

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



СКБ «Компьютерные и инженерные технологии»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

Е.М. Димитриади  
(подпись)

« 16 » 06 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе

А.В. Космынин  
(подпись)

« 19 » 06 2023 г.

Декан ФАМТ

О.А. Красильникова  
(подпись)

« 16 » 06 2023 г.

Проект ремонта заливочной воронки диспенсера  
Комплект отчетной документации

Руководитель СКБ КИТ

А.Д. Бурменский  
(подпись, дата)

А.Д. Бурменский

Руководитель проекта

В.В. Куриный  
(подпись, дата)

В.В. Куриный

Комсомольск-на-Амуре 2023



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



*СКБ «Компьютерные и инженерные технологии»*

## ЗАДАНИЕ на разработку

Выдано студентам: Седунову Ярославу Алексеевичу, группа 9ТС-1

Жарченко Елене Викторовне, группа 9ТС-1

Название проекта: Проект ремонта заливочной воронки диспенсера

Назначение: Разработка технологии ремонта заливочной воронки диспенсера типа модели "Дохай 069" методом аддитивных технологий.

Область использования: В ремонте бытового оборудования типа диспенсеров

Требования к научно-техническому продукту: Технология ремонта, изготовления заливочной воронки

- функциональные: разработанная технология ремонта, изготовления должна обеспечить быстрый ремонт, изготовление недорогой и функциональной, экологически чистой заливочной воронки.

- технические: изготовленные из пластика с помощью аддитивных технологий образцы заливочной воронки.

План работ:

Наименование работ	Срок
1. Проведение обзорно - аналитического обзора проблемы	30.09.22-15.10.22
2. Выбор технологии ремонта. Анализ филаментов для изготовления экологически чистой заливочной воронки посредством 3D печати. Выбор оборудования для 3D печати	16.10.22 - 30.10.22
3 Разработка 3D модели.	01.11.22-15.11.22
4. Слайсинг 3D модели. Подбор параметров печати. Печать. Анализ факторов влияющих на качество 3D печати.	16.12.22-30.12.22

Перечень отчетных материалов:

1. Обзорно -аналитический раздел
2. Основной раздел проекта

Требования к содержанию основного раздела пояснительной записки к проекту:

Основной раздел проекта должен содержать следующие разделы:

- Выбор и обоснование технологии ремонта;
- анализ филаментов для изготовления экологически чистой заливочной воронки посредством 3D печати;
- выбор оборудования для печати;
- анализ факторов влияющих на качество 3D печати.

Основной раздел проекта должен содержать фотографии образцов распечатанной защиты и оборудования на котором она была изготовлена.

Комментарии:

---

---

Руководитель проекта

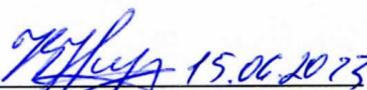
  
(подпись, дата)

В.В.Куриный

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

**Пояснительная записка к проекту  
«Проект ремонта заливочной воронки диспенсера»**

Руководитель проекта

  
15.06.2023  
(подпись, дата)

*В.В.Куриный*

Комсомольск-на-Амуре 2023

## Содержание

Введение.....	7
1 Обзорно - аналитический раздел.....	8
2 Моделирование и печать изделия.....	16
2.1 3D-моделирование заливочной воронки .....	16
2.2 Анализ филаментов для изготовления заливочной воронки посредством 3D печати с точки зрения технологичности и экологичности .....	17
2.3 Выбор 3D принтера для печати заливочной воронки .....	25
2.4 Слайсинг 3D модели .....	26
2.5 Печать заливочной воронки диспенсера на 3D-принтере .....	27
Заключение .....	31

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.000000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		6

## Введение

Диспенсер нужен, чтобы подавать определенный материал в строго дозированных порциях. Все общественные организации и предприятия в сфере обслуживания должны позаботиться об удобстве сотрудников и посетителей. К тому же, сейчас пользуются огромным спросом антисептические жидкости. Одной из разновидностей диспенсоров являются кулеры. Они необходимы чтобы удобно и экономно наливать в стакан воду. Это объемный дозатор, сделанный из верхней большой части и подставки с краном. Для комфорта внутри оборудования бывают два крана с режимом подогрева и охлаждения. Их часто приобретают в организации, торгово-развлекательные комплексы, государственные учреждения. Не стал исключением и ФГБОУ ВО КнАГТУ.

3D-печать, также известная как аддитивное производство - это производственный процесс, при котором 3D-принтер создаёт трёхмерные объекты путём нанесения материала слоями, в соответствии с цифровой 3D-моделью объекта. Среди применений аддитивных технологий наиболее востребовано производство функциональных изделий для нужд наиболее заинтересованных отраслей промышленности таких как авиакосмическая отрасль, автомобиль- и машиностроение, ВПК, медицина в части протезирования, то есть там, где существует острая потребность в изготовлении высокоточных изделий и их прототипов в кратчайшие сроки.

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.000000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		7

## 1 Обзорно - аналитический раздел

Вода – один из важнейших элементов жизнедеятельности человека. В среднем, человек потребляет до 3 литров воды в день. Если без еды мы можем прожить месяц, то без воды наш организм не сможет функционировать и недели.

Чистая питьевая вода – залог здоровья человека. Сейчас, чтобы получить чистую питьевую воду, достаточно сходить в магазин, либо купить фильтр для отцеживания проточной воды. Чтобы не тратить время на фильтрацию воды для чайника, многие люди предпочитают покупать бутилированную воду в помпах. Это практично и удобно.

Но, время не стоит на месте. И сегодня, доступ к чистой воде стал ещё более лёгким и удобным. А стало это возможно благодаря диспенсер у[1]. *Диспенсер для воды* – это устройство, которое предназначено для фильтрации и раздачи воды. За счёт своей многофункциональности, диспенсеры могут также называть: аппарат раздачи воды, аппарат доочистки воды. Любое из этих определений будет верным.

В современных аппаратах доочистки воды встроены регуляторы степени подачи жидкости. Вода может подаваться тёплой и холодной. По существу, аппарат подачи воды выполняет те же функции, что и кулер.

Функции аппарата доочистки воды (диспенсера)

Диспенсер выполняет следующие функции:

1. Нагрев. Вода в аппарате раздачи может прогреваться до 100 °С. При этом вода не доходит до кипячения, что очень важно. Такое свойство диспенсера позволяет воде сохранять все полезные свойства. Кроме этого, данная температура, в отличии от крутого кипятка, идеально подходит для заваривания чая. Она сохраняет вкусовые свойства чаинок и их полезные свойства.

2. Охлаждение. *Аппарат доочистки воды* также может её охлаждать. Минимальная температура, которую поддерживает раздатчик воды - +5 °С.

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		8

Такой температуры будет достаточно для того чтобы утолить жажду и освежиться в период жаркого, знойного лета.

3. Разлив. У некоторых моделей аппаратов раздачи воды может присутствовать третий кран. Он необходим для раздачи воды комнатной температуры. Подобная функция позволяет экономить ресурсы диспенсера и электроэнергию. Такой вид аппарата раздачи воды – самый подходящий вариант для семейной пары с детьми.

#### Система охлаждения

Бывают следующие виды систем охлаждения:

1. Водораздатчик. Данный аппарат раздачи воды не имеет функции охлаждения и нагрева. Его главная функция – разлив воды. Обычно такие аппараты устанавливают в детских садах и школах.

2. Кулер без охлаждения. Превосходная альтернатива для тех, кто не хочет возиться с помпами и электрочайниками. Данное устройство раздает воду комнатной температуры и горячей. Заметьте, что систему охлаждения данная модель устройства не предусматривает. Главными плюсами такого кулера служат – простота в эксплуатации, а также. Низкая цена.

3. Диспенсер с охлаждением. Охлаждение воды происходит за счёт электронного механизма, а точнее – за счёт термоэлектрического модуля. Вода охлаждается до +12°C, и 1 литра воды хватает на 5 порций.

4. Кулер с охлаждением. Самое главное преимущество этой модели перед другими – высокая производительность. За 1 час работы, кулер может охладить от 2 литров воды. Поддерживаемая температура - +12°C.

В семействе кулеров различают еще аппараты разлива воды. Они бывают двух видов: напольные и настольные.

Напольный кулер – это классика. Обычно его высота составляет не более 110 см. Напольный кулер с нижней загрузкой отличается удобством в эксплуатации. Ещё один плюс напольного раздатчика воды в том, что он за-

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
						9
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		

нимает мало места. Из них наиболее удобен кулер с верхней установкой бутылки (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1- Напольный кулер с верхней установкой бутылки

Для подачи воду в кулер, достаточно установить бутылку воды на верхнюю часть корпуса, в установленную ячейку. У диспенсеров с нижней установкой, бутылка устанавливается в соответствующее отделение в нижней части корпуса. К бутылке проводится провод и вода поступает в кулер.

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
						10
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		

Настольный раздатчик воды может достигать до 90 см в высоту. По своим характеристикам он ничем не уступает другим моделям доочистки воды. Мобильность и миниатюрный размер – главные достоинства такой модели. К тому же, она имеет минимальный вес, что позволяет вам переставлять кулер в любое место: столы, тумбочки и т.п. Идеально подходят для малых офисов и квартир. Ширина не превышает 37 см. При покупке данного раздатчика помните, что место, куда вы его хотите установить, должно иметь свободное пространство хотя бы на несколько см. Это обеспечит нужную



циркуляцию воздуха вокруг устройства (рисунок 1.2).

Рисунок 1.2 Настольный кулер с верхней загрузкой бутылки

Современные производители кулеров предлагают широкий ассортимент диспенсеров из самых разных материалов.

Самыми распространёнными материалами для корпуса раздатчика являются:

- Металл;
- Сталь;
- Керамика;
- Пластик;
- Стекло.

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
						11
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		

Такое разнообразие материалов не только расширяет возможности дизайнерских решений, но и упрощает ценовую политику, делая её более доступной для покупателей.

### **Объёмы резервуаров воды.**

Данные параметры довольно индивидуальны, всё зависит от выбранной модели. В среднем, объём резервуара для горячей воды составляет 1,5 литра. Такой параметр отлично подходит для больших семей либо для офисов.

Во всех кулерах, поддерживающих раздачу горячей и холодной воды, оба резервуара равнозначны друг другу по объёму.

### **Температуры максимального нагрева**

Как мы уже писали ранее, стандартная температура нагрева -  $+100^{\circ}\text{C}$ . После нагрева, термодатчики аппарата розлива воды поддерживают температуру до  $90^{\circ}\text{C}$ . Такая температура является самой подходящей для заваривания любых сортов чая. Но помните, с каждым разливом воды, её температура будет снижаться. И таким образом, температура последней порции чая может составлять  $80^{\circ}\text{C}$ . Этого показателя достаточно чтобы заварить чай или кофе, но вкус уже будет не таким глубоким и насыщенным.

### **Система управления**

У кулеров есть несколько видов раздачи воды: кнопочный и ручной (нажим стаканом).

Отметим, что краники в аппаратах розлива воды являются самыми изнашиваемыми элементами.

Устройства с нажатием крана кружкой, на сегодняшний день, самые распространённые. Их можно увидеть не только в офисах, но и в квартирах. И это не удивительно. Для того чтобы налить воды, вам не нужно одной рукой держать стакан, а второй давить на кнопку или кран. С такой моделью кулера, налить воду вы можете всего одной рукой, при этом, удерживая в ней чашку.

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		12

Аппараты раздачи воды, которые имеют кнопку, а не кран, чаще всего используют в общественных местах, как пример – в магазинах. И на это есть несколько причин:

- такая конструкция предотвращает получение ожогов у посетителей;
- кнопки более долговечные, чем краны;
- их можно использовать в местах, где есть дети;
- наличие кнопок уменьшает возможность технических поломок.

В ФГБОУ ВО применяются диспенсоры обоих видов но наибольшее распространение получили настольные куллеры аналогичные приведенному на рисунке 1.2. Так в частности кулер настольного типа установлен в деканате факультета авиационной и морской техники ауд 320/3. Анализ показал, что наиболее часто ломаемыми деталями являются рычаги подачи воды и заливочная воронка рисунок 1.4



Рисунок 1.3 - Кулер настольного типа установленный в деканате факультета авиационной и морской техники

Анализ показывает, что заливочная воронка не выдерживает нагрузки бутылки объемом 25 л, которая весит более 25 кг. При том, что преобладающая толщина стенки заливочной воронки составляет от 2 до 2,5 мм. Конструктивно заливочная воронка висит в чаше не опираясь на дно рисунок 1.5.

Дополнительное разрушающее воздействие на заливочную чашу ока-

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		13

зывает технология установки бутыля. При установке которого необходимо полукруглым питателям присутствующим на рисунке 1.4 пробить полиэтиленовую пробку на бутылке.



Рисунок 1.4 - Сломанная заливочная воронка



Рисунок 1.5 - Внешний вид установочной чаши

В процессе работы были предприняты попытки ремонта заливочной воронки методом склеивания. Следы предпринятой попытки заметны на рисунке 1.4. Эти попытки не увенчались успехом. Поэтому было принято решение изготовить заливочную воронку методом 3D печати. Были сформули-

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		14

рованы цели данной работы.

Цель данной работы: выполнить реинжиниринг заливочной воронки диспенсера.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить ряд следующих задач:

- снять необходимые размеры и построить 3D-модель изделия;
- провести слайсинг 3D-модели в Ultimaker Cura;
- сформировать g-код;
- выполнить печать модели на 3D-принтере; - провести постобработку;
- протестировать готовое изделие.

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		15

## 2 Моделирование и печать изделия

### 2.1 3D-моделирование заливочной воронки

Исходя из поставленных задач первым, что необходимо сделать это провести замеры и построить 3D модель. Для этого необходимо провести реинжиниринг. Реинжиниринг (обратная разработка, обратное проектирование) — исследование некоторого готового устройства или программы с целью понимания принципа его работы или создания копии [2]. Инструмент, используемый при измерениях – штангенциркуль.

Заливочная воронка представляет собой тело вращения. Для его построения используем инструмент из CAD T-Flex 17 - "Вращение". Первоначально по измеренным размерам заливочной воронки построим на одной из плоскостей профиль сечения. После чего и применим инструмент "Вращение" вокруг центральной оси. Результат моделирования представлен на рисунке 2.1

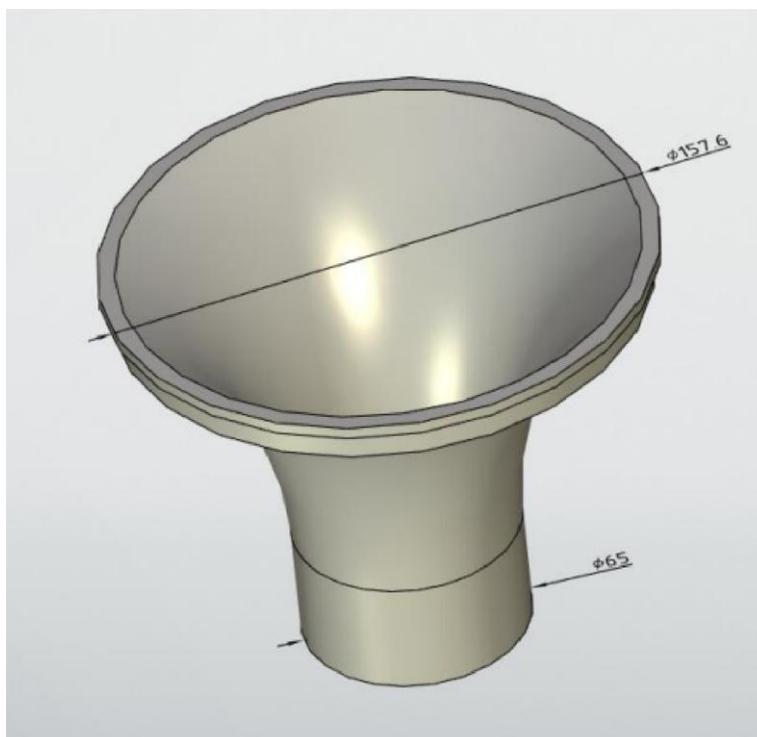


Рисунок 2.1 3D-модель заливочной воронки

## 2.2 Анализ филаментов для изготовления заливочной воронки посредством 3D печати с точки зрения технологичности и экологичности

Для определения пластика (филамента) наиболее полно удовлетворяющего требованиям предъявляемым к технологической защите для трубопровода проанализируем наиболее распространенные на территории России виды филамента. В настоящее время в России несколько производителей Print Produc, REC, BestFilament, FDplast, PROplast, Filamentarno, SEM, ABS Maker, КОСМОВЕНТ. Эти фирмы производят однотипный пластик имеющий одинаковые названия но к сожалению заметно различные физико-механические характеристики. Рассмотрим основные, наиболее распространенные виды филамента.

### 1 ABS-пластик

#### Химический состав

АБС-пластик (акрилонитрил бутадиен стирол, химическая формула  $(C_8H_8)_x \cdot (C_4H_6)_y \cdot (C_3H_3N)_z$  (рисунок 2.5) — ударопрочная техническая термопластическая смола на основе сополимера акрилонитрила с бутадиеном и стиролом (название пластика образовано из начальных букв наименований мономеров). Пропорции могут варьироваться в пределах: 15—35 % акрилонитрила, 5—30 % бутадиена и 40—60% стирола.

#### Описание и особенности материала

ABS-пластик (акрилонитрил бутадиен стирол, АБС) – ударопрочный термопластик, завоевавший высокую популярность в промышленности и в аддитивном производстве.

Пластмассовая смола ABS является широко используемым полимером, органически сочетает в себе различные свойства и обладает превосходными механическими свойствами,

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.020000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		17

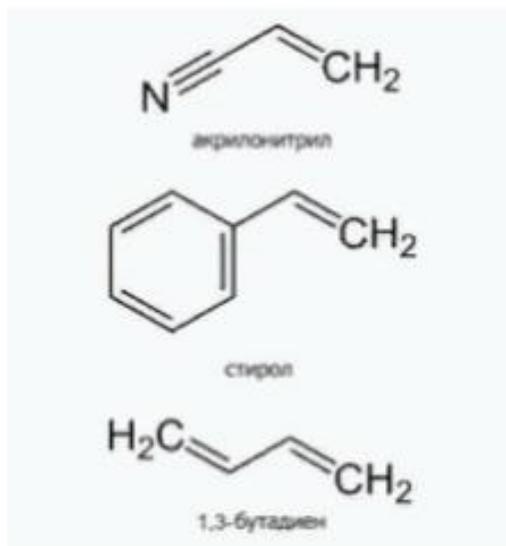


Рисунок 2.5 – Химическая формула акрилонитрил бутадиен стирола

Такими как ударная вязкость, твердость. ABS представляет собой сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола (А - акрилонитрил, В - бутадиен и S – стирол). По результатам фактического использования было обнаружено, что изделия из ABS- пластика не устойчивы к коррозии серной кислотой, они распыляются и ломаются в случае контакта с серной кислотой.

Из-за сочетания трех элементов ABS-пластик обладает хорошими характеристиками: акрилонитрил придает химическую стабильность, определенную жесткость и твердость, бутадиен повышает прочность, ударную вязкость и морозостойкость; стирол придает хорошие диэлектрические свойства и повышает технологичность.

ABS-пластик является одним из наиболее популярных материалов для печати методом послойного наплавления (FDM/FFF).

Технические характеристики ABS пластика представлены в таблице 2.1

Таблица 2.1 – Основные технические характеристики ABS пластика

Параметр	Значение
Температура стеклования, °С	105
Прочность на изгиб, МПа	41
Предел прочности на разрыв, МПа	22
Модуль упругости при растяжении, МПа	1627
Относительное удлинение, %	6

Плотность материала, %	0,8
Плотность материала, г/см <sup>3</sup>	1,05

### Особенности печати

Фактические параметры ABS-пластика для 3D-печати будут зависеть от спецификаций производителя. Во многих случаях ABS смешивается с другими термопластиками (например, полистиролом), что приводит к изменению температуры экструзии, устойчивости к определенным растворителям и пр.

### PLA

#### Химический состав

PLA-пластик производят из кукурузы или сахарного тростника. Сырьем для получения служат также картофельный и кукурузный крахмал, соевый белок, крупа из клубней маниока, целлюлоза.

#### Описание и особенности материала

Этот пластик наиболее прост в работе, полностью натурален и биоразлагаем. Этот материал хорошо подходит для конечных деталей, не подвергающихся избыточной эксплуатации. Отличительная особенность PLA заключается в том, что можно получить высокое качество поверхностей с минимальными трудозатратами в постобработке.

#### Основные особенности PLA-пластика:

- материал не требует подогреваемой платформы для печати и в большинстве случаев печатается без использования средств для адгезии;
- материал 'не капризен' и требует минимум навыков подготовки модели к печати;
- материал позволяет печатать детали больших размеров без закрытой камеры для печати, т.к. практически не подвержен термоусадке, которая может привести к расслоению печатаемой детали.
- конечные изделия достаточно плохо подвергаются механической постобработке;

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.020000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		19

- PLA-пластик хорошо подвергается химической постобработке дихлорметаном. Так же можно использовать дихлорэтан.

- при печати PLA-пластиком необходим хороший обдув модели для охлаждения спекаемых слоев. При плохом охлаждении спекаемые могут иметь дефектамы.

Технические характеристики PLA пластика представлены в таблице 2.2

Таблица 2.2 – Основные технические характеристики PLA пластика

Параметр	Значение
Температура плавления, °С	173-178
Температура размягчения, °С	50
Температура стеклования, °С	60-65
Твердость по Роквеллу	R70-R90
Прочность на изгиб, МПа	55,3
Прочность на разрыв, МПа	57,8
Модуль упругости при изгибе 2,3 ГПа	2,3
Влагопоглощение, %	2-50
Плотность материала, г/см <sup>3</sup>	1,23-2,25

#### Особенности печати

Работа PLA-пластиком на 3D-принтере ведется посредством технологии моделирования методом послойного наплавления (FDM-Fused Deposition Modeling). Нить расплавляется, после чего доставляется по специальной насадке на поверхность для работы и осаживается. В результате построения модели расплавленным пластиком создается полностью готовый к применению объект. Изделия из PLA-пластика подвергают шлифованию и сверлению, красят акрилом. Одним из минусов PLA-пластика является его недолговечность: материал служит от нескольких месяцев до нескольких лет.

#### HIPS

##### Химический состав

Пластиковая нить HIPS относится к категории термопластичных полимеров. В процессе ее производства в основное сырье на основе полистирола

добавляется полибутадиен, в результате чего филамент приобретает эластичность каучука с высокими прочностными свойствами.

Технические характеристики HIPS пластика представлены в таблице 2.3.

Таблица 2.3 – Основные технические характеристики HIPS пластика

Параметр	Значение
Плотность материала, г/см <sup>3</sup>	1,05
Температура экструзии, °С	230-270
Предел прочности на изгиб, Мпа	33
Предел прочности на разрыв, Мпа	62
Модуль упругости при изгибе, МПа	2280
Относительное удлинение при разрыве, %	65
Усадка при охлаждении, %	0,8

#### Описание и особенности материала

Во многом материал HIPS похож на такие филаменты, как ABS, SBS, PLA, однако по многим параметрам он их превосходит, в частности:

- не поглощает воду, не разлагается в обычной среде и может храниться в открытой упаковке или даже без нее;
- обладает высокой степенью мягкости, что существенно упрощает постобработку готовых моделей;
- экологичен и полностью безопасен для людей, животных и окружающей среды;
- универсален – может использоваться в качестве основного или вспомогательного материала печати;
- отличается матовой фактурой, позволяющей сгладить незначительные шероховатости и придать изделиям стилистическую и визуальную привлекательность.

HIPS пластик идеально подходит для моделирования объектов, которые впоследствии необходимо подвергать механической обработке. Изделия из нее отлично шлифуются, их можно грунтовать, окрашивать и осуществлять широкий комплекс процедур постпроцессинга (доводку, полировку и

т.д.). Готовые модели отличаются высокой прочностью и обладают определенной упругостью. Их поверхность гладкая, мягкая, приятная на ощупь, однородная, а вес – минимален.

В сравнении с другими материалами, используемыми при 3D-печати, ударопрочный полистирол обладает рядом преимуществ, среди которых: стойкость к воздействиям кислот и щелочей, небольшой коэффициент термоусадки, температурный диапазон эксплуатации – от -40 °С до +70 °С;; низкая в сравнении с ABS и PLA гигроскопичность и не подверженность к разложению, хорошая ударная прочность и пластичность готовых изделий, облегчающая проведение механической постобработки.

#### Особенности печати

Процесс 3D-печати ударопрочным полистиролом схож с печатью ABS пластиком. Здесь также следует использовать 3D-принтер с подогреваемой платформой и закрытой камерой. Также желательно включать охлаждение сопла для более ровного остывания слоев и получения максимально гладкой поверхности напечатанного изделия.

#### PETG

##### Химический состав

Полиэтилентерефталат (полиэтиленгликольтерефталат, ПЭТФ, ПЭТ, ПЭТГ, лавсан, майлар) — термопластик, наиболее распространённый представитель класса полиэфиров, известен под разными фирменными названиями. Продукт поликонденсации этиленгликоля с терефталевой кислотой (или её диметиловым эфиром); твёрдое, бесцветное, прозрачное вещество в аморфном состоянии и белое, непрозрачное в кристаллическом состоянии. Переходит в прозрачное состояние при нагреве до температуры стеклования и остаётся в нём при резком охлаждении и быстром проходе через т. н. «зону кристаллизации». Одним из важных параметров ПЭТ является характеристическая вязкость, определяемая длиной молекулы полимера. С увеличением

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.020000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		22

присущей вязкости скорость кристаллизации снижается. Прочен, износостоек, хороший диэлектрик.

Описание и особенности материала

PETG – это износостойкий сополиэфир (комбинация). Прочный материал, крепкий, без запаха при печати.

Основных преимущества и характеристики филамента PETG:

- Высокая прочность
- Имеет высокую межслойную адгезию
- Низкий риск закручивания слоев
- Химически стоек, «не боится» щелочей, кислот, воды.
- Отсутствие запаха при печати

Технические характеристики филамента PETG представлены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Основные технические характеристики PETG пластика

Параметр	Значение
Температура экструдера, °C	230-255
Температура размягчения, °C	82
Температура стеклования, °C	80
Твердость по Роквеллу	R106
Модуль упругости при изгибе 2,3 ГПа	0,9-1
Влагопоглощение, %	0
Плотность материала, г/см <sup>3</sup>	1,27

Особенности печати:

- Печатать можно на чистое стекло с нанесением тонкого слоя клей-карандаша.

- Наносить можно, как на горячий, так и на холодный стол.
- Скорость печати до 55 мм/сек;
- Печать производить на подогретом до 60-70 градусов столе;
- Обеспечить минимальный обдув, или исключить его полностью.
- Температура печати (экструдера) 215-220 градусов.

5 Нейлон -12

## Химический состав

Нейлон -12 - наполненный полиамид Nylon 12. В состав этого термопласта добавлены мелкодисперсные волокна углерода размером 150 мкм. Доля армирующего углеволокна составляет 35%. Эта добавка делает композит Nylon 12 одним из самых прочных пластиков для 3D-печати.

## Описание и особенности материала

Основных преимущества и характеристики филамента Нейлон-12:

- Хорошая термо-и химическая стойкость
- Имеет высокую прочность
- Обеспечивает гибкость тонких деталей
- Обладает пониженной гигроскопичностью
- Имеет низкий коэффициент трения
- Устойчив к воздействию химических веществ

Технические характеристики пластика Nylon 12 представлены в таблице 2.5

Таблица 2.5 – Основные технические характеристики HIPS пластика

Параметр	Значение
Температура плавления, °С	178
Температура допустимой деформации, °С	115
Ударная вязкость по Изоду, Дж/м	310 (по осям XZ) 85 (по осям ZX)
Предел прочности на разрыв, Мпа	76 (по оси XZ), 35 (по оси ZX)
Модуль упругости, МПа	1100
Ударная вязкость при 23 °С, кДж/м <sup>2</sup>	7
Влагопоглощение, %	0,7

## Особенности печати

- Температура экструзии - 240-260С
- Температура подогреваемого стола - 70-80С (используем клей ПВА)
- Скорость печати: 30-60мм/с
- Высота слоя: 0,2 – 0,4 мм.

Исходя из выше изложенного если исходить из критерия экологичности наиболее приемлемым для печати заливочной воронки является пластик PLA. Однако он имеет недостаток-напитываемость водой.

Исходя из критерия технологичности и продолжительности эксплуатации наиболее оптимален пластик PETG. Так как критерий экологичности в данном случае основной выбираем для печати пластик PLA.

### **2.3 Выбор 3D принтера для печати заливочной воронки**

3D-принтер — станок с числовым программным управлением, реализующий только аддитивные операции, то есть добавляющий порции материала к заготовке. Обычно используется метод послойного нанесения материала, однако существуют и методы непрерывного формирования детали в объёме жидкого фотополимера, при которых деталь не делится на слои, а формируется целиком [3]. 3D-печать относится к классу аддитивных технологий и обычно применяется для задач быстрого прототипирования, но в редких случаях может применяться для мелкосерийного производства конечной продукции. Из имеющего в СКБ парка принтера необходимо выбрать принтер на котором возможно напечатать заливочную воронку исходя из критерия геометрической возможности и точности печати. Диаметр заливочной воронки 158 мм, высота 200 мм рисунок 2.1. Все имеющиеся в наличии принтеры позволяют напечатать детали с такими геометрическими характеристиками. Поэтому в качестве критерия выбора принтера возьмем критерий -точность печати. Наиболее точным принтером из имеющегося парка принтеров является принтер собранный по кинематической схеме CORE XY рисунок 2.2.

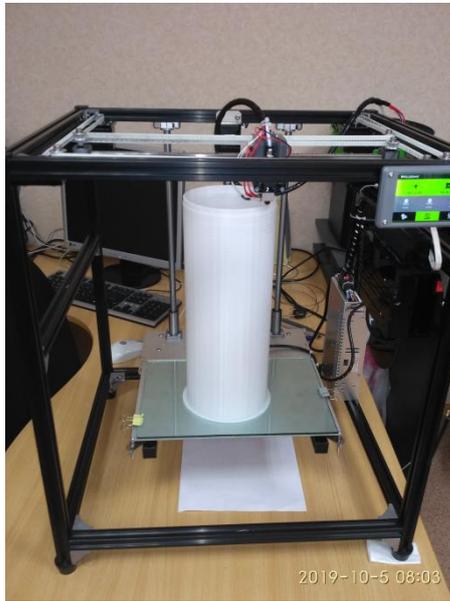


Рисунок 2.2 принтер собранный по кинематической схеме CORE XY

## 2.4 Слайсинг 3D модели

Работа с 3D-моделью в слайсере Ultimaker Cura Слайсер или же программное обеспечение для нарезки 3D-моделей - это компьютерное программное обеспечение, используемое в большинстве процессов 3D-печати для преобразования модели 3D-объекта в код для 3D принтера. В частности, преобразование модели формата STL в команды для принтера в формат g-кода. В ходе работы была выбрана свободно распространяемая версия слайсера Ultimaker Cura 5.1. В целях экономии материала и времени было принято решение перевернуть модель заливочной воронки на  $180^\circ$  и выбраны следующие параметры печати:

- заполнение – 50%; 2
- шаблон заполнения – куб;
- высота слоя – 0,4 мм;
- ширина линии – 0,4 мм;
- скорость печати – 50 мм/с;
- генерация поддержек – включена;
- плотность поддержек – 15%;

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.020000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
						26
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		

- шаблон поддержек – зигзаг;
- температура сопла – 200°C;
- начальная и конечная температуры печати – 200°C;
- температура стола – 60°C.

Расчётное время печати заливочной воронки составило около 20 часов (рисунок 2.3).

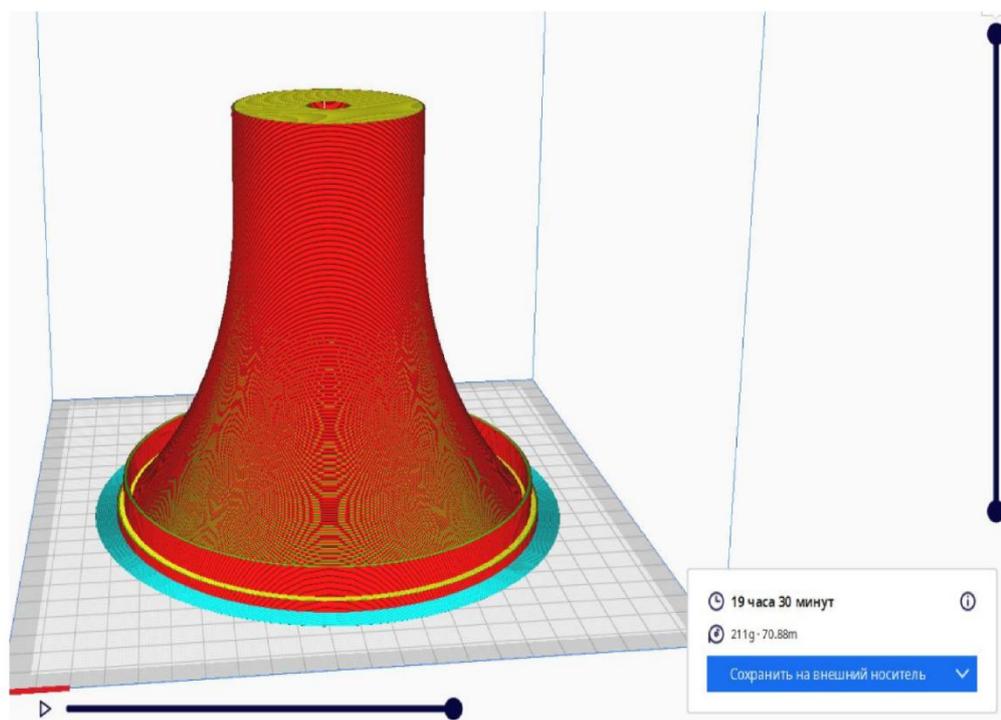


Рисунок 2.3 – Расчёт времени печати заливочной воронки

## 2.5 Печать заливочной воронки диспенсера на 3D-принтере

Из имеющего в СКБ парка принтеров был выбран принтер, собранный по кинематике CORE XY, как обладающий более высокой точностью (рисунок 2.4).

На рисунке 2,5 представлена распечатанная заливочная воронка

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.020000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		27

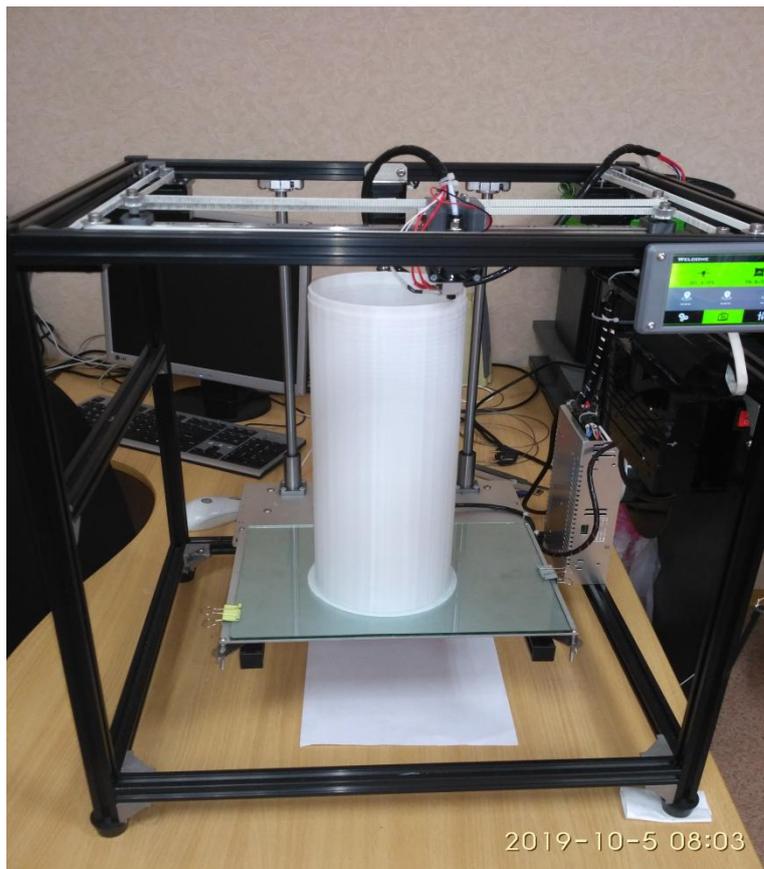


Рисунок 2.4 – Принтер собранный по кинематике CORE XY,

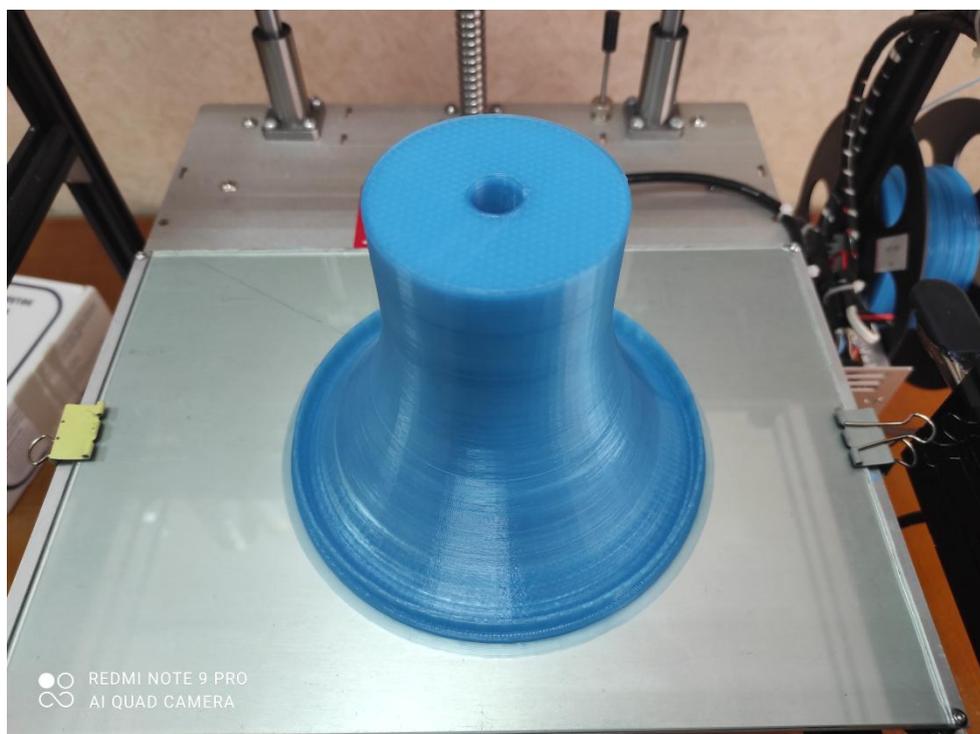


Рисунок 2.5 – Готовая заливочная воронка диспенсера

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.020000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		28

В ходе проведения испытаний был выявлен критический недостаток – недостаточная величина диаметра горлышка у основания заливочной воронки т.к. в процессе проектирования 3D модели не была учтена объемная усадка пластика. В результате доработки модели диаметр горлышка был увеличен с 65 мм до 69 мм (рисунок 2.6).



Рисунок 2.6 – Распечатанная, доработанная 3D-модель заливочной воронки диспенсера

На рисунке 2.7 представлена установленная в диспенсере распечатанная заливочная воронка



Рисунок 2.8 – Заливочная воронка в диспенсере

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.020000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		30

## Заключение

В проекте проведен анализ основных элементов диспенсеров подверженных преждевременному износу.

Разработана технология ремонта с применением аддитивных технологий.

Проведен реинжиниринг заливочной воронки диспенсера путем разработки 3D модели.

Выбран материал для изготовления заливочной воронки.

Подобраны режимы печати и плотность заполнения полученного изделия.

Изготовленная заливочная воронка установлена в диспенсер в деканате ФАМТ.

					<b>СКБ КИТ.12.ИП.000000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		31