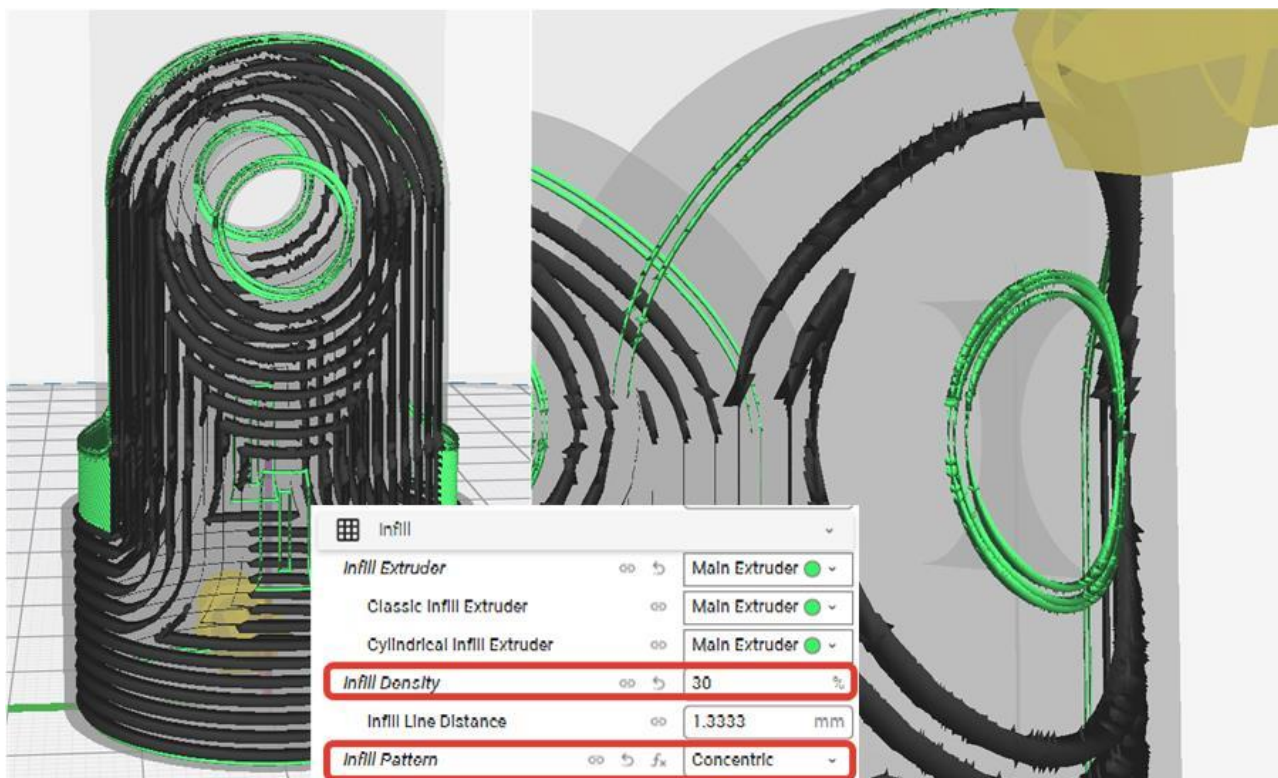
ограничить плотность заполнения для такого рисунка 10 .. 40% в зависимости от размеров изделия. Угол подъёма армирующих линий также настраивается в зависимости от требуемой прочности. Рекомендуются углы от 60° градусов, если изделие работает на растяжение или изгиб, меньшие углы в случае, если изделие работает на кручение.



При выборе рисунка типа «Линии» без опции «Соединять линии заполнения» заполнение армирующего слоя происходит короткими траекториями, которые заканчиваются на краях слоя. За ~16 мм до края происходит отсечение волокна, и его укладка происходит без подачи филамента с катушки (траектория «довыкладки» показана на картинке ниже тонкой чёрной линией). Перегибов волокна в этом случае не образуется, поэтому варьировать плотность можно свободно до 90 .. 100% (сплошной армирующий слой). Данный тип армирования подойдёт для деталей, имеющих выступающие элементы, которые не требуется армировать по замкнутому контуру. Также он может использоваться в качестве альтернативы двум предыдущим типам заполнения, если требуется обеспечить большую плотность армирования.



Заполнение армирующего слоя по рисунку типа «Концентрический» происходит длинными или короткими траекториями, повторяющими внешние очертания изделия. Количество отсечений может быть разным в зависимости от конфигурации слоя. Рекомендуется использовать плотность заполнения до 80% в зависимости от того, образуются ли перегибы волокна при армировании данной детали (в этом случае также следует добиваться перегибов не более 60 .. 70°). Данный тип армирования подойдёт для деталей, в которых требуется по замкнутому контуру армировать элементы, выступающие за пределы основной массы изделия (как, например, «ушки» на рисунке ниже).



## 3.6. Запуск принтера и управление процессом печати

### 3.6.1. Алгоритм запуска принтера

После подготовки управляющей программы для 5D принтера Stereotech и проведения необходимых сервисных операций необходимо создать задание в системе управления процессом печати – STE App. Для этого сначала требуется подготовить управляющую программу для печати изделия в формате .gcode, как указано в подразделе 3.5.4.

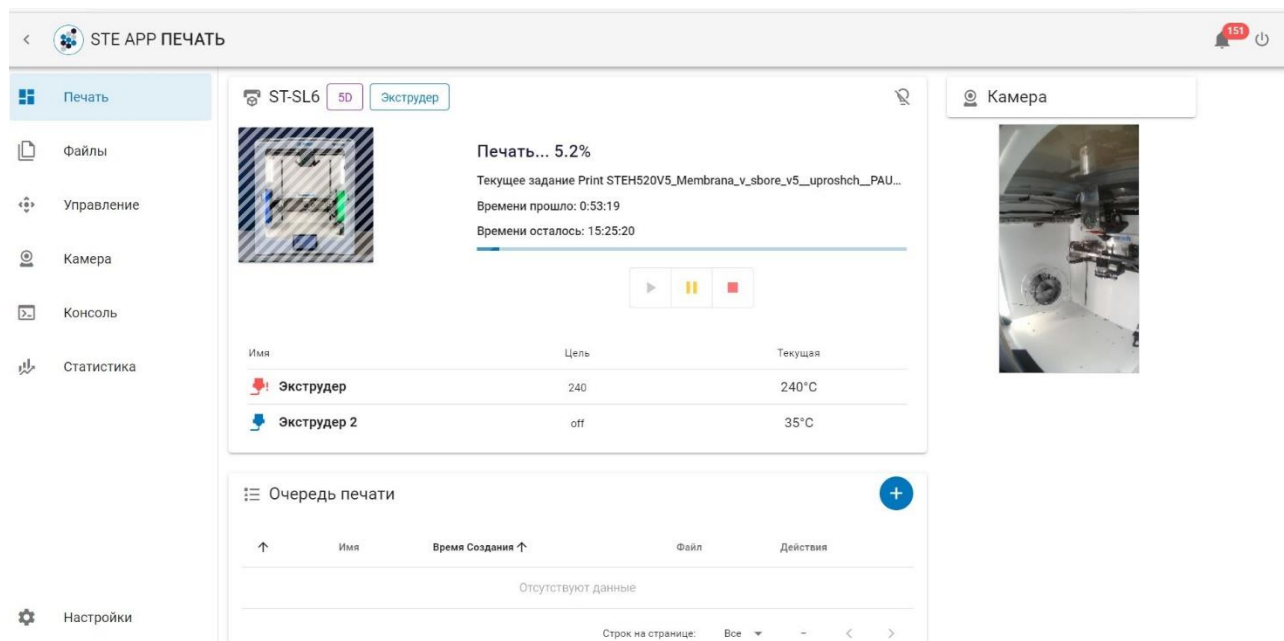
Алгоритм запуска задания печати:

- 1) загрузить G-код в файловую систему принтера;
- 2) создать задание печати по загруженному G-коду;
- 3) на главном экране STE App Печать переключить флажок «Готов к печати» для перевода принтера в режим Ожидания, в котором он подхватит первое задание печати из очереди;
- 4) дождаться нагрева всех узлов и запуска печати;
- 5) проконтролировать качество печати первого слоя, при необходимости скорректировать поведение принтера: положение сопла и приёмной поверхности с

помощью функции Сдвиг осей, скорость печати, температуры, скорость обдува и коэффициент подачи материала.

### 3.6.2. Описание функций интерфейса STE App

STE App Печать – главное окно системы. Здесь отображается текущее состояние принтера (Обслуживание, Ожидание, Печать и т.д.) с индикацией температуры нагретых элементов, очередь печати. В web-интерфейсе дополнительно в правой части окна выводится уменьшенное изображение с камеры в рабочей зоне принтера:



После включения или завершения печати 5D принтер находится в режиме Обслуживания (Maintenance). В этом режиме необходимо проводить все сервисные операции (загрузка/выгрузка материала, калибровка рабочей платформы, нанесение адгезива, снятие готовой детали и т.д.).

После проведения необходимых сервисных операций можно перевести 5D принтер в режим Ожидания (Idle). В этом режиме принтер будет готов автоматически принимать задания к выполнению. Перед каждым включением режима Ожидания следует обязательно проконтролировать состояние рабочей камеры:

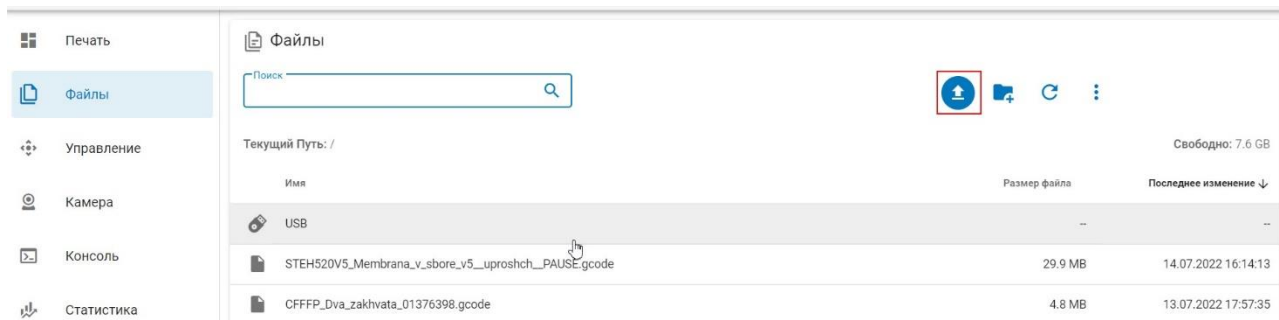
- в камере не должно быть посторонних предметов (инструментов, готовых деталей и др.);
- катушки с рабочим материалом должны быть ровно установлены так, чтобы не мешать перемещению подвижных узлов;
- на рабочей платформе должна быть правильно закреплена рабочая поверхность;
- дверцы принтера должны быть закрыты, если иное не предусмотрено технологическим процессом для данного материала/изделия.

В левой части окна можно переключиться на другие вкладки:

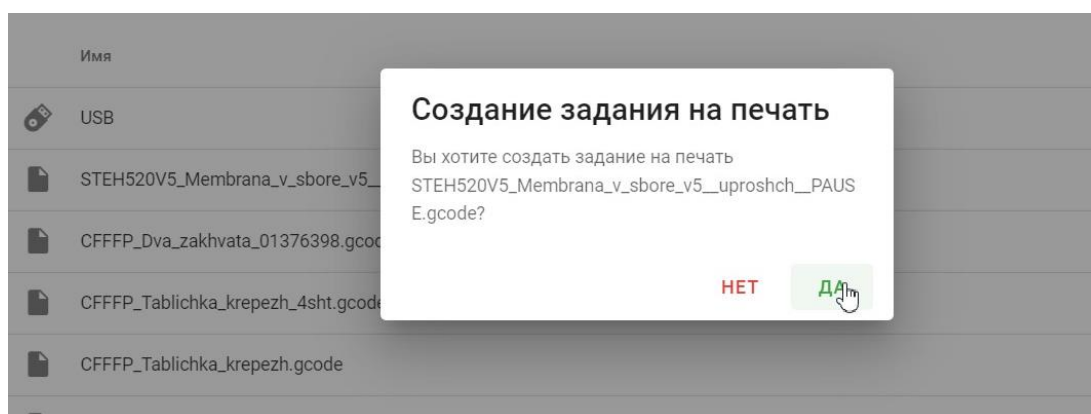
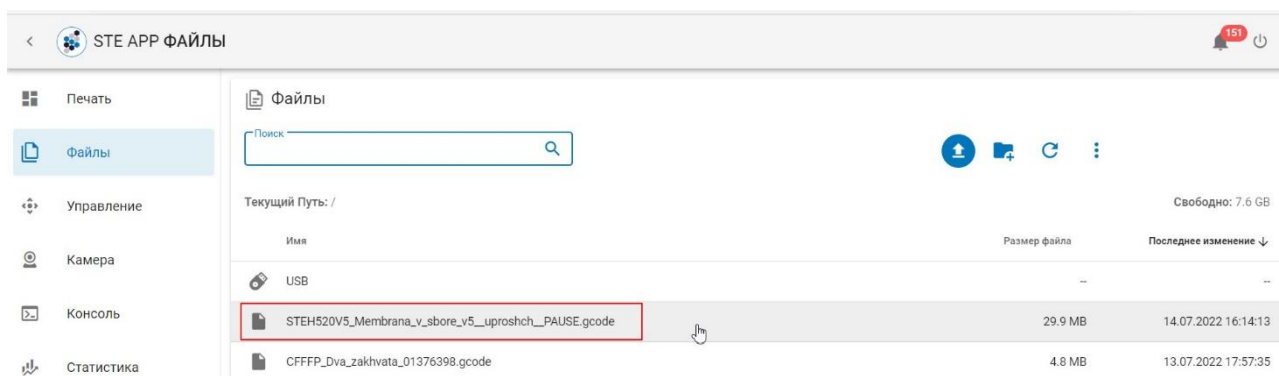
- Файлы – управление хранилищем управляющих программ принтера (gcode);
- Управление – ручное управление принтером;
- Камера – увеличенное изображение с камеры в рабочей зоне;
- Консоль – терминал для ручного ввода команд для принтера;

- Статистика – раздел с отображением статистики работы принтера за определённый период;
- Настройки – управление настройками интерфейса принтера (подключение к сети передачи данных, выбор языка, установка обновлений и т.д.).

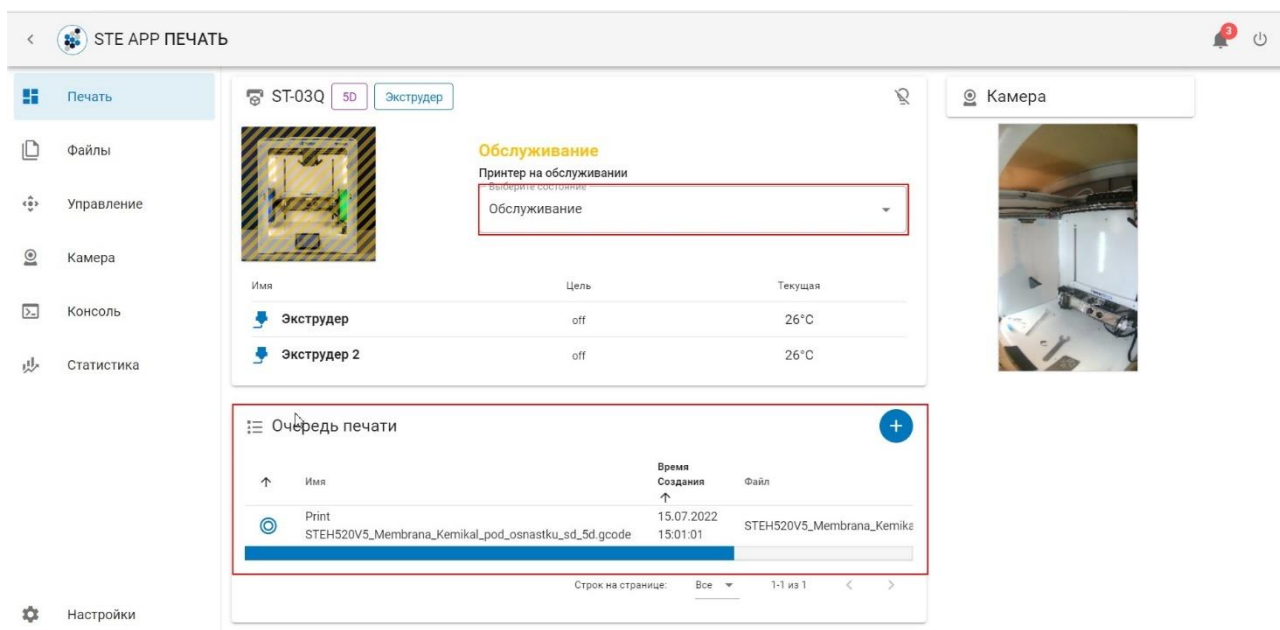
Для добавления новой управляющей программы следует перейти на вкладку **Файлы** и нажать кнопку **Загрузить файл**:



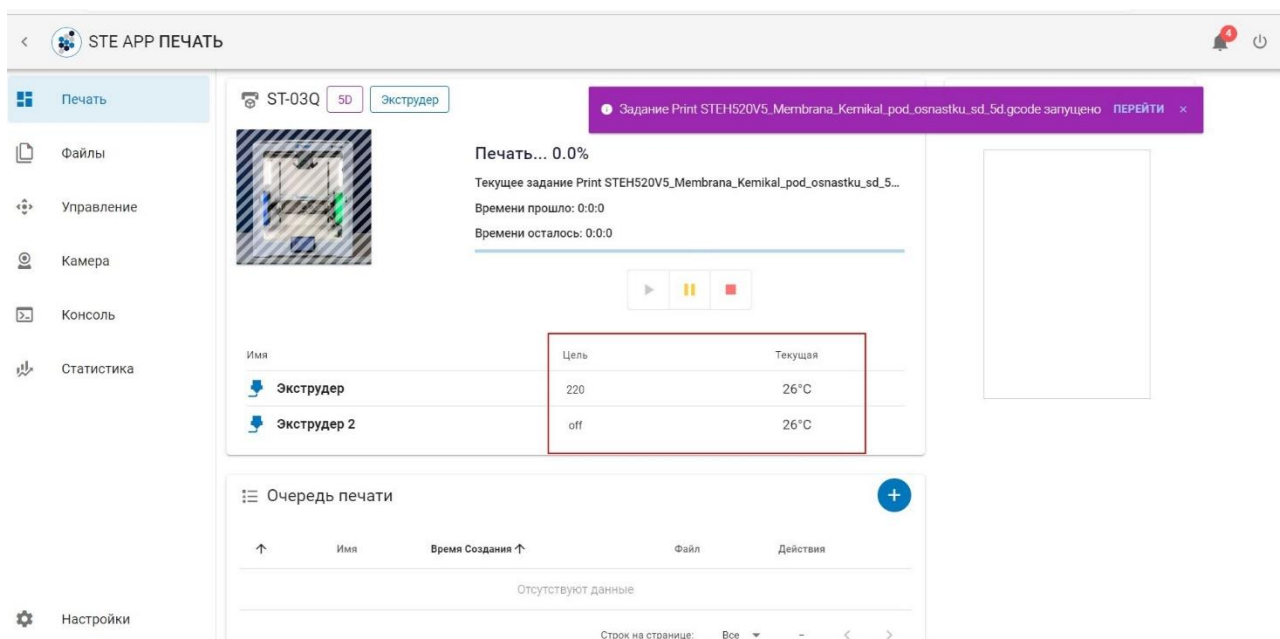
Все файлы в памяти принтера приведены в списке ниже. Здесь же появится и новый загруженный файл. Нужно щёлкнуть на него, чтобы создать задачу на его печать:



Задание создано и отобразится в очереди печати на главной вкладке **STE App – Печать**. Чтобы запустить печать задания из очереди, следует перевести принтер из состояния **Обслуживания** в состояние **Ожидания**:

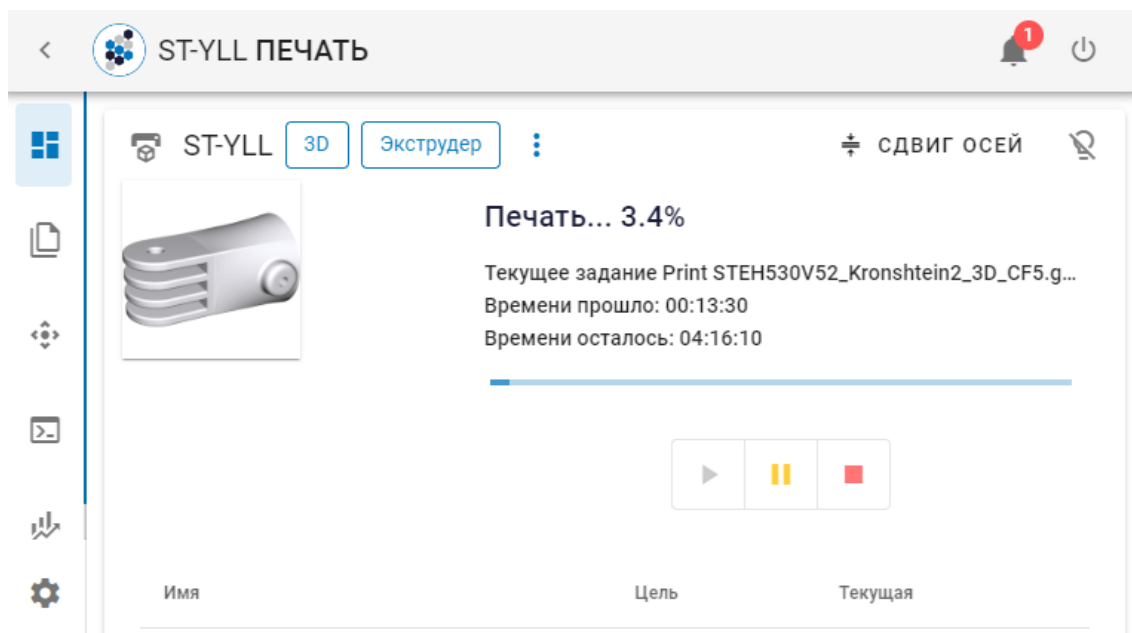


Получив задание, принтер переходит в режим Печать и начинает работу после нагрева рабочих органов до требуемой температуры:



Когда платформа и экструдеры нагреются, печатающая головка переместится в ближний правый угол, выдавит немного материала и приступит к процессу печати.

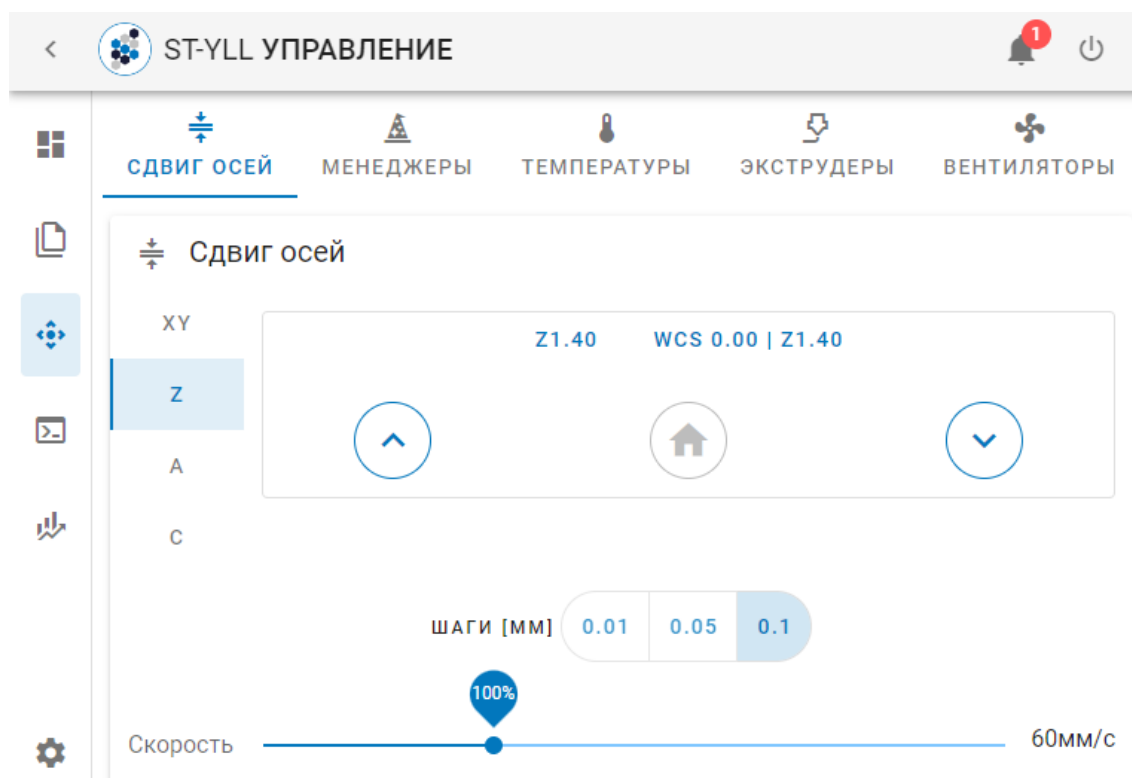
При старте печати рекомендуется проконтролировать высоту первого слоя. Если зазор между соплом и поверхностью для печати (стеклом или оснасткой) меньше или больше, чем нужно, скорректировать высоту можно с помощью функции «Сдвиг осей». Она доступна только во время печати и расположена на вкладке «Печать» в правом верхнем углу интерфейса принтера.



При нажатии на неё откроется панель управления, на которой можно выбрать ось и совершить передвижение по ней на заданный шаг. Например, если на первом слое печати зазор между соплом и поверхностью печати слишком большой, нужно выбрать ось Z, шаг 0,1 мм и нажать на кнопку «Вверх» (может понадобиться несколько нажатий).

Обратите внимание на то, что перемещение производится с небольшой задержкой.

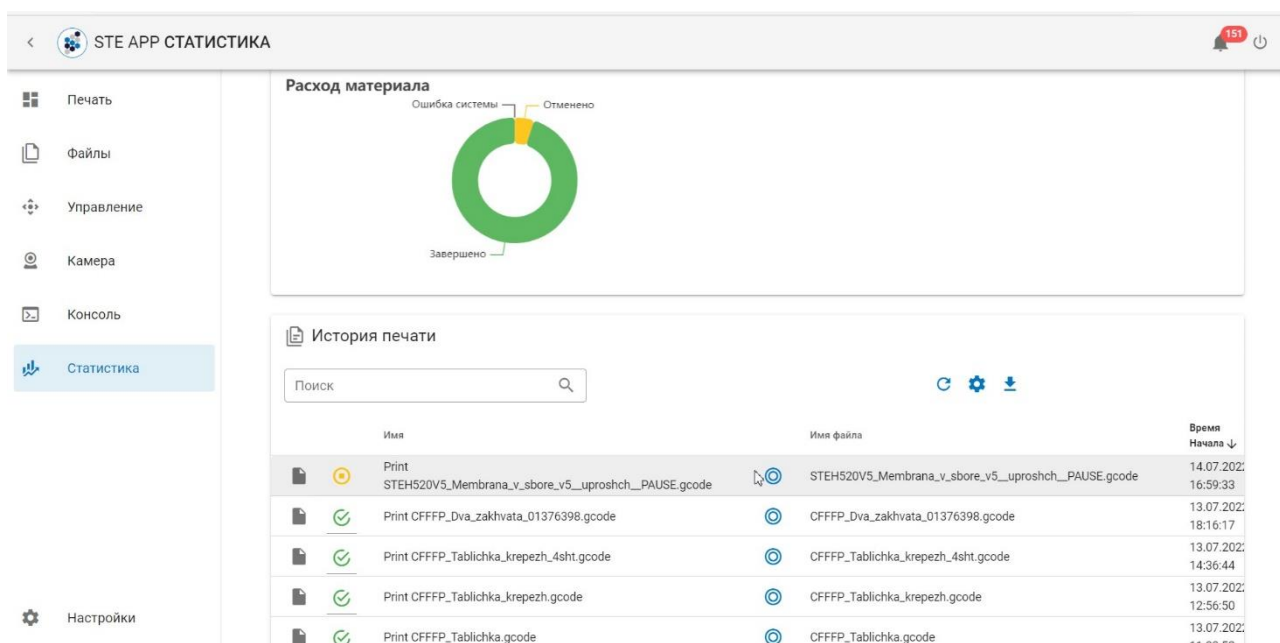
Также на экране «Сдвиг осей» можно ускорить или замедлить печать с помощью ползунка «Скорость». За 100% скорости принимается скорость, установленная в настройках печати STE Slicer.

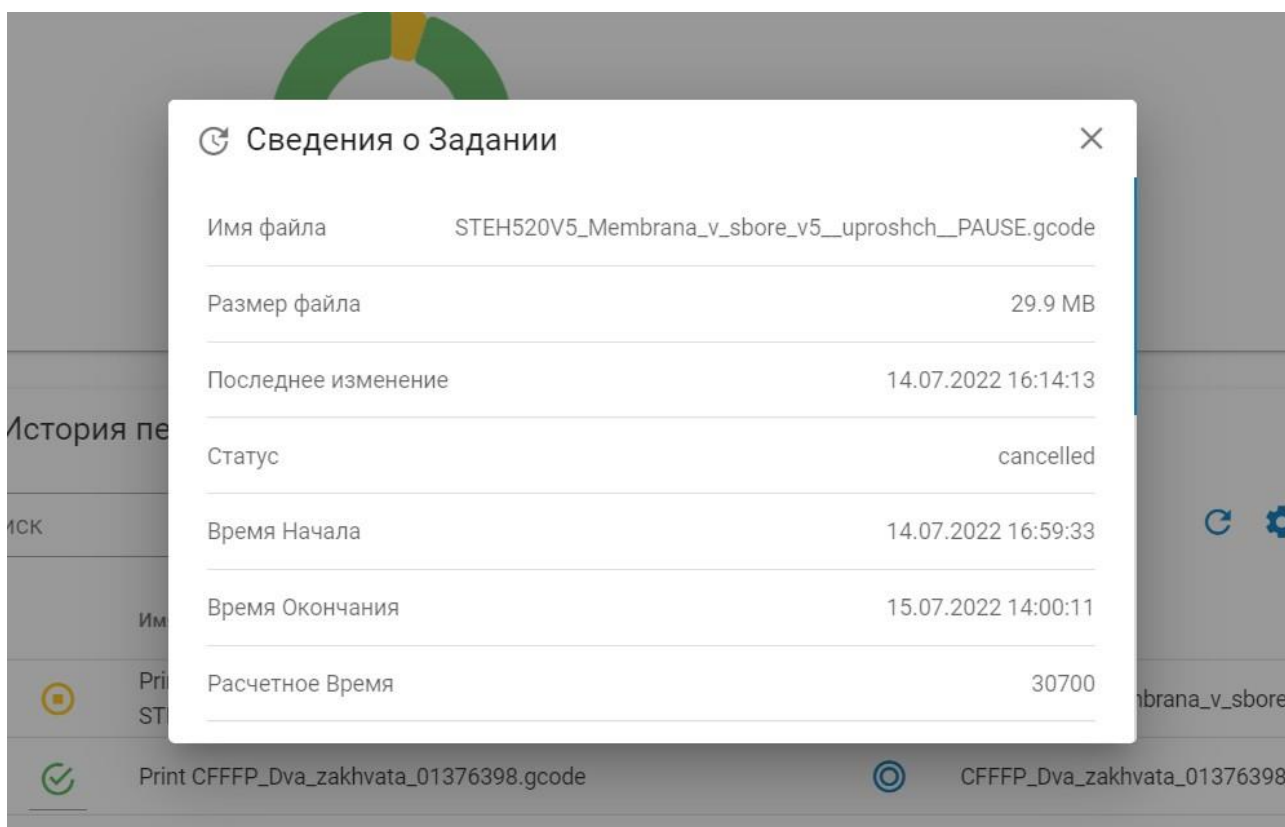


На вкладке «Температуры» в процессе печати можно скорректировать температуру нагрева экструдеров и нагревательной платформы. На вкладке «Вентиляторы» доступно управление скоростью обдува детали и камеры. Следует помнить, что если в G-коде есть команды переключения температуры или скорости вентилятора (например, при двухэкструдерной печати), то переопределённая в ручном управлении настройка будет сброшена.

Регулировка потока (коэффициента подачи материала) доступна на вкладке «Экструдеры». За 100% потока принимается значение, установленное в настройках печати программы STE Slicer.

В разделе Статистика принтер собирает информацию по всем успешным и отменённым заданиям. Здесь можно просмотреть подробности о каждом выполнявшемся задании и некоторые основные настройки печати (по щелчку на соответствующее задание):





### 3.6.3. Приостановка процесса печати и действия на паузе

Приостановить процесс печати может потребоваться для следующих действий:

- очистить экструдер или деталь от мусора, налипших фрагментов избыточного пластика;
- заменить катушку пластика в процессе печати (если катушка заканчивается или печатается изделие из двух материалов);
- вложить в полость изделия закладной элемент;
- устранить прочие мелкие неисправности.

#### **ВНИМАНИЕ**

**При манипуляциях с принтером, поставленным на паузу, представляют опасность не только нагретые экструдеры и платформа, но также все соприкасающиеся с ними элементы (например, металлическая обшивка печатающей головки). Все операции на паузе следует производить с осторожностью, используя соответствующий инструмент и средства защиты.**

Чтобы установить паузу вручную в процессе печати, следует воспользоваться соответствующей кнопкой на экране «Печать» STE App.

Чтобы установить автоматически срабатывающую паузу в определённом месте управляющей программы (G-кода), необходимо добавить команду PAUSE отдельной строкой в G-код. Сделать это можно одним из следующих способов.

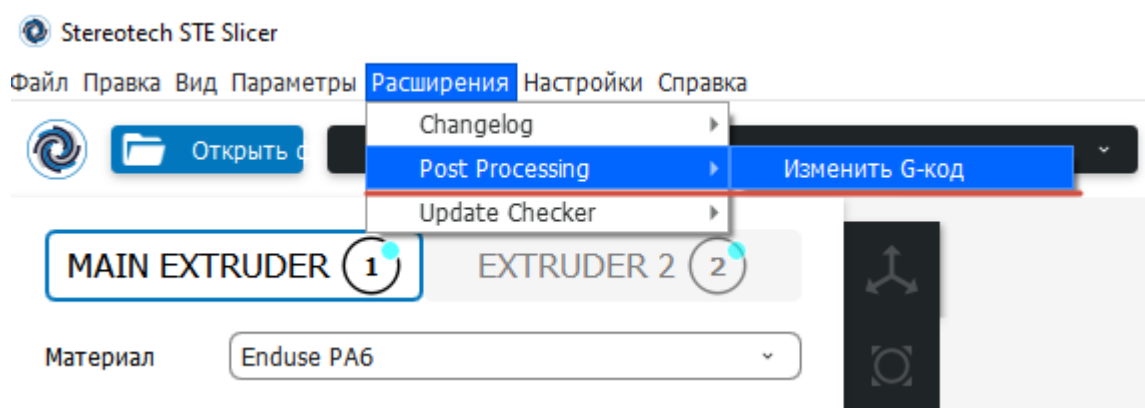
1. Вручную дописать команды в G-код в нужных местах, ориентируясь по ключевым словам. Например, на скриншоте ниже пауза вставлена в начале печати

четвёртого слоя (LAYER:3, в коде отсчёт начинается со слоя №0) непосредственно перед холостым перемещением в точку старта печати (G0 F9000...):

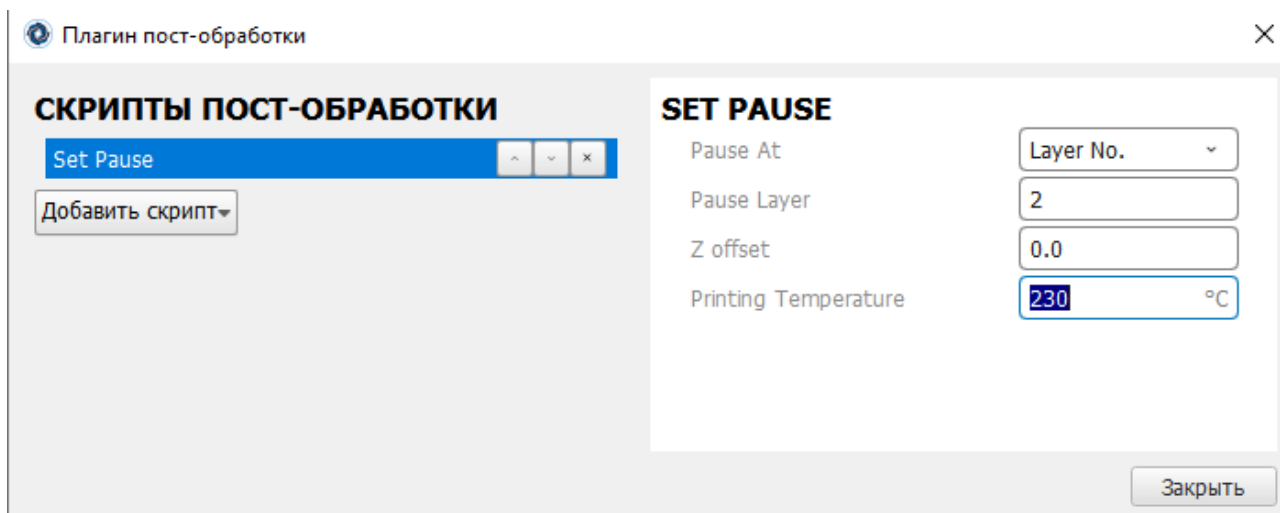
```

9965 G0 X131.819 Y147.818
9966 ;TIME_ELAPSED:1053.498043
9967 ;LAYER:3 |
9968 G1 F1200 E1070.57992
9969 ;MESH:Object 1
9970 PAUSE
9971 G0 F9000 X131.819 Y147.818 Z0.75
9972 ;TYPE:FILL
9973 G1 F1200 E1071.57992
9974 G1 F3600 X154.362 Y170.361 E1072.37519
    
```

2. Воспользоваться заложенной в STE Slicer функцией автоматической установки паузы в начале определённых слоёв. Для этого выбрать в меню Slicer вкладку Расширения/Постобработка (Post Processing)/Изменить G-код:



В открывшемся окне «Плагин пост-обработки» добавить скрипт «Добавить паузу» («Set Pause») и указать № слоя, в начале которого необходимо сделать паузу:



При необходимости также можно указать:

- температуру экструдера, которую необходимо поддерживать после паузы вместо обычной температуры, заданной в блоке настроек «Материал», может потребоваться при замене материала на паузе;

– отступ по оси Z (Z offset) – может потребоваться для лучшего спекания слоёв после паузы, если происходит замена материала и/или используемый материал имеет большую усадку и может «съёжиться» за время паузы.

После добавления плагина в нижнем левом углу интерфейса Slicer появится соответствующая пометка. При необходимости таким образом в G-коде можно расставить несколько пауз.

Готов к Сохранить в файл

**00Ч 45МИН**  
2.16m / ~ 5g



Сохранить в файл

## 4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ

### 4.1. Общие указания по техническому обслуживанию

Техническое обслуживание (далее – ТО) 5D принтеров Stereotech 640 производится с целью поддержания его точности и функциональности. Только надлежащий регулярный уход может сохранить характеристики принтера в течение срока эксплуатации.

#### **ВНИМАНИЕ**

**Перед проведением очистки, ТО или ремонтных работ следует отключить 5D принтер от сетевого источника электропитания.**

**Если для выполнения операции требуется, чтобы принтер был включен, следует соблюдать правила безопасности:**

- не касаться электрических контактов;
- использовать инструмент и средства защиты при взаимодействии с нагретыми узлами;
- с подвижными элементами (ремни, винты ШВП и т.д.) взаимодействовать только после полной их остановки.

В качестве основного правила 5D принтер следует очищать от грязи, пыли, пластика и остатков адгезива не реже, чем раз в неделю. При использовании для очистки сжатого воздуха – обязательно отключить и обесточить принтер перед очисткой.

### 4.2. Самодиагностика 5D принтера с помощью ПО STE App

При различных сбоях в процессе использования 5D принтера ПО STE App сигнализирует об ошибке через уведомления в интерфейсе и консоль, а также делает отметку о возникшей ошибке в логах принтера (доступны в разделе Настройки / Обратная связь).

Список возможных ошибок опубликован на информационном сайте Stereotech: <https://wiki.stereotech.org/steapp/technical-docs/troubleshooting/error-guide>.

Каждая ошибка снабжена ссылкой, по которой можно ознакомиться с описанием ошибки, возможными причинами появления ошибки и рекомендациями по их устранению.

Если Вам не удалось самостоятельно решить проблему, возникшую при работе с принтером Stereotech 640, обратитесь в техническую поддержку за консультацией по адресу: <https://wiki.stereotech.org/ru/request>.



### 4.3. Порядок технического обслуживания 5D принтера

#### 4.3.1. Перечень операций ТО, периодичность обслуживания

Различные операции по ТО производятся по необходимости или с определённой периодичностью согласно рекомендациям, приведённым в таблице 4.1. Интервалы в часах указаны для часов работы принтера, текущую наработку принтера в часах можно узнать в разделе «Статистика» STE App.

Некоторые из указанных операций также производятся в рамках переналадки 5D принтера (например, установка сопла большего или меньшего размера).

**Таблица 4.1.**

№ под-разд. РЭ	Операция	Периодичность	Инструмент, средства измерений, приспособления и материалы
4.3.2	Очистка сопла	Раз в неделю или по необходимости	Щётка латунная проволочная
4.3.3	Очистка стекла	Раз в неделю или по необходимости	Шпатель, изопропиловый спирт, вода
4.3.4	Очистка вентиляторов модуля электрики	Раз в месяц	Пылесос
4.3.5	Очистка вентиляторов и воздухопроводов печатающей головки	700 ч	Пылесос или компрессор (или баллон сжатого воздуха)
4.3.6	Очистка модуля нагрева камеры	700 ч	Пылесос или компрессор (или баллон сжатого воздуха)
4.3.7	Очистка внутреннего пространства модуля XY	700 ч	Пылесос или компрессор (или баллон сжатого воздуха)
4.3.8	Диагностика и очистка канала подачи непрерывного волокна (для принтеров Fiber)	По необходимости	Пинцет, плоскогубцы, ключ для сопла (S12 мм, в комплекте)
4.3.9	Диагностика и очистка сопла для непрерывного волокна (для принтеров Fiber)	700 ч или по необходимости	Пинцет, плоскогубцы, ключ для сопла (S12 мм, в комплекте)
4.3.10	Замена принтблока	По необходимости	Шестигранные ключи 1,5 / 2,0 / 2,5 мм
4.3.11	Замена сопла	По необходимости	Шестигранные ключи 1,5 / 2,0 / 2,5 мм, ключ для сопла (S7 мм, в комплекте) Динамометрический ключ
4.3.12	Калибровка положения XY экструдеров	По необходимости	–
4.3.13	Настройка PID-регуляторов нагревателей	По необходимости	–
4.3.14	Смазка рельсовых направляющих и кареток модуля XY	700 ч	Инструмент для нанесения пластичной смазки Смазка класса вязкости NLGI2 (Mobilgrease XHP 222, РУСМА M-Grease XHP, ВНИИСМ 222 (EP2), Gazpromneft Grease LX EP 2)
4.3.15	Смазка цилиндрических направляющих и ШВП модуля Z	1400 ч	

При эксплуатации принтера в запылённых помещениях общую очистку камеры принтера и операции по очистке по п. 4.3.2 .. 4.3.7 следует производить в 2 раза чаще.

#### 4.3.2. Очистка сопла

Периодичность обслуживания: раз в неделю или по мере загрязнения.

##### **ВНИМАНИЕ**

**Очистку с помощью металлической щётки следует производить с осторожностью, чтобы не замкнуть провода жгута нагревателя. Если требуется очистить область у проводов, следует нагреть принтблок, отключить нагрев, отключить жгут нагревателя от платы и затем очищать принтблок.**

Очищать сопло необходимо, чтобы остатки пластика и нагар не налипали на изделие при печати. Наружную очистку сопла производить в следующем порядке.

1. Разогреть экструдер, извлечь материал из экструдера.

2. С помощью пинцета или щётки с латунной проволокой очистить поверхность сопла. При необходимости счистить нагар с силиконового чехла или блока нагревателя (для этого может потребоваться снять силиконовый чехол, если он установлен на принтблок).



#### 4.3.3. Очистка стекла

Периодичность обслуживания: раз в неделю или по мере загрязнения.

От остатков пластика стекло следует очищать перед каждым запуском печати, чтобы они не мешали наносить первый слой. Также требуется периодически очищать стекло от грязи и пыли ветошью, смоченной тёплой водой.

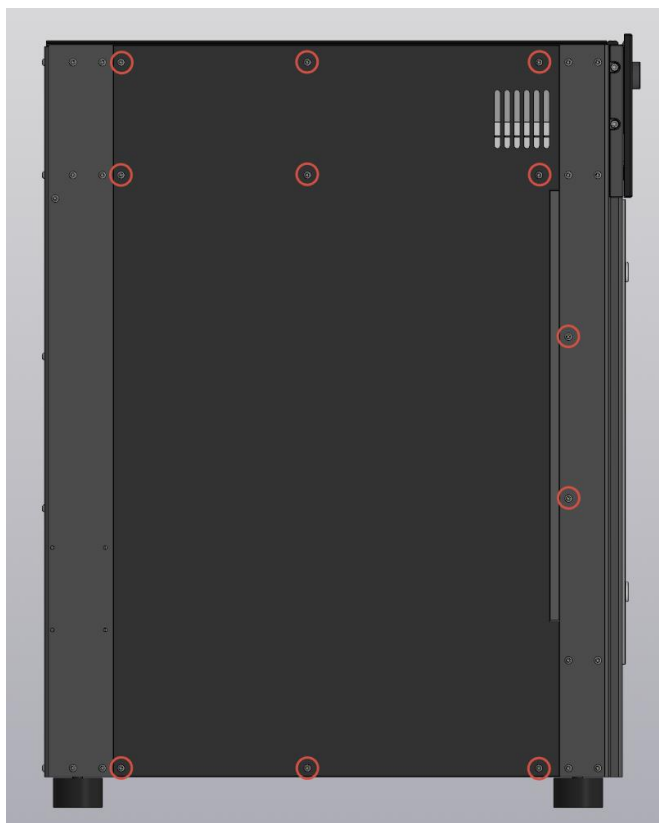
Если на стекле имеются крупные наросты и разводы от адгезива (толщиной >0,4 мм) – требуется обработать их изопропиловым спиртом (или другим растворителем по необходимости) и счистить с помощью шпателя.

#### 4.3.4. Очистка вентиляторов модулей электрики и питания

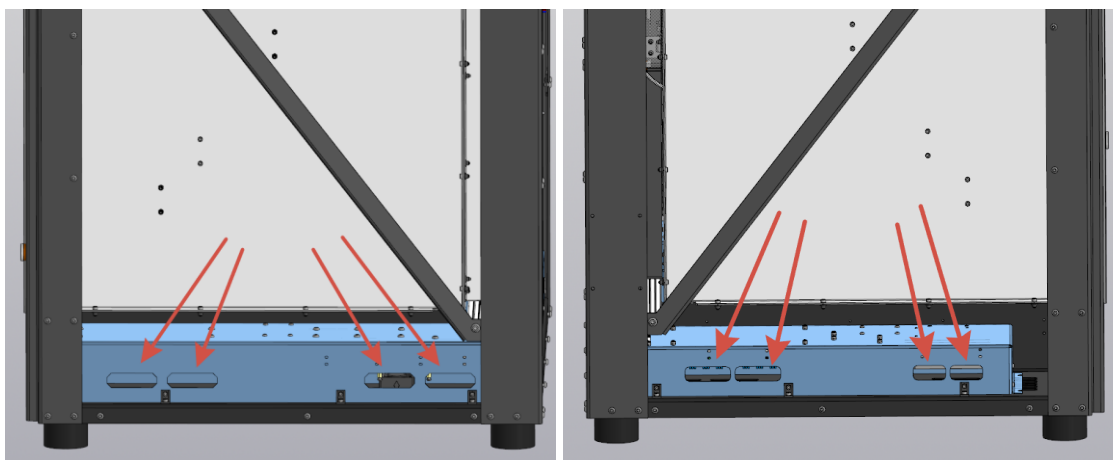
Периодичность обслуживания: раз в месяц.

Перед очисткой принтер следует выключить и обесточить. Очистку двух блоков с электронными компонентами следует производить в следующем порядке.

1. Открутить по 11 винтов, фиксирующих боковые стенки (правую и левую) принтера:



2. Через прорези очистить вентиляторы и внутреннее пространство модулей электрики и питания с помощью пылесоса, сжатый воздух не использовать:

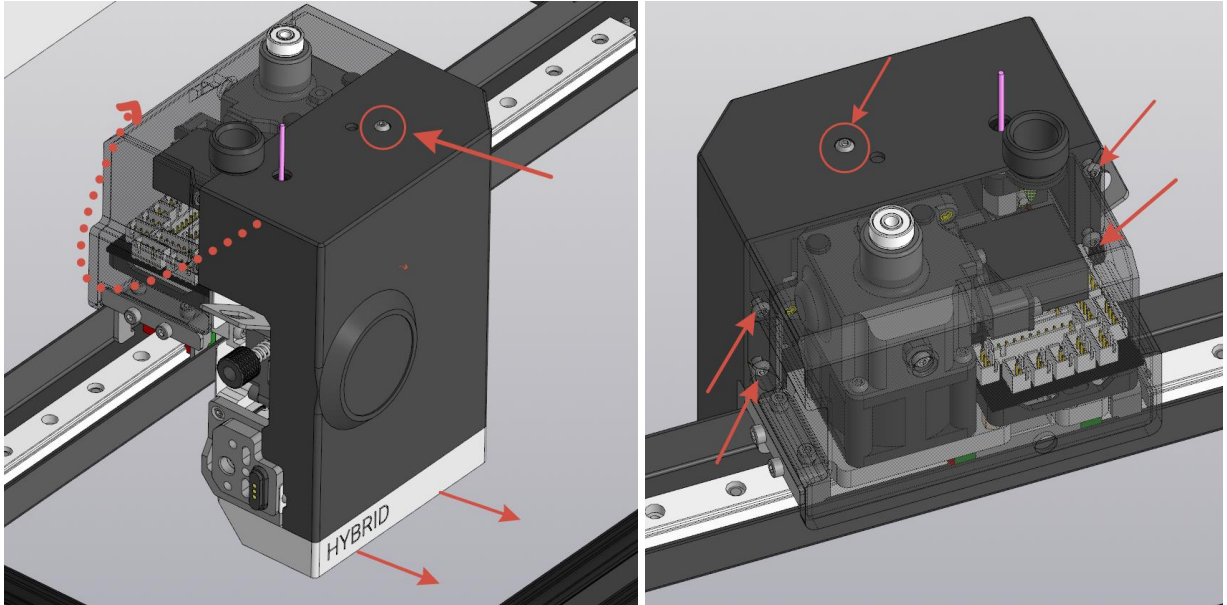


3. Установить боковые стенки корпуса принтера и закрепить каждую 11 винтами.

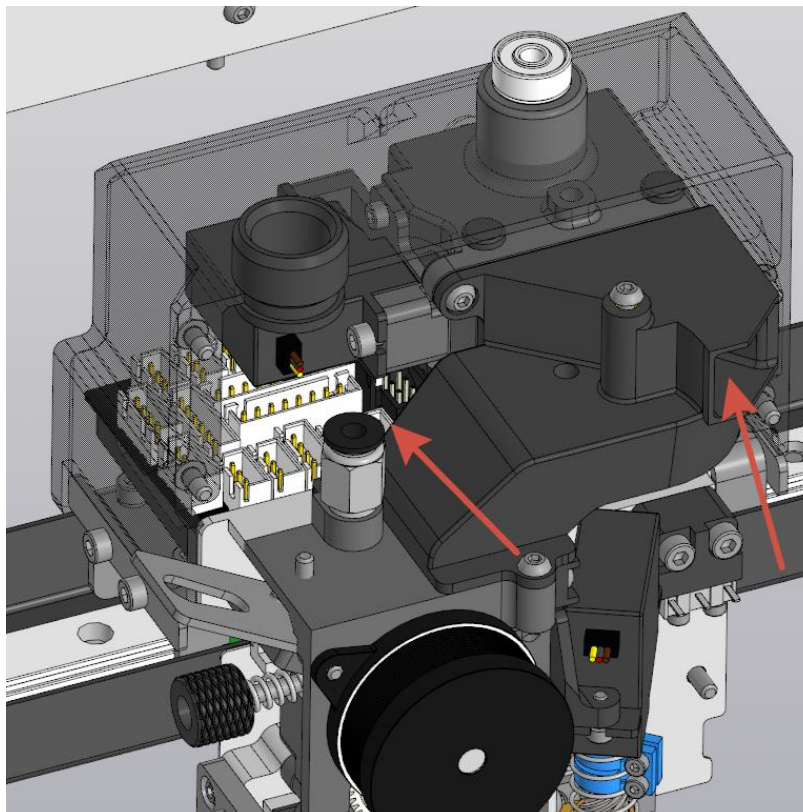
### 4.3.5. Очистка вентилятора печатающей головки

Периодичность обслуживания: каждые 700 ч работы.

Для доступа к вентилятору печатающей головки необходимо снять (выдвинуть на себя) диффузор на нижней части печатающей головки, затем открутить 5 винтов на маске печатающей головки и снять маску на себя:



С помощью пылесоса следует очистить от пыли воздуховод на печатающей головке и плату управления, а также продуть воздуховоды на снятой крышке печатающей головки. Очищать воздуховоды на крышке допускается сжатым воздухом (с помощью баллона или компрессора).

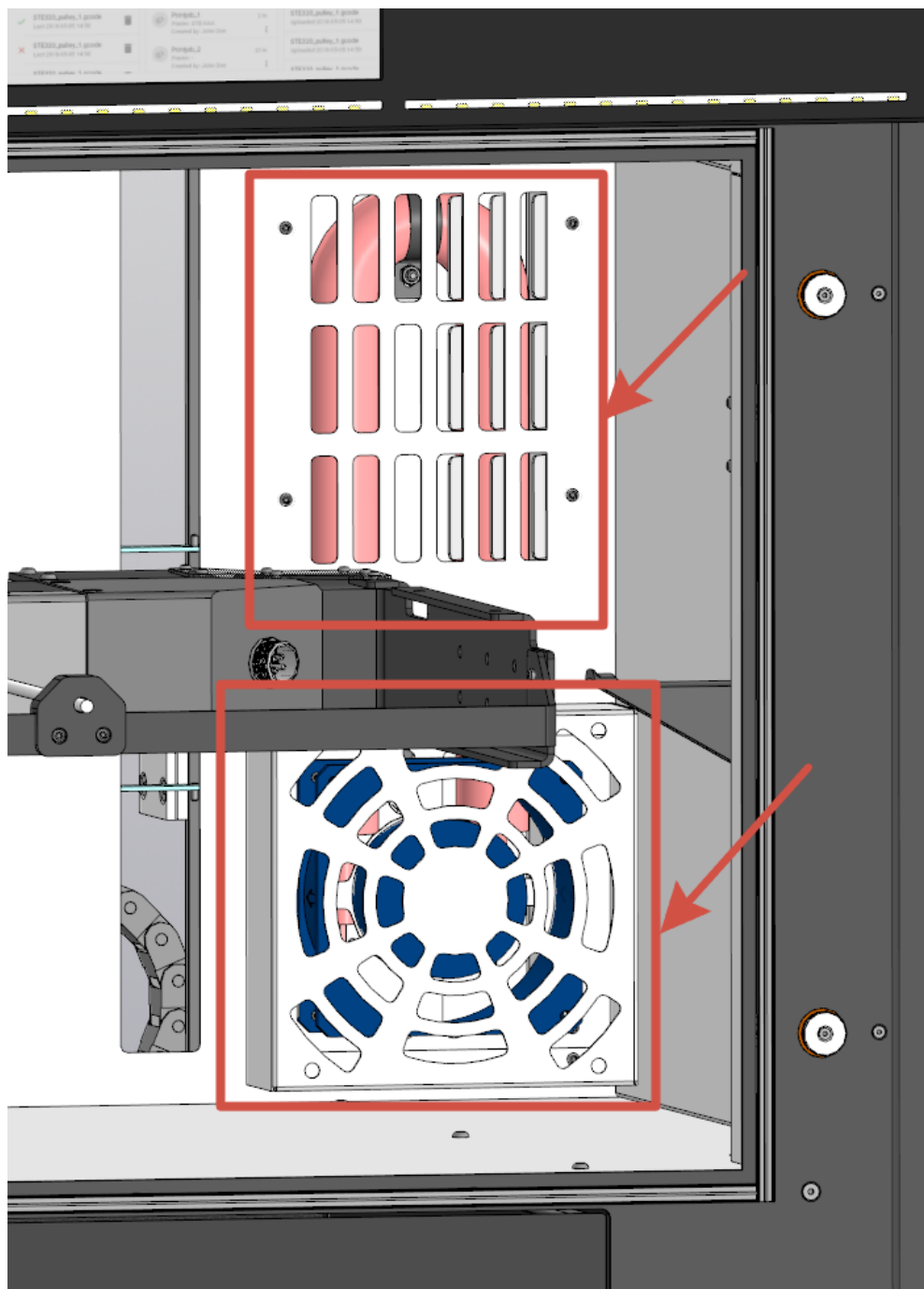


После очистки воздуховодов на печатающей головке и крышке следует установить крышку обратно и затянуть три фиксирующих винта.

#### 4.3.6. Очистка модуля нагрева камеры

Периодичность обслуживания: каждые 700 ч работы.

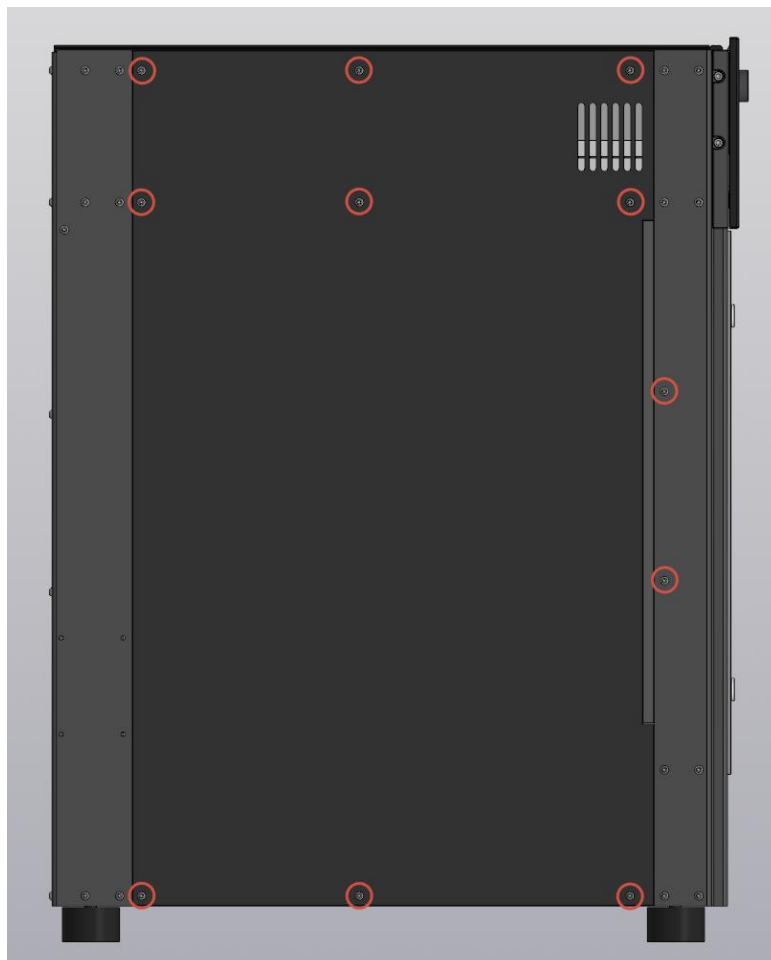
С помощью пылесоса следует очистить от пыли внутреннюю часть модуля нагрева камеры, расположенного в правой части задней стенки камеры принтера: отсек с вентилятором и отсек с нагревателем. Сжатый воздух для очистки не использовать.



#### 4.3.7. Очистка внутреннего пространства модуля XY

Периодичность обслуживания: каждые 700 ч работы.

Для доступа к внутреннему пространству модуля XY необходимо открутить по 11 винтов, фиксирующих боковые стенки (правую и левую) принтера:



С помощью пылесоса следует очистить пространство модуля XY и 2 вентилятора обдува модуля XY от пыли:



После очистки следует установить обратно боковые панели принтера и затянуть все винты.

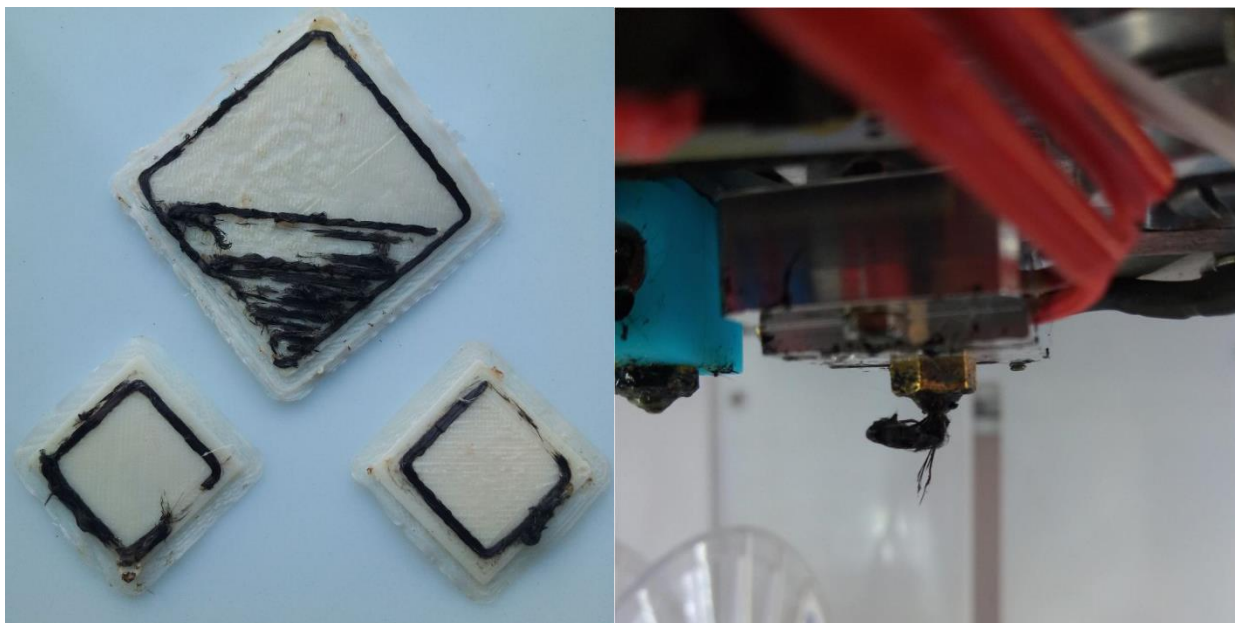
#### 4.3.8. Диагностика и очистка канала подачи непрерывного волокна (для принтеров Fiber)

Одна из основных операций при обслуживании экструдера для волокна – проверка состояния канала для непрерывного волокна внутри экструдера, т.е. участка между трубкой и соплом.

Экструдер нуждается в диагностике и прочистке, если при включении подачи волоконный филамент доходит по трубке до печатающей головки, но затем движение подачи стопорится, волокно не выходит из сопла. Ниже описаны причины, по которым может прерваться подача волокна, и меры борьбы с ними.

##### **№1. Засорено сопло для волокна**

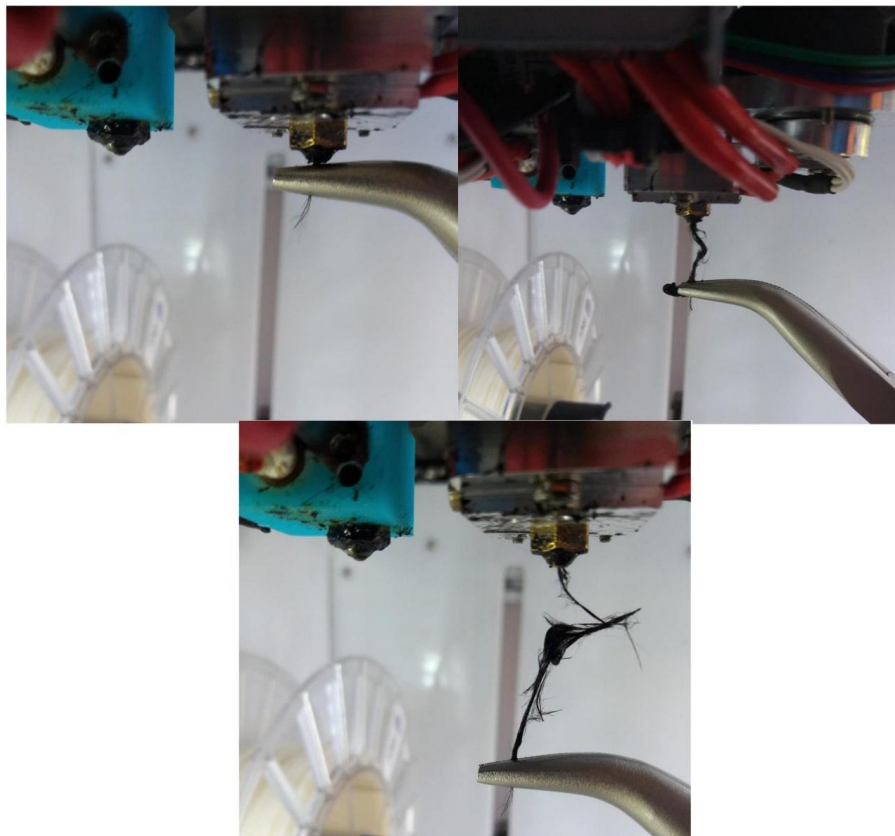
Этот вариант необходимо рассмотреть в первую очередь, если проблема появилась непосредственно после неудачной печати, при этом волокно на детали лохматилось, торчало все стороны, возможно – торчит из сопла и прямо сейчас.



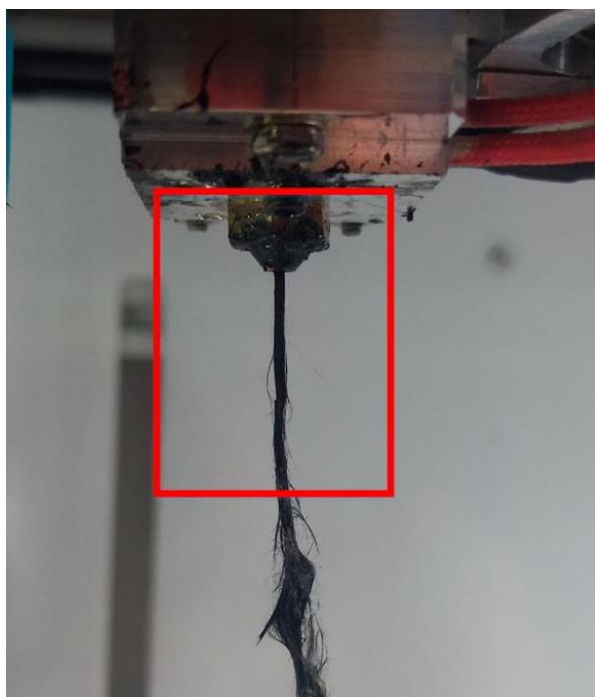
Диагностика: вручную разогреть экструдер до 270 °С, подать в экструдер 25 мм. Если из сопла появляются скомканные обрывки волокна, как на картинке выше – проблема в забитом сопле.

Последовательность действий при засорении сопла:

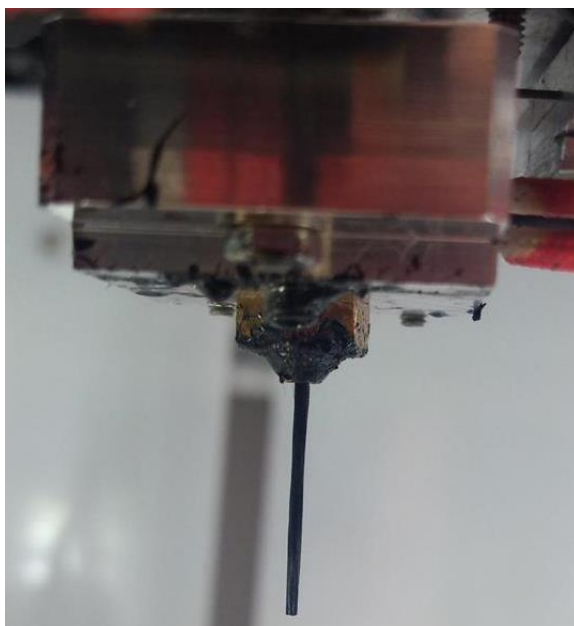
- 1) подать волокно в разогретый экструдер;
- 2) плоскогубцами выдернуть обрывки волокна, которые будут выдавливаться из сопла движением подачи;



3) повторять п. 2, пока из сопла не покажется ровный кончик разогретого волоконного филамента;



4) обрезать филамент механизмом отреза, подать ещё, убедиться, что волокно свободно и ровно проходит через экструдер;



5) повторить п. 4 два раза, убедиться, что отрез работает правильно и волокно свободно проходит через экструдер после отреза.

Если прочистить засор не удаётся с помощью движения подачи – следует выкрутить сопло и оценить состояние вкладыша в сопло, как описано ниже в подразделе 4.3.9.

Если состояние вкладыша удовлетворительное – следует вкрутить сопло с вкладышем обратно в экструдер, извлечь трубку с волокном из экструдера и вставить фрагмент волокна в холодное сопло.

Если волокно беспрепятственно проходит на расстоянии более 30 мм – перейти к п. 2. Если волокно натывается на препятствие примерно на уровне лезвия (и при этом вкладыш сопла не смят) – перейти к п. 3.

### **№2. Волокно застревает в трубке**

Если трубка для подачи непрерывного волокна извлечена из экструдера и волокно удаётся вручную пропустить через экструдер (со стороны сопла снизу или со стороны фитинга сверху) – следует обратить внимание на состояние волокна в трубке:

Свободный конец волокна должен быть ровно обрезан. Если на нём виден загиб или размочаленный пучок волокон – следует ровно обломить его или обрезать и снова вставить трубку в экструдер

При подаче филамента с помощью ручного управления всё волокно в трубке должно плавно двигаться



вперёд, в трубке не должно быть обломанных фрагментов. Если свободный конец волокна можно вытянуть из трубки – следует вытянуть обломок с помощью пинцета или плоскогубцев и подать необломанный филамент, после чего вставить трубку в экструдер.

#### 4.3.9. Диагностика и очистка сопла для непрерывного волокна (для принтеров Fiber)

Периодичность обслуживания: каждые 700 ч работы или по необходимости.

Замена сопла производится с помощью комплектного торцового ключа.

Сопло экструдера для непрерывного волокна содержит фторопластовый вкладыш, который соединяет выходное отверстие сопла и часть экструдера, где происходит отсечение волокна.

Вкладыш должен быть ровным и чистым, чтобы обеспечить плавную и беспрепятственную подачу волокна сквозь всю зону нагрева. При каждой операции технического обслуживания, где требуется выкрутить сопло для волокна, следует оценить его состояние по картинке ниже:

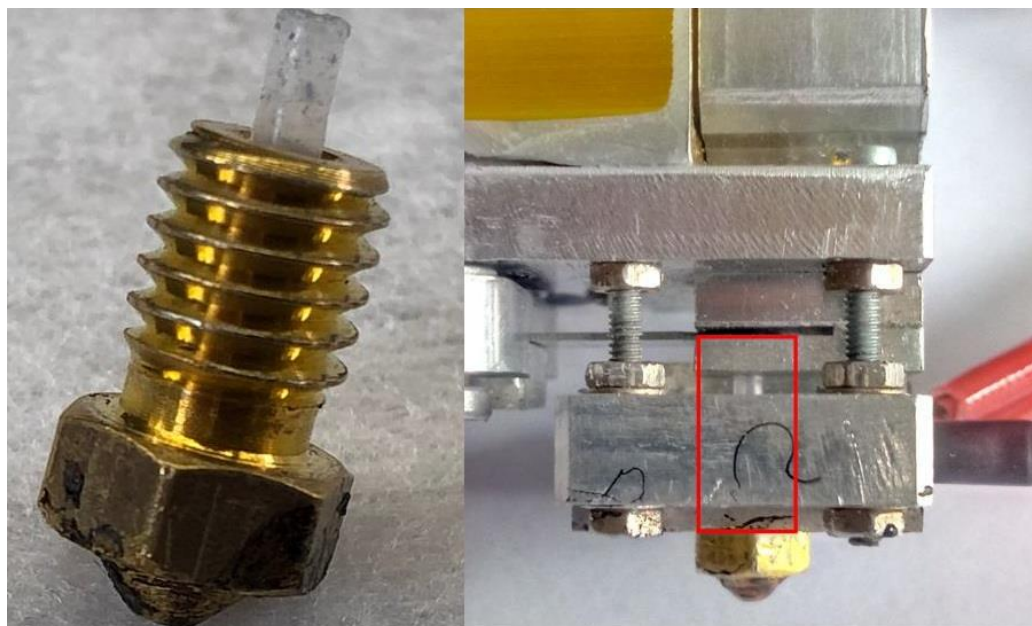


– Если вкладыш выглядит так, как на первом фото – его можно использовать дальше.

– Если вкладыш частично смят, как на втором фото – его края следует расправить (пинцетом или пальцами), придать ему округлую форму и установить обратно в сопло и экструдер. После установки "смятого" вкладыша следует в режиме ручного управления пропустить через него волокно в холодном и нагретом состоянии. Если волокно проходит плавно и беспрепятственно – вкладыш можно использовать дальше, в противном случае – выкрутить сопло и заменить вкладыш на новый.

– Если вкладыш закупорен обрывками волокна, как на третьем фото – его следует заменить на новый.

Вкладыш устанавливается в сопло до упора, как показано на картинке ниже. Сопло с установленным вкладышем закручивается в нагревательный блок экструдера по резьбе М6 таким образом, что верхняя часть вкладыша заходит в отверстие направляющей под зоной отсечения.



Сопло до упора закручивается в нагревательный блок и поджимается пальцевым усилием с помощью комплектного ключа или плоскогубцев.

Если после повторной установки сопла волокно не удаётся пропустить через экструдер – следует выкрутить сопло и обратить внимание на верхнюю часть вкладыша. Если края вкладыша загнуты или смяты, как на фото ниже – это означает, что вкладыш не попал в направляющую. Края вкладыша следует расправить и установить сопло заново.

Допускается сначала пропустить фрагмент волокна через экструдер и только потом накрутить сопло, используя волокно как направляющую.



#### 4.3.10. Замена принтблока

Замена принтблока может потребоваться при износе его комплектующих (чаще всего сопла) или для переналадки экструдера (для смены материала, для установки сопла с большим/меньшим диаметром). Также снять принтблок может потребоваться при проблемах с подачей и/или загрузкой материала.

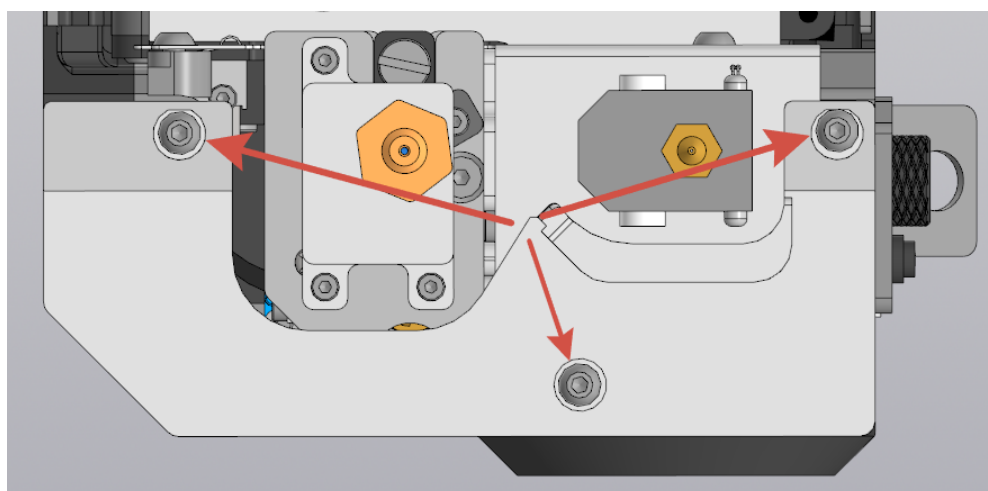
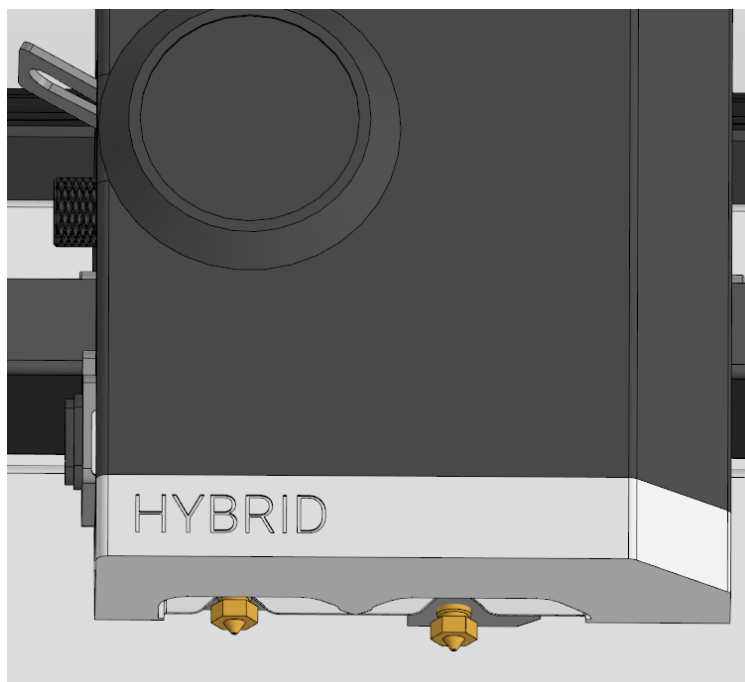
Перед снятием принтблока необходимо выгрузить из него филамент, если он был установлен, и выключить принтер.

#### **ВНИМАНИЕ**

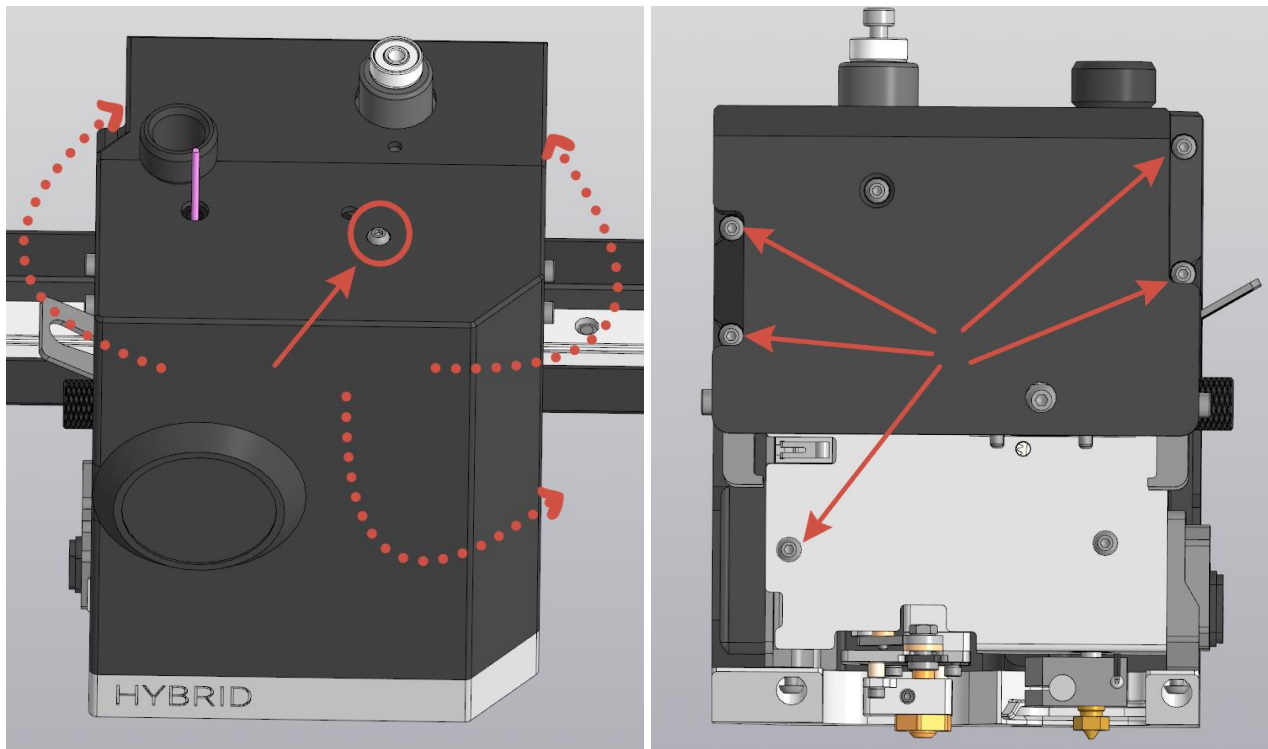
**После нагрева принтблок остаётся горячим в течение 5 .. 10 минут. Перед дальнейшими операциями с ним следует дождаться, пока он остынет.**

**Контролировать температуру нагретых узлов можно по показаниям на экране принтера.**

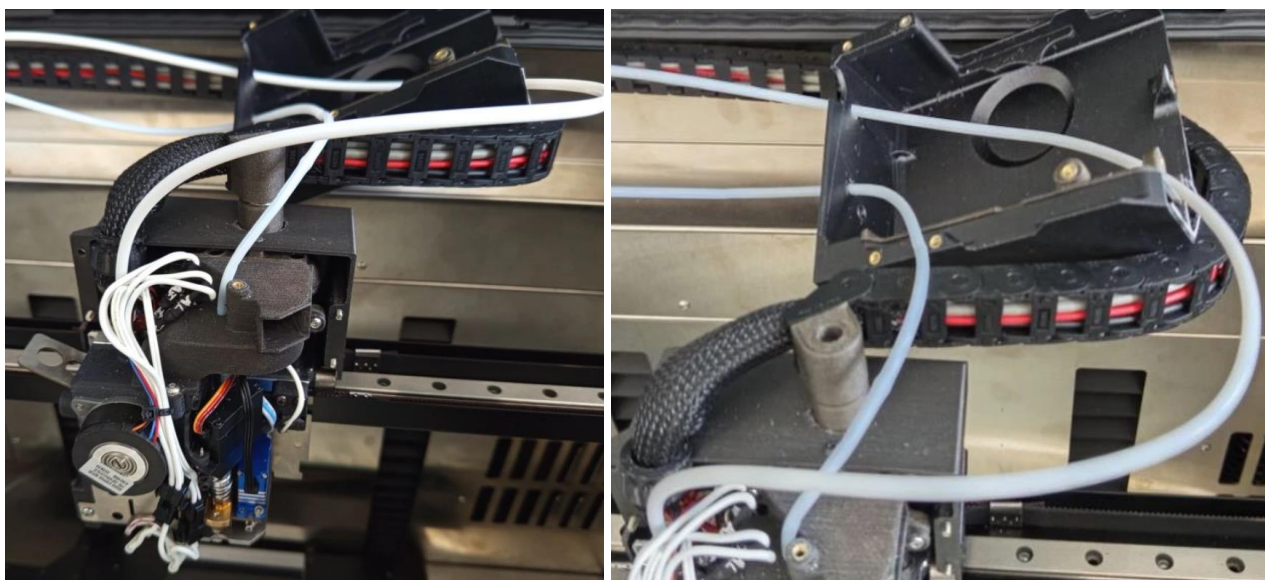
Чтобы получить доступ к принтблоку, следует открутить 3 винта на нижней части диффузора печатающей головки и снять его:



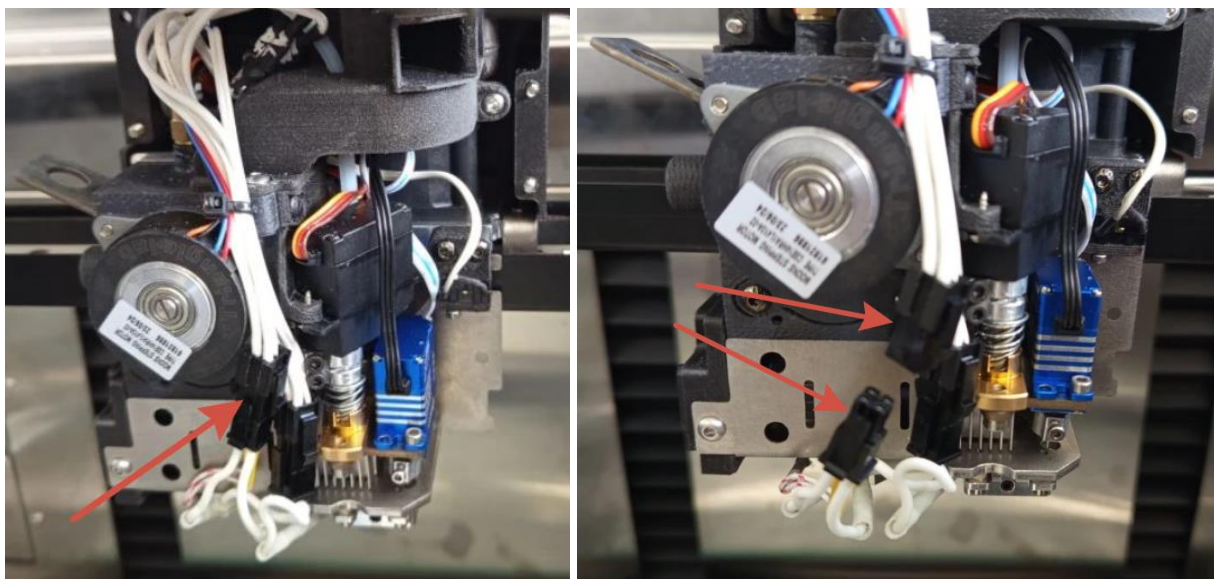
Затем открутить 6 винтов крепления маски печатающей головки: 1 винт на верхней поверхности, 1 винт сзади под порталом X, 4 винта на задней поверхности печатающей головки (по 2 винта слева и справа):



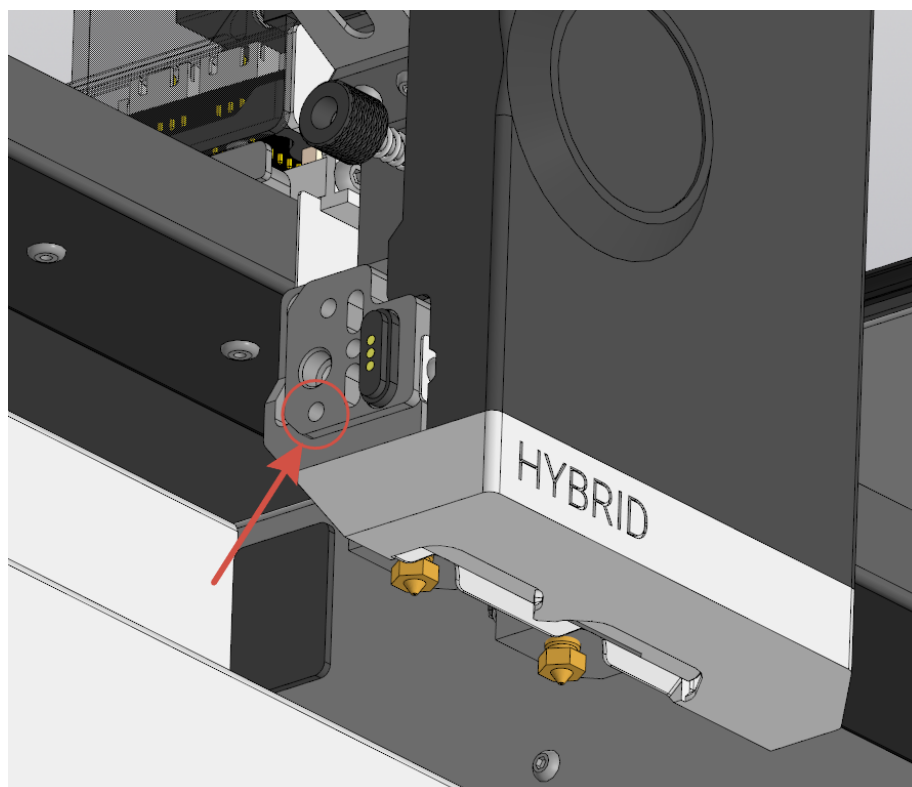
Маску необходимо снять, не извлекая тефлоновые трубки, и разместить на цепи, как на фото ниже:



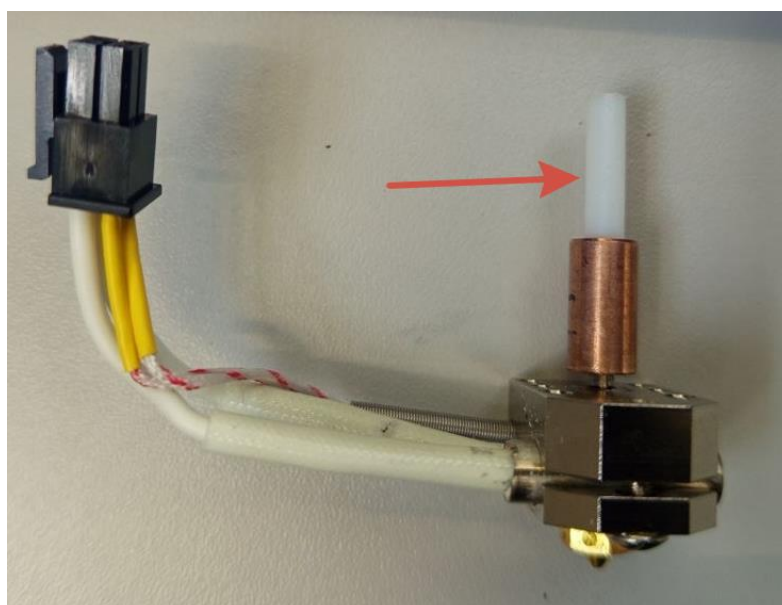
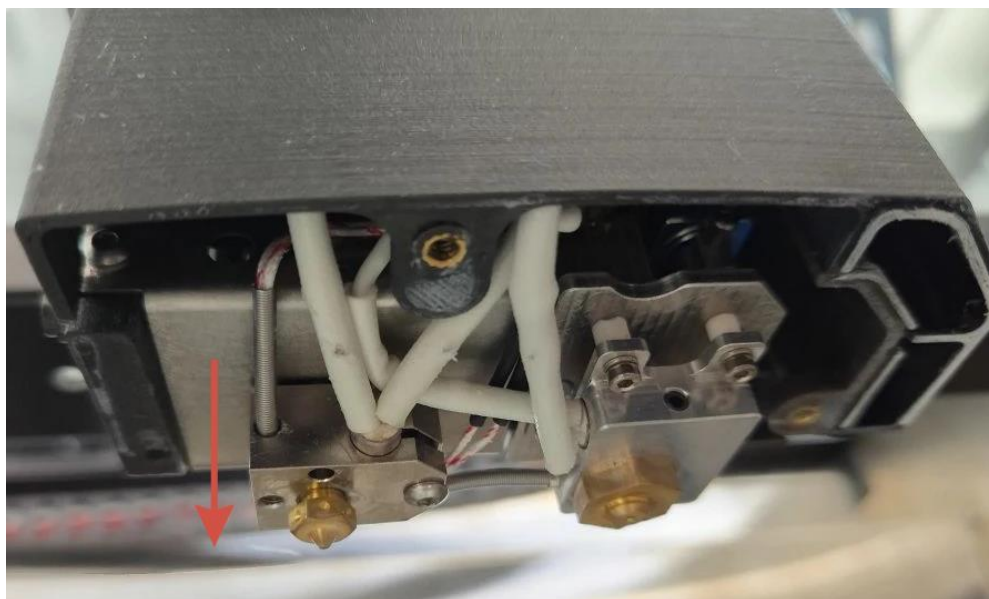
Доступ к жгутам открыт. Необходимо отключить жгут соответствующего принтблока от цепи печатающей головки:



Затем через отверстие, указанное на рисунке ниже, ослабить винт, фиксирующий принтблок:

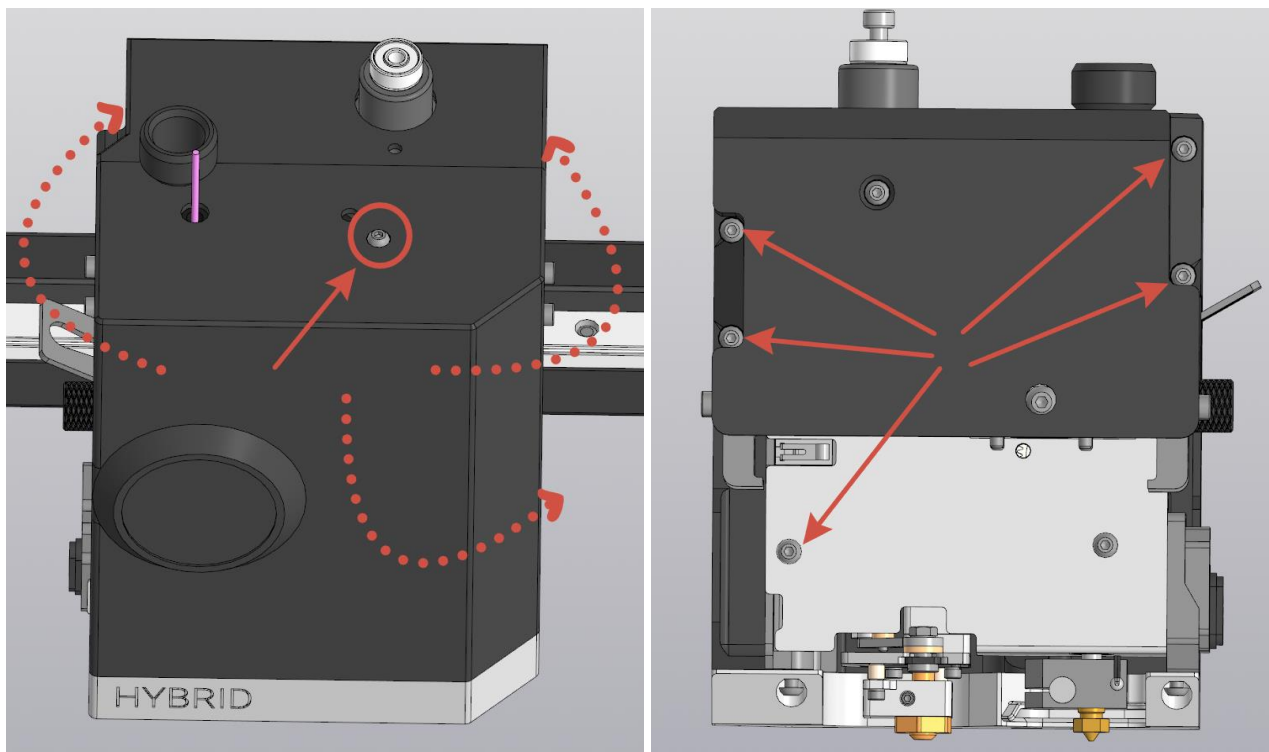


Извлечь принтблок из печатающей головки вместе с трубкой, указанной на фото ниже:



После этого устанавливать новый принтблок следует в обратном порядке:

- 1) переустановить трубку из старого принтблока в новый;
- 2) установить новый принтблок в отверстие в печатающей головке, располагая его так, как на фото выше (длинной стороной вдоль портала, проводами на себя);
- 3) затянуть фиксирующий винт на левой стороне печатающей головки;
- 4) лёгким нажатием проверить, зафиксирован ли принтблок, не выскальзывает ли из крепления вниз;
- 5) подключить жгут принтблока;
- 6) установить обратно маску печатающей головки, закрепить сначала один винт наверху, затем винты сзади:

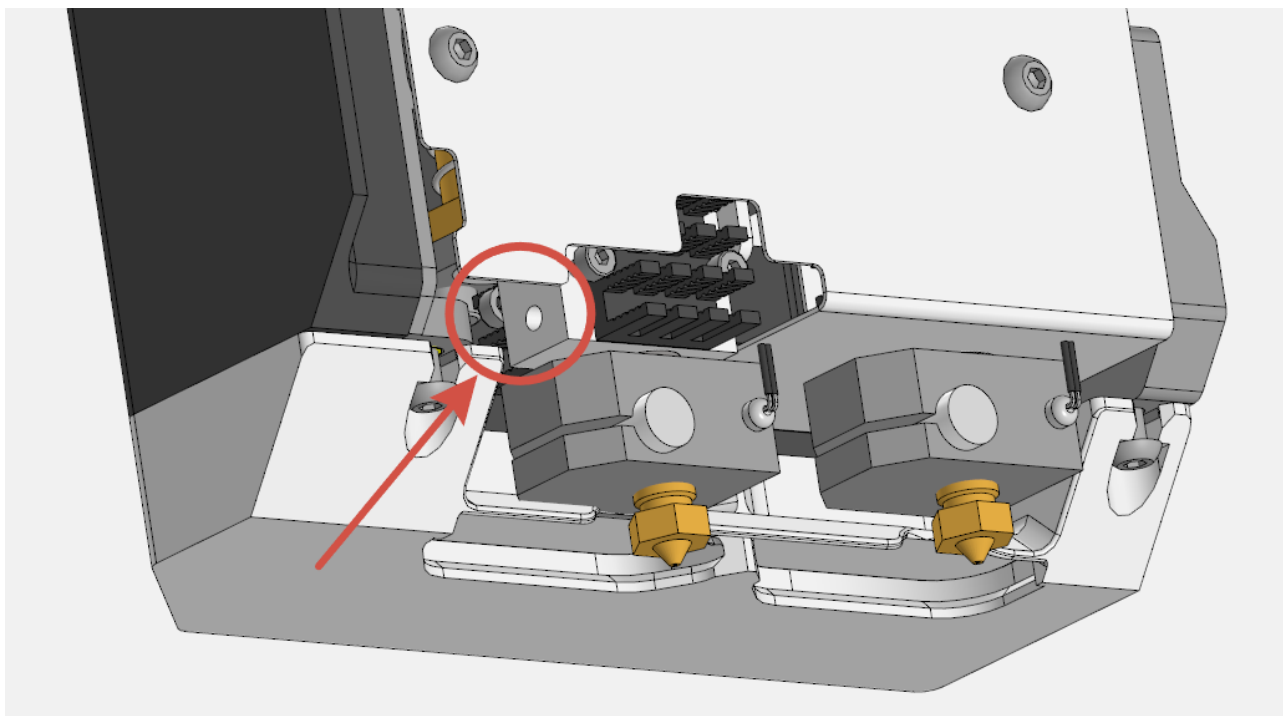


7) установить обратно диффузор так, чтобы он плотно прилегал к маске, закрепить его тремя винтами снизу:

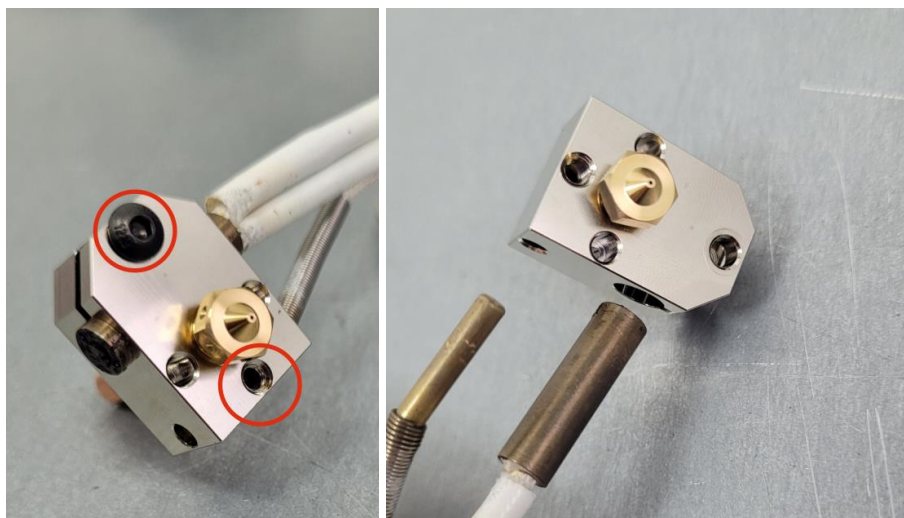


8) включить принтер, вручную включить нагрев экструдера, убедиться, что принтблок нагревается и поддерживает заданную температуру.

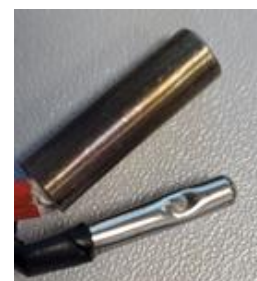
Замена принтблока вспомогательного экструдера принтеров Hybrid производится аналогично. Соответствующий фиксирующий винт расположен на правой части печатающей головки. Чтобы получить доступ к нему, необходимо аналогично снять диффузор и маску печатающей головки:



Если для сборки нового принтблока требуется жгут с нагревателем и термистором, необходимо снять жгут с другого принтблока, ослабив фиксирующие винты датчика температуры и нагревателя с помощью комплектных ключей:



Поджимать винт датчика температуры следует с осторожностью. Винт закручивается до появления лёгкого сопротивления. При чрезмерной затяжке гильза датчика деформируется, он может выйти из строя.



После замены принтблока необходимо откалибровать рабочую поверхность с помощью функций STE App, как описано в подразделах 3.4.8, 3.4.9, 3.4.10.

Если менялся принтблок правого экструдера на принтере Hybrid – также требуется скорректировать смещение сопел для двухэкструдерной печати согласно подразделу 4.3.12.

#### 4.3.11. Замена сопла, сборка принтблоков

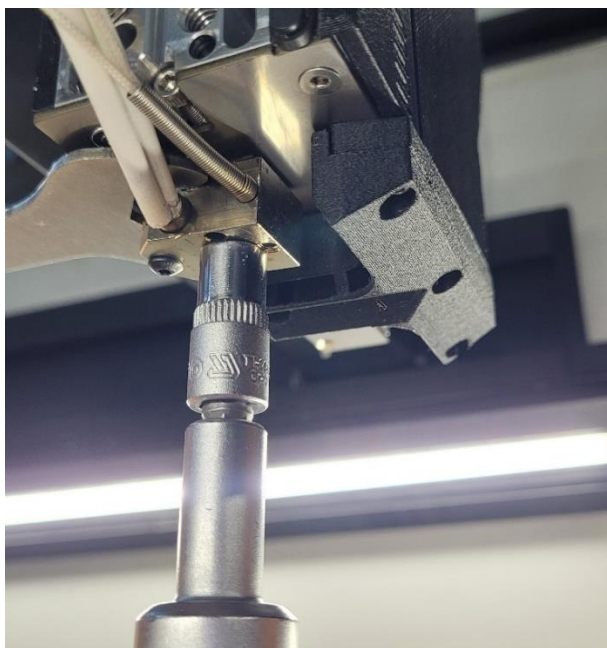
Замена сопла может потребоваться при его износе (рекомендуется замена при увеличении диаметра более, чем на 25%, или при уменьшении высоты на 0,5 мм и более) либо для переналадки экструдера (установка сопла другого типа или с другим диаметром).

#### **ВНИМАНИЕ**

**Чтобы выкрутить сопло из использованного принтблока, потребуется нагреть его для размягчения остатков пластика. Следует соблюдать осторожность, чтобы не коснуться руками нагретых частей и контакта жгута нагревателя.**

Замена сопла производится в следующем порядке.

1. Разогреть экструдер и извлечь материал из него.
2. Придерживая нагревательный блок рожковым ключом на 16..17 мм (можно воспользоваться комплектным ключом), открутить горячее сопло с помощью комплектного торцевого ключа или другого инструмента:



3. Отключить нагрев экструдера и дождаться охлаждения до комнатной температуры.
4. Выключить принтер и извлечь принтблок из печатающей головки, а также извлечь из принтблока нагреватель и терморезистор, как описано в подразделе 4.3.10.

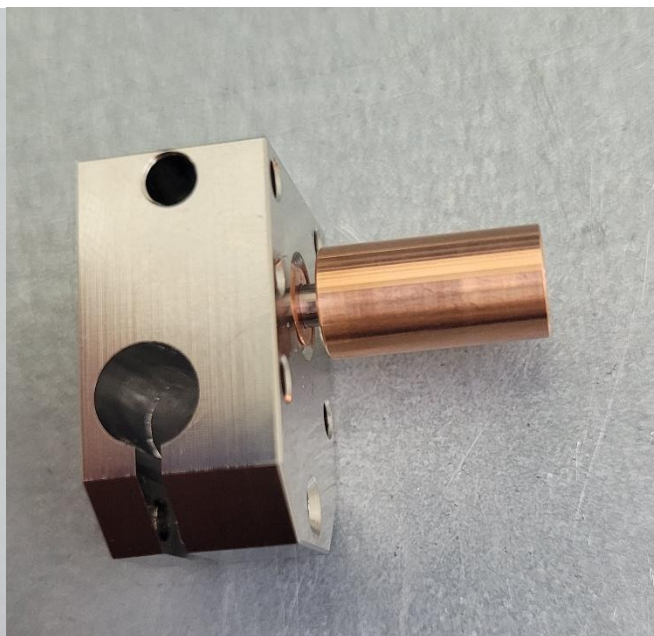
### **ВНИМАНИЕ**

**Допускается закручивать новое сопло на установленном в печатающей головке принтблоке, соблюдая меры предосторожности. В обязательном порядке следует контролировать усилие затягивания, как описано в п. 7.**

5. Осмотреть внутреннюю резьбу нагревательного блока, наружную резьбу сопла и термобарьера. При наличии на резьбе пластика (как на картинке ниже) очистить её или использовать новый принтблок. В случае повреждения резьбы также следует использовать новый принтблок. Если резьба в блоке повреждена, но сопло и термобарьер в хорошем состоянии, можно пересобрать принтблок с новым блоком согласно п. 6 .. 12.



6. Собрать принтблок с необходимыми комплектующими (сопло, термобарьер, нагревательный блок). Для этого вкрутить термобарьер так, чтобы отмеченное расстояние между краем гладкой части термобарьера и краем нагревательного блока составляло около 1,5 мм.



### **ВНИМАНИЕ**

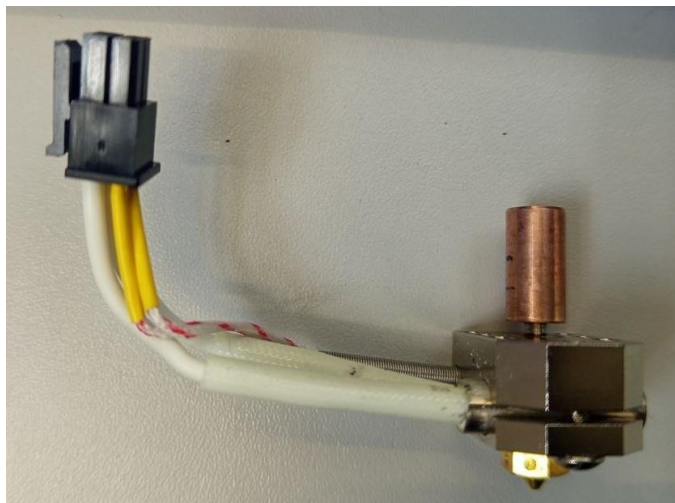
**При использовании некомплектных термобарьеров другого типа (тефлоновые, титановые и т.д.) и с отличающимися размерами следует устанавливать термобарьер в соответствии с общими правилами: резьбовая часть термобарьера должна быть полностью закручена в нагревательный блок, тонкая шейка должна находиться над нагревательным блоком.**

7. Затянуть сопло динамометрическим ключом, установив усилие затягивания согласно материалу сопла: для латунных сопел использовать усилие 3,5 .. 4,0 Н·м, для стальных сопел 5,0 .. 6,0 Н·м, для прочих сопел (твердосплавные, рубиновые и т.д.) – согласно рекомендациям производителя.

### **ВНИМАНИЕ**

**Допускается затягивать сопло обычным рожковым или торцевым ключом, однако в этом случае следует контролировать усилие затягивания вручную. Чрезмерное усилие может повредить или сломать сопло или термобарьер.**

8. Вручную проверить надёжность фиксации сопла и термобарьера.  
9. Установить жгут принтблока в нагревательный блок. Нагреватель поджать пальцевым усилием, термистор – пальцевым усилием до малейшего сопротивления, чтобы не сдавить гильзу термистора.



10. Установить принтблок в печатающую головку, как описано в подразделе 4.3.10.

11. Включить нагрев экструдера до температуры 200 .. 250 °С. Когда принтблок нагреется, проверить с помощью пинцета, надёжно ли закручено сопло, не разболталось ли соединение. Если сопло можно повернуть пинцетом – следует поджать его с помощью рожкового и торцевого ключа, как описано в п. 2 данного подраздела.

12. Загрузить произвольный материал в экструдер, продавить небольшое количество пластика. Убедиться, что подача стабильная. Аналогично п. 11 данного подраздела проверить, надёжно ли закручено сопло.

Сборка нового принтблока при наличии всех комплектующих производится аналогично в соответствии с п. 6 .. 12 данного подраздела. Новые комплектующие следует подбирать по характеристикам, указанным в подразделе 2.4.3.

### **ВНИМАНИЕ**

**После замены сопла и после сборки нового принтблока рекомендуется проследить за состоянием принтблока в течение первых 2 .. 4 часов работы. Если сопло закручено плохо либо используется пластик с температурой печати выше 250 °С – соединение может ослабнуть, в этом случае требуется дополнительно подтянуть сопло.**

#### **4.3.12. Калибровка положения XYZ экструдеров**

Данную операцию следует провести в следующих случаях:

- установлен новый принтблок;
- экструдер для волокна снимался для обслуживания (для принтеров Fiber);
- при двухэкструдерной печати одно сопло печатает слой заметно выше или ниже другого сопла;
- при двухэкструдерной печати есть заметное смещение контуров, печатаемых разными материалами.

Операция заключается в программной компенсации смещений по осям X, Y, Z с помощью соответствующего менеджера в ПО STE App. Перед выполнением операции требуется установить и откалибровать нагревательную платформу, загрузить материалы для печати обоими экструдерами.

Для запуска калибровки следует запустить менеджер «Настройка смещения сопел» (принтеры Hybrid) или «Калибровка экструдера для непрерывного волокна» (принтеры Fiber) и далее следовать указаниям менеджера.

При выполнении операции на первом шаге потребуется задать положение правого экструдера по высоте (координата Z). Принтер автоматически переместит правый экструдер в рабочее положение, затем следует вручную подвести платформу к правому соплу вплотную (для принтеров Hybrid) или с небольшим зазором (для принтеров Fiber). Настройка высоты правого экструдера для разных принтеров подробно описана ниже.

На втором шаге при настройке принтеров Hybrid потребуется напечатать калибровочную шкалу из двух материалов с температурой печати 200 .. 250 °С и небольшой усадкой (предпочтительны PLA или PETG). Рекомендуется использовать материалы разных цветов для удобства.

При настройке принтеров Fiber потребуется напечатать калибровочную шкалу из произвольного материала для печати с армированием (см. подраздел 3.5.7) и филамента с непрерывным углеволокном ContiFiber CPA. Рекомендуется использовать пластик Enduse TPU D70, Sealant TPU A95 или Enduse PA6.

#### ***Калибровка высоты правого экструдера – принтеры Hybrid***

Стол следует поднять до соприкосновения кончика сопла и стекла нагревательной платформы, как и при выравнивании платформы (подраздел 3.4.8). Сопло

должно коснуться стекла, но не вдавливаясь в него. Контролировать зазор между соплом и стеклом можно с помощью листа бумаги, щупа толщиной 0,1 мм либо визуально.

### **Калибровка высоты экструдера для волокна – принтеры Fiber**

Для правильной укладки непрерывного волокна при печати необходимо выставить высоту правого экструдера: **сопло для волокна должно находиться выше сопла для основного материала на  $0,1 \pm 0,02$  мм.**

Регулировка высоты экструдера для волокна выполняется с установленной нагревательной платформой. Для этого необходимо запустить менеджер «Калибровка экструдера для непрерывного волокна» и на первом шаге настроить взаимное положение правого сопла и стекла с помощью комплектных щупов.

Под правое сопло необходимо подложить щуп с толщиной 0,1 мм и поднять стол до лёгкого касания сопла с щупом:

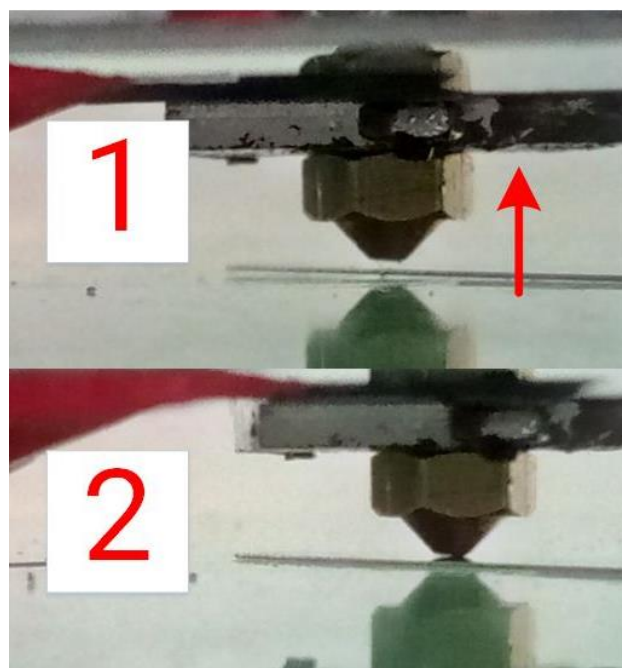
При регулировке высоты следует убедиться, что сопло не давит на стекло или щуп.

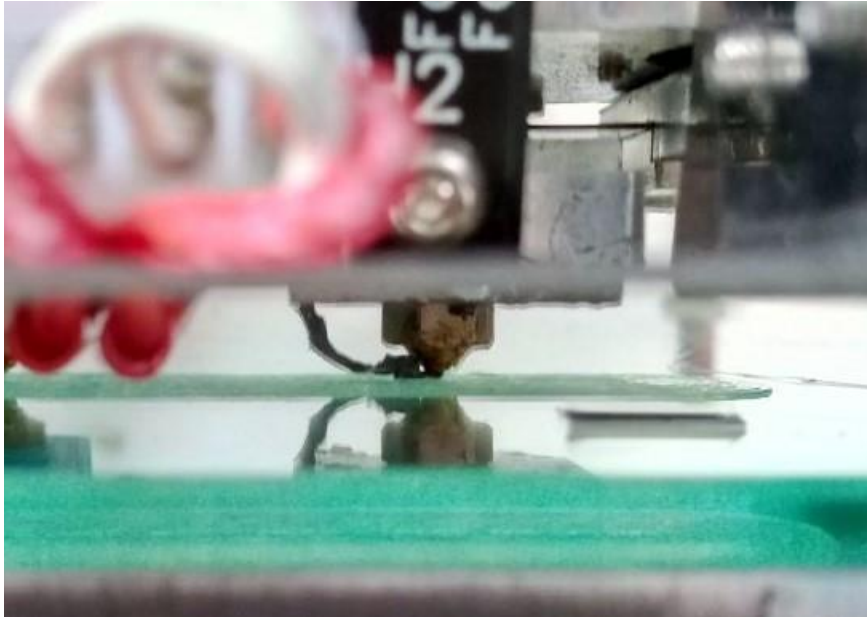
Установка высоты правого экструдера на этом завершена. Далее необходимо выполнить оставшиеся указания менеджера и завершить процедуру.

Неправильная настройка высоты экструдера для волокна может проявиться в виде одной из двух проблем, описанных ниже.

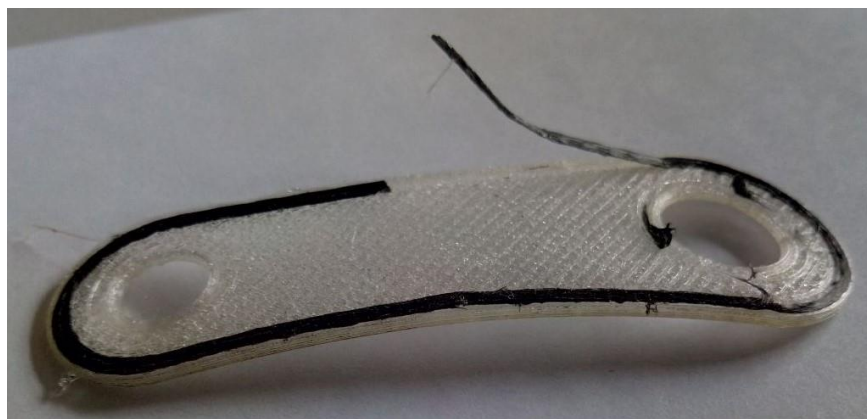
#### **Проблема 1: сопло для волокна слишком высоко**

Если экструдер для волокна установлен выше, чем необходимо, волокно может не приклеиться к поверхности слоя при печати (фрагмент волокна будет «волочиться» за соплом по поверхности слоя):





Также экструдер установлен выше, чем необходимо, если после завершения печати волокно легко отрывается от основного материала, изделие распадается по местам соединения пластика и волокна, волокно отрывается от пластика не по кусочкам, а всей линией целиком:



В этом случае необходимо установить сопло для волокна ниже. Следует заново настроить высоту экструдера, используя щуп на 0,05 мм тоньше (**0,05 мм** вместо 0,1 мм по умолчанию).

### **Проблема 2: сопло для волокна слишком низко**

Если экструдер для волокна установлен ниже, чем необходимо, волокно не будет иметь достаточно пространства для выкладки и будет комкаться на поверхности слоя, равномерность подачи при этом также нарушается:

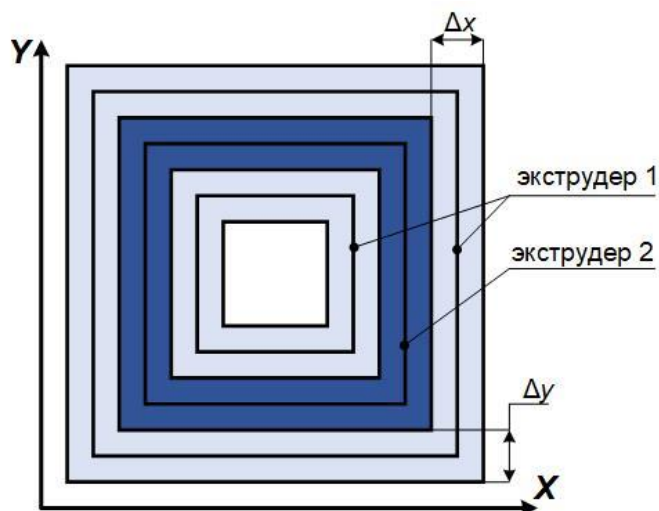


В этом случае необходимо установить сопло для волокна выше. Следует заново настроить высоту экструдера, используя щуп на 0,05 мм толще (**0,15 мм** вместо 0,1 мм по умолчанию).

#### ***Калибровка смещений XY с помощью ПО STE Slicer***

Если после выполнения калибровки положения XY экструдеров с помощью соответствующего менеджера не удаётся устранить смещение контуров, допустимо ввести корректировку в профиле принтера Stereotech 640 в STE Slicer.

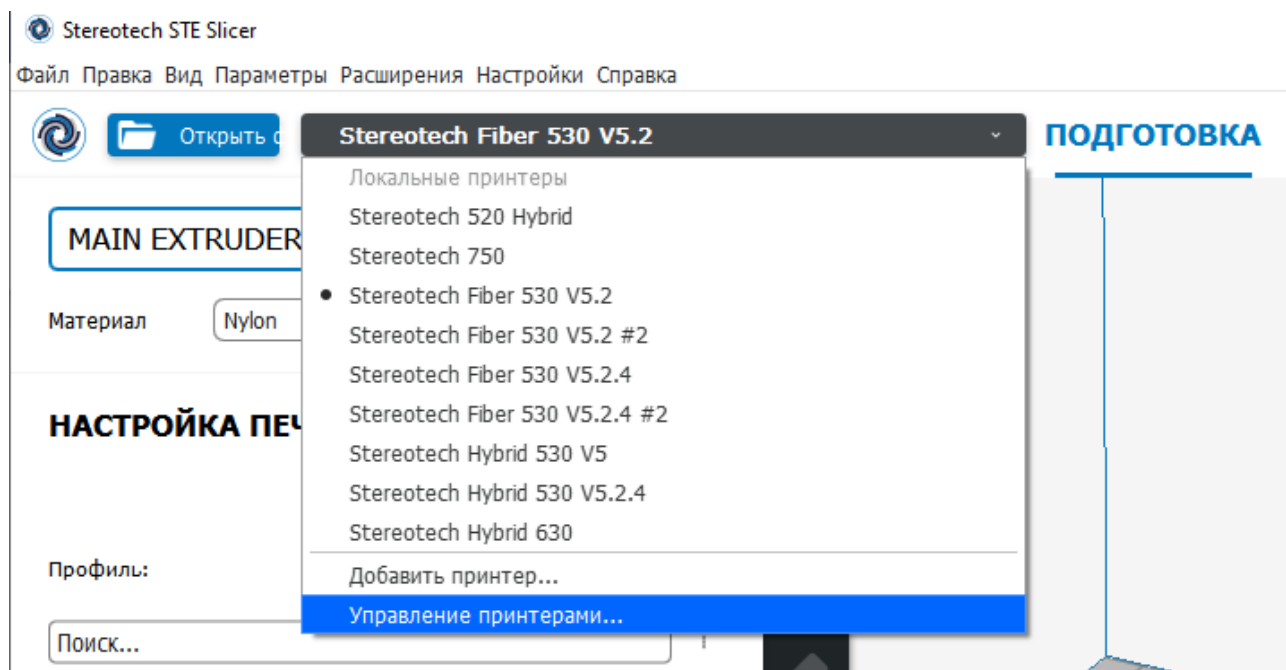
Первым шагом необходимо установить величину смещения правого сопла в каждом из направлений X, Y. Можно определить величину смещений  $\Delta x$ ,  $\Delta y$  по предыдущему изделию, на котором был получен данный дефект, либо напечатать тестовую деталь в виде квадрата, как на рисунке ниже.

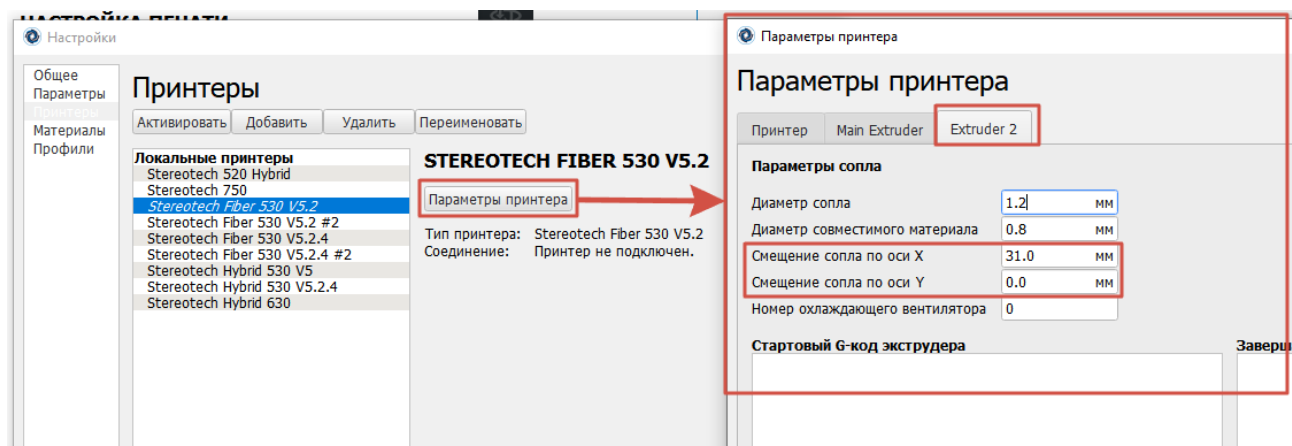


Чтобы открыть параметры профиля принтера, следует в STE Slicer выбрать опцию «Управление принтерами», выбрать нужный профиль принтера и открыть окно «Параметры принтера» соответствующей кнопкой. Чтобы скорректировать смещение второго экструдера, необходимо перейти на вкладку «Экструдер 2» и внести измеренные значения в поля «Смещение сопла по оси X/Y» следующим образом:

- смещение по оси X: если контур экструдера 2 смещён влево – уменьшить номинальное смещение на  $\Delta x$  ( $31 - \Delta x$  по рисунку ниже), если смещён вправо – увеличить номинальное смещение;

- смещение по оси Y: если контур экструдера 2 смещён вниз – уменьшить номинальное смещение на  $\Delta y$  ( $0 - \Delta y$  по рисунку ниже), если смещён вверх – увеличить номинальное смещение.





### 4.3.13. Настройка PID-регуляторов нагревателей

Данную операцию следует выполнить для соответствующего нагревателя (один из экструдеров, платформа или термокамера) в следующих случаях:

- не удаётся запустить печать из-за того, что нагреватель не может выйти на заданную температуру;
- установлен некомплектный принтблок с отличающимися комплектующими (сопло или блок из другого материала, сопло типа Volcano и т.д.).

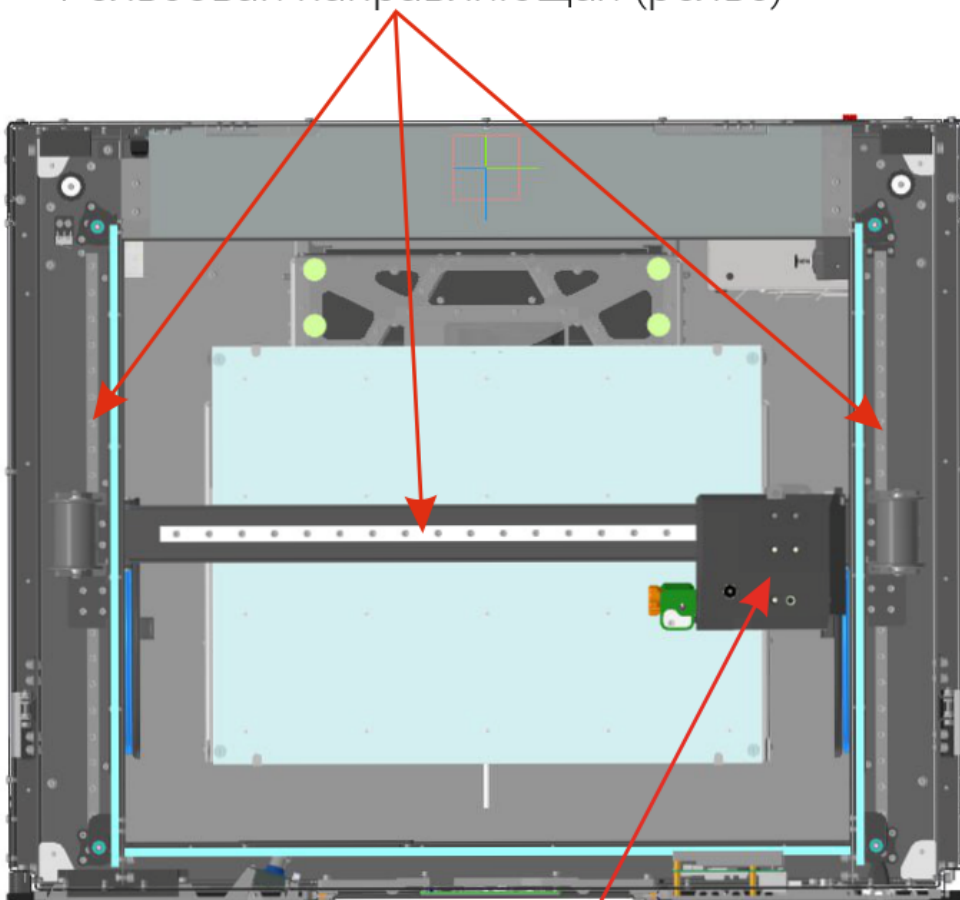
Для калибровки PID-регулятора необходимо в ПО STE App запустить менеджер «Менеджер настройки нагревателей», выбрать проблемный нагреватель и указать целевую температуру, для которой необходимо подобрать настройки регулятора температуры. Настройка осуществляется автоматически, необходимо дождаться соответствующего сообщения на экране принтера о завершении операции.

### 4.3.14. Смазка рельсовых направляющих и кареток модуля XY

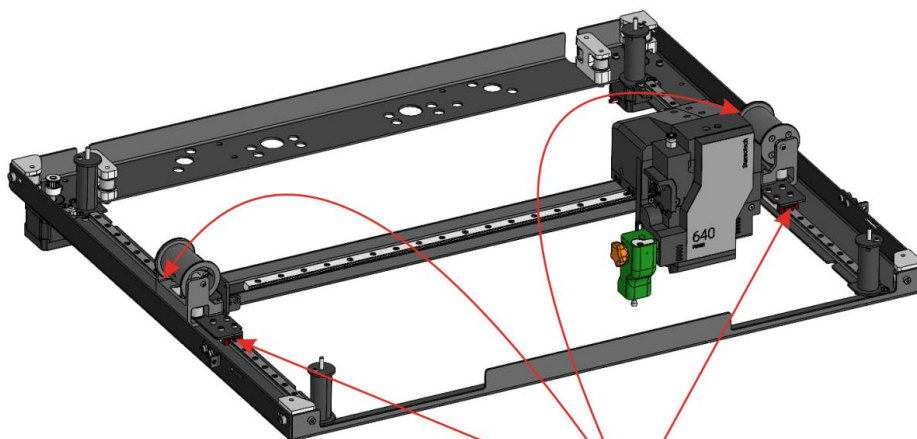
Периодичность обслуживания: каждые 700 ч работы.

Расположение рельсовых направляющих и кареток приведено на рисунках ниже.

Рельсовая направляющая (рельс)

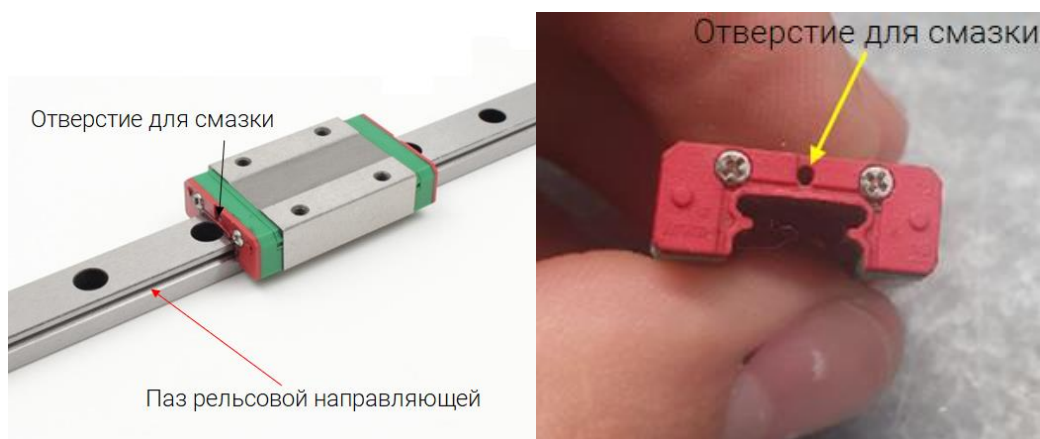
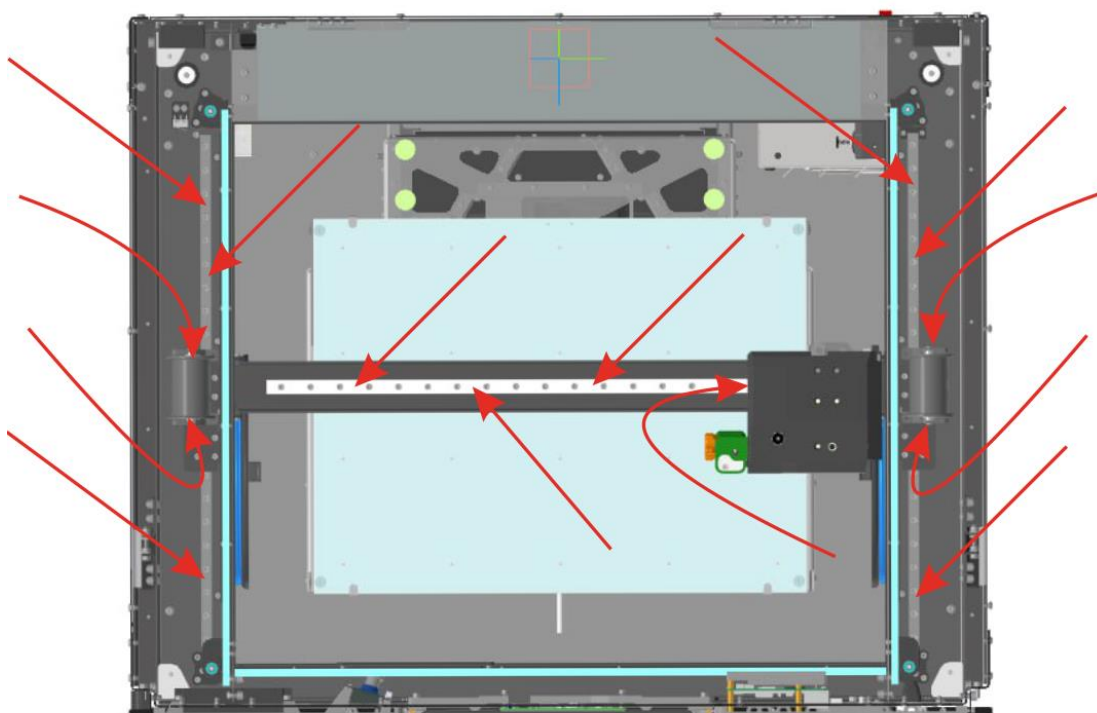


Печатающая головка



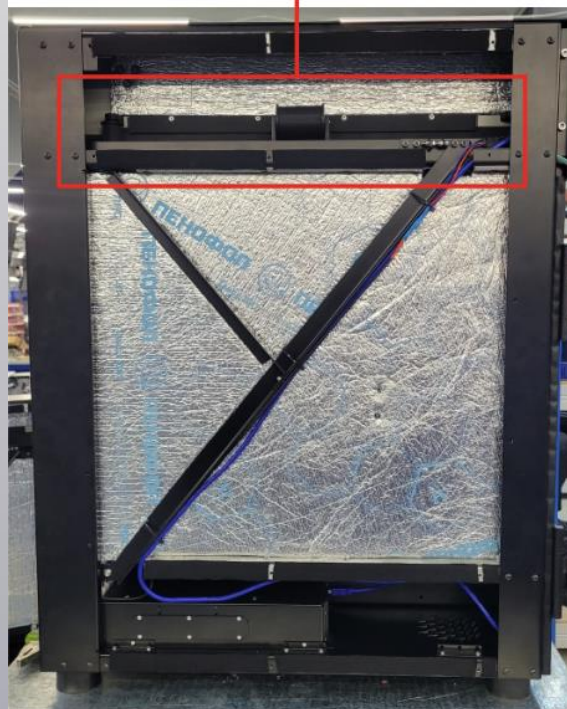
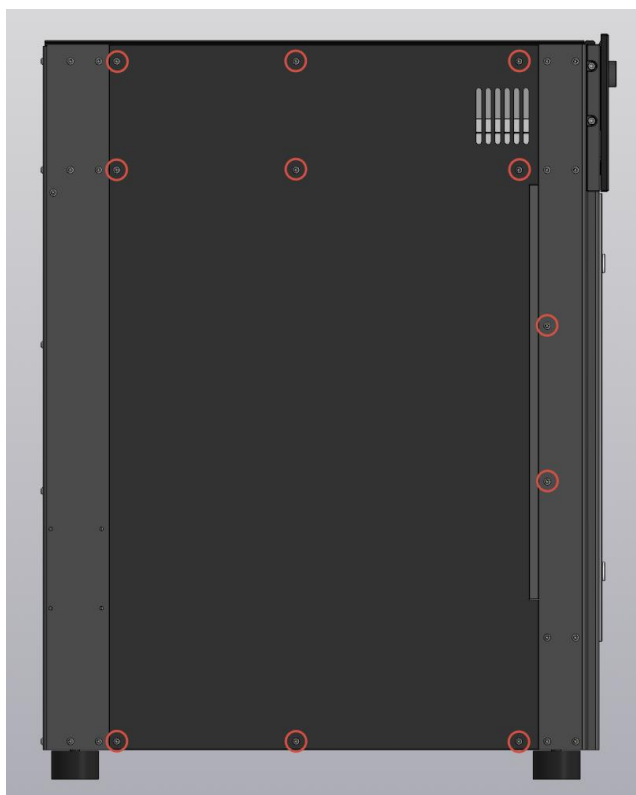
Каретка (по 2шт на каждый рельс)

Места нанесения смазки:



Смазку системы перемещения XY выполнять в следующей последовательности.

1. Выключить и обесточить принтер.
2. Снять боковые панели принтера, чтобы получить доступ к рельсам продольного перемещения портала вдоль оси Y. Для этого следует открутить по 11 винтов на каждой боковой панели и снять их:



3. Сухой ветошью очистить рельсовые направляющие от грязи.



4. Для смазки каждой каретки (всего 5 кареток) подвести смазывающий инструмент к отверстию для смазки, сделать одно нажатие, выдавив около 0,02 мл:



*Каретка оси Y*



*Каретка оси X*

5. После добавления смазки во все пять кареток вручную переместить печатающую головку по оси X, портал с печатающей головкой по оси Y по 8 раз в оба направления, чтобы равномерно распределить смазку внутри кареток. Вручную переместить печатающую головку в середину области печати.

6. Подвести смазывающий инструмент к пазу поперечного рельса (ось X), распределить 0,12 мл смазки по всей длине паза. Так же нанести смазку на противоположный паз рельсовой направляющей (0,12 мл). Затем распределить по верхней части рельсовой направляющей 0,18 мл смазки:



7. Для распределения смазки по рельсовой направляющей 8 раз вручную переместить печатающую головку по оси X влево-вправо. Смазка должна быть распределена тонким слоем. При необходимости вручную распределить смазку наконечником шприца, сухой чистой лопаткой для термопасты или аналогичным инструментом:



8. Смазать два продольных рельса (ось Y) и распределить смазку таким же образом, как описано в п. 7 .. 8.

9. Должны быть смазаны все рельсы и каретки, отмеченные на схеме «Места нанесения смазки» в начале подраздела. В общей сложности требуется по 0,42 мл на смазку одного рельса, по 0,02 мл на смазку одной каретки, итого около 1,36 мл на смазку всей системы XY. Если излишек смазки остался вокруг смазочных отверстий, собрался комками по краям рельсов, следует убрать его ветошью.

10. После того, как все рельсы и каретки смазаны, следует установить обратно боковые панели (каждая фиксируется 11 винтами).

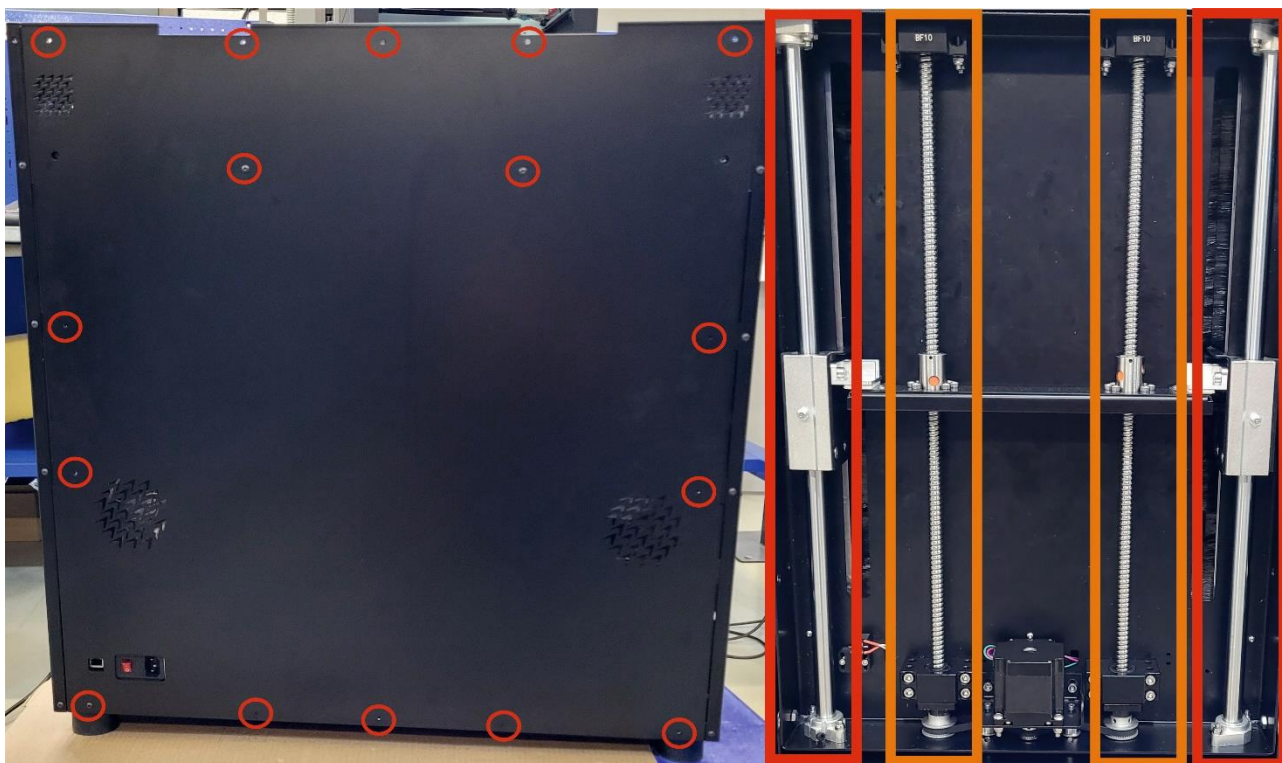
11. Включить принтер. Запарковать оси XY. С помощью кнопок ручного управления переместить печатающую головку по области перемещения XY в разных направлениях. Убедиться, что печатающая головка правильно паркуется по оси X, при перемещениях не происходит заедания, подклинивания, лента кожуха плавно перемещается по порталу X. При необходимости заново закрепить ленту или концевой выключатель оси X.

#### **4.3.15. Смазка цилиндрических направляющих и ШВП модуля Z**

Периодичность обслуживания: каждые 700 ч работы.

Смазку системы перемещения Z выполнять в следующей последовательности.

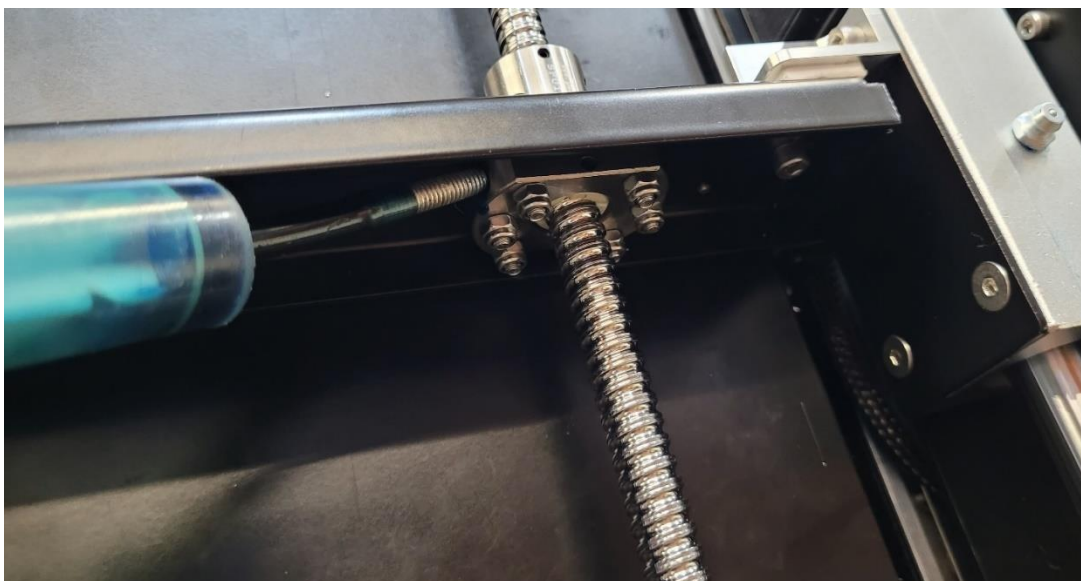
1. Переместить 5D модуль или платформу в крайнее верхнее положение по оси Z.
2. Выключить и обесточить принтер.
3. Открутить 16 винтов на задней панели корпуса принтера и снять её, чтобы получить доступ к винтам ШВП и цилиндрическим направляющим вертикального перемещения (ось Z):



4. Сухой ветошью полностью очистить от грязи винты ШВП и цилиндрические направляющие:



5. Для смазки каждого винта с помощью шприца добавить около 1,25 мл смазки в отверстия гаек ШВП:



6. Для смазки цилиндрических направляющих подсоединить к тавотнице рычажно-плунжерный шприц и добавить через неё около 1,25 мл смазки, либо открутить тавотницу и добавить смазку обычным шприцом:



7. Для смазывания обоих винтов и направляющих потребуется в общей сложности около 5 мл смазки. После добавления смазки, не устанавливая обратно заднюю стенку, следует подключить принтер к сети и включить его, запарковать ось Z и 2 раза переместить 5D модуль / платформу вверх-вниз для распределения смазки (от верхнего положения Z0 до домашнего положения). Убедиться, что смазка распределилась по винтам и направляющим, в противном случае ещё 2 раза переместить 5D модуль / платформу вверх-вниз.

8. Выключить и обесточить принтер.

9. Если излишек смазки остался вокруг смазочных отверстий, собрался комками в верхней или нижней части винтов/направляющих – убрать его ветошью.

10. Установить заднюю панель корпуса принтера и закрепить её 16 винтами.

