

Министерство образования и науки Челябинской области
Государственное бюджетное профессиональное образовательное учреждение
«Южно-Уральский государственный технический колледж»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ
по ПМ.04 «ОРГАНИЗАЦИЯ КОНТРОЛЯ, НАЛАДКИ И
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА»**

для студентов специальности
15.02.16 Технология машиностроения

г. Челябинск 2023 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические рекомендации по выполнению практических работ по ПМ.04 предназначены для обучающихся специальности 15.02.16 Технология машиностроения.

Практические занятия являются важным элементом профессионального модуля в целом и междисциплинарного курса, в частности. В процессе выполнения практических работ обучающиеся систематизируют и закрепляют полученные теоретические знания, развивают интеллектуальные и профессиональные умения, формируют элементы компетенций будущих специалистов.

Программой ПМ.04 предусмотрено выполнение 6 практических работ (рассчитанных на 22 часа), направленных **на формирование элементов следующих компетенций:**

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, применять стандарты антикоррупционного поведения.

ОК 07. Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях.

ОК 08. Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержание необходимого уровня физической подготовленности.

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языке.

ПК 4.1. Осуществлять диагностику неисправностей и отказов систем металлорежущего и аддитивного производственного оборудования

ПК 4.2. Организовывать работы по устранению неполадок, отказов

ПК 4.3. Планировать работы по наладке и подналадке металлорежущего и аддитивного оборудования

ПК 4.4. Организовывать ресурсное обеспечение работ по наладке

ПК 4.5. Контролировать качество работ по наладке и ТО

умения:

- осуществлять оценку работоспособности и степени износа узлов и элементов металлорежущего оборудования;

- использовать методы расчетов гидравлических и пневматических приводов.

- организовывать регулировку механических и электромеханических устройств металлорежущего и аддитивного оборудования;

- выполнять наладку одноступенчатых обрабатывающих центров с ЧПУ;

- читать гидравлические и пневматические схемы.

- определять параметры и строить характеристики трубопроводов.

- рассчитывать энергетические, информационные и материально-технические ресурсы в соответствии с производственными задачами;

- выполнять расчеты, связанные с наладкой работы металлорежущего и аддитивного оборудования;

- обеспечивать безопасность работ по наладке, подналадке и техническому обслуживанию металлорежущего и аддитивного оборудования;

- оценивать точность функционирования металлорежущего оборудования на технологических позициях производственных участков;

Описание каждой практической работы содержит номер, название и цель работы, формируемые в процессе выполнения работы знания и умения, теоретическое изложение необходимого материала (при необходимости примеры выполнения заданий), алгоритм выполнения работы, варианты заданий.

Для получения дополнительной, более подробной информации по основным вопросам учебной дисциплины в конце методических рекомендаций приведен перечень информационных источников.

Отчеты студентов по практическим работам должны содержать номер, название и цель работы, выполненные задания и их результаты, ответы на контрольные вопросы и выводы по проделанной работе.

Титульный лист должен быть оформлен в соответствии с приложением А.

Перечень практических занятий

№	Наименование практической работы	Кол-во часов
1	Определение основных параметров, характеризующих работу станков токарной группы	4
2	Выбор приборов для безразборного диагностирования состояния станков протяжных, шлифовальных и токарных групп	4
3	Расчёт трудоёмкости ремонтных работ на примере металлорежущего станка	4
4	Проведение пуско-наладочных работ фотополимерного 3D принтера	4
5	Проведение ремонтных работ фотополимерного 3D принтера	4
6	Проведение ремонтных работ порошкового 3D принтера	2
	ИТОГО	22

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Название практической работы: Определение основных параметров, характеризующих работу станков токарной группы

Цель работы: Формирование умений определять основные параметры, характеризующие работу станков токарной группы.

умения:

- читать схемы;
- применять основные методы расчета основных параметров;
- выполнять графические изображения деталей с указанием их размеров, допусков и посадок и других технических требований;

знания (актуализация):

- классификацию металлорежущих станков;
- основные узлы и базовые детали станков;
- методику расчета основных параметров оборудования.
- основы выполнения рабочих чертежей деталей.

Теоретический материал

Назначение и техническая характеристика токарно-винторезного станка мод. 1A616

Станок предназначен для токарной обработки сравнительно небольших деталей из различных материалов в условиях единичного и мелкосерийного производства. На станке можно нарезать резцом метрические, дюймовые, модульные и питчевые резьбы.

Техническая характеристика станка.

Высота центров, мм	160
Максимальное расстояние между центрами, мм	710
Наибольший диаметр обрабатываемой детали, мм	
над станиной	320
над суппортом	180
Пределы частот вращения шпинделя, об/мин	11-2240
Количество величин подач суппорта	22
Пределы величин продольных подач суппорта, мм/об	0,03-1,04

Типы нарезаемых резьб

метрическая, шаг в мм	0,5-48
дюймовая, число ниток на 1"	48-2,5
модульная, модуль в мм	0,25-12
Мощность электродвигателя привода главного движения, кВт	4,5

Настройка и наладка станка на обработку цилиндрических поверхностей вала

Подготовка станка и технологической оснастки

Рассмотрим методику настройки и наладки станка на примере обработки ступенчатого вала.

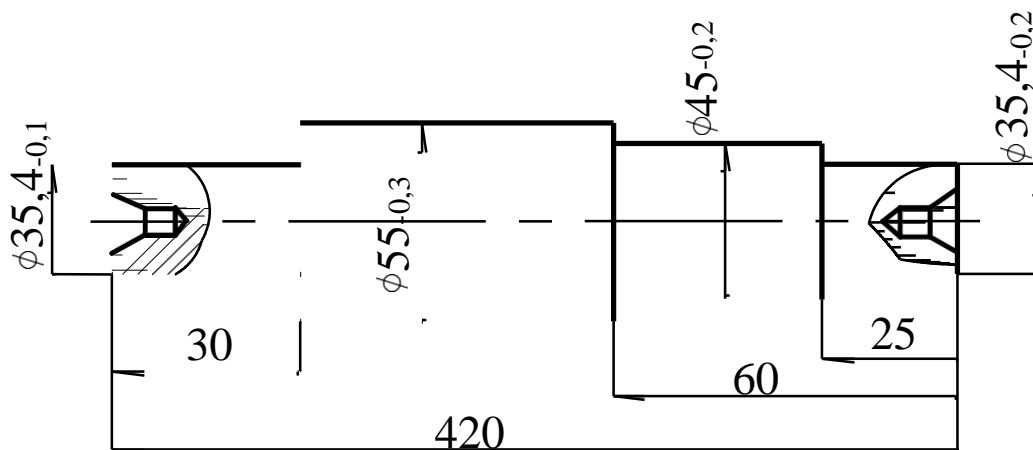


Рисунок 1 – Ступенчатый вал

Считаем, что заготовка (прокат, сталь 40, Ø 60 мм) поступила на обработку с предварительно обработанными торцами, центровыми отверстиями и предварительно обработанной шейкой вала Ø35,4_{-0,2} x 25 с припуском под чистовую обработку (Ø37) и шейкой Ø45_{-0,2} x (60–25) также с припуском под чистовую обработку (Ø46).

В качестве режущего инструмента принимаем резец проходной упорный отогнутый с углом $\varphi=90^0$. Установку резца в резцедержателе производят по центру, установленному в коническое отверстие шпинделя или пиноли задней бабки.

Может быть принято две схемы обработки:

1) В центрах с передачей крутящего момента от поводкового патрона по схеме рисунка 2

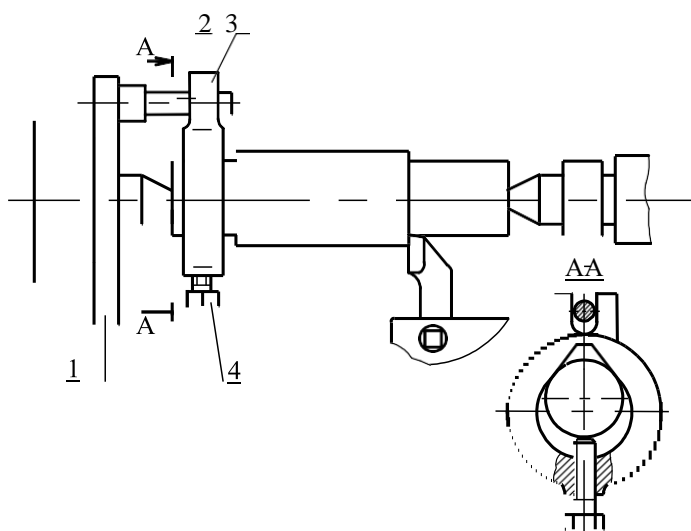


Рисунок 2 – Обработка заготовки в центрах с приводом от поводкового патрона

Передача вращения в этом случае осуществляется поводковым патроном 1 через палец – поводок 2 хвостовику 3 хомутика, который крепится на детали винтом 4.

2) В трехкулачковом самоцентрирующемся патроне с подводом вращающегося центра (рисунок 3).

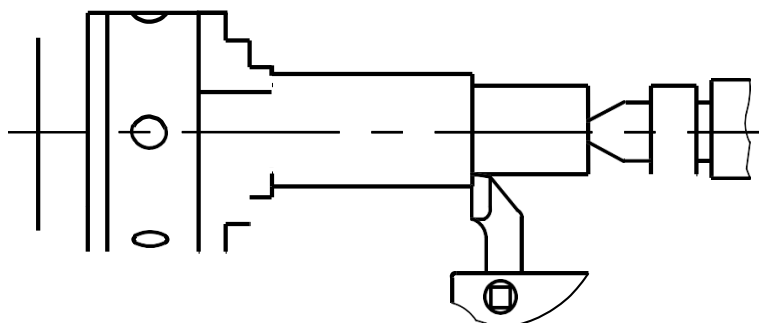


Рисунок 3 – Схема обработки вала с закреплением в патроне и центрированием вращающимся центром задней бабки

Как в первом, так и во втором случае необходима проверка соосности осей вращения шпинделя и вращающегося центра с целью исключения конусообразности приточении цилиндрических поверхностей. Проверка соосности выполняется либо посредством совмещения вершин центров, установленных в шпинделе и пиноли задней бабки, либо посредством проверочных проходов резцом в заданном положении каретки суппорта (координата X) по лимбу: диаметру патрона и вблизи центра задней бабки

должны быть одинаковыми. В случае наличия разности диаметров необходимо произвести смещение задней бабки в направлении, снижающем эту разницу согласно схеме (рисунок 4) до устранения этой разности.

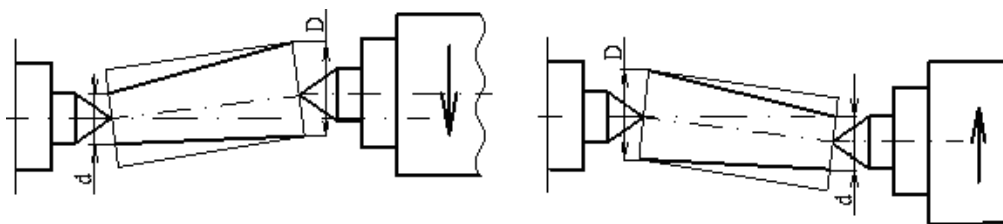


Рисунок 4 – Схема формирования конусообразности и принцип ее устранения

Более высокую точность обработки деталей типа вал обеспечивает первый способ обработки (в центрах с передачей момента от поводкового патрона). Однако он требует значительных затрат времени на переналадку станка: снятие самоцентрирующегося трехкулачкового патрона, установку поводкового патрона и переднего центра, установку детали и закрепление хомутика, установку заднего центра и подвод задней бабки. Второй метод требует только установку детали в трехкулачковом патроне и заднего центра задней бабки. Учитывая последующую финишную обработку с базированием в центровых отверстиях, можно считать второй вариант базирования и закрепления заготовки предпочтительным, особенно для условий единичного производства. Погрешность, вносимую этой схемой базирования и закрепления, будет составлять незначительную часть припуска под шлифование.

Перед настройкой станка и наладкой на заданные размеры необходимо проверить заземление станка, функционирование системы смазки, исправность механизмов переключения режимов обработки.

Кинематическая структура токарно-винторезного станка при точении

Образующая производящая линия (окружность) получается методом следа, реализуемого движением скорости резания F_v (В1), где В1 – вращение шпинделя с заготовкой. Направляющая производящая линия (прямая) получается также методом следа, реализуемого движением подачи F_s (П2), где П2 – поступательное перемещение суппорта с резцом вдоль оси заготовки.

и его структура

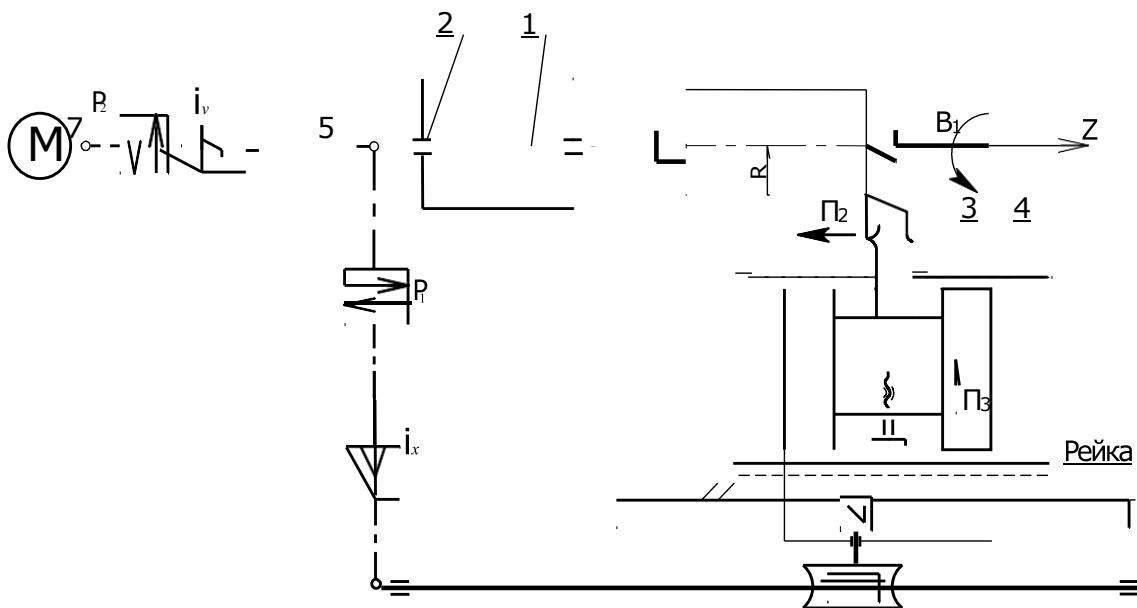


Рисунок 5 – Кинематическая структура токарно-винторезного станка при точении

В состав первой кинематической группы, создающей движение скорости резания $\Phi_v(B_1)$, входит внутренняя связь в виде кинематической пары шпиндель – опоры качения (1 – 2, рисунок 5), внешняя связь (7 – 5) с органом настройки i_v в виде коробки скоростей с раздельным приводом (электродвигатель \rightarrow ременная передача \rightarrow коробка скоростей \rightarrow ременная передача \rightarrow перебор в шпиндельной бабке).

Направление вращения шпинделя на токарно-винторезном станке мод. 1А616 обеспечивается реверсивным электродвигателем. Поэтому реверсивный механизм P_2 во внешней связи 5 – 7 на этом станке отсутствует.

В состав второй кинематической группы, создающей движение подачи, входит внутренняя связь в виде кинематической пары суппорт направляющие станины (3–4), внешняя связь в виде кинематической цепи шпиндель–ходовой вал (5–6) и далее на реечную передачу (механизм фартука суппорта). В качестве механизма для изменения направления перемещения суппорта используется реверсивное устройство P_1 во внешней связи. В станках других моделей для

изменения направления перемещения суппорта используется реверсивное устройство, размещенное в фартуке суппорта, а упомянутое выше реверсивное устройство P_1 используется только при нарезании резьбы (правозаходной или левозаходной).

На станке имеет место движение врезания $V_p(\Pi_3)$, где Π_3 поперечное перемещение каретки суппорта с резцом до получения заданного диаметрального размера. Это движение является установочным, т.к. выполняется до момента начала резания и является элементом наладки станка на заданный диаметральный размер, выполняемый оператором.

Механизированные вспомогательные движения на станке рассматриваемой модели не предусмотрены. Какие-либо специальные механизмы или устройства, обеспечивающие возможность деления при нарезании многозаходных резьб на станке также не предусмотрены.

Рассмотренная структурная схема станка дает возможность перейти к анализу параметров движений и их настройке на основе кинематической схемы станка, которая, в свою очередь, разработана конструкторами на основе структурной схемы.

Задание: Определить основные параметры станка токарной группы и выполнить расчеты по настройке токарно-винторезного станка.

Варианты заданий		
№ варианта	Эскиз детали и другие исходные данные	Модель станка
1		
1.1	Обрабатывается поверхность диаметром $d_1 = 50\text{мм}$; качество точности – 9, $l_1 = 500\text{мм}$, $l_3 = 200\text{мм}$	16K20
1.2	Обрабатывается поверхность диаметром $d_1 = 50\text{мм}$; качество точности – 7, $l_1 = 500\text{мм}$, $l_3 = 200\text{мм}$	3E153
1.3	Обрабатывается поверхность диаметром d_2 на длине l_2 ; $d_2 = 40\text{мм}$, $l_2 = 30\text{мм}$, качество точности – 7 Примечание: ширина шлифовального круга больше l_2	3E153
2		
2.1	Обрабатывается коническая поверхность длиной l_3 ; $d_2 = 40\text{мм}$, $d_3 = 50\text{мм}$, $l_3 = 50\text{мм}$, $l_1 = 350\text{мм}$, качество точности – 9	16K20
2.2	Обрабатываются поверхности диаметром d_1 , d_2 (коническая поверхность) d_3 на длине l_4 : $d_1 = 30\text{мм}$, $d_2 = 40\text{мм}$, $d_3 = 50\text{мм}$, $l_1 = 220\text{мм}$; $l_2 = 30\text{мм}$, $l_3 = 50\text{мм}$, $l_4 = 100\text{мм}$. Качество точности – 9	1722
2.3	Обрабатываются поверхности диаметром d_1 , d_2 (коническая поверхность), d_3 на длине l_4 ; $d_1 = 30\text{мм}$, $d_2 = 40\text{мм}$, $d_3 = 50\text{мм}$, $l_1 = 220\text{мм}$; $l_2 = 30\text{мм}$, $l_3 = 50\text{мм}$, $l_4 = 100\text{мм}$ Качество точности – 8	16K20Ф3

ХОД РАБОТЫ:

1. Выполнить порядок подготовки станка, принцип расчета параметров настройки и наладки станка, оценки формирования погрешности.
2. Определить технологические возможности, технические характеристики и компоновку станка согласно варианту задания.
3. Выполнить описание порядка подготовки станка к выполнению заданной технологической операции (приспособление, режущий инструмент, метод установки и закрепления), составить схему обработки.
4. Определить формообразующие и другие исполнительные движения.
5. Выполнить необходимые расчеты, настройку и наладку станка.

6. Выполнить анализ формирования погрешности обработки.
7. Сделать вывод по выполненной работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

Название практической работы: Выбор приборов для безразборного диагностирования состояния станков протяжных, шлифовальных и токарных групп

Цель работы: Формирование умений выбора приборов для безразборного диагностирования оборудования.

умения:

- анализировать конструктивно-технологические свойства детали, исходя из ее служебного назначения;
- подбирать конкретные приборы для диагностики оборудования;
- определять неисправность оборудования;
- оформлять технологическую документацию.

знания (актуализация):

- служебное назначение и конструктивно-технологические признаки детали;
- виды деформаций;
- условия прочности;
- принцип работы приборов для диагностики оборудования;
- методы технического контроля;

Теоретический материал:

Безразборная диагностика оборудования

Ремонт станков бывает текущим или планово-предупредительным. Текущий ремонт связан с поломкой оборудования, как свершився фактом. Даже если станок работает, опытный оператор по косвенным признакам (неточности обработки, шуму, вибрации и так далее) определяет, что оборудование нуждается в срочном ремонте. Плановый ремонт осуществляют по заранее

составленному графику, рассчитанному по вероятностной модели отказа узлов, так называемому, временному ресурсу на отказ.

Такой подход приводит к существенному удорожанию эксплуатационных расходов. Специалисты считают, что суммарные траты на ремонт и обслуживание за весь срок «жизни» станков — от пуска до списания — в разы превышают первоначальную стоимость.

Известно, что ранняя диагностика заболевания облегчает лечение. То же самое можно сказать и о машиностроительном оборудовании. Зачастую нужно лишь подтянуть гайку или поменять копеечный подшипник, чтобы предотвратить вибрационное разрушение двигателя. Бывает и так, что дорогостоящая планово-предупредительная остановка и разборка станка оказываются излишними — станок в идеальном состоянии. Вывод прост — нужная недорогая безразборная диагностика.

Вибродиагностика

В этом плане, безусловно, поучителен опыт таких стран, как США, Япония, Англия и Франция, которые на своих машиностроительных, автомобильных, ракетно-космических заводах уже давно и успешно осуществляют ремонт станков по фактическому состоянию. Специальные технические службы оценивают состояние станков без разборки. Естественные плюсы такого подхода заключаются не только в точном прогнозировании времени безаварийной эксплуатации, но и в возможности заранее заказывать только нужные детали.

Наиболее действенным и простым способом является вибродиагностика. Любой станок представляет собой сложную кинематическую систему со множеством движущихся пар. Работа любой движущейся детали станка, будь то подшипники, шестерни, передачи, валы, шпиндели, даже гайки и винты, сопровождается определенной вибрацией, точнее её физическими параметрами — амплитудой виброперемещения, виброскоростью, виброускорением, периодом колебания или частотой. Изменение геометрии этих деталей и/или условий эксплуатации сразу же приводит к изменению виброхарактеристик. Это

базовый принцип безразборной вибродиагностики. С помощью специальных приборов акселерометров в контрольных точках станка регистрируют текущие параметры вибрации и сравнивают их с базовыми, соответствующими нормальной работе.



Рисунок 1 - Немецкий тепловизор Testo 880

Отклонение — и есть предмет исследования для специалиста по диагностики.

Как правило, применяют пьезорезисторные акселерометры, которые отличаются широким диапазоном измеряемых частот (от сотен Гц до 130 кГц). В последнее время всё чаще используют акселерометры на переменных конденсаторах. Получаемая информация обрабатывается либо непосредственно программатором станка ЧПУ или в специальной лаборатории.

Еще один способ безразборной диагностики станков с ЧПУ получил название метод оценки согласованности работы привода. С помощью оптико-механических приборов высокой точности определяют так называемую некруглость станка. То есть при максимальной нагрузке контролируют приводы станка при проходе инструментом круговой траектории. Метод основан на изучении отклонений от идеального круга и позволяет выявить рассогласованность скоростей приводов по осям X и Y. По параметрам некруглости специалисты определяют люфты по каждой координате, неперпендикулярность и не параллельность осей, боковые люфты и

несоответствие скоростей приводов техническим требованиям. Остальное — дело компьютерной техники и обработки, которая и выдаст необходимые рекомендации по устранению неисправностей.

Для безразборной диагностики станков подходит и успешно применяется контроль инфракрасного поля оборудования в работающем режиме. Увеличение трения в подшипниках, да и в других движущихся узлах, приводит к локальному увеличению температуры. То же самое можно сказать и об электронике и электротехнике. Там нарушение режима электропроводности, как правило, сопровождается перегревом. С помощью тепловизоров получают инфракрасные термограммы, которые обозначают «пораженные» — аварийные и/или предаварийные состояния узлов станка.

Идеальным средством для безразборной диагностики станков могут служить технические эндоскопы. Вообще, для выявления львиной доли поломок достаточно визуального осмотра деталей и узлов, к которым нет прямого доступа. Для справки, эндоскоп в буквальном смысле переводится с греческого языка, как внутренний осмотр.

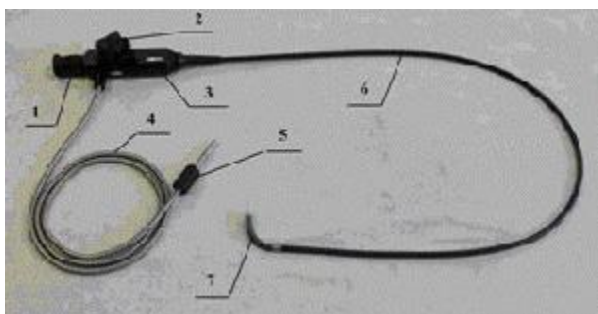


Рисунок 2 - Эндоскоп технический гибкий ЭТГ: 1— окуляр с диоптрийным кольцом; 2 — ручки управления дистальной частью; 3 — корпус; 4 — световод освещения; 5 — разъем для подключения к осветителю 6 — рабочая часть 7 — дистальная часть

Таким образом, современные технические средства позволяют проводить безразборную диагностику станков при весьма незначительных первоначальных затратах на необходимые приборы и технику.

Задание: Выбрать приборы для безразборного диагностирования состояния станков протяжных, шлифовальных и токарных групп.

ХОД РАБОТЫ:

1. Ознакомится с (ГОСТ 34479-2018);
2. Определить контролируемые диагностические параметры оборудования;
3. Определить методы контроля оборудования;
4. Выбрать средства технической диагностики;
5. Заполнить таблицу;

Контролируемые диагностические параметры	Методы контроля	Средства контроля технической диагностики
Качество функционирования (облюдение геометрической формы, показателя шероховатости поверхности и размеров, заданных чертежом)	Линейные и угловые перемещения	Концевые выключатели, датчики линейных и угловых перемещений на основе индукционных и емкостных преобразований, лазерные интерферометры, фотоэлектрические, тензорезистивные и потенциометрические датчики

6. Сделать вывод по выполненной работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Название практической работы: Расчёт трудоёмкости ремонтных работ на примере металлорежущего станка

Цель работы: Формирование умений рассчитывать трудоёмкость ремонтных работ металлорежущих станков.

умения:

- рассчитывать количество ремонтов однотипного оборудования;
- пользоваться стандартами;
- анализировать исходные данные для ремонта оборудования;
- определять последовательность расчета трудоёмкости ремонта оборудования;
- выполнять расчеты, связанные с наладкой работы металлорежущего и аддитивного оборудования.

знания (актуализация)

- методика расчетов трудоёмкости ремонта оборудования;
- типовые технологические операции;
- последовательность выполнения работы при неисправности оборудования;
- требования ЕСКД и ЕСТД к оформлению технической документации.

Теоретический материал:

В процессе работы отдельные части машин и оборудования подвергаются износу. Восстановление их работоспособности и эксплуатационных свойств достигается путем ремонта, эксплуатацией и уходом за оборудованием. Основу для этого на промышленных предприятиях составляет система технического обслуживания и ремонта основных фондов, представляющая собой совокупность взаимосвязанных положений, средств, организационных решений, направленных на поддержание и восстановление качества эксплуатируемых машин, механизмов, сооружений, зданий и других элементов основных фондов. Ведущую форму системы технического обслуживания и ремонта техники на

предприятиях промышленности составляет система планово-предупредительного ремонта оборудования (ППР).

Системы ППР оборудования разрабатываются для различных отраслей промышленности с учетом условий его эксплуатации. Система ППР должна обеспечивать поддержание оборудования в исправном состоянии, его полную работоспособность и максимальную производительность. Основной задачей системы ППР является максимальное удлинение сроков службы отдельных деталей, узлов и оборудования в целом, систематическое снижение стоимости и повышение качества ремонта.

При внедрении системы ППР осуществляются следующие организационно-технические мероприятия:

- а) инвентаризация (учет) оборудования, подлежащего ППР;
- б) паспортизация оборудования с определением технического состояния агрегата (машины);
- в) определение видов ремонтных работ и их описание;
- г) определение продолжительности ремонтных циклов, межремонтных периодов, структуры ремонтного цикла для разного вида оборудования, категории сложности ремонта;
- д) организация систематического учета работы оборудования, расхода запасных частей и материалов на эксплуатацию и ремонт;

Система ППР - это комплекс планируемых организационно-технических мероприятий по уходу, надзору, обслуживанию и ремонту оборудования. Мероприятия носят предупредительный характер, т.е. после отработки каждой единицей оборудования определенного количества времени производятся его профилактические осмотры и плановые ремонты: малые, средние, капитальные.

Чередование и периодичность ремонтов определяется назначением оборудования, его конструктивными и ремонтными особенностями, а также условиями эксплуатации.

ППР оборудования предусматривает выполнение следующих работ:

- межремонтное обслуживание;

- периодические осмотры;
- периодические плановые ремонты: малые, средние, капитальные.

Структура ремонтного цикла - порядок чередования всех видов ремонта в период между двумя капитальными ремонтами (в ремонтном цикле).

Межремонтное обслуживание - это повседневный уход и надзор за оборудованием, проведение регулировок и ремонтных работ в период его эксплуатации без нарушения процесса производства. Оно выполняется во время перерывов в работе оборудования (в нерабочие смены, на стыке смен и т.д.) дежурным персоналом ремонтной службы цеха.

Периодические осмотры - осмотры, промывки, испытания на точность и прочие профилактические операции, проводимые по плану через определенное количество отработанных оборудованием часов.

Периодические плановые ремонты делят на малый, средний и капитальный ремонты.

Малый ремонт - детальный осмотр, смена и замена износившихся частей, выявление деталей, требующих замены при ближайшем плановом ремонте (среднем, капитальном) и составление дефектной ведомости для него (ремонта), проверка на точность, испытание оборудования.

Средний ремонт- детальный осмотр, отдельных узлов, износившихся деталей, проверка на точность перед разборкой и после ремонта.

Капитальный ремонт - полная разборка оборудования и узлов, детальный осмотр, промывка, протирка, замена и восстановление деталей, проверка на технологическую точность обработки, восстановление мощности, производительности по стандартам и ТУ.

ППР осуществляется по плану-графику, разработанному на основе нормативов ППР:

- продолжительности ремонтного цикла;
- продолжительности межремонтных и межосмотровых циклов;
- продолжительности ремонтов;
- категорий ремонтной сложности (КРС);

- трудоемкости и материалоемкости ремонтных работ.

Ремонтный цикл - это период работы оборудования от начала ввода его в эксплуатацию до первого капитального ремонта, или период работы между двумя капитальными ремонтами. Структура ремонтного цикла - это порядок чередования ремонтов и осмотров, зависящих от типа оборудования, степени его загрузки, возраста, конструктивных особенностей и условий эксплуатации.

Категория ремонтной сложности (КРС) присваивается каждой единице оборудования. В качестве ремонтной единицы принята 1/11 трудоемкости капитального ремонта токарно-винторезного станка 16K20, относящегося к одиннадцатой группе сложности.

Для единицы ремонтной сложности рассчитаны нормативы в часах для ремонтов по видам работ:

- слесарные;
- станочные;
- прочие (окрасочные, сварочные и др.).

Категория ремонтной сложности для механической и электрической частей оборудования рассчитываются отдельно.

Структура ППР:

1. 6 – периодная (для станков после 1968 года выпуска.)

К-М₁-М₂-С₁- М₁-М₂-С₂- М₁-М₂-К

2. 9 – периодная (для станков до 1968 года выпуска.)

К-М₁-М₂-С- М₁-М₂ -К

3. К-Т₁-Т₂-Т₃-Т₄-К - для станков у которых мелкий (М) и средний (С) ремонт приблизительно одинаковы по сложности

$M+C=T$

Структуры ремонтных циклов. Расчет трудоемкости ремонтных работ на примере станка мод. 16K20 TI ($R = 20/12$), 6M82Ш ($R = 18/14$), 5140 ($R = 10/6,5$).

Ремонтный цикл – повторяющаяся совокупность различных видов планового ремонта. Ремонтный цикл определяется изготовителем оборудования и адаптируется предприятием под свои условия эксплуатации.

Структура цикла – это заданный перечень и чередование плановых ремонтов внутри цикла.

Каждая группа оборудования имеет свою структуру ремонтного цикла. Например, структура ремонтного цикла для токарных, фрезерных и других металлорежущих станков с массой от 10 до 100 т. включает : один капитальный, пять текущих ремонтов и 12 осмотров, а для тех же станков с массой свыше 100 т. - один капитальный, шесть текущих ремонтов и 21 осмотр. На основе ремонтных нормативов и результатов технического осмотра оборудования составляются годовой, квартальный и месячный планы и графики ремонтных работ.

Трудоемкость ремонта имеет единую структуру за базу которой принята условная единица – единица сложности ремонта обозначается буквой “R” и состоит из Rмех. и Rэлектр.

- Единица ремонтной сложности присваивается каждой единице оборудования. В качестве ремонтной единицы принята 1/11 трудоемкости капитального ремонта токарно-винторезного станка 16K20, относящегося к одиннадцатой группе сложности.

- Единица ремонтной сложности для механической и электрической частей оборудования рассчитываются отдельно.

- Для каждого вида оборудования устанавливается нормативная длительность ремонтного цикла.

Rмех для станка 16K20

К - капитальный ремонт $R = 20$ дней

С - средний ремонт $0,6R = 12$ дней

М - малый ремонт $0,25R = 5$ дней

Rэлектр. Для станка 16K20

Для единицы ремонтной сложности рассчитаны нормативы в часах для ремонтов по видам работ:

1 единица = 35 нормо-часам (23 часа для механической части оборудования, 12 часов для электрической части)

Таблица 1 Нормы работы с одной ремонтной единицей

Наименование	Промывка как самостоятельная операция	Проверка на точность как самостоятельная операция	Осмотр перед капитальным ремонтом	Осмотр	Текущий ремонт	Капитальный ремонт
Слесарные работы	0,35	0,4		0,75		
Станочные работы	-	-	0,1	0,1		
Прочие работы	-	-	-	-	0,1	
Всего	0,35	0,4	1,1	0,85	6,1	

Таблица 2 Нормативы ремонтных работ

Вид ремонта в	одну смену	две смены	три смены
Текущий	0,25	0,14	0,1
Капитальный		0,54	0,41

В зависимости от единицы ремонтной сложности оборудования принимается состав ремонтной бригады:

До 6 единиц – 2 человека

От 6 до 12 единиц – 3 человека

От 12 до 18 единиц – 4 человека

В общем случае время пребывания оборудования в ремонте Трем может быть определено по формуле

$$Трем = трем R / b \cdot tсм \cdot Ксм \cdot Кн,$$

где трем - норма времени на слесарные работы на одну ремонтную единицу данного вида ремонта;

R - единица сложности ремонта оборудования;

b - число одновременно работающих слесарей в смене;

tсм - продолжительность смены;

Ксм - коэффициент сменности работы ремонтных рабочих;

Кн - коэффициент выполнения норм ремонтными рабочими.

Длительность ремонтного цикла зависит от особенностей конструкции оборудования, условий его эксплуатации и других факторов. Для различных видов оборудования она может существенно отличаться. Например, для металлорежущего оборудования она составляет 26000 ч. , для ковочных машин и кузнечно-прессовых автоматов - 11700 ч., для литейных и формовочных конвейеров - 9500 ч. , и т.д.

Задание: Определите годовой объем ремонтных работ, руководствуясь следующими данными:

Показатели	
1. Количество ремонтов однотипного оборудования по графику ППР:	
а) капитальных	1
б) текущих	9
2. Трудоемкость ремонтов (чел.час)	
а) капитальных	240
б) текущих	36
3. Непредвиденные работы (в % к общему объему работ)	45
4. Структура трудозатрат (в %)	
а) слесарные работы	70
б) станочные	20
в) прочие	10

ХОД РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с исходными данными;
2. Рассчитать объем ремонтных работ;

$$T_p = \sum t_k * n_k + \sum t_t * n_t ,$$

где t_k , t_t – трудоемкости ремонтов в человеко-часах;

n_k , n_t – количество ремонтов.

3. Определить трудоемкость непредвиденных, т.е. внеплановых

ремонтов.

$$\text{Тр.нп.} = \text{Тр} * X / 100 ,$$

где X – процент непредвиденных ремонтов.

4. Определить структуру трудозатрат;
5. Сделать вывод по выполненной работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 4

Название практической работы: Проведение пуско-наладочных работ фотополимерного 3D принтера

Цель работы: Формирование умений проводить пуско-наладочные работы фотополимерного 3D принтера

умения:

- обеспечивать безопасность работ по наладке, подналадке и техническому обслуживанию металлорежущего и аддитивного оборудования;
- проектировать технологические операции;
- выполнять расчеты, связанные с наладкой работы металлорежущего и аддитивного оборудования;

знания (актуализация)

- основные режимы работы металлорежущего и аддитивного оборудования;
- правила выполнения расчетов, связанных с наладкой работы металлорежущего и аддитивного оборудования;
- оборудование и инструменты;
- служебное назначение и конструктивно-технологические признаки детали;
- нормы охраны труда и бережливого производства, в том числе с использованием SCADA систем.

Теоретический материал:

ОСНОВНЫЕ НАСТРОЙКИ

Целью калибровки фотополимерного 3D-принтера является достижение сбалансированных значений трех основных настроек:

Время экспозиции одного слоя	Разрешение в плоскости XY (т. е. размер пикселя или лазерного пятна)	Толщина слоя (разрешение по оси Z)
------------------------------	---	---------------------------------------

ВРЕМЯ ЭКСПОЗИЦИИ ОДНОГО СЛОЯ

Наиболее важным параметром является время экспозиции одного слоя. Этот параметр определяет длительность световой экспозиции для одного слоя печатаемой 3D-модели. Данный термин применим к 3D-принтерам на основе технологий DLP и LED/LCD, поскольку в таких устройствах экспозиции подвергается весь слой сразу, в то время как лазерные SLA-принтеры "рисуют" каждый слой. К лазерным принтерам понятие "время экспозиции" напрямую не применяется, поскольку в таких устройствах предусмотрена возможность регулировать мощность и скорость лазера. Увеличить световую экспозицию 3D-фотополимера с помощью лазера можно либо за счет увеличения его мощности, либо за счет замедления его работы.

Неверная настройка времени экспозиции является одной из основных причин неудач при фотополимерной печати. Помимо такой очевидной проблемы, как потеря точности деталей и габаритов, неправильная настройка экспозиции чревата и другими неприятными последствиями. Чрезмерно длительная экспозиция обычно приводит к следующим проблемам.

ПЕРЕОБЛУЧЕНИЕ

Этот эффект наблюдается в тех случаях, когда свет проникает в материал слишком глубоко и тем самым нарушает сбалансированность затвердевания. Это приводит к потере точности деталей и габаритов по оси Z. Малые детали печатаемой модели получаются слишком большими.

Если вы заметили такой эффект, уменьшите время экспозиции (время затвердевания). После печати еще одной пробной модели оцените разницу в точности и при необходимости скорректируйте настройки еще раз.

ЭФФЕКТ РАССЕЙВАНИЯ

Наблюдается в тех случаях, когда нарушается заданная прямая траектория света, что приводит к полимеризации в нежелательных направлениях. Обычно это происходит из-за отсутствия в смоле пигмента, блокирующего свет. Чрезмерно длительное время затвердевания может усилить эффект рассеивания. Эффект рассеивания точно так же приведет к потере точности деталей и размеров как по оси Z, так и в плоскости XY.

Данная проблема решается путем уменьшения времени экспозиции и/или добавления светового блокирующего пигмента в фотополимер. В большинстве случаев трудно решить проблему эффекта рассеивания, не меняя тип материала для 3D-печати.

В случае же недостаточно длительной экспозиции возникают следующие проблемы. ЭФФЕКТ НЕДОСТАТОЧНОГО ЗАТВЕРДЕВАНИЯ

Обычно проявляется в виде расслоения в середине детали из-за недостаточной адгезии слоя и приводит к частичному или даже полному прилипанию модели ко дну платформы с фотополимером. Также вероятна существенная потеря точности малых и сложных деталей. Они будут получаться слишком маленькими или вообще отсутствовать.

Попробуйте увеличить время экспозиции. После повторной печати тестового образца обратите внимание на качество мелких деталей.

НЕДОСТАТОЧНАЯ АДГЕЗИЯ 3D-МОДЕЛИ К РАБОЧЕМУ СТОЛУ

Недостаточная адгезия модели к рабочему столу может привести к падению модели и повреждению платформы с фотополимером. Наиболее типичная картина в таком случае — толстый слой фотополимера для 3D-печати, затвердевший на дне платформы, и полное отсутствие модели на рабочем столе.

Увеличьте время экспозиции нижнего слоя. Оно должно примерно в 10 раз превышать нормальное время экспозиции одного слоя.

Невозможно охарактеризовать параметр времени экспозиции отдельно от остальных параметров, поскольку первый зависит от последних является их производным. Давайте рассмотрим другие параметры и выясним, как они влияют на время экспозиции. Мы также перечислим и те факторы, которые оказывают не столь существенное влияние на экспозицию, но о которых тем не менее не следует забывать.

РАЗРЕШЕНИЕ (ОСИ X И Y)

Разрешение XY — это размер отдельного пикселя для систем на базе LCD/LED и DLP, а также диаметр лазерного пятна для лазерных SLA-систем. Для систем на базе LCD/LED и SLA разрешение XY, как правило, является фиксированным показателем, поэтому вам не нужно беспокоиться об изменении экспозиции в связи с регулировкой разрешения XY. Если у вас DLP-проектор с регулируемым разрешением, его расположение может существенно повлиять на время экспозиции. При перемещении проектора вверх вы уменьшаете рабочий объем, а значит, вся мощность источника света (в мВт) сконцентрирована на меньшей площади (см²), соответственно, увеличивается освещенность (мВт/см²). Как следствие, фотополимер получает больше световой энергии, что приводит к сокращению времени экспозиции и ускорению химической реакции. Тот же принцип работает в обратную сторону при увеличении расстояния проектора от лотка с фотополимером. В этом случае вся энергия света концентрируется на большей площади, показатель освещенности уменьшается, а фотополимер получает меньше энергии на единицу площади. Это приводит к увеличению времени экспозиции и замедлению химической реакции.

ТОЛЩИНА СЛОЯ (РАЗРЕШЕНИЕ Z)

Параметр "толщина слоя" определяет толщину одного слоя печатаемой модели. Иначе этот параметр называется "разрешение Z". Вы можете выбрать из наиболее распространенных вариантов данного показателя, которые составляют 50 мкм и 100 мкм, но, если вам нужна чрезвычайно качественная и гладкая поверхность, есть смысл обратить внимание на 25 мкм. Все, что находится

между этими цифрами, также совершенно нормально, но не очень распространено. Следует также помнить, что практическая разница между 50 и 25 мкм при использовании тщательно откалиброванного устройства ничтожно мала, в то время как разница во времени печати — огромна.

Очень трудно вывести некую закономерность относительно того, как меняется время экспозиции при изменении толщины слоя. Интенсивность прохождения света через среду уменьшается в геометрической прогрессии. При этом абсорбционные свойства 3D-смолы и ее компонентов определяют отношение между длительностью экспозиции и толщиной слоя, которое не является линейным. Однако в AmeraLabs применяется определенное эмпирическое правило, которым мы поделимся с вами и которое вы также можете использовать. Если вы опускаете параметр толщины слоя ниже 75-100 мкм и сохраняете разрешение XY постоянным, то для уменьшения толщины слоя на 50% необходимо уменьшить время экспозиции на 25%. Это правило несколько субъективно, и в некоторых случаях верное время экспозиции может быть даже меньше, но это — хороший ориентир.

Уменьшение толщины слоя на 50% = уменьшение экспозиции на 25%

КАК ЧАСТО СЛЕДУЕТ КАЛИБРОВАТЬ 3D-ПРИНТЕР?

Помимо первичной калибровки 3D-принтера сразу после покупки, существует довольно много случаев, когда настоятельно рекомендуется повторить процедуру.

ПРИ ЗАМЕНЕ ФОТОПОЛИМЕРНОЙ СМОЛЫ ДЛЯ 3D-ПЕЧАТИ

Если вы меняете производителя смолы для 3D-печати, настоятельно рекомендуется повторить процедуру калибровки. Каждая марка фотополимера имеет свою реакционную способность и концентрацию пигмента/краски. С некоторыми производителями фотополимеров приходится повторять калибровку после вскрытия каждой новой бутылки, потому что не всегда известно, когда она была произведена и был ли осуществлен надлежащий контроль качества. В AmeraLabs каждая партия материалов подвергается огромному числу научно обоснованных процедур тестирования с

использованием различных фотополимерных 3D-принтеров для поддержания неизменно высокого уровня качества.

КАЖДЫЕ 3–6 МЕСЯЦЕВ

Задание: Провести пуско-наладочные работы, заполнить сравнительную таблицу

ХОД РАБОТЫ:

1. Произвести пуско-наладочные работы в программном обеспечении;
2. Заполнить таблицу;

Параметр	Причина неисправности	Пути решения неисправности
ПЕРЕОБЛУЧЕНИЕ	Этот эффект наблюдается в тех случаях, когда свет проникает в материал слишком глубоко и тем самым нарушает сбалансированность затвердевания. Это приводит к потере точности деталей и габаритов по оси Z. Малые детали печатаемой модели получаются слишком большими.	Уменьшить время экспозиции (время затвердевания). После печати еще одной пробной модели оцените разницу в точности и при необходимости скорректируйте настройки еще раз.

3. Описать в каких случаях применяется калибровка принтера;
4. Сделать вывод по выполненной работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 5

Название практической работы: Проведение ремонтных работ фотополимерного 3D принтера

Цель работы: Формирование умений проводить ремонтные работы фотополимерного 3D принтера

умения:

- обеспечивать безопасность работ по наладке, подналадке и техническому обслуживанию металлорежущего и аддитивного оборудования;
- осуществлять ремонтные работы фотополимерного 3D принтера;
- выполнять расчеты, связанные с наладкой работы металлорежущего и аддитивного оборудования;
- оформлять технологическую документацию;

знания (актуализация)

- правила выполнения расчетов, связанных с наладкой работы металлорежущего и аддитивного оборудования;
- оборудование и инструменты;
- знать устройства фотополимерного 3D принтера;
- нормы охраны труда и бережливого производства, в том числе с использованием SCADA систем.

Теоретический материал:

Проблемы с печатью бывают у каждого. У нас их было достаточно много, чтобы проанализировать и найти решения для 20 наиболее типичных проблем с 3D печатью. В этой статье мы делимся нашим опытом и надеемся, что вам теперь не придется тратить лишнее время на диагностику и решение возникших проблем.

Если вы не можете определить в чем заключается неисправность, сравните ее с описанием.

Проблема с 3D печатью: Деформация - Отклеивание первого слоя



Описание проблемы

В основе модели распечатка приподымается и не прилипает к платформе. Эта проблема также может спровоцировать горизонтальные трещины в верхних секциях распечатки.

Почему проблема возникла?

Деформация основы распечатки происходит из-за особенностей пластика. ABS и PLA пластик охлаждается очень быстро и именно это может привести к отлипанию первого слоя.

Решение проблемы 3D печати: Деформация распечатки

1. Используйте платформу с подогревом. Самое простое решение для этой проблемы - использование платформы с подогревом (heatbed) и установка температуры, чуть ниже температуры плавления пластика. Если вы правильно установите температуру, первый слой не будет отлипать от платформы. Температура платформы принтера зачастую устанавливается слайсером автоматически. Рекомендуемая температура для вашего пластика указана сбоку на упаковке или катушке.

2. Используйте клей. Если ваша распечатка приподымается по краям, нанесите тонкий слой клея (или лака для волос) на платформу, чтобы увеличить сцепление(адгезию).

3. Попробуйте другую платформу. Смените платформу на платформу с большей адгезией. Такие производители как Lulzbot используют покрытие PEI (Polyetherimide), которое обеспечивает хорошее сцепление даже без использования клея. XYZPrinting в некоторые принтеры кладут несколько

кусков термоскотча для подложки. Это хорошее решение для не нагреваемых платформ. Zortrax 3D выбирают другое решение - перфорированную подложку, к которой распечатка прилипает, тем самым избавляя пользователя от проблемы деформации у основы.

4. Откалибруйте платформу. Неправильная калибровка платформы также может влиять на качество печати первого слоя. Проверьте уровень платформы и откорректируйте высоту, если это необходимо.

5. Увеличьте контакт между распечаткой и платформой. Часто эта проблема также возникает из-за недостаточно плотного контакта модели и подложки. Ее легко исправить с помощью ПО принтера, добавляя юбку или подложку.

6. Оптимизируйте настройки температуры. Если ни один метод не сработал, проверьте расширенные настройки ПО принтера и самого принтера. Попробуйте увеличить температуру платформы на 5 градусов.

7. Обратите внимание на настройки вентилятора. Как правило, вентиляторы должны переключаться на полную мощность, как только распечатка достигает высоты 0.5 миллиметров, но вы можете увеличить высоту до 0.75 миллиметров, чтобы дать слоям остыть естественным путем.

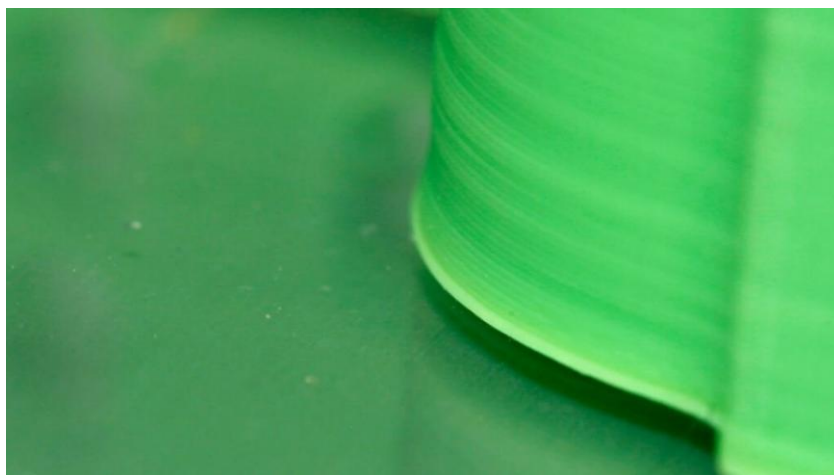
8. Даже если у вашего принтера нагреваемая платформа, рекомендовано использовать клей (или лак) и постоянно регулировать уровень платформы.

Деформация 3D распечатки: чек-лист для избежания проблем

- Используйте платформу с подогревом
- Используйте клей (лак) для большего сцепления
- Вместо стеклянной платформы используйте каптон/термоскотч/клей/лак

- Откалибруйте платформу
- Добавьте платформу или подложку
- Отрегулируйте настройки температуры и вентилятора

Проблема с 3D печатью: Смещение первого слоя (Слоновья нога)



Описание проблемы

Основа модели немного смещена.

Почему проблема возникла?

Как правило, основа модели смещается из-за веса распечатки, который давит на первый слой когда нижние слои еще не успели остыть. Часто случается с принтерами с подогревающейся платформой.

Решение проблемы 3D печати: Смещение первого слоя

1. Правильный баланс. Чтобы избавиться от проблемы смещения первого слоя, печатаемые модели должны быть достаточно охлаждены, чтобы выдерживать вес всей структуры. Здесь следует быть осторожным: чрезмерное переохлаждение может привести к деформации первого слоя. Найти баланс достаточно сложно. Начните с понижения температуры платформы на 5 градусов (но не больше чем на 20 градусов от рекомендованной температуры). Если Bottom / Top Thickness установлена на 0.6 миллиметров, включайте вентилятор сразу на высоте чуть ниже.

2. Уровень платформы. Большинство проблем 3D печати связаны с неправильным уровнем платформы. Для каждого принтера существует особенный подход для калибровки уровня платформы. Чтобы определить необходимый вам, изучите рекомендации производителя. Распечатайте калибровочный кубик и посмотрите на качество подачи пластика. Калибровочный кубик поможет вам определить был ли пластик уложен ровно, и если сопло находится слишком близко к платформе и скребет расплавленный пластик или слишком высоко из-за чего пластик пузырится.

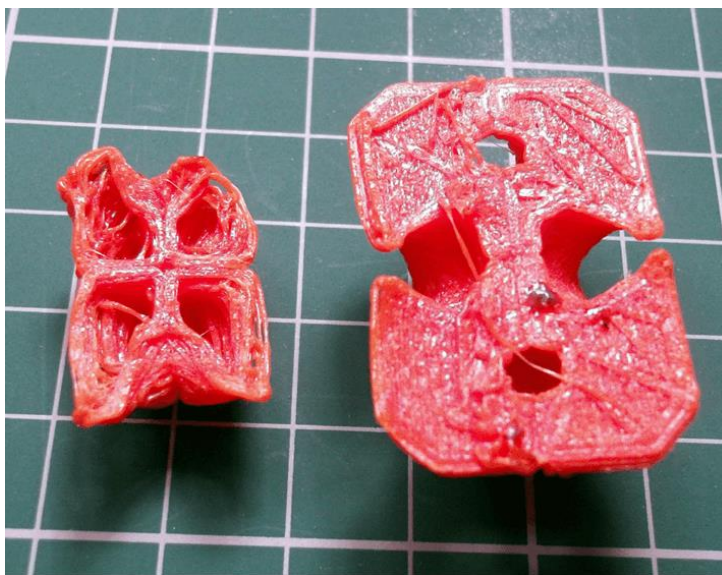
3. Поднимите сопло. Зачастую подъем сопла на небольшую высоту может помочь. Главное, не поднимать его слишком высоко.

4. Сделайте углы модели более плавными. Если ничего не помогает, попробуйте скосить углы основы модели. Конечно, это возможно сделать только в том случае, если вы создали модель самостоятельно или у вас есть доступ к исходному файлу. Начните с 5 миллиметров и 45° скоса и экспериментируйте, чтобы достичь лучшего результата.

Смещение первого слоя в 3D печати: чек-лист для избежания проблем

- Сбалансируйте температуру платформы и скорость вентилятора
- Поднимите платформу принтера
- Проверьте высоту сопла
- Сделайте углы модели более плавными

Проблема с 3D печатью: Другие проблемы с первым слоем



Описание проблемы

Первый слой выглядит неправильно, некоторые фрагменты отсутствуют. Снизу есть ненужные линии.

Почему проблема возникла?

Такие проблемы с 3D печатью как правило указывают на то, что уровень платформы не был правильно установлен. Если сопло находится слишком далеко от платформы, внизу распечатки часто появляются ненужные линии или

первый слой не прилипает. Если же сопло находится слишком близко к платформе, это может спровоцировать пузырение пластика.

Также обратите внимание не то, что платформа должна быть чистой. Отпечатки пальцев на платформе могут привести к тому, что первый слой не будет приставать к платформе.

Решение проблемы 3D печати: Другие проблемы с первым слоем

1. Установите уровень платформы. У каждого принтера есть свой процесс настройки уровня платформы. Например, последние модели Lulzbots используют автокалибровку, в то время как Ultimaker предлагают пошаговую инструкцию ручной калибровки. А вот чтобы настроить уровень платформы Prusa i3, вам понадобится потратить много времени на изучение вопроса.

2. Установите высоту сопла. Если сопло расположено слишком высоко, пластик не будет приставать к платформе, если слишком низко - сопло будет скрести распечатку.

3. Очистите платформу. Обязательно регулярно чистите платформу принтера, особенно если вы пользуетесь клеем. Отпечатки пальцев, пыль и остатки клея влияют на качество приставания модели к платформе.

4. Используйте клей(лак). Нанесите тонкий слой клея на платформу, чтобы увеличить сцепление модели с платформой. Не забывайте регулярно очищать платформу, т.к. излишки клея могут спровоцировать обратный эффект.

5. Используйте текстурированную подложку для не подогреваемых платформ принтеров.

Другие проблемы с 3D печатью: чек-лист для избежания проблем

- Проверьте уровень платформы
- Проверьте высоту сопла
- Очистите платформу
- Используйте клей
- Используйте текстурированные подложки для холодных платформ

Проблема с 3D печатью: Смещение слоев в модели



Описание проблемы

Слои смещаются в середине распечатки.

Ремни принтера не достаточно туго закреплены. Верхняя пластина не прикреплена и двигается независимо от нижней пластины. Один из стержней в оси Z не идеально ровный

Решение проблемы 3D печати: Смещение слоев в модели

1. Проверьте ремни. Прежде всего, проверьте насколько туго натянуты ремни: они не должны висеть свободно, но и не должны быть слишком затянуты. Если вы потянете за ремни, то должны почувствовать легкое сопротивление. Если же вы почувствуете, что верхний ремень туже, чем нижний, это верный знак того, что они недостаточно хорошо натянуты.

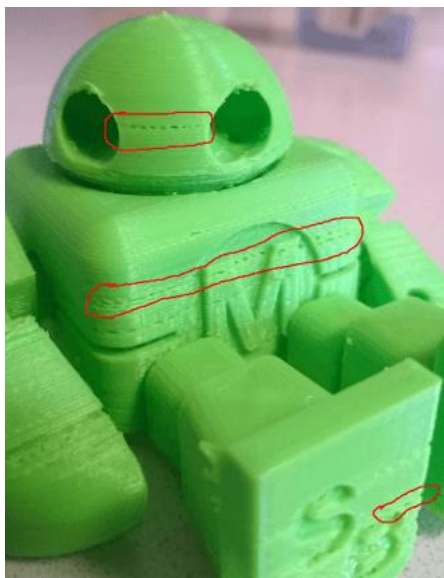
2. Проверьте крышку. Проверьте крышку, стержни и другие детали сверху принтера (если у вас core XY). Убедитесь, что все детали правильно закреплены.

3. Проверьте винты по оси Z. Многие производители принтеров чаще используют резьбовые шпильки чем трапецеидальный винты и хотя оба выполняют свою работу, резьбовые шпильки имеют тенденцию со временем гнуться. Не надо разбирать принтер, чтобы проверить, ровные ли стержни. Просто используйте ПО, например Printron, чтобы передвигать печатающую головку распечатку вверх и вниз. Если один из стержней Z оси погнут, вы обязательно это заметите. К сожалению, практически невозможно выпрямить погнутую шпильку, но, с другой стороны, это отличный повод заменить старые резьбовые стержни на трапецеидальные винты.

Смещение слоев: чек-лист

- Проверьте натяжение ремней
- Проверьте не двигается ли верхняя крышка
- Убедитесь, что шпильки по оси Z ровные

Проблема с 3D печатью: Отсутствующие слои



Описание проблемы

Пробелы в модели появляются из-за того, что некоторые слои отсутствуют (частично или полностью).

Принтер не смог произвести необходимое количество пластика для припечатки отсевающих слоев. В 3D печати эта проблема также известна как недостаточное экструдирование. Суть проблемы может заключаться в самом пластике (например, разный диаметр материала), в катушке, в подающем механизме (экструдере) или в забитом сопле.

Трение может спровоцировать застревание пластика. Также причина может быть в том, что винты(шпильки) по оси Z неправильно выравнены линейными подшипниками.

Также возможна проблема винтов(шпилек) по оси Z и с самими подшипниками.

Решение проблемы 3D печати: Отсутствующие слои

1. Механическая проверка. Если вдруг вы обнаружили отсутствующие слои в печати - самое время немного позаботиться о вашем принтере. Начните с

проверки винтов(шпилек) и убедитесь, что они плотно прикреплены к подшипниками или зажимами.

2. Проверка выравнивания стрежней. Убедитесь, что все винты(шпильки) выравнены и не смещены. Выключите питание и аккуратно передвиньте печатающую головку по осям X и Y. Если есть какое-либо сопротивление, значит, что есть какие-то проблемы. Достаточно легко понять в чем именно заключается проблемы - в слегка погнутом стержне или подшипниках.

3. Изношенные подшипники. Изношенные подшипники издадут шум. Также вы сможете почувствовать дребезжание печатающей головки, при этом принтер слегка вибрирует. В этом случае, отключите питание и подвигайте печатающую головку по осям X и Y чтобы обнаружить, где находится изношенный подшипник.

4. Проверьте масло. Не забывайте регулярно смазывать подвижные механизмы принтера. Для смазки идеально подходит масло для швейных машинок - его можно купить в любом хозяйственном магазине по приемлемой цене. Перед тем как нанести масло убедитесь, что шпильки(винты) чистые. Если на шпильках(винтах) есть грязь или остатки материалов печати, очистите их.

Потом подключите к принтер через программу (например, Pronterface), чтобы по перемещать печатающую головку по осям X и Y и проверить, что шпильки равномерно смазаны. Если вы нанесете немного больше масла, просто вытрите излишки.

5. Недостаточное экструдированное. Последней причиной проблемы может быть недостаточное экструдированное. Решений этой проблемы может быть много и все они описаны в 9 разделе.

Чек-лист

- Проверьте механизм принтера, чтобы убедиться, что подвижные элементы туго закреплены.
- Перепроверьте конструкцию принтера и выравнивание
- Проверьте нет ли изношенных подшипников и погнутых шпилек
- Используйте немного масла для смазки деталей

Проблема с 3D печатью: Трещины в высоких объектах



Описание проблемы

Трещины по бокам модели, чаще всего в высоких моделях.

Проблема может возникнуть неожиданно, и чаще всего возникает в больших принтерах, особенно если вы не следите за их работой.

На верхних слоях материал охлаждается быстрее, так как тепло от платформы не достигает необходимой высоты. Из-за этого адгезия верхних слоев ниже.

Решение проблемы 3D печати: Трещины в высоких объектах

1. Температура экструдера. Начните с увеличения температуры экструдера - лучше всего поднять ее на 5-10°C. Сбоку на коробке от пластика вы найдете наивысшую температуру для пластика, постарайтесь не подымать температуру до этого значения.

2. Направление и скорость вентилятора. Перепроверьте ваши вентиляторы и убедитесь, что они направлены на модель. Если направление правильное, уменьшите их скорость.

Чек-лист

- Проверьте максимально возможный нагрев экструдера и повышайте текущую температуру на 10°C за одну попытку.
- Проверьте направление и скорость охлаждающих вентиляторов.

Проблема с 3D печатью: Дыры на верхнем слое



Описание проблемы

Дыры и щели на верхней поверхности распечатки.

Две наиболее распространенные причины этой проблемы - неправильное охлаждение верхнего слоя и недостаточно толстый верхний слой.

Решение проблемы 3D печати: Дыры на верхнем слое

1. Диаметр нити (филамента). Зачастую проблема случается с пластиком диаметра 1.75 mm. Дыры в верхнем слое — это проблема всех 3D принтеров, но, чаще всего она случается с принтерами, которые используют пластик диаметром 1.75 mm, чем на принтерах, которые печатают нитью больше 2.85mm.

2. Проверьте расположение вентилятора. Охлаждение может спровоцировать эту проблему, так что прежде всего проверьте вентиляторы. Когда принтер начинает печать, вентиляторы установлены на минимальную скорость или вообще выключены. После печати первого слоя, вентиляторы начинают работать. Проверьте, начинают ли они работать, а также проверьте продолжают ли они работу, когда печать закончена. Если все хорошо, перепроверьте правильно ли установлено направление вентилятора - они должны обдувать модель.

3. Установите скорость вентилятора в G-Code. Еще одна проблема охлаждения связана с чрезмерным количеством пластика при печати верхнего слоя. Он должен остывать быстро, чтобы не проваливаться между уже распечатанными поддерживающими элементами. Скорость обдува может быть отрегулирована с помощью G-Code (как правило, G-Code для Fan On

это M106 и M107 Fan Off). Также установите скорость вентилятора на максимум для верхних слоев.

Например, для кубика 1 см x 1 см высота верхнего слоя будет 0.1 мм. В этом случае при формировании G-кода через CURA для Prusa i3, G-код указывает, что количество слоев для кубика 100. Учитывая то, что для верхнего и нижнего слоя мы указали высоты 0.6 мм, стоит редактировать значение на LAYER:94

4. Увеличьте толщину верхнего слоя. Одно из самых простых решений проблемы — это увеличение толщины верхнего слоя. В большинстве приложений вы сможете настроить толщину с помощью расширенных настроек ‘Bottom / Top Thickness setting’. Вам необходимо увеличить толщину верхнего и нижнего слоя до 6 раз(крат) по сравнению с другими слоями и до 8 для меньших сопел и пластика. Если высота слоя равняется 0.1mm, то высота верхнего и нижнего слоев должна быть 0.6mm. Если в верхнем слое все равно есть дыры и проплешины, увеличьте толщину до 0.8mm.

Чек-лист:

- Используйте филамент большего диаметра
- Убедитесь, что направление и скорость вентиляторов правильные
- Вручную установите скорость вентиляторов
- Увеличьте толщину верхнего слоя

Проблема с 3D печатью: Волоски, паутина



Описание проблемы

При печати образуются «паутинки» или «волоски» между элементами модели.

Когда головка принтера перемещается по открытой поверхности (без экструдированное), то есть переходит с одного объекта на другой, пластик стекает из сопла.

Решение проблемы 3D печати: Волоски, паутина

1. Включите втягивание(откат/retract). Втягивание - важный фактор для качества готовой модели, и он может быть включен в слайсере. Он функционирует достаточно просто и работает по прицепе втягивания нити назад в сопло перед тем как головка начинает двигаться. Суть заключается в том, что он предотвращает вытекание пластика из сопла, которые и создают «паутинку» между объектами.

2. Активация втягивания в настройках. Большинство приложений, таких как Cura, предлагают активацию втягивания в настройках, и это настроено по умолчанию. Тем не менее, если вы хотите больше опций, вы можете настроить их дополнительно. Например, вы можете настроить минимальный путь головки перед активацией втягивания.

3. Минимальная дистанция (мм). Если втягивание не работает правильно, самый простой способ это исправить — это уменьшить минимальную дистанцию. Снижайте ее на 0.5mm пока ворсистость не исчезнет. Активируйте втягивание (ретракт) чтобы увеличить скорость печати.

4. Просто обрежьте их. Не самое изысканное решение, но оно имеет право на жизнь. Аккуратно обрежьте паутинку.

Чек-лист:

- Включите втягивание
- Настройте минимальную дистанцию перед втягиванием
- Обрежьте паутинку скальпелем

Проблема с 3D печатью: Недостаточное экструдирование



Описание проблемы

Недостаточное экструдированное возникает, когда экструдер не может выдавливать достаточно материала (или не может делать это достаточно быстро). Это приводит к тому, что слои слишком тонкие, в слоях появляются нежелательные проплешины или слои полностью отсутствуют).

У этой проблемы есть несколько причин. Прежде всего, диаметр нити может не соответствовать диаметру, установленному в слайсере. Также, количество экструдированного материала может быть ниже из-за неправильной настроенной прошивки. Другая проблема - сопло может быть засорено и это будет провоцировать недостаточное экструдированное.

Решение проблемы 3D печати: Недостаточное экструдированное

1. Проверьте диаметр филамента. Начните с самого простого решения - проверьте настройки диаметра нити в слайсере. Если вы неуверенные в диаметре нити и рекомендованной температуре, проверьте информацию на упаковке.

2. Измерьте нить. Если вы так и не смогли получить ожидаемый результат и выделение филамента остается проблемой, воспользуйтесь штангенциркулем, чтобы проверить диаметр филамента. После измерения откорректируйте настройте слайсингового ПО. Так же стоит отметить, что даже при корректно выставленном значении steps per mm при втягивании пройденное расстояние будет меньше, чем при выдавливании. Это обусловлено тем, что при втягивании испытывается большее сопротивление)

3. Проверьте печатающую головку. После начала печати большинство принтеров приподымают печатающую головку над основой модели. Проверьте чистое ли сопло.

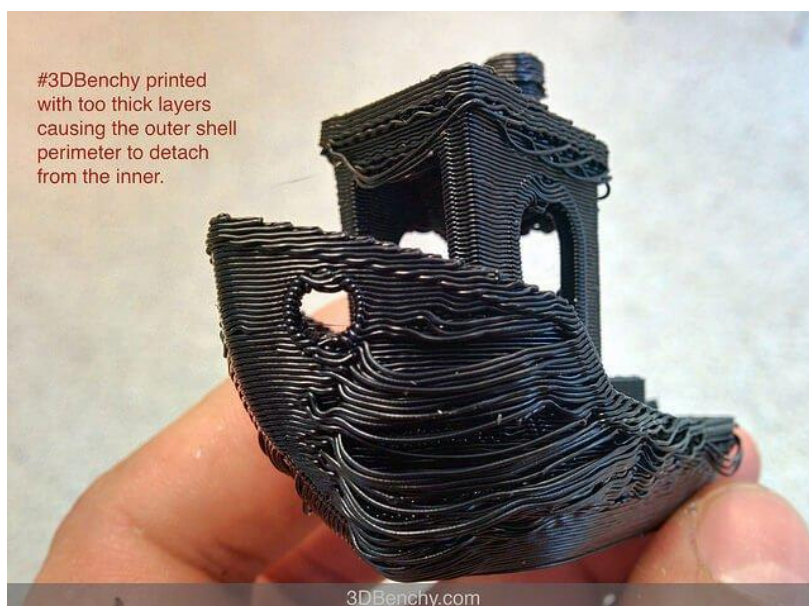
4. Установите коэффициент экструдируемое. Если нет разницы между реальным диаметром экструзии и настройками ПО, проверьте настройки множителя экструзии (или скорость потока или компенсацией потока), возможно, они слишком низкие. Каждое слайсинговое приложение решает проблему по-своему, но попробуйте увеличить коэффициент на 5% и перезапустите процесс печати.

5. Откройте окно Edit Process Settings в Simplify3D и перейдите во вкладку Extruder - коэффициент экстрагирования должен быть установлен на 1.0 что соответствует 100%. Откройте вкладку Material в Cura и увеличьте настройки Flow (вам может понадобится включить Flow в окне Preferences).

Чек-лист:

- Проверьте диаметр филамента
- Используйте штангенциркуль, чтобы перепроверить диаметр филамента
- Проверьте, чистый ли
- Увеличивайте коэффициент экструдируемое на 5% за раз

Проблема с 3D печатью: Избыточное экструдируемое



Описание проблемы

Избыточное экструдированное означает, что принтер поставляет больше материала, чем необходимо. Это сказывается на том, что на распечатке есть излишки филамента.

Решение проблемы 3D печати: Избыточное экструдированное

Как правило, причина этой проблемы в том, что коэффициент экструдированное или потока в слайсере слишком высокий.

1. Коэффициент экструдированное. Откройте слайсер и проверьте, что вы правильно выбрали коэффициент экструдированное.

2. Настройки (flow) потока. Если с коэффициентом экструдированное все верно, уменьшите параметр Flow в настройках ПО вашего принтера.

Задание: Согласно варианту определить пути решения по ремонту фотополимерного 3D принтера.

№	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант
1	Проблема с 3D печатью: Деформация - Отклеивание первого слоя	Проблема с 3D печатью: Смещение первого слоя (Слоновья нога)	Проблема с 3D печатью: Другие проблемы с первым слоем	Проблема с 3D печатью: Смещение слоев в модели
2	Проблема с 3D печатью: Избыточное экструдированное	Проблема с 3D печатью: Трещины в высоких объектах	Проблема с 3D печатью: Дыры на верхнем слое	Проблема с 3D печатью: Недостаточное экструдированное

ХОД РАБОТЫ:

1. Определить неисправность 3D принтера;
2. Составить алгоритм по ремонту 3D принтера;
3. Описать пути решения неисправности;
4. Сделать вывод по выполненной работе.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 6

Название практической работы: Проведение ремонтных работ порошкового 3D принтера

Цель работы: Формирование умений проводить ремонтные работы порошкового 3Dпринтера

умения:

- обеспечивать безопасность работ по наладке, подналадке и техническому обслуживанию металлорежущего и аддитивного оборудования;
- выполнять расчеты, связанные с наладкой работы металлорежущего и аддитивного оборудования;
- осуществлять ремонт порошкового 3D принтера;

знания (актуализация)

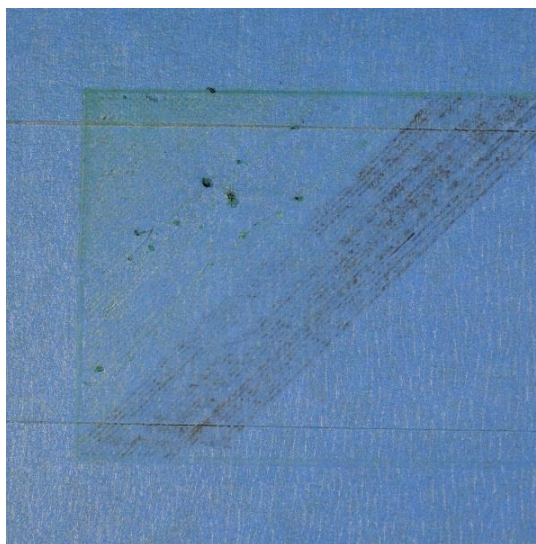
- основные режимы работы металлорежущего и аддитивного оборудования;
- правила выполнения расчетов, связанных с наладкой работы металлорежущего и аддитивного оборудования;
- оборудование и инструменты;
- служебное назначение и конструктивно-технологические признаки детали;
- знать устройства фотополимерного 3D принтера;
- нормы охраны труда и бережливого производства, в том числе с использованием SCADA систем.

Теоретический материал:

Очень часто в ходе 3D-печати на принтерах FDM возникают различные проблемы. Нередко готовый отпечаток оставляет желать лучшего, имеет различные дефекты. Данный материал создан для того, чтобы рассмотреть причины возникновения дефектов в ходе печати и предложить варианты снижения влияния негатива на конечный результат.

Проблема №1

Расплавленный пластик не выдавливается из сопла в начале печати.



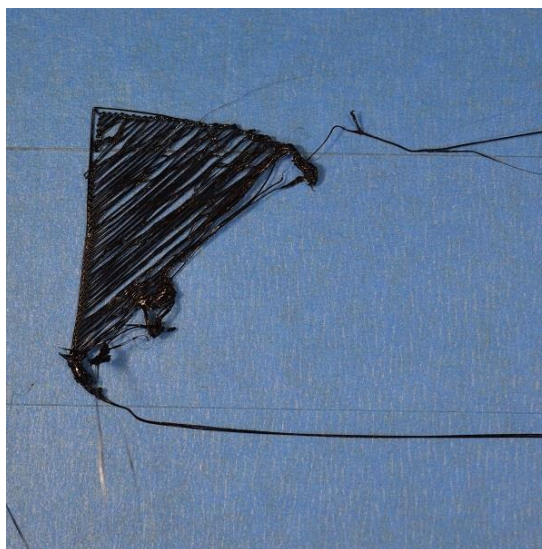
Данная проблема встречается часто и очень легко устраняется.

	Возможная причина	Действия для устранения
1	Пластик отсутствует в сопле	Такая проблема может возникнуть из-за перегрева экструдера, пластик попросту вытек. Или же нить просто не поступает в экструдер. Проверьте параметры печати, задайте в настройках основание/кант. Перед началом печати вдавите нить в экструдер вручную и убедитесь в его проходимости.
2	Между соплом и поверхностью рабочего стола слишком небольшой зазор.	Между соплом и рабочей поверхностью должно быть не менее 0,05мм. Важно отрегулировать положение стола по оси Z, а также задать нулевую точку отсчета при формировании GCode.
3	Прокрутка шестерни подачи пластика	Ниже рассмотрим вариант, когда шестерня изношена или с пластика снимается слой.

4	Засор сопла	Нужно просто прочистить сопло экструдера
---	-------------	--

Проблема №2

В начале 3D печати первый слой не адгезируется с поверхностью стола, то есть плохая или отсутствующая вообще адгезия.



Это серьезная проблема, которая может отразиться на конечном результате, ведь основание сдвигается, и модель не формируется как надо.

	Возможная причина	Действия для устранения
1	Неоткалиброванная рабочая поверхность	Калибровка важный процесс, поверхность должна быть идеально выровнена по отношению ко всем осям. Для калибровки есть специальная программа, которой легко воспользоваться или необходимо сделать это вручную.
2	Большое расстояние между рабочей поверхностью и соплом	После калибровки нужно убедиться, что в работе экструдера и параметры печатной поверхности погрешности минимальны. Можно ввести смещение по оси Z -0,05мм. В результате печать начнется на 0,05мм ниже заданной оси координат. Однако

		переусердствовать в данном вопросе тоже не нужно.
3	Слишком высокая скорость печати в начале	<p>Первые слои всегда печатаются на более низких скоростях, чтобы пластик успел связаться с поверхностью. Оптимальной будет скорость на 50% ниже стандартной. Если у вас есть подозрение, что причина в скорости, то уменьшите ее.</p>
4	Слишком быстрое отверждение пластика	<p>В результате того, что пластик слишком быстро отвердевает, он не успевает надежно связаться с поверхностью. Данный показатель будет в большей степени зависеть от используемого материала. Причем чем выше будет температура плавления, тем быстрее он будет застывать. Еще одна проблема уменьшение модели в размерах вследствие ее быстрого остывания. К примеру, АБС при застывании уменьшается на 1,5%. Чтобы ликвидировать данную проблему многие принтеры оснащаются функцией подогрева стола. Перед началом печати столик прогревается, а когда на него наносится первый слой, он надежно связывается с поверхностью. При этом температура стола задается в настройках печати. Для АБС пластика это примерно 110 градусов, для ПЛА – 60.</p>
5	Работа вентилятор	<p>Быстрому отверждению пластика и соответственно отслоению может способствовать работа вентилятора, который охлаждает экструдер. Для того чтобы подобной проблемы</p>

		избежать отключите его на время печати первых слоев.
6	Отсутствие адгезионного покрытия	Для лучшей адгезии используются различные материалы. Это могут коврики, синий скотч, каптон, клей, раствор АБС и др. Выбор будет определяться типом материала. Перед их использованием нужно очистить поверхность от пыли и обезжирить ее.
7	Обводка	Сделайте дополнительную обводку, которая увеличит площадь соприкосновения модели со столом, а также подготовит экструдер непосредственно к печати первого слоя

Проблема №3

Количество выдавливаемого экструдером пластика недостаточное.



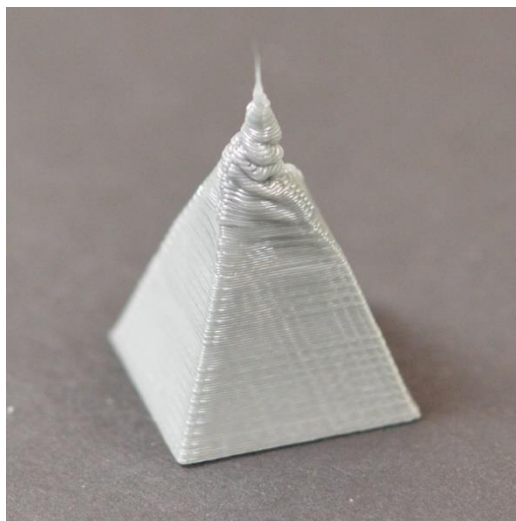
Данная проблема выявляется визуально. В отпечатке видны пустоты между слоями в XY-плоскости. Причин такого явления может быть много:

- скорость подачи пластика не соответствует скорости движения печатающей головки;
- неправильный диаметр пластиковой нити;
- прокрутка колеса подачи пластика.

Для начала убедитесь, что в настройках указан тот диаметр нити, который вы используете. В противном случае рекомендуем просто увеличить расход пластика. По умолчанию в настройках стоит 1. Вы можете поставить 1,1, таким образом, расход пластика увеличится на 10%. Но имейте в виду, что есть проблема, когда выдавливается пластика больше чем надо и это тоже неприятность. Поэтому не перестарайтесь.

Проблема №4

Перегрев – слишком высокая температура.



Соблюдение температурного режима для конкретных типов пластика играет очень важную роль в корректной работе 3Д принтера. Если установлен некорректный температурный режим, то пластик после выдавливания из экструдера будет не застывать, а течь и модель будет деформироваться. С таким явлением часто сталкиваются при печати вершин деталей, где слои накладываются в короткий промежуток времени и пластик не успевает остынуть. Решается данная проблема несколькими способами:

- регулировка температуры на 5-10 градусов;
- увеличение или уменьшение мощности вентилятора;
- установка дополнительного вентилятора;
- снижение скорости печати на определенных участках;
- добавление еще одной модели в рабочую зону для печати, пока будет печататься слой во второй модели, он успеет застыть, но это возможно лишь при печати небольших изделий

Проблема №5

Расслоение изделия.



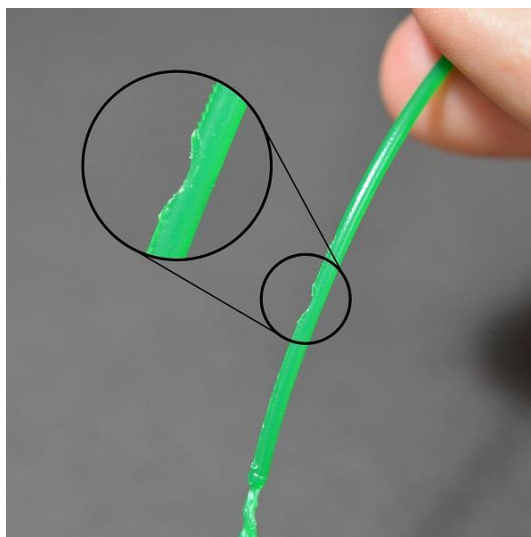
Данная проблема возникает в тех случаях, когда слои не связываются между собой достаточно прочно. В результате при остывании они начинают отслаиваться еще в ходе печати. Причиной может быть слишком большая высота слоя или низкая температура печати.

Рекомендуется выбирать толщину слоя 80% от диаметра сопла. Это оптимальный показатель, который обеспечивает надежное сцепление слоев. Чаще всего на принтерах используются сопла 0,3 и 0,5мм. Исходя из этого и выбирайте толщину слоя.

Для разных типов пластика рекомендована своя температура печати. Для АБС – это 220-235 градусов, а для ПЛА-пластика – 190-210 градусов. Если температура будет недостаточной, то расплавленный пластик не будет склеивать слои.

Проблема №6

Проскальзывание шестеренки, подающей нить.



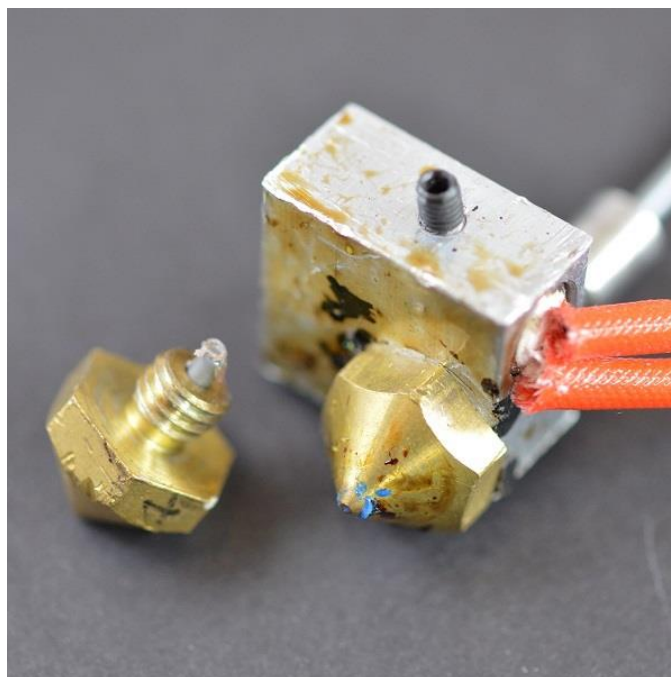
Причин такого явления может быть много:

- износ самой шестеренки;
- использование некачественной пластиковой нити для печати;
- выбор слишком низкой температуры для печати;
- высокая скорость печати;
- засорение сопла.

Если температура слишком низкая, то пластик может застыть прямо в сопле, забивая его, поэтому может возникнуть дополнительное сопротивление. Если скорость подачи слишком высока, то нить может прокручиваться. Если же забилося сопло, то прочистите его или попробуйте протолкнуть нить вручную. Иногда нить расплавляется и застывает куском, который намного больше отверстия. В результате шестерня может прокручиваться. Нужно извлечь нить, отрезать деформированную часть и вставить заново.

Проблема №7

Засорение сопла.

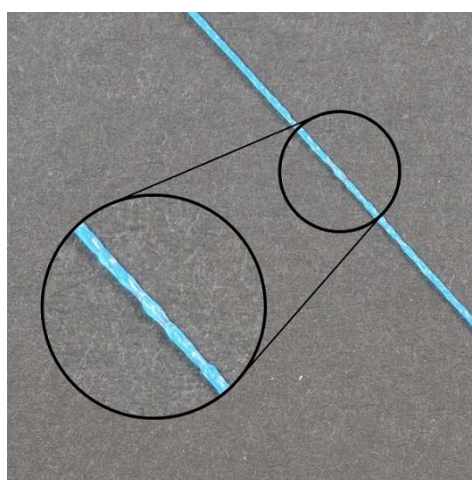


Причинами возникновения засора может быть некачественный пластик с включениями, грязный пластик или простое подгорание нити.

Нагрейте сопло до нужной температуры и попробуйте протолкнуть нить вручную. Если попался бракованный участок нити, то можно вынуть нить из экструдера, обрезать бракованный участок, снова вставить нить и протолкнуть ее вручную. Сопло можно прочистить тонкой проволокой, например, иглой или струной. Но предварительно разогрейте сопло, так его чистить проще и эффективнее.

Проблема №8

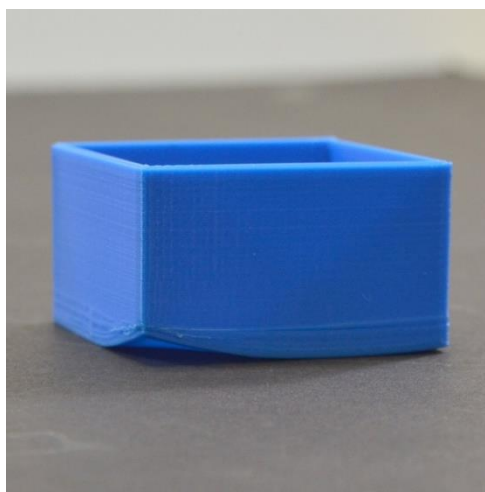
Неравномерность струи пластика из сопла.



	Возможная причина	Действия для устранения
1	Неравномерный диаметр нити	Допустимая погрешность не должна превышать 5%
2	Засор в сопле	Прочистите сопло
3	Выбрана маленькая толщина слоя	Пластик просто не может выдавливаться, так как расстояние между поверхностью и соплом маленькое. Если вы решили печатать в высоком разрешении, то нужно сделать температуру выше и печатать на высокой скорости.
4	Дефектное сопло	Сопла могут быть бракованными или испортиться в ходе эксплуатации.
5	Мотор подачи нити работает некорректно	Проверьте мотор
6	Отсутствие своевременного обслуживания	Важно своевременно устранять люфты, следить за натяжением ремней, фиксировать износ механизмов и шестерней. Также дефекты могут возникать и в работе электроники.

Проблема № 9

Деформация изделия в ходе печати и его отклеивание от поверхности.



Иногда в ходе 3Д печати бывают такие неприятности – все начинается хорошо, первые слои печатаются нормально и адгезия хорошая. Однако в дальнейшем, особенно когда модель большая, деталь коробится, деформируется и начинает отходить от поверхности стола. Последствия такого явления практически невозможно исправить, поэтому это все весьма неприятно. Чаще всего деформированный отпечаток просто выкидывается, а 3Д печать начинается заново. Чаще всего подобные явления можно наблюдать при печати АБС на моделях открытого типа. Дело в том, что АБС после охлаждения и застывания дает усадку, которая составляет в среднем 1,5%. В результате деталь может начать коробиться и деформируется. Иногда слои смещаются. Решить проблему можно несколькими способами:

- Использование функции подогрева рабочего стола, если таковая есть. Это позволить не дать модели остыть быстро и убережет ее от деформации. Модель будет остывать после окончания печати и усадку даст равномерную.
- Желательно отключить вентилятор или воспользоваться направляющим воздуховодом, чтобы модель нагревалась и остывала равномерно.
- Лучше печатать на 3Д принтерах с закрытой камерой. Внутри камеры поддерживается температура, и модель не остывает неравномерно.
- Можно также уменьшить показатель температуры экструдера, вместе с увеличением толщины стенки и процента заполнения модели.

Проблема №10

Дефекты из-за формирования неправильных поддержек



Если при подготовке к печати модели не учесть наличие поддержек или установить неправильные их параметры, то можно получить массу неприятных дефектов на поверхности модели. К примеру, если у поддержек установить маленький процент заполнения, то они не будут прилипать к модели, а слои будут неравномерными. Если же поставить слишком большой процент, то при последующем удалении поддержек будет оставаться слишком много следов. Вы можете установить высокое разрешение печати. В таком случае модель будет печататься точнее и поэтому неровности будут максимально сглажены. Оптимальная величина заполнения для поддержек составляет 20-40%, однако если число свисающих частей большое и особенно в случае, если стенки тонкие, то количество поддержек может быть увеличено до 60%.

Важно выбрать оптимальную величину между вершиной поддерживающей конструкции и отпечатка. Чаще всего данная величина измеряется числом слоев. Оптимальное, если это будет 1-2. Если же поставить ноль, то модель склеится с поддержками настолько, что удаление будет очень проблематичным. А если установить 3, то высока вероятность провисания слоя или же деформаций.

Необходимо также чтобы стенки поддерживающих структур не склеивались со стенками модели. Для этого нужно тоже определить расстояние в горизонтальной плоскости между поддержками и частями модели, в идеале это 0,2-0,4мм.

Идеальный вариант – это печать двумя экструдерами. В этом случае один будет печатать поддержки из материала PVA, который является водорастворимым, или HIPS (растворитель Д-лимонен), а второй будет печатать основным материалом саму модель. Это самый простой способ избежать деформаций и дефектов, а также легко и бесследно удалить поддержки.

Задание: Согласно варианту определить пути решения по ремонту порошкового 3D принтера.

№	1 вариант	2 вариант	3 вариант	4 вариант	5 вариант
1	Расплавленный пластик	В начале 3D печати	Количество выдавливаем	Перегрев – слишком	Расслоение изделия

	не выдавливает ся из сопла в начале печати	первый слой не адгезируется с поверхность ю стола, то есть плохая или отсутствующ ая вообще адгезия	ого экструдером пластика недостаточн ое	высокая температура	
2	Проскальзыв ание шестеренки, подающей нить	Засорение сопла	Неравномерн ость струи пластика из сопла	Деформация изделия в ходе печати и его отклеивание от поверхности	Дефекты из- за формирован ия неправильны х поддержек

ХОД РАБОТЫ:

1. Определить неисправность 3D принтера;
2. Составить алгоритм по ремонту 3D принтера;
3. Описать пути решения неисправности;
4. Сделать вывод по выполненной работе.

Критерии оценки практической работы

Критерии оценивания	Оценка
Выставляется обучающемуся за работу, выполненную самостоятельно безошибочно, в полном объеме с учетом рациональности выбранных решений	5 (отлично)
Выставляется обучающемуся за работу, выполненную в полном объеме с недочетами, исправленными самостоятельно по наводящим вопросам преподавателя.	4 (хорошо)
Выставляется обучающемуся за работу, выполненную с недочетами, исправленными с помощью преподавателя	3 (удовлетворительно)

Список литературы

1. Гибсон Я., Розен БД., Стакер Б. «Технологии аддитивного производства». М.: Техносфера, 2019.
2. Сысоев С.К., Сысоев А.С., Левко В.А. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов. Изд. 2-е. СПб: Лань, 2016.
3. Ильянков, А.И. Технология машиностроения: Практикум и курсовое проектирование [текст]: учеб.пособие для среднего проф. образования /А.И. Ильянков, В.Ю. Новиков. – М.: Академия, 2018.- 432с.- (Профессиональное образование)
4. Ермолаев, В.В. Программирование для автоматизированного оборудования [текст]: учебник для среднего проф. образования / В.В. Ермолаев. – 5-е изд., стер. – М.: Академия, 2018. – 256с. –(Профессиональное образование)
5. Гуртяков, А.М. Металлорежущие станки. Расчет и проектирование [текст]: учеб.пособие для среднего проф. образования / А.М. Гуртяков. – 2-е изд. – М.: Юрайт, 2018. – 135с.