

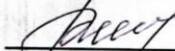
Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



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)  
« 17 » 06 2023 г.

Декан ФАМТ

 О.А. Красильникова

(подпись)  
« 16 » 06 2023 г.

Разработка технологического процесса монтажа гидравлической системы в  
нише шасси пассажирского самолёта с применением аддитивных технологий

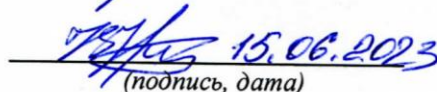
Комплект отчетной документации

Руководитель СКБ КИТ



А.Д. Бурменский

Руководитель проекта



В.В. Куриный

Комсомольск-на-Амуре 2023

### Карточка проекта

Название	Разработка технологического процесса монтажа гидравлической системы в нише шасси пассажирского самолёта с применением аддитивных технологий
Тип проекта	по заказу предприятия
Вид результата (НТП)	изделие, математическая модель, 3D модель объекта, технология изготовления и монтажа трубопроводов
Назначение	Облегчение монтажа гидравлической системы с применением защитных приспособлений изготовленных с применением аддитивных технологий
Область использования	В самолетостроении монтаж трубопроводных систем самолетов в нише ПОШ и на крыльях
Исполнители	Студент <u>Зюв</u> С.М. Забелин, группа 7ТС1
Срок реализации	30.09.22 -12.02.2023

### Использованные информационно-технические ресурсы

Наименование	Количество, шт.
3D принтеры Anet A6 Dexp 60, Core XY	3
Филамент фирмы Bestfilament	4 кг

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 студенту: Забелину Сергею Михайловичу, группа 7ТС1

Название проекта: Разработка технологического процесса монтажа гидравлической системы в нише шасси пассажирского самолёта с применением аддитивных технологий

Назначение: Облегчение монтажа гидравлической системы с применением защитных приспособлений изготовленных с применением аддитивных технологий

Область использования: В самолетостроении монтаж трубопроводных систем самолетов в нише ПОШ и на крыльях

Требования к научно-техническому продукту: Технология монтажа гидравлической системы с применением защитных приспособлений изготовленных с применением аддитивных технологий

- функциональные: разработанная технология монтажа должна обеспечить быстрое изготовление недорогой и функциональной защиты трубопроводов различного диаметра.

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

---

---

План работ:

Наименование работ	Срок
1. Проведение обзорно - аналитического обзора проблемы	30.09.22-30.10.22
2. Разработка конструкции технологической защиты	01.11.22 - 30.11.22
3 Анализ филаментов для изготовления технологической защиты трубопровода посредством 3D печати	01.12.22-15.12.22
4 Подбор технологически выгодного материала для изготовления технологической защиты для трубопроводов. Анализ факторов влияющих на качество 3D печати	16.12.22-30.12.22
5 Программное обеспечение технологического процесса печати технологической защиты трубопровода. Печать боевых образцов	09.01.23-30.01.23
6 Технология монтажа гидросистемы в нише ПОШ с применением аддитивных технологий. Технология печати технологической защиты. Технология монтажа гидросистем в нише шасси	09.01.23-30.01.23
7 Защита проекта	02.23

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:

- конструирование технологической защиты;
- анализ филаментов для изготовления технологической защиты трубопровода посредством 3D печати;
- подбор технологически выгодного материала для изготовления технологической защиты для трубопроводов;
- 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)

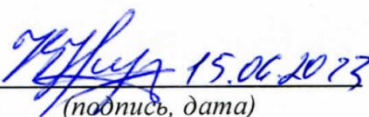
В.В.Куриный

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

**Пояснительная записка к проекту**

«Разработка технологического процесса монтажа гидравлической системы в нише шасси пассажирского самолёта с применением аддитивных технологий»

Руководитель проекта

  
15.06.2023  
(подпись, дата)

*В.В.Куриный*

Комсомольск-на-Амуре 2023

## Содержание

Введение.....	7
<b>1 Обзорно-аналитическая часть.....</b>	<b>8</b>
<b>1.1 Описание самолёта SSJ-100 .....</b>	<b>8</b>
<b>1.2 Общие сведения о гидравлической системы самолёта SSJ-100 .....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Принцип работы гидравлической системы самолёта.....</b>	<b>11</b>
<b>1.4 Состав гидравлической системы.....</b>	<b>15</b>
<b>1.5 Типы соединений трубопроводов .....</b>	<b>25</b>
<b>1.6 Типовой технологический процесс монтажа гидросистемы.....</b>	<b>27</b>
<b>в нише шасси.....</b>	<b>27</b>
<b>1.7 Монтаж трубопровод с разъемным соединением с одной .....</b>	<b>32</b>
<b>стороны и неразъемным соединением с другой.....</b>	<b>32</b>
<b>2 Основная часть .....</b>	<b>41</b>
<b>2.1 Конструирование технологической защиты .....</b>	<b>41</b>
<b>2.2 Анализ филаментов для изготовления технологической защиты</b>	
<b>трубопровода посредством 3D печати.....</b>	<b>43</b>
<b>2.3 Подбор технологически выгодного материала для изготовления</b>	
<b>технологической защиты для трубопроводов .....</b>	<b>52</b>
<b>2.4 Анализ факторов влияющих на качество 3D печати .....</b>	<b>53</b>
<b>2.4.1 Влияние на качество 3D печати кинематики 3D принтера .....</b>	<b>53</b>
<b>2.4.3 Влияние на качество 3D печати кинематики 3D принтера .....</b>	<b>62</b>
<b>2.4.4 Программное обеспечение технологического процесса печати</b>	
<b>технологической защиты трубопровода.....</b>	<b>65</b>
<b>2.5 Технология монтажа гидросистемы в нише ПОШ с применением</b>	
<b>аддитивных технологий.....</b>	<b>72</b>
<b>Заключение .....</b>	<b>76</b>

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		6

## Введение

Гидравлическая система самолета состоит из основной системы с насосами постоянной производительности и аварийной системы с насосом регулируемой производительности. В качестве резервного аварийного источника давления в систему вмонтирован ручной насос. Основная система предназначена для уборки и выпуска шасси, поворота колес переднего шасси, торможения колес основного шасси, выпуска и уборки закрылков, привода стеклоочистителей, аварийного включения золотников флюгирования воздушных винтов и останова двигателей, открытия и закрытия аварийного люка, отката-наката и подъема-опускания рампы грузового люка. Кроме этого, гидросистемой осуществляется управление механизмом ленты перепуска воздуха вспомогательной силовой установки. Аварийная система используется для выпуска закрылков, аварийного торможения колес, открытия аварийного люка экипажа и аварийного управления откатом и накатом рампы при выходе из строя основной системы или при неработающих двигателях. При необходимости насос аварийной системы может быть включен в основную систему и использован для управления потребителями основной системы. Система ручного насоса обеспечивает открытие и закрытие замков порога, откат и накат рампы и дозаправку гидробака.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		7

# 1 Обзорно-аналитическая часть

## 1.1 Описание самолёта SSJ-100

Региональный двухдвигательный пассажирский самолет SSJ-75LR и его модификации SSJ-75B, SSJ-60LR, SSJ-95B, SSJ-95LR образуют семейство, предназначенное для перевозки пассажиров, багажа, почты и грузов на внутренних (Россия и страны СНГ) и международных авиалиниях. Компонировка и комплектация систем всех самолётов семейства выполнена с максимальной унификацией. Самолёты SSJ-95LR и SSJ-95B геометрически полностью идентичны. На рисунке 1.1 показан общий вид самолёта SSJ95LR/SSJ-95B. Планер самолета состоит из фюзеляжа, крыла, хвостового оперения и силовой установки.

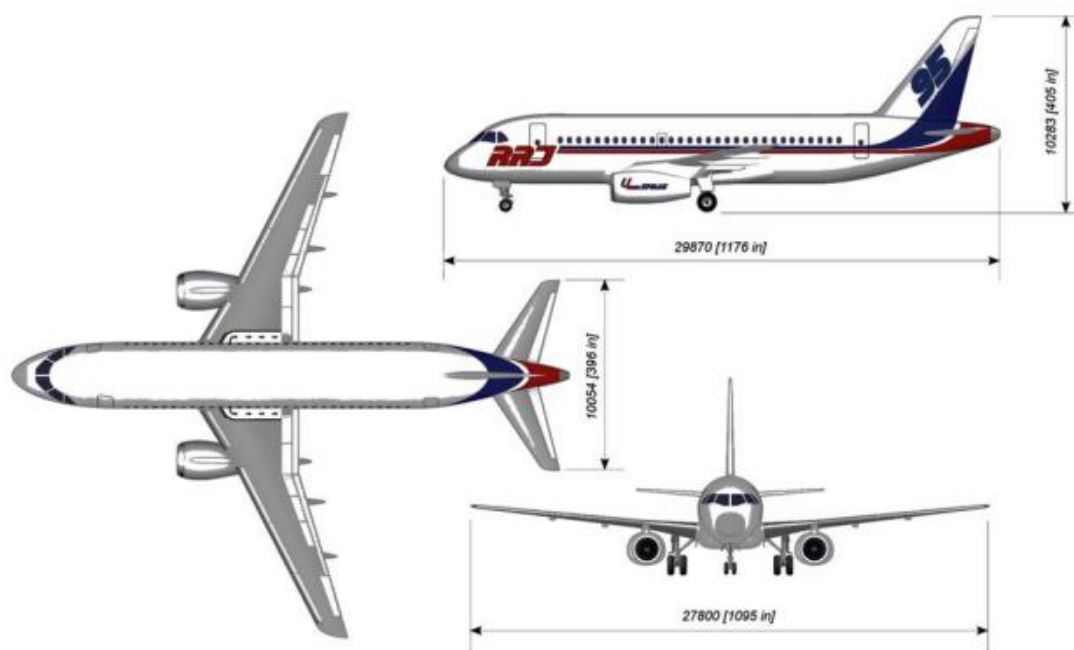


Рисунок 1.1 – Общий вид самолёта

## 1.2 Общие сведения о гидравлической системе самолёта SSJ-100

Гидравлическая система самолета предназначена для управления механизмами и системами, которые отвечают за безопасность полета. На современных самолетах гидравлическая система имеет большое значение, наблю-

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		8



дается широкое использование гидроприводов рулевых поверхностей. Долговечность, живучесть и надежность гидросистемы обеспечивает совершенство конструкции агрегатов, многократное резервирование в качестве гидропривода источника энергии, автоматизация управления, контроль работы экипажа.

Использование гидроприводов на самолете вызвано относительно малыми размерами и габаритами, малой инерционностью и большим быстродействием исполнительных механизмов. Гидравлический аппарат имеет массу и габариты в размере 10% габаритов и массы электрического агрегата такой же мощности и назначения.

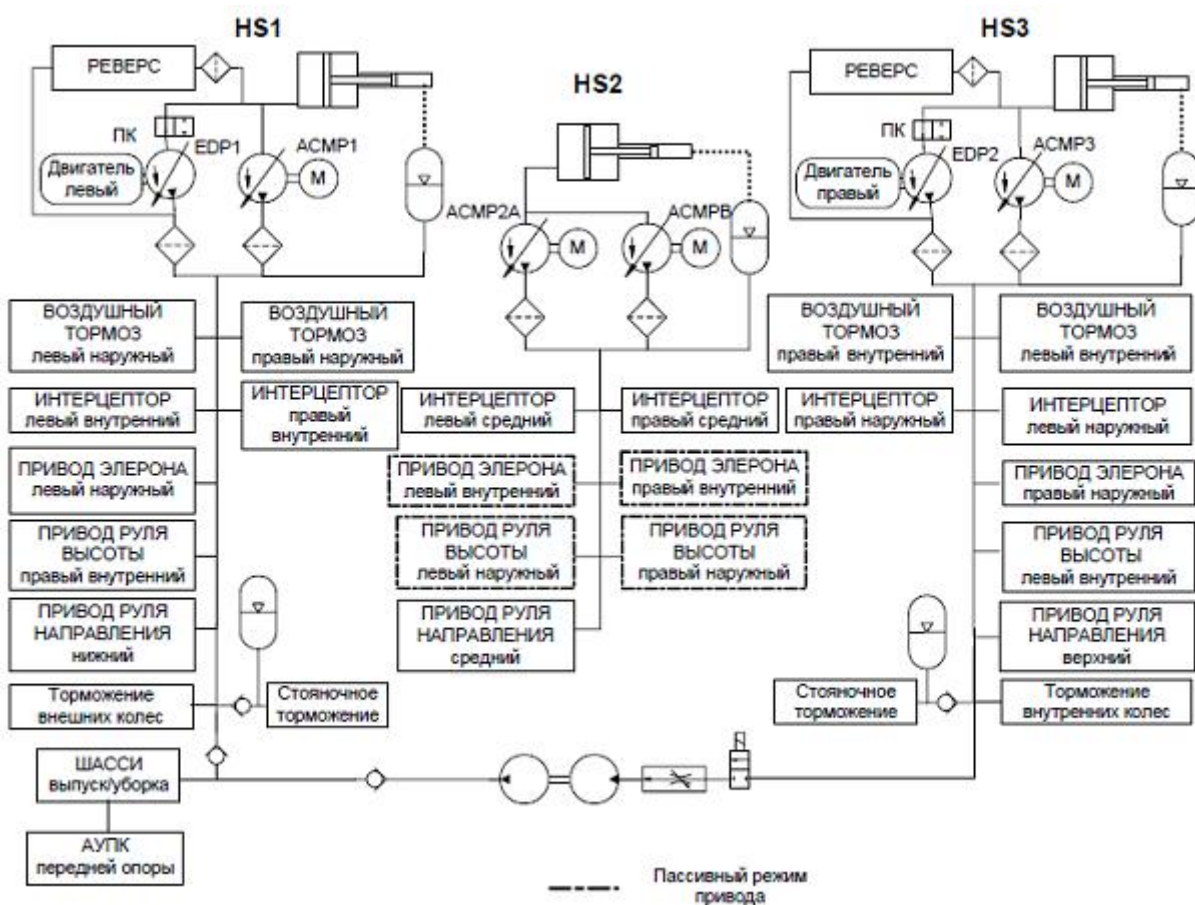


Рисунок 1.2 Схема гидропривода

Функциональная схема гидросистем  
Рисунок 2

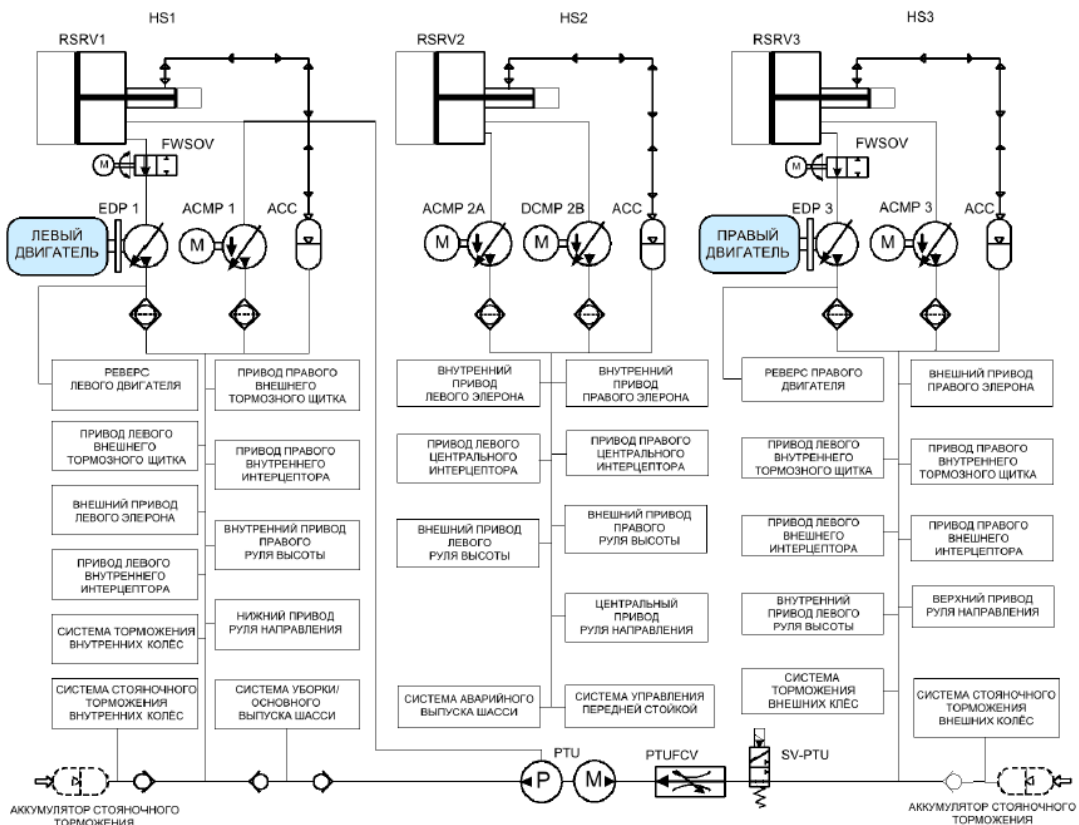


Рисунок 1.3 Гидравлические системы управления рулями

Гидравлические системы используют для управления рулями и стабилизатором, выпуска и уборки шасси просадочно-взлетной механизации, прочих потребителей.

Недостатком гидросистемы самолета является сравнительно большая масса рабочего тела, трубопроводов и агрегатов, зависимость их работы от температуры окружающего пространства. Повреждения трубопроводов и агрегатов, из-за чего теряется герметичность, могут послужить причиной выброса жидкости, а далее – отказов гидросистемы.

В большинстве самолетов рабочим телом гидросистемы является гидравлическое авиационное масло АМГ-10. Во многом характер работы системы зависит от свойств этой жидкости.

Она нейтральна к дюралюминию и стали, а вязкость незначительно изменяется по температуре. Жидкость становится пожароопасной при достижении температуры 120°C. На самолете Ил-86 применяют негорючую взры-

вобезопасную жидкость на основе минеральных масел НГЖ-4, которая выдерживает температуру до 200°С.

Чаще всего на авиалайнерах используются гидросистемы с приводом от авиационных двигателей, с воздушным или электрическим приводом, имеющие в конструкции насосы переменной производительности.

### 1.3 Принцип работы гидравлической системы самолёта

Гидросистема самолета состоит из двух частей:

- сеть источников давления – предназначена для аккумуляции энергии, создания рабочего давления, распределения по потребителям и размещения запаса жидкости, регулирования давления внутри системы;
- сеть потребителей – состоит из компонентов, каждый из которых предназначен для запуска определенного механизма.

Например, гидравлическая система современного самолета питает рабочей жидкостью:

- приводы механизации крыла и системы управления самолетом;
- сети выпуска-уборки шасси;
- механизмы поворота колес передней стойки;
- сети управления задним и передним грузолюком;
- сети управления стеклоочистителями;
- сети торможения колес.

Ко многим потребителям поступает энергия одновременно от нескольких гидросистем. При выходе из строя одной гидросистемы потребитель без проблем продолжает питаться ресурсами другой.

Рулевые поверхности на самолете управляются от максимально возможного числа установленных систем, а ответственные потребители (шасси, закрылки и т.д.) – как минимум от 2 гидравлических систем. Те потребители,

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		11

которые работают только в положении самолета на земле, управляются одной гидросистемой.

Каждая гидросистема имеет, кроме основных насосов, резервные источники питания. Последние представлены гидротрансформаторами, турбонасосными установками и электроприводными насосными станциями.

Предназначение гидротрансформаторов заключается в создании давления в гидросистеме во время отказа основных насосов или отказа двигателя, используя энергию смежной гидросистемы. Передача мощности при этом с одной гидравлической системы в другую происходит без перехода рабочей жидкости.

Гидротрансформатор – это резервный агрегат, который состоит из двух нерегулируемых моторов-насосов.

В гидротрансформаторе каждый из моторов-насосов подсоединен к своей гидросистеме, их жидкости между собой не контактируют. Во время работы гидротрансформатора один из моторов-насосов работает в качестве гидромотора и вращает второй мотор-насос, создающий давление рабочей жидкости в системе питания.

Роль турбонасосных установок заключается в создании давления жидкости во время полета самолета при отказе двигателя определенной системы и для функционирования потребителей гидравлической системы при стоянке летательного аппарата на земле с выключенными двигателями. Турбонасосная установка – это гидравлический насос, который приводится в действие от работы воздушной турбины. Сжатый воздух для установки отбирается от одного из двигателей или ВСУ самолета. Насосные станции с электроприводом являются аварийным источником давления во время полета и питают потребителей при обслуживании самолета на земле.

Для предотвращения кавитации перед насосом в линии всасывания создают избыточное давление. С этой целью дренажную систему гидробака

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

подключают к компрессору авиадвигателя, соединяют с системой кондиционирования или подключают к ней подкачивающие насосные станции.

На большинстве самолетов как основная используется гидравлическая система с насосами переменной производительности. В ней давление увеличивается за счет аксиальных роторно-плунжерных насосов. Чувствительный компонент автоматического насоса реагирует на смену величины давления в гидравлической системе и через сервомеханизм изменяет производительность насоса, ход плунжеров, положение наклонной шайбы. Почти постоянно насос способен производить подачу в широком диапазоне давлений. Достигнув определенного значения давления, близкого к рабочему в гидросистеме, срабатывает автоматический механизм, и производительность насоса уменьшается до минимальной, необходимой для его охлаждения и смазки. Охлаждение жидкости выполняется в радиаторе.

Когда давление жидкости понижается, автомат производит включение насоса на полную подачу. Если автоматическое устройство не работает, насос начинает функционировать с максимальной производительностью, когда через предохранительный клапан в бак сбрасывается избыточная жидкость.

Преимущество гидравлической системы с насосами переменной производительности заключается в плавной разгрузке насосов, уменьшающей гидроудары.

Работа гидравлической системы с насосами постоянной производительности схожа с работой гидросистемы с насосами переменной производительности тем, что так же может направляться по 2-х магистралям:

- магистраль, питающая потребителей;
- магистраль, соединяющая линию высокого давления и гидробак.

Отличие от системы с насосами переменной производительности заключается в том, что жидкость не может одновременно двигаться в двух направлениях.

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

При зарядке гидроаккумулятора или работе потребителей жидкость из насоса через автомат разгрузки и фильтр поступает в систему на потребители и на зарядку аккумулятора. Когда давление повышается до предела рабочей величины, происходит переключение движения рабочей жидкости автоматом разгрузки в линию слива.

Основной недостаток гидросистем с насосами постоянной производительности – необходимость всегда работать с автоматом разгрузки. Такие системы недолговечны, ведь из-за неоднократных отключений-подключений насосов возникают дополнительные колебания.

Кроме использования автомата разгрузки, существуют другие схемы подключения насосов постоянной производительности. Их используют в основном в аварийных гидросистемах.

Силовые приводы по технологии изменения давления жидкости разделяются на:

- приводы, которые преобразуют давление жидкости в движение поршня в цилиндре;
- приводы, которые преобразуют энергию давления во вращение ротора.

Первые называют гидроцилиндрами, вторые – гидророторами.

Гидромоторы – роторно-плунжерный насос, к которому подходит под высоким давлением жидкость.

Гидроаккумулятор – шаровой или цилиндрический баллон. Его внутренние полости разделяются на части упругой резинотканевой мембраной или свободноплавающим поршнем. Верхние камеры гидроаккумуляторов заполнены азотом, нижние соединены с нагнетающей магистралью.

Давление рабочей жидкости смещает поршень вниз и сжимает азот, аккумулируя энергию. Расход энергии происходит при расширении азота, когда жидкость выталкивается в систему из гидроаккумулятора.

Функции гидроаккумулятора:

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		14

- уменьшение колебаний давления жидкости, вызываемых работой гидроприводов, распределительных устройств, автомата разгрузки, насоса;
- кратковременное увеличение начальной мощности системы при включении гидропривода;
- при отказе насоса работает как аварийный источник энергии.

#### 1.4 Состав гидравлической системы

Гидравлическая система самолёта состоит из:

1. Агрегатов
2. Трубопроводов
3. Элементов крепления

Состав гидросистем самолёта SSJ 100:

В ГС1 входят следующие агрегаты:

Гидронасос, бортовой клапан всасывания на пилоне, бортовой клапан нагнетания на пилоне, бортовой клапан слива на пилоне, перекрывной противопожарный клапан ГС1, обратный клапан -6/-8 ГС1, обратный клапан -8/-10 ГС1, обратный клапан с накидной гайкой-8/-10 ГС1, тепловой дозатор, фильтр общего слива, фильтр нагнетания ГС1, фильтр слива гидронасоса, гидробак, гидроаккумулятор, предохранительный клапан и стравливающий клапан, предохранительный клапан, насосная станция переменного тока, амортизатор насосной станции, фильтр нагнетания насосной станции, фильтр слива насосной станции, экологический бачок, бортовой клапан нагнетания, бортовой клапан питания, зарядный клапан гидроаккумулятора с манометром.

В ГС2 входят следующие агрегаты:

Обратный клапан -6/-8 ГС1, обратный клапан, фильтр общего слива, гидробак, гидроаккумулятор, предохранительный и стравливающий клапан, предохранительный клапан, дозатор, насосная станция переменногo тока,

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		15

фильтр нагнетания насосной станции переменного тока, экологический бачок, бортовой клапан нагнетания, бортовой клапан питания, зарядный клапан гидроаккумулятора с манометром.

В ГСЗ входят следующие агрегаты:

Гидронасос, бортовой клапан всасывания на пилоне бортовой клапан нагнетания на пилоне, бортовой клапан слива на пилоне, перекрывной противопожарный клапан ГСЗ, обратный клапан -6/-8 ГСЗ, обратный клапан -8/-10 ГСЗ, обратный клапан с накидной гайкой-8/-10 ГСЗ, тепловой дозатор, фильтр общего слива, фильтр нагнетания ГСЗ, фильтр слива гидронасоса, гидробак, гидроаккумулятор, предохранительный клапан и стравливающий клапан, предохранительный клапан, насосная станция переменного тока, фильтр нагнетания насосной станции, фильтр слива насосной станции, экологический бачок, бортовой клапан нагнетания, бортовой клапан питания, зарядный клапан гидроаккумулятора с манометром ГСЗ (на рисунке представлена схема агрегатов ГС).

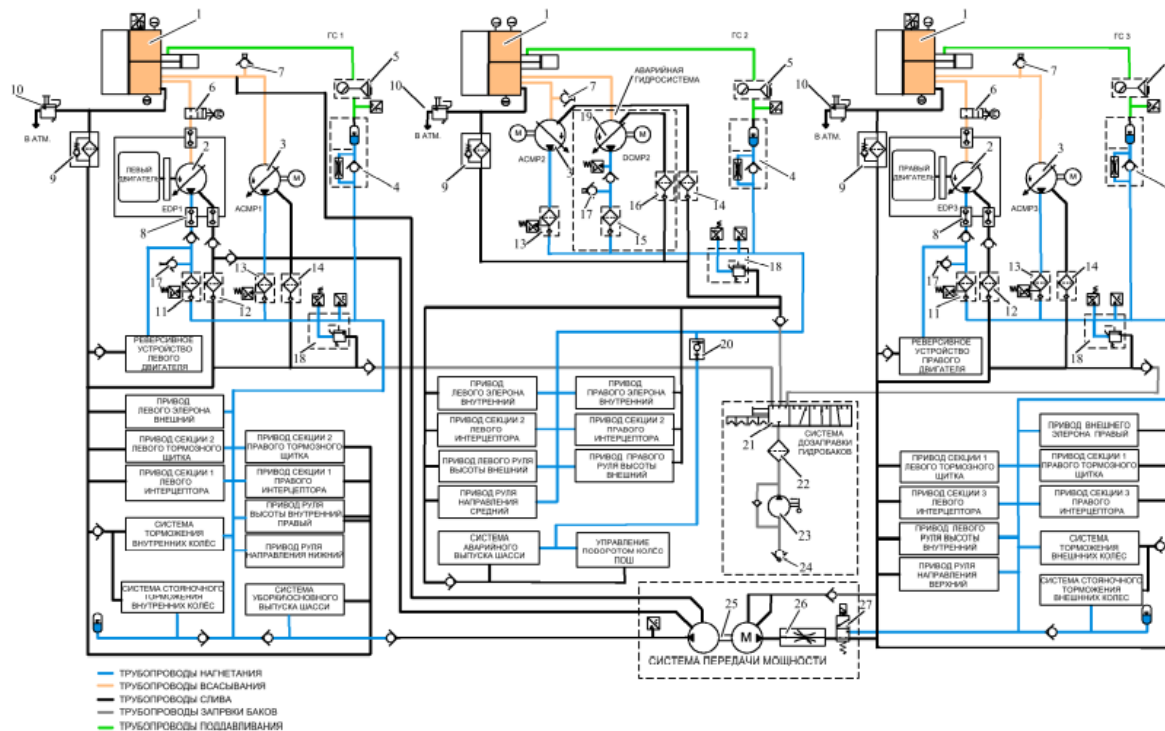


Рисунок 1.4 – Схема ГС в самолёте SSJ 100



1 — Гидробак; 2 — Гидронасос 3 — Насосная станция переменного тока 4 — Гидроаккумулятор, 5 — Зарядный клапан с манометром 6 — Перекрывной противопожарный кран 7 — Бортовой клапан питания 8 — Разъёмный клапан 9 — Фильтр общего слива 10 — Тепловой дозатор 11 — Фильтр нагнетания гидронасоса 12 — Фильтр слива гидронасоса 13 — Фильтр нагнетания насосной станции переменного тока 14 — Фильтр слива насосной станции переменного тока 15 — Фильтр нагнетания насосной станции постоянного тока 16 — Фильтр слива насосной станции постоянного тока 17 — Бортовой клапан нагнетания 18 — Предохранительный клапан 19 — Насосная станция постоянного тока 20 — Дозатор 21 — Селекторный кран дозаправки 22 — Фильтр дозаправки 23 — Ручной насос дозаправки 24 — Бортовой клапан дозаправки 25 — Блок передачи мощности 26 — Ограничитель расхода 27 — Клапан включения блока передачи мощности

На современных самолетах при помощи гидравлических систем управляют самолетом, убирают и выпускают шасси, закрылки, различные створки и крышки люков, управляют передним колесом, аэродинамическими тормозами и тормозами колес и т. п. Поэтому агрегаты гидросистемы размещены во всех частях самолета. А если учесть еще, что для повышения надежности многие участки гидросистемы дублируются, то станет ясным, какое большое количество гидравлических агрегатов установлено на самолете и насколько протяженными являются гидравлические трубопроводы.

Гидравлические системы имеют один или несколько баков для рабочей жидкости. Несмотря на простоту их конструкции, в эксплуатации могут появиться неисправности баков чаще всего в виде трещин (особенно фильтров сливного трубопровода), которые происходят из-за пульсаций жидкости при ее сливе из магистрали в бак. Поэтому при осмотре бака проверяют, нет ли течи рабочей жидкости по баку. Целость его фильтров проверяется при выполнении регламентных работ.

В гидравлических системах применяется большое рабочее давление (150 кг/см<sup>2</sup> и выше), что позволяет уменьшить размеры исполнительных механизмов и, следовательно, сделать систему легче. Но при таких давлениях необходимо хорошо уплотнять агрегаты и соединения и иметь мощные насосы.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		17

В настоящее время в основном применяются гидравлические насосы плунжерного типа, хотя встречаются еще и шестеренчатые. При больших давлениях насосы работают в тяжелых условиях. Большинство неисправностей насосов приводит к понижению создаваемого ими давления. Поэтому контроль за давлением является лучшим способом наблюдения за работоспособностью насосов. Причинами падения давления могут быть как неисправность насосов, так и исполнительных механизмов. Если осмотром установлено, что течи гидравлической жидкости у исполнительных механизмов нет, проверяют насос. Для этого в первую очередь проверяют состояние гидравлических фильтров за насосом. Наличие на фильтре металлических частиц, особенно бронзовых, указывает на разрушение качающего узла насоса. Причиной падения давления, создаваемого несколькими параллельно работающими насосами, может быть также срез привода одного из насосов. В этом случае гидравлический фильтр будет оставаться чистым. Не исключена возможность разрегулировки редукционного клапана насоса. В этом случае работоспособность насоса восстанавливается его регулировкой. Если в гидросистеме установлены плунжерные насосы переменной производительности, то в эксплуатации контролируют, не перегревается ли тот или иной насос на режиме нулевой производительности.

В гидравлической системе применяется большое количество агрегатов с золотниковыми парами. Прецизионные пары типа золотник-гильза широко используются в качестве элементов регулирующих и распределительных гидравлических устройств. Особенности их конструкции, технологии изготовления и доводки, условий работы и характера износа в эксплуатации делают необходимым выделение прецизионных золотниковых пар в особый вид деталей машин. Недостаточное изучение влияния различных конструктивно-технологических и эксплуатационных факторов на надежность этих пар требует постоянного тщательного контроля за их работой.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		18

Для золотниковых пар авиационных агрегатов специфическими особенностями являются:

— малые зазоры между деталями в парах, величины которых доходят до 8-4-10 мк;

— изготовление деталей с большой точностью (класс точности 1—2) с последующей селективной подборкой деталей пар с целью выдерживания заданных зазоров;

— детали пар, как правило, изготавливаются из стали, реже одна из деталей пары из бронзы. Рабочие поверхности стальных деталей имеют высокую твердость ( $H_{RC} \sim 60$  ед.) и чистоту поверхности (класс чистоты 9—11);

— небольшие относительные возвратно-поступательные перемещения деталей;

— детали многих золотниковых пар работают в условиях вибрации из-за пульсации давления рабочей жидкости;

— давления рабочей жидкости в системах доходят до сотен килограммов на квадратный сантиметр.

При этом к золотниковым парам предъявляются требования по величине и стабильности усилий трения между деталями, что связано с необходимостью обеспечения плавности относительных смещений деталей в процессе работы регулирующих устройств. Даже кратковременное увеличение силы трения между золотником и гильзой может вызвать нарушение нормальной работы, распределительного устройства соответствующего агрегата. Так, увеличение трения в золотниковой паре распределительного устройства гидроусилителя вызывает затяжеление, самопроизвольное вождение или подергивание ручки управления самолетом, что в условиях эксплуатации является недопустимой неисправностью, влекущей за собой замену гидроусилителей.

В порядке аналогии интересно отметить, что увеличение трения в золотниковых распределителях топливо-регулирующей аппаратуры в ряде слу-

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		19

чаев приводит к колебанию оборотов двигателя, помпажу и к нерасчетным режимам работы.

Наиболее распространенной причиной увеличения силы трения в золотниковых парах является попадание в зазор между деталями посторонних частиц. Частицы, попадая в зазор, могут привести к увеличению трения в паре как за счет царапающего и расклинивающего действия, так и за счет нарушения нормального протока рабочей жидкости по зазору, что может сопровождаться односторонним прижатием деталей гидравлическими силами.

Высокая твердость и чистота поверхностей деталей золотниковых пар приводят к тому, что порой увеличение усилий трения не сопровождается заметным повреждением поверхностей трения.

Мнение о том, что засорение рабочей жидкости гидросистем посторонними частицами может происходить только в результате несовершенства средств заправки гидросистем и небрежности их обслуживания, неверно, так как загрязнение рабочей жидкости твердыми частицами в гидросистемах происходит и продуктами износа трущихся соединений некоторых агрегатов. В гидросистемах к таким агрегатам можно отнести насосы, гидроаккумуляторы поршневого типа, силовые гидроцилиндры, пружинные гидробачки и даже исполнительные цилиндры гидроусилителей.

Особенно опасным является интенсивный износ деталей, изготовленных из алюминиевых сплавов. Установлено, что алюминиевые сплавы при работе в парах трения оказываются нестойкими против износа и легко схватываются при трении. Продукты износа, содержащие окись алюминия в виде очень твердых частиц\* играют роль абразива и засоряют гидросистему.

При больших давлениях рабочей жидкости в гидросистеме особое значение приобретает герметичность соединений трубопроводов, агрегатов с трубопроводами и герметичность узлов уплотнений агрегатов.

Герметичность соединений трубопроводов и агрегатов визуальнее всего проверять тогда, когда система находится под рабочим давлением.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		20

Последовательным осмотром трубопроводов и агрегатов можно сравнительно легко определить герметичность гидросистем в доступных местах.

В настоящее время в стационарных условиях для определения негерметичности начинают широко применяться различные течеискатели. Ими можно контролировать герметичность соединений трубопроводных систем, баков, отсеков и т. п. К ним относятся: течеискатель ПТИ-4А, галоидный течеискатель ГТИ-2 и автомат для проверки герметичности АПГ-1. Недостатками этих установок является их сложность. Применять их в условиях эксплуатации авиационной техники пока что невозможно.

### Трубопроводы

Трубопроводы поставляются полностью готовыми для сборки монтажной гидросистемы, с нанесенным гальваническим и лакокрасочным покрытием, а также всей требуемой маркировкой.

В линиях нагнетания применены трубопроводы из коррозионностойкой стали CRES 21-6-9. В линиях низкого давления (слив, всасывание насосов, слив из корпуса насосов и дренажей предохранительных клапанов гидробаков) применены трубопроводы из алюминиевого сплава 6061-Т6, кроме трубопроводов типоразмера 04 ( $D_{нар} = 6,35$  мм). Трубопроводы низкого давления типоразмера 04 ( $D_{нар} = 6,35$  мм) изготовлены из коррозионностойкой стали CRES 21-6-9. Трубопроводы низкого давления, проложенные в топливных отсеках центроплана и крыла, в нишах передней и основных опор шасси, а также в пилонах, изготовлены из коррозионностойкой стали CRES 21-6-9.

Типоразмеры трубопроводов, применяемых в гидросистеме RRJ и приведены в таблицах 1 и 2.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		21

Таблица 1 - Трубы высокого давления из стали CRES 21-6-9

Типо-размер	Наружный диаметр, мм (inch)	Толщина стенок, мм (inch)	Внутренний диаметр, мм (inch)	Площадь сечения (трубы), мм <sup>2</sup> (sq.inch)
<b>-04</b>	6,35 (0,250)	0,41 (0,016)	5,54 (0,218)	31,70 (0,049)
<b>-06</b>	9,53 (0,375)	0,51 (0,020)	8,51 (0,335)	71,30 (0,110)
<b>-08</b>	12,70 (0,500)	0,66 (0,026)	11,38 (0,448)	126,70 (0,196)
<b>-10</b>	15,88 (0,625)	0,84 (0,033)	14,20 (0,559)	197,90 (0,307)
<b>-12</b>	19,05 (0,750)	0,99 (0,039)	17,07 (0,672)	285,00 (0,442)
<b>-16</b>	25,40 (1,000)	1,30 (0,052)	22,76 (0,896)	506,70 (0,785)

Таблица 2 - Трубы низкого давления из алюминиевого сплава 6061-Т

Типо-размер	Наружный диаметр, мм (inch)	Толщина стенок, мм (inch)	Внутренний диаметр, мм (inch)	Площадь сечения (трубы), мм <sup>2</sup> (sq.inch)
<b>-06</b>	9,53 (0,375)	0,89 (0,035)	7,75 (0,305)	71,30 (0,110)
<b>-08</b>	12,70 (0,500)	0,89 (0,035)	10,92 (0,430)	126,70 (0,196)
<b>-10</b>	15,88 (0,625)	0,89 (0,035)	14,10 (0,555)	197,90 (0,307)
<b>-12</b>	19,05 (0,750)	0,89 (0,035)	17,27 (0,680)	285,00 (0,442)
<b>-16</b>	25,40 (1,000)	1,25 (0,049)	22,91 (0,902)	506,70 (0,785)

Элементы крепления это неотъемлемая часть гидросистемы, как и трубопроводы и агрегаты ГС, с их помощью производится монтаж агрегатов и труб на кронштейны, профиля, диафрагмы и фитинги.

К элементам крепления агрегатов относятся винты, болты, гайки, шайбы, контролочная проволока.

К элементам крепления трубопроводов относятся: колодки с распорными втулками и хомуты с резиновыми профилями (см. рисунок 1.5,1.6 ).

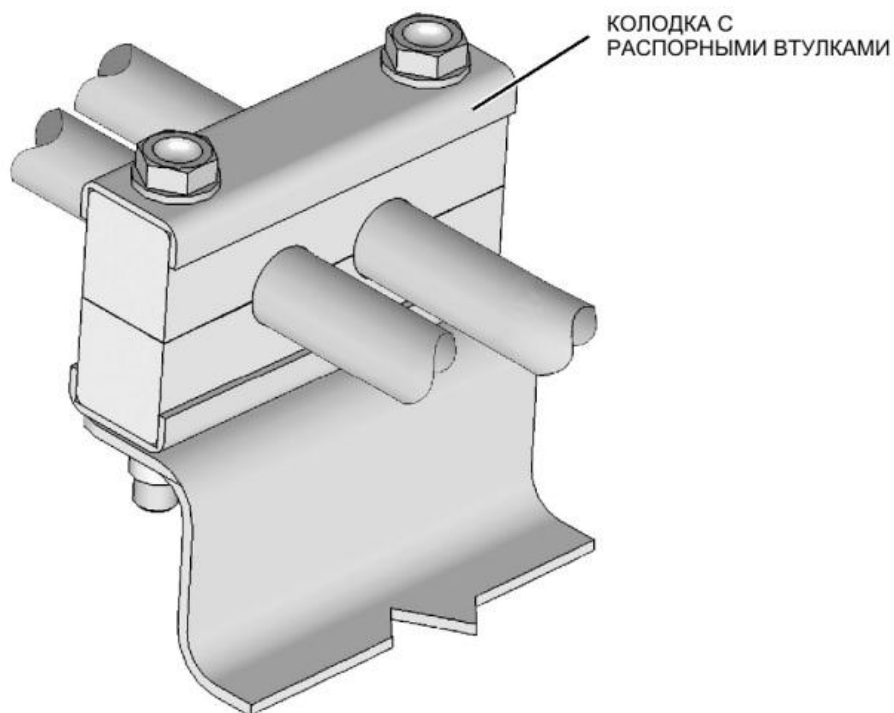


Рисунок 1.5 – Колодка с распорными втулками

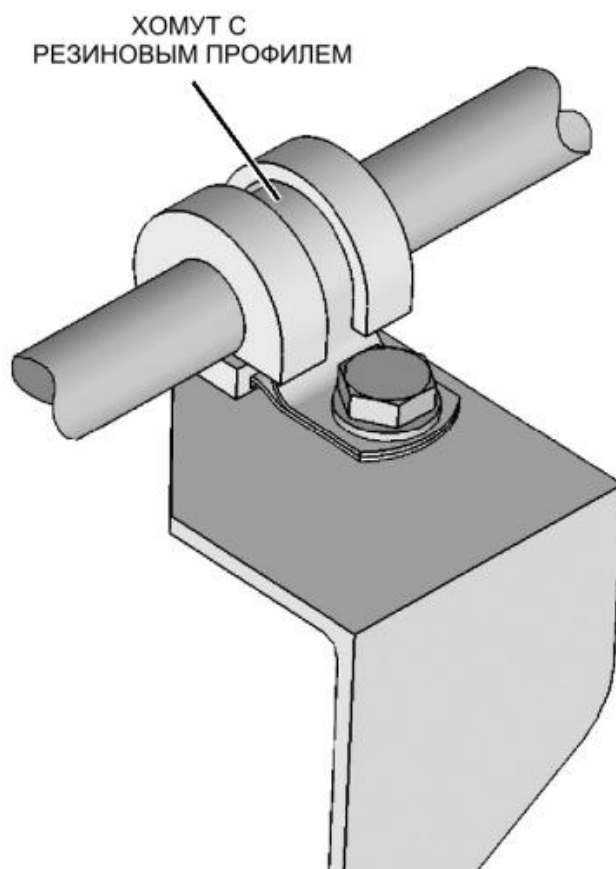


Рисунок 1.6 – Петлевидный хомут

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ

Лист

24



ХОМУТ С  
РЕЗИНОВЫМ ПРОФИЛЕМ

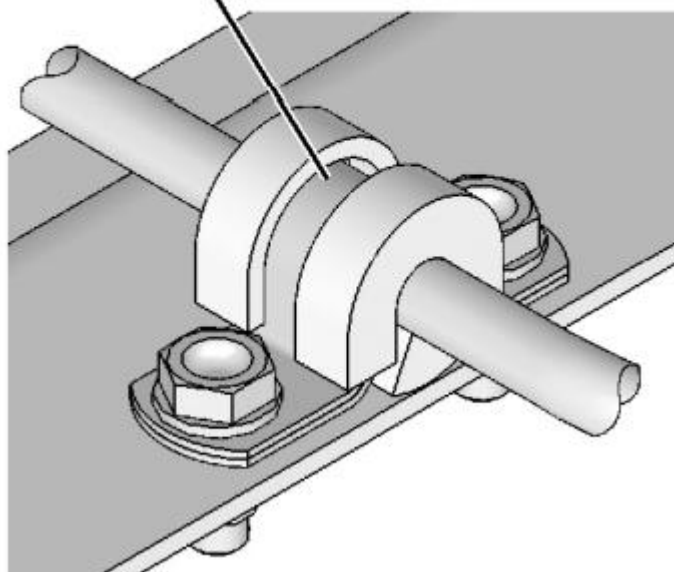


Рисунок 1.7 – Седловидный хомут

### 1.5 Типы соединений трубопроводов

В гидросистеме применены два типа соединений трубопроводов.

Разъемные соединения, у которых законцовки арматуры изготовлены с внутренним конусом, равным  $24^\circ$ , по стандартам SAE AS33514, а законцовки трубопроводов с ниппелями и накидными гайками – по стандарту Deutch Permaswage Miniature Hydraulic Fitting – (DME 30) (Дойч Пермасвейдж – уменьшенная гидравлическая законцовка), совместимыми с авиационным стандартом SAE AS33514– Fitting End Flareles Tube.

Сборка разъемных соединений трубопроводов с агрегатами и проходной арматурой должна осуществляться в соответствии со стандартом AS5148.

Неразъемные обжимные соединения, арматура для которых выполнена в соответствии со стандартами компании DEUTCH PERMASWAGE<sup>®</sup>, должны соответствовать AS5902.

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.

СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ

Лист

25

Разъемные соединения применены только в соединениях трубопроводов с агрегатами ГС, а также в местах стыковки отсеков фюзеляжа между собой, консолей крыла и хвостового оперения с фюзеляжем. Подвод гидропитания к приводам системы управления, цилиндрам системы шасси и воздушных тормозов осуществлены фторопластовыми рукавами с разъемными соединениями, изготовленными по тем же стандартам, что и разъемные соединения трубопроводов.

Во всех остальных местах монтажа трубопроводов ГС выполнены с применением неразъемных обжимных соединений, которые обеспечивают высокую степень работоспособности и надежности трубопроводов, а также снижение массы ГС (рисунки 1.8 и 1.9).

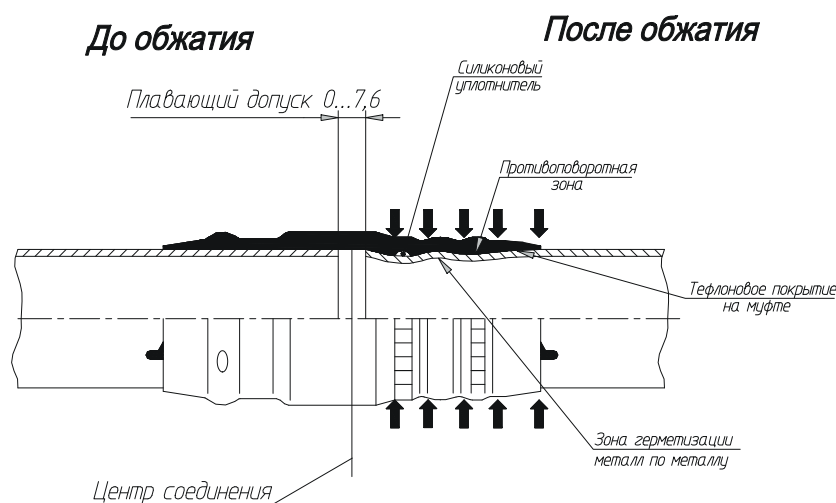


Рисунок 1.8 -Неразъемные обжимные соединения

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		26

## 1.6 Типовой технологический процесс монтажа гидросистемы в нише шасси

В разделе приведена общая методика монтажа трубопроводных коммуникаций гидросистемы для следующих типов трубопроводов:

- трубопровод с разъемными соединениями с обеих сторон;
- трубопровод с разъемными соединениями с обеих сторон;
- трубопровод с разъемным соединением с одной стороны и неразъемный соединением с другой:
- трубопровод с неразъемными соединениями с обеих сторон.

1. Монтаж трубопроводов с разъемными соединениями с обеих сторон.

1.2 Монтаж трубопровода, имеющего две жестко закрепленные точки подсоединения или замыкающего звено трассы трубопроводов.

1) Установить трубопровод согласно чертежу или ЭМ в штуцер базового агрегата или базовой точки подсоединения, сориентировав его относительно посадочных мест в хомутах или колодках.

2) Установить второй конец трубопровода в штуцер второго агрегата или второй точки подсоединения используя его упругие свойства.

Примечание - При невозможности установки трубопровода за счет упругих свойств необходимо произвести одну из следующих операций:

- ослабить элементы крепления второго агрегата и произвести соединение со штуцером, после чего закрепить агрегат;
- ослабить затяжку ближайшей точки крепления (на одном или двух установленных трубопроводов), а затем, после установки замыкающего трубопровода, завернуть ее окончательно.

3) произвести контроль отсутствия недотяга путем перемещения усилием руки трубопровода в осевом и поперечном направлении на отсутствие люфта

Примечание – при недотяге трубопровод демонтируется и направляется в цех для проверки на соответствие эталона или ЭМ.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		27

4) Проверить значение зазоров между трубопроводом и другими элементами конструкции согласно требованиям инструкции, чертежа или ЭМ

5) Покрыть выступ муфты, поверхность уплотнения фитинга и резьбовую поверхность гайки тонким слоем смазки.

Примечание - Для смазки может использоваться рабочая жидкость Skydrol LD4 или специальный смазочный материал, совместимый с жидкостью Skydrol LD4. В процессе сборки резьбовых соединений рекомендуется использовать специальную смазочную жидкость MCS-352B.

6) Навернуть от руки накидную гайку на конец трубопровода, подсоединяемому к базовому агрегату (базовой точки подсоединения), до упора, а затем повернуть соединительную гайку с применением динамометрического ключа. Следите, чтобы момент затяжки соответствовал значениям представленным в таблице 2 или таблице 3. Накидная гайка должна наворачиваться свободно, заклинивание недопустимо.

В процессе наворачивания накидной гайки произвести контроль допустимых норм по несоосности  $\Delta 2$  и перекоосу  $\Delta 3$ . Условием выдерживания норм по несоосности  $\Delta 2$  и перекоосу  $\Delta 3$  является свободное наворачивание накидной гайки от руки до упора для трубопроводов  $D_n \leq 15,88$  мм (до типоразмера № 10) и не менее двух витков резьбы для остальных трубопроводов.

7) Протереть соединение от излишней выдавленной смазки.

8) Для второго конца трубопровода покрыть выступ муфты, поверхность уплотнения фитинга и резьбовую поверхность гайки тонким слоем смазки.

Примечание – Для смазки может использоваться рабочая жидкость Skydrol LD4 или специальный смазочный материал, совместимый с жидкостью Skydrol LD4. В процессе сборки резьбовых соединений рекомендуется использовать специальную смазочную жидкость MCS-352B.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		28

9) навернуть от руки накидную гайку на конец трубопровода согласно п. (6). Накидная гайка должна накручиваться свободно, заклинивание недопустимо.

10) Протереть соединение от излишней выдавленной смазки.

11) Произвести контроль положения трубопровода в пазах колодок и хомутов (при наличии).

Примечание – Если несоосность и перекос в колодках и хомутах больше допустимого, трубопровод демонтировать для проверки на соответствие ЭМ или чертежа и дальнейшего принятия решения по устранению монтажных отклонений. Уменьшение монтажных отклонений в местах крепления трубопровода возможно за счет изменения размеров опорных кронштейнов или местной подгибки трубопроводов.

12) Произвести окончательную затяжку накидных гаек на штуцерах.

Окончательная затяжка должна производиться динамометрическими ключами методом двойной затяжки в следующей последовательности:

- Произвести затяжку накидной гайки требуемым моментом затяжки согласно таблицы 2 или таблицы 3 (в зависимости от применяемого материала фитинга);

- Ослабить накидную гайку.

- Повторно затянуть накидную гайку требуемым моментом затяжки.

(См. таблицу 15 и/или таблицу 16).

Примечание - При накручивании алюминиевой гайки на стальной фитинг, а также при накручивании стальной гайки на алюминиевый фитинг руководствоваться значениями моментов затяжки, указанными в таблице 15.

13) Закрепить (при наличии) промежуточные элементы крепления.

Крепление производить в следующей последовательности:

а) При нечетном количестве хомутов (колодок):

- центральный хомут;

- последовательно от базового агрегата (точки) к центральному хомуту;

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		29

- последовательно от второй точки соединения к центральному хомуту;  
б) При четном количестве хомутов (колодок) или при наличии только двух хомутов (колодок):

- последовательно от базового агрегата к центру трубы;
- последовательно от второй точки соединения к центру трубы.

При выполнении крепежа трубопровода отслеживать выставленные значения несоосность и перекос трубопровода в хомутах (колодках).

1.2 Монтаж трубопровода, имеющего одну жестко закрепленную точку подсоединения (первого трубопровода трубопроводной трассы).

1) Установить трубопровод согласно чертежу или ЭМ в штуцер базового агрегата или базовой точки подсоединения, сориентировав его относительно посадочных мест в хомутах или колодках.

2) Закрепить предварительно последний от точки подсоединения элемент крепления.

3) Проверить значения зазоров между трубопроводом и другими элементами конструкции согласно требованиям инструкции, чертежа или ЭМ.

4) Покрыть выступ муфты, поверхность уплотнения фитинга и резьбовую поверхность гайки тонким слоем смазки.

Примечание - Для смазки может использоваться рабочая жидкость Skydrol LD4 или специальный смазочный материал, совместимый с жидкостью Skydrol LD4. В процессе сборки резьбовых соединений рекомендуется использовать специальную смазочную жидкость MCS-352B.

5) Навернуть от руки накидную гайку на конец трубопровода, подсоединяемому к базовому агрегату (базовой точки подсоединения), до упора, а за тем довернуть соединительную гайку с применением динамометрического ключа. Следите, чтобы момент затяжки соответствовал значениям представленным в таблице 2 или таблице 3. Накидная гайка должна наворачиваться свободно, заклинивание недопустимо.

6) Протереть соединение от излишней выдавленной смазки.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		30

7) Закрепить последовательно промежуточные элементы крепления трубопровода с одновременным контролем положения трубопровода в пазах колодок или хомутов.

Примечание - Если несоосность  $\Delta 2$  и перекося  $\Delta 3$  в колодках и хомутах больше допустимого, трубопровод демонтировать для проверки на соответствие ЭМ или чертежа и дальнейшего принятия решения по устранению монтажных отклонений. Уменьшение монтажных отклонений в местах крепления трубопровода возможно за счет изменения размеров опорных кронштейнов или местной подгибки трубопроводов.

Подгибку производить в соответствии с требованиями инструкции. Установку регулировочных прокладок шайб и втулок под хомуты (колодки) разрешается производить только по указанию конструктора.

8) Произвести контроль допустимых норм по несоосности  $\Delta 2$  и перекося  $\Delta 3$  разъемного соединения. Отверните накидную гайку и вновь наверните ее усилием от руки. Условием выдерживания норм по несоосности  $\Delta 2$  и перекося  $\Delta 3$  является свободное наворачивание накидной гайки от руки до упора для трубопроводов  $D_n \leq 15,88$  мм (до типоразмера № 10) и не менее двух витков резьбы для остальных трубопроводов.

9) Произвести окончательную затяжку накидной гайки

Окончательная затяжка должна производиться динамометрическими ключами методом двойной затяжки в следующей последовательности:

- Произвести затяжку накидной гайки требуемым моментом затяжки согласно таблицы 2 или таблицы 3 (в зависимости от применяемого материала фитинга).

- Ослабить накидную гайку.

- Повторно затянуть накидную гайку требуемым моментом затяжки.

(См. таблицу 2 и/или таблицу 3).

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		31

Таблица 2 - Моменты затяжки ключом для концевого фитинга NAS 1760  
выполненного из алюминия

Типоразмер трубы (на- ружный диа- метр трубы)	Номинальное значение момента затяжки.		Минимальное значение момента затяжки.		Максимальное значение момента затяжки.	
	inch·lb	Н·м	inch·lb	Н·м	inch·lb	Н·м
-04 (0,250)	110	12,4	105	11,8	116	13,0
-06 (0,375)	170	19,2	162	18,2	179	20,2
-08 (0,500)	280	31,6	266	30,1	294	33,2
-10 (0,625)	360	40,7	342	38,6	378	42,7
-12 (0,750)	450	50,8	428	48,3	473	53,4
-16 (1,000)	750	84,7	713	80,5	788	89,0

### 1.7 Монтаж трубопровод с разъемным соединением с одной стороны и неразъемным соединением с другой

Монтаж трубопровода, имеющего две жестко закрепленные точки под-  
соединения или замыкающего звено трассы трубопроводов.

1) Установить трубопровод согласно чертежу или ЭМ в штуцер базово-  
го агрегата или базовой точки подсоединения, сориентировав его относи-  
тельно посадочных мест в хомутах или колодках.

2) Установить второй конец трубопровода в обжимное соединение ис-  
пользуя его упругие свойства или допуск на плавающий размер глубины  
вставки трубы в обжимное соединение.

Примечание - При невозможности установки трубопровода за счет уп-  
ругих свойств необходимо ослабить элементы крепления второго агрегата



или второй точки соединения и произвести соединение, после чего закрепить агрегат или фитинг.

Таблица 3 - Моменты затяжки ключом для концевой фитинга NAS 1760  
выполненного из стали

Типоразмер трубы (на- ружный диаметр трубы)	Номинальное значение момента затяжки.		Минимальное значение момента затяжки.		Максимальное значе- ние момента затяжки.	
	inch·lb	Н·м	inch·lb	Н·м	inch·lb	Н·м
-04 (0,250)	140	15,8	133	15,0	147	16,6
-05	190	21,5	181	20,5	200	22,6
-06 (0,375)	270	30,5	257	29,0	284	32,0
-08 (0,500)	500	56,5	475	53,7	525	59,3
-10 (0,625)	700	79,1	665	75,1	735	83,0
-12 (0,750)	900	101,7	855	96,6	945	106,8
-16 (1,000)	1200	135,6	1140	128,8	1260	142,4

3) Проверить значения зазоров между трубопроводом и другими элементами конструкции согласно требованиям инструкции, чертежа или ЭМ.

4) Покрыть выступ муфты, поверхность уплотнения фитинга и резьбовую поверхность гайки тонким слоем смазки.

Примечание - Для смазки может использоваться рабочая жидкость Skydrol LD4 или специальный смазочный материал, совместимый с жидкостью Skydrol LD4. В процессе сборки резьбовых соединений рекомендуется использовать специальную смазочную жидкость MCS-352B.

5) Навернуть от руки накидную гайку на конец трубопровода, подсоединяемому к базовому агрегату (базовой точки подсоединения), до упора, а за тем повернуть соединительную гайку с применением динамометрического ключа. Следите, чтобы момент затяжки соответствовал значениям представленным в таблице 2 или таблице 3. Накидная гайка должна наворачиваться свободно, заклинивание недопустимо.

6) Протереть соединение от излишней выдавленной смазки.

7) Для неразъемного соединения проверить глубину вставки трубы в обжимное соединение по нанесенной на трубу метке в соответствии с SOP6-01-05.

8) Произвести контроль положения трубопровода в пазах колодок и хомутов (при наличии).

Если несоосность  $\Delta 2$  и перекося  $\Delta 3$  в колодках и хомутах больше допустимого, трубопровод демонтировать для проверки на соответствие ЭМ или чертежа и дальнейшего принятия решения по устранению монтажных отклонений. Уменьшение монтажных отклонений в местах крепления трубопровода возможно за счет изменения размеров опорных кронштейнов или местной подгибки трубопроводов.

Подгибку производить в соответствии с требованиями инструкции.

Установку регулировочных прокладок шайб и втулок под хомуты (колодки) разрешается производить только по указанию конструктора.

9) Закрепить последовательно промежуточные элементы крепления трубопровода с одновременным контролем положения трубопровода в пазах колодок и /или хомутов.

10) Произвести контроль допустимых норм по несоосности  $\Delta 2$  и перекося  $\Delta 3$  разъемного соединения. Отверните накидную гайку и вновь наверните ее усилием от руки. Условием выдерживания норм по несоосности  $\Delta 2$  и перекося  $\Delta 3$  является свободное наворачивание накидной гайки от руки до

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		34

упора для трубопроводов  $D_n \leq 15,88$  мм (до типоразмера № 10) и не менее двух витков резьбы для остальных трубопроводов.

11) Произвести окончательную затяжку накидной гайки.

Окончательная затяжка должна производиться динамометрическими ключами методом двойной затяжки в следующей последовательности:

- Произвести затяжку накидной гайки требуемым моментом затяжки согласно таблицам (в зависимости от применяемого материала фитинга).

- Ослабить накидную гайку.

- Повторно затянуть накидную гайку требуемым моментом затяжки.

(См. таблицу 2 или 3).

Примечание - При накручивании алюминиевой гайки на стальной фитинг, а также при накручивании стальной гайки на алюминиевый фитинг руководствоваться значениями моментов затяжки.

12) Проверить положение трубы в колодках и хомутах (при наличии).

13) Для неразъемного соединения проверить глубину вставки трубы в обжимное соединение по нанесенной на трубу метке в соответствии с SOP6-01-05.

14) Выполнить обжимку неразъемного соединения в соответствии с SOP6-01-05..

Монтаж трубопровода, имеющего одну жестко закрепленную точку подсоединения (первого трубопровода трубопроводной трассы).

Монтаж данных трубопроводов производить согласно инструкции.

1.4 Монтаж трубопровод с неразъемными соединениями с обеих сторон.

Все трубопроводы с неразъемными соединениями перед установкой на изделие должны быть подготовлены к монтажу в соответствии с SOP6-01-05.

До проведения этапа обжимки неразъемных соединений трубопроводная трасса должна быть полностью предварительно установлена на изделии и

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		35

проведена оценка правильности изготовления каждого отдельного трубопровода, а также правильность установки точек крепления.

#### 11.4.1 Установка первого трубопровода трубопроводной трассы.

- 1) Установить первый конец трубопровода в обжимное соединение.
- 2) Закрепить предварительно последний от точки подсоединения элемент крепления.
- 3) Проверить значения зазоров между трубопроводом и другими элементами конструкции согласно требованиям инструкции, чертежа или ЭМ.
- 4) Закрепить последовательно промежуточные элементы крепления трубопровода с одновременным контролем положения трубопровода в пазах колодок или хомутов.

Примечание - Если несоосность  $\Delta 2$  и перекося  $\Delta 3$  в колодках и хомутах больше допустимого, трубопровод демонтировать для проверки на соответствие ЭМ или чертежа и дальнейшего принятия решения по устранению монтажных отклонений. Уменьшение монтажных отклонений в местах крепления трубопровода возможно за счет изменения размеров опорных кронштейнов или местной подгибки трубопроводов.

Подгибку производить в соответствии с требованиями инструкции.

Установку регулировочных прокладок шайб и втулок под хомуты (колодки) разрешается производить только по указанию конструктора.

- 5) Проверить глубину вставки трубы в обжимное соединение по нанесенной на трубу метке в соответствии с SOP6-01-05.
- 6) Установить следующую по порядку трубу трубопроводной трассы и закрепить в колодках и хомутах.
- 7) Проверить положение второй трубы в колодках и хомутах.
- 8) Проконтролировать перекося и несоосность между первым и вторым трубопроводом.
- 9) Выполнить обжимку первого неразъемного соединения в соответствии с SOP6-01-05.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		36

В труднодоступных местах, где невозможно произвести затяжку разъемного соединения с использованием динамометрического ключа допускается производить затяжку соединения с использованием стандартных ключей. Затяжку допускается производить лицам, прошедшим обучение и аттестацию на право выполнения работ по монтажу трубопроводов ГС с разъемными соединениями. В этом случае следует затягивать соединительную гайку до тех пор, пока не возникнет ощутимого увеличения момента затяжки, затем следует повернуть гайку примерно от 1/6 до 1/3 оборота. Дополнительная затяжка не должна быть более 1/3 оборота после момента возрастания усилия затяжки. Работа должна выполняться методом двойной затяжки.

Контроль трубопровода на соответствие ЭМ производить на измерительной машине.

Негерметичность резьбового соединения. В случае если при проверке на герметичность согласно инструкции на стыке трубы и фитинга имеется протечка, необходимо открутить накидную гайку и вынуть конец трубы из фитинга. Осмотреть места уплотнения обеих частей соединения на предмет наличия царапин, вмятин, заусенцев, инородных частиц, и т.п. Произвести повторную сборку соединения по инструкции. При необходимости произвести замену дефектной части на новое изделие.

В процессе изучения технологии монтажа гидросистемы мною были выявлена следующая проблема.

Возможные повреждения уже смонтированных трубопроводов при монтаже других систем самолёта, например передней опоры шасси (ПОШ) агрегатов управления ПОШ и т.д. (рисунок 1.9).

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		37

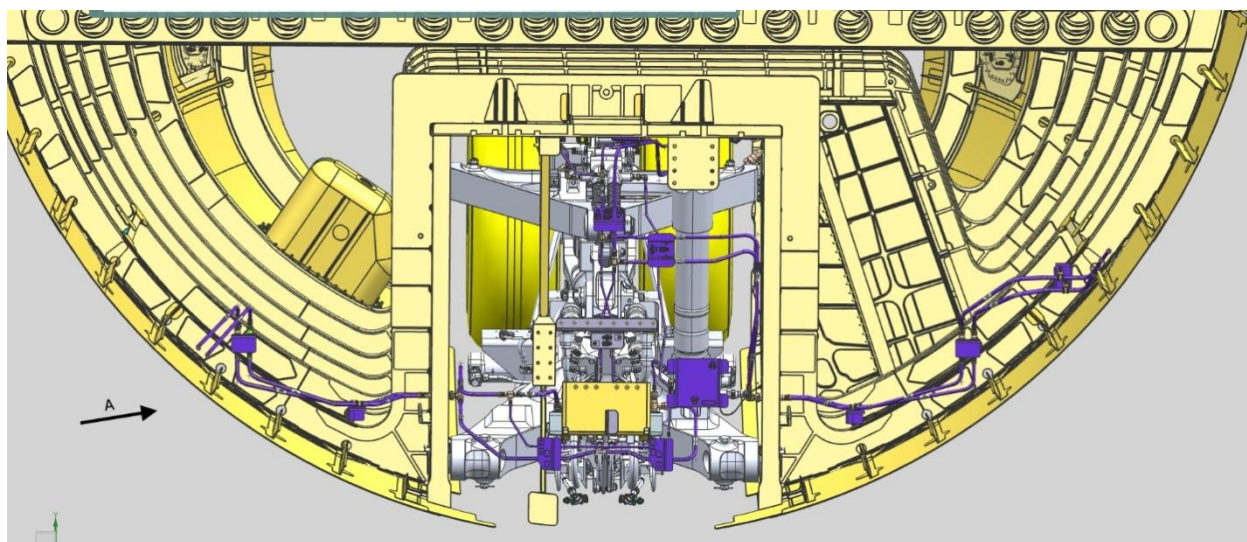


Рисунок 1.9 – Вид по полёту на гидросистему в нише ПОШ

Так как соединения трубопровода являются неразъёмными, то повреждения такие как царапины (нарушение лакокрасочного покрытия (ЛКП)), вмятины могут привести к экономическим убыткам. Поэтому предлагается решение с целью защиты смонтированного трубопровода, изготавливать на трубопроводы, где возможны повреждения разного характера, технологическую защиту, а так как в авиации при сборке самолётов применяется принцип частичной взаимозаменяемости, то для каждого ВС технологическая защита может отличаться размерами и конфигурацией. В связи с этим необходимо применять дешёвый и эффективный способ защиты и в качестве данного способа подходит 3D печать FDM.

В качестве примера рассмотрим элементы трубопровода находящиеся в ПОШ изображённые на рисунке № 1.10.

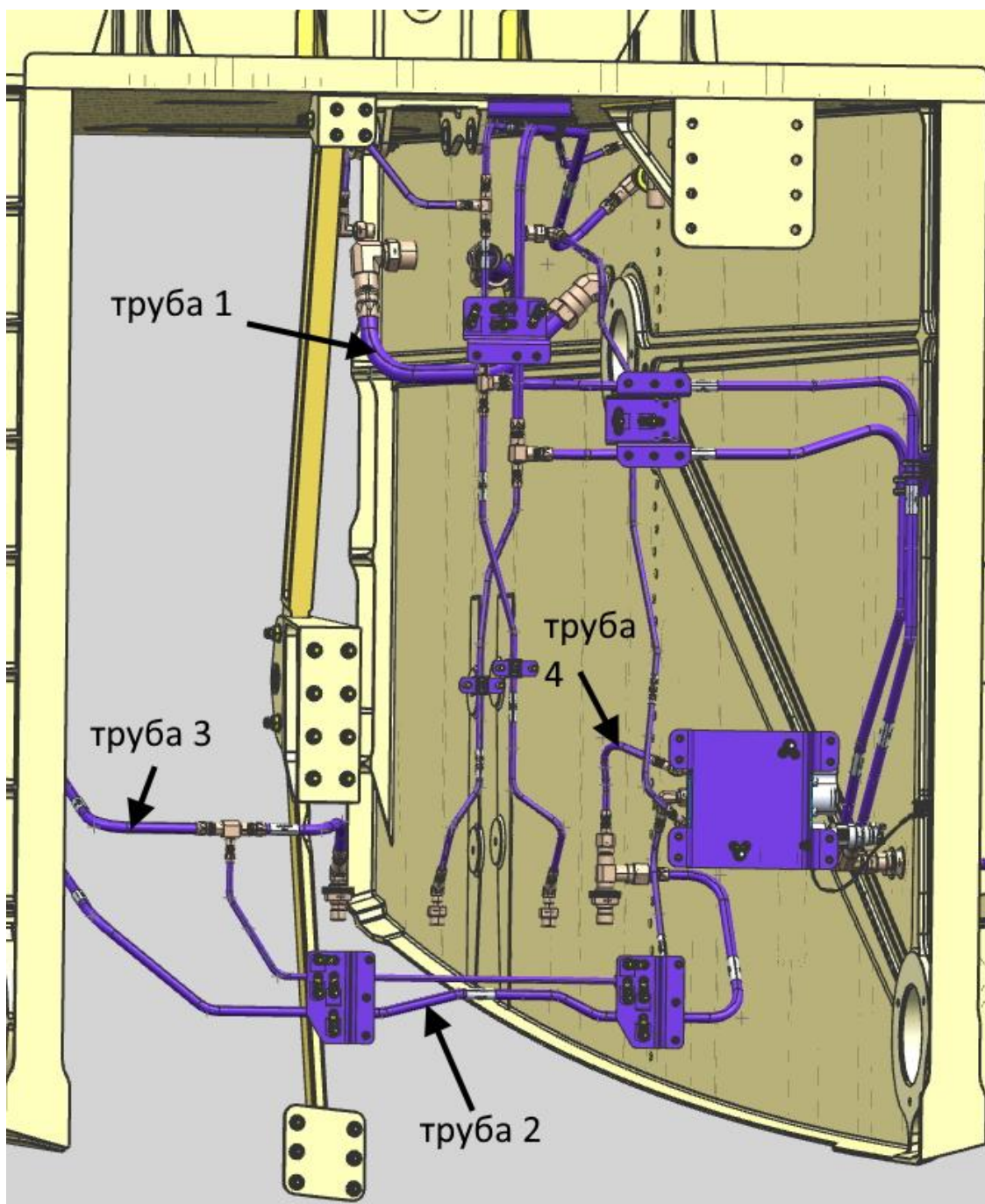


Рисунок 1.10 – Рассматриваемые трубопроводы в нише ПОШ

Для этого предлагается напечатать на рассматриваемые трубопроводы технологическую защиту, которая будет плотно прилегать по всей геометрии трубопровода. Приведенные на рисунке

Основная цель моей работы – дать техническое описание и анализ конструкции гидросистемы в нише шасси на примере самолета Sukhoi Superjet 100 (SSJ100), а также разработать технологию монтажа гидросистемы в нише шасси с применением аддитивных технологий.

Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.



Как известно в авиации распространён принцип частичной взаимозаменяемости. То есть детали одного наименования, назначения на разных машинах могут отличаться длиной, массой, углами изгибов и точками крепления. В полной мере этот принцип относится и к трубопроводам монтируемым на самолете Sukhoi Superjet 100. Кроме того значительная часть трубопроводов монтируется с применением неразъёмных технологий. В связи с введением санкций в настоящее время наблюдается дефицит номенклатуры трубопроводов. Поэтому случайное повреждение трубопроводов в процессе монтажа различного оборудования в том числе имеющего значительный вес может привести к значительному удлинению времени процесса сборки. В качестве таких повреждений могут быть повреждения краски на поверхности трубопроводов, смятие или другие механические повреждения.

С учетом выше изложенного целью представленного диплома является разработка технологии монтажа гидравлической системы с применением защитных приспособлений изготовленных с применением аддитивных технологий.

В процессе достижения цели будут выполнены следующие задачи.

1. Выбор способы защиты монтажа трубопроводов.
2. Разработка конструкции защитного приспособления.
3. Подбор вида пластика для печати.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.010000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		40



## 2 Основная часть

### 2.1 Конструирование технологической защиты

Для изготовления технологической защиты необходимо выполнить следующие действия:

Для начало необходимо произвести замеры трубопровода для которого будет изготавливаться технологическая защита, для этого нужно загрузить трубопровод в любой из систем (NX или Catia). После, нужно произвести замеры.

Для изготовления технологической защиты необходимо создать 3D модель изготавливаемого изделия. Для этого в программе T-Flex CAD нужно создать два профиля по размерам трубы (рисунок 2.1).

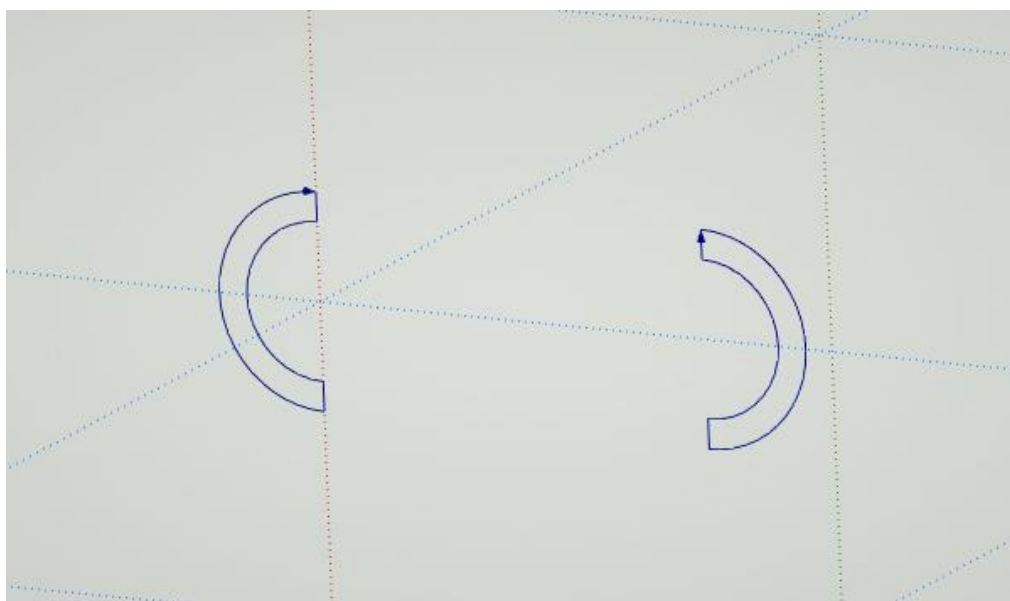


Рисунок 2.2 – профили

После построения профилей нужно построить 3d-узлы (рисунок 2.2) по которым в дальнейшем будет построен 3d-путь (рисунок 2.3).

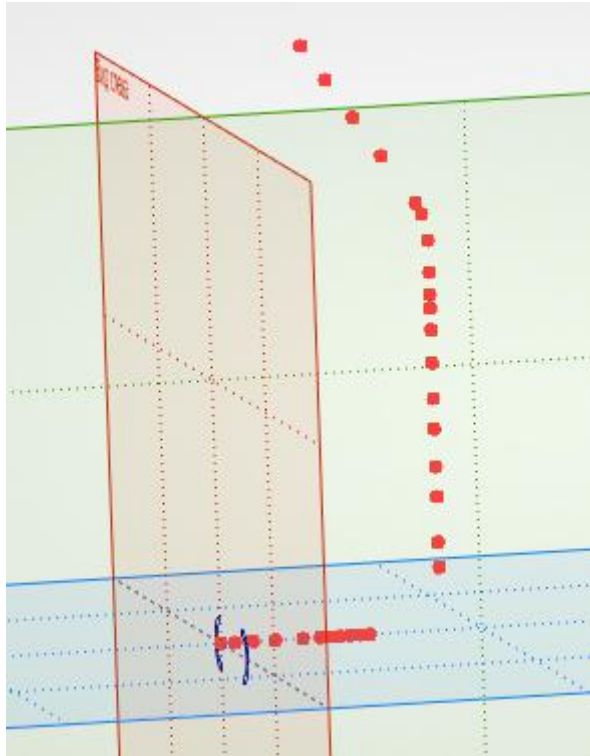


Рисунок 3.2 – Построение 3d-узлов

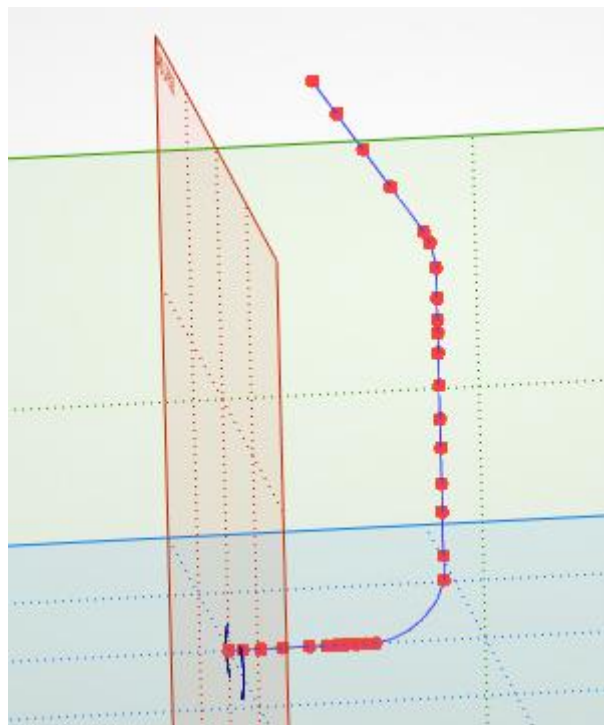


Рисунок 2.4 – Построение 3d-пути

Следующим шагом производим построение объёмного тела методом выталкивания профиля по траектории (рисунок 2.4).

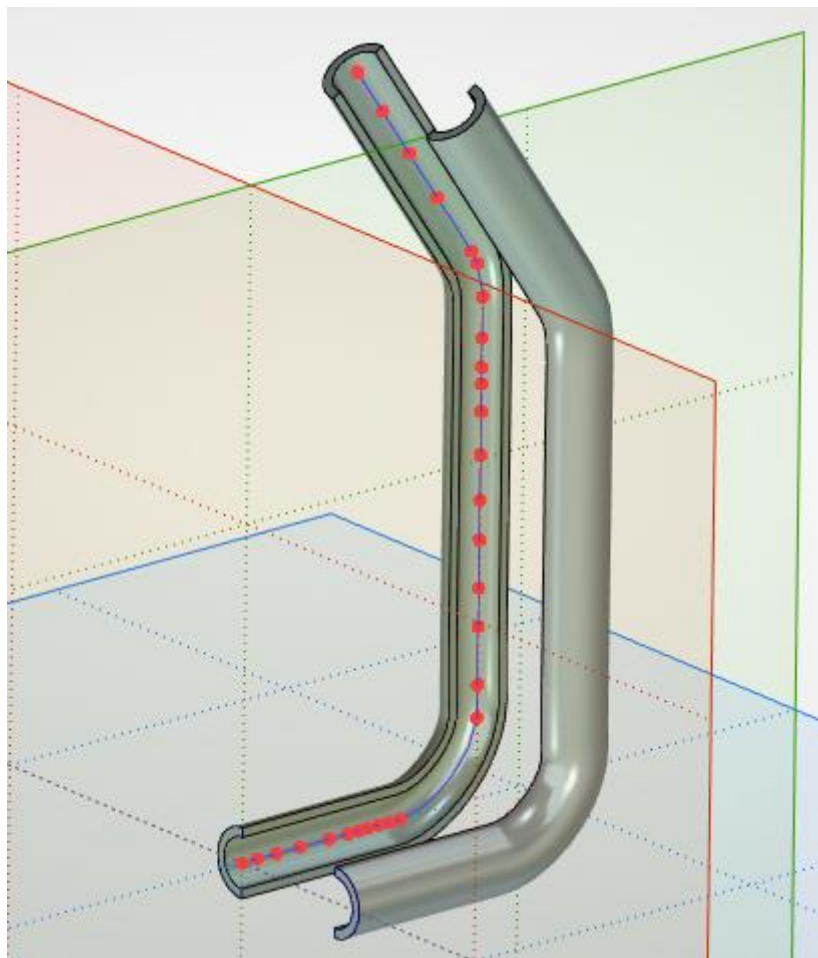


Рисунок 2.5 – 3d-модель технологической защиты

## 2.2 Анализ филаментов для изготовления технологической защиты трубопровода посредством 3D печати

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.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		43

## 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,

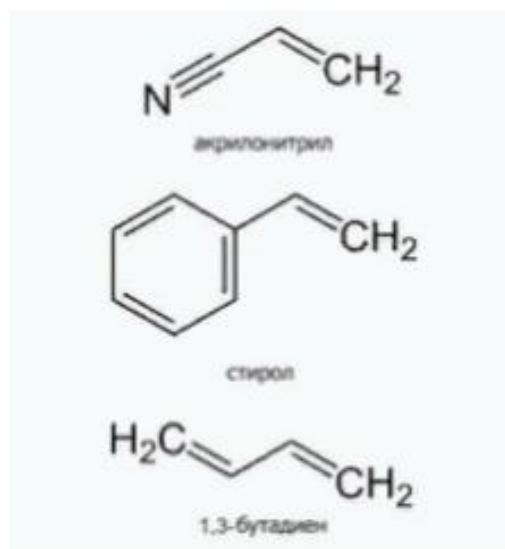


Рисунок 2.5 – Химическая формула акрилонитрил бутадиен стирола

Таковыми как ударная вязкость, твердость. ABS представляет собой сополимер акрилонитрила, бутадиена и стирола (А - акрилонитрил, В - бутади-

ен 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;
- 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
----------	----------

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		46

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 кото-



рых: 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 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.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		49

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, °С	230-255
Температура размягчения, °С	82
Температура стеклования, °С	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

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		50

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

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		51

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.

### 2.3 Подбор технологически выгодного материала для изготовления технологической защиты для трубопроводов

Каждый из рассмотренных выше материалов, имеет ряд преимуществ и недочетов, для того, чтобы наиболее точно сделать выбор филамента соответствующий технологическим требованиям и области применения разрабатываемой технологической защиты составим сравнительную таблицу технических характеристик, а после, сделаем вывод (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Сравнительная таблица технических характеристик пластиков

Тип пластика	ABS	PLA	HIPS	PETG	Nylon
Температура экструдера, С°	220-235	180-220	230-240	230-255	235-270
Температура размягчения, С	100	50	96	82	100
Температура плавления, С	220	173-178	210-260	-	214-240
Модуль упругости	1,5-2,3	3,3-3,8	2,3	-	0,9-1

Предел прочности на изгиб	41	55,3	33	-	-
Предел прочности на разрыв	22	57,8	62	-	66
Относительное удлинение, %	6	3,8	65	40	300
Усадка, %	0,8	0,4-0,7	0,8	0	1,2-2
Плотность	1,05	1,24	1,05	1,27	1,134
Твердость по Роквеллу	81-116	70-90	79	106	-
Влагопоглощение, %	0,2-0,3	2-50	0	0	3,09

Проанализировав данные сводной таблицы технических характеристик филаментов, можно сделать вывод, что наиболее подходящими и технологически выгодными материалами для разрабатываемой тех. защиты являются пластики HIPS и PETG.

Основными характеристиками влияющими на выбор в сторону этих филаментов являются: плотность и влагопоглощение, которые прямым образом влияют на самые важные параметры, такие как ударопрочность и влагоустойчивость корпуса тех. защиты.

Для изготовления основных элементов тех. защиты будет применяться HIPS пластик, в связи с наименьшей плотностью 1,05, при нулевом проценте влагопоглощения, применяя этот филамент планируется добиться самых выгодных показателей массы тех. защиты.

Материал PETG так же имеет нулевой процент влагопоглощения, но он обладает самой большой плотностью, что может привести к нежелательному утяжелению тех. защиты, несмотря на это, данный вид филамента отлично подходит для изготовления гибких, соединительных механизмов.

## **2.4 Анализ факторов влияющих на качество 3D печати**

### **2.4.1 Влияние на качество 3D печати кинематики 3D принтера**

Анализ конструкций отечественных и зарубежных Анализ конструкций отечественных и зарубежных 3d принтеров позволил сделать следующее заключение. В настоящее время существует весьма ограниченное число кинематики

матических схем, под которые написана прошивка, и которые могут вполне сносно обрабатывать перемещения в декартовой системе координат.

В основном это так называемые картезианские принтеры. Количество вариантов перемещения экструдера и стола принтера ограничено:

1. Платформа передвигается по одной из горизонтальных осей — X или Y, экструдер движется по другой и в высоту.
2. Платформа перемещается по высоте, по оси Z, а экструдер передвигается по двум плоскостям, вперед-назад и влево-вправо.
3. Платформа движется по одной из осей и в высоту, экструдер - по другой оси.
4. Платформа неподвижна, экструдер передвигается по всем трем осям.
5. Платформа движется по осям XY, экструдер перемещается по высоте.

Наиболее часто встречающейся и наиболее простой обеспечивающей удовлетворительное качество печати является кинематики собранные по схеме от Джозефа Прюши (рисунок 2.6)

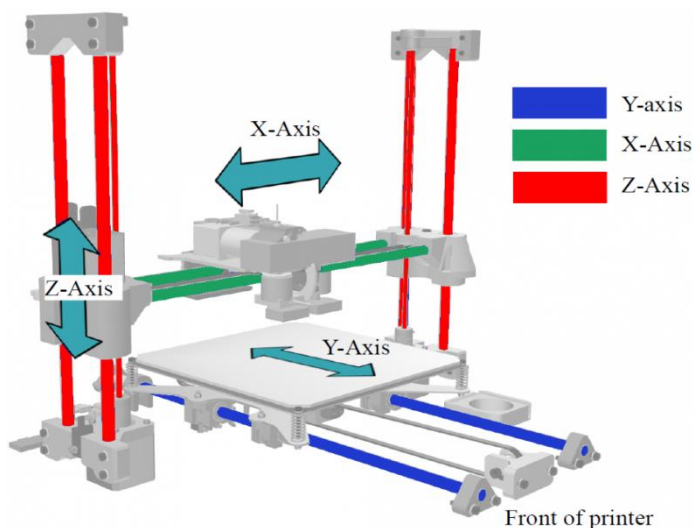


Рисунок 2.6 – кинематическая схема от Джозефа Прюши

Один из вариантов исполнения представлен на рисунке 2.7

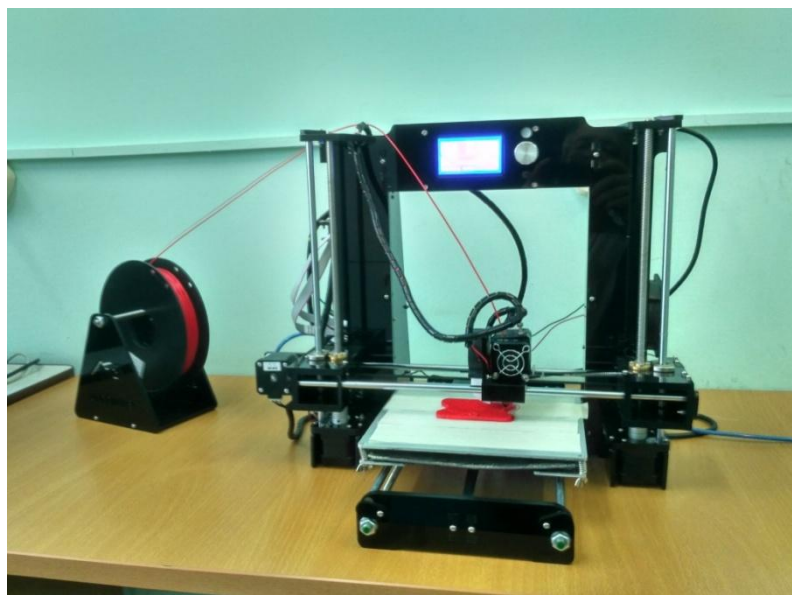


Рисунок 2.7 – 3D принтер Anet A6 с открытым корпусом  
(СКБ Аддитивные технологии ФГБОУ ВО КнАГУ)

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		55

Также, широко распространена кинематика от фирмы компании Felixprinters. Такие принтеры широко распространены. В частности эти модели производит МЗТО (Россия) (mz3d.ru), уже упомянутые Felix. Кинематика данных аппаратов та же, что и у Prusa. Независимые друг от друга оси. Только теперь стол ездит не вдоль одной оси, а сразу вдоль целых двух. Вдоль оси Z, и по оси Y рисунок 2.8.



Рисунок 2.8 – Кинематика принтеров компании Felixprinters

К одной из наиболее распространенных картезианских кинематик можно отнести кинематику от Ultimaker рисунок 2.9

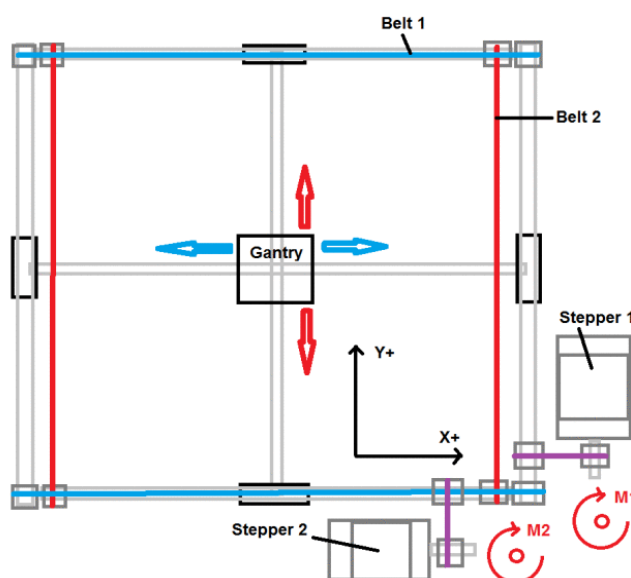
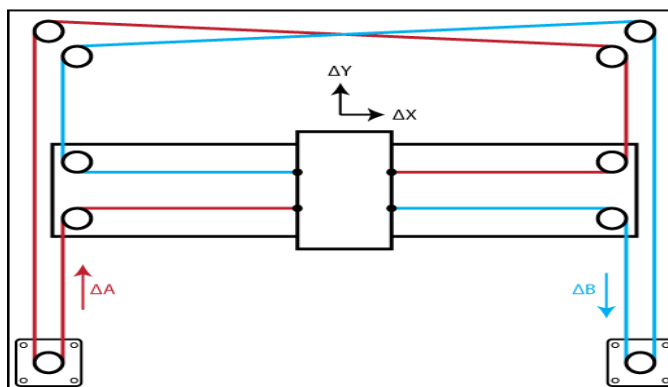


Рисунок 2.9 – Кинематика Ultimaker



Следующая по распространению кинематика H-bot/CoreXY. Так же, Cartesian. Два мотора неподвижны, но перемещают каретку по направляющим с помощью одного длинного куска ремня, или с помощью двух. На рисунках 2.10, 2.11. приведена кинематика CoreXY. На рисунке 2,12 приведена принципиальная схема кинематики H-bot.



Equations of Motion:

$$\Delta X = \frac{1}{2} (\Delta A + \Delta B), \quad \Delta Y = \frac{1}{2} (\Delta A - \Delta B)$$

$$\Delta A = \Delta X + \Delta Y, \quad \Delta B = \Delta X - \Delta Y$$

Рисунок 2.10 – Кинематика CoreXY

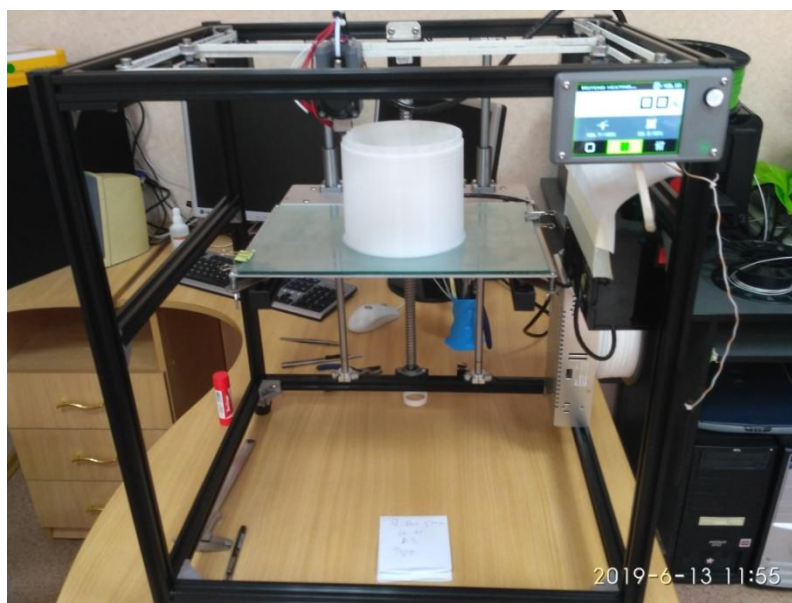


Рисунок 2.11 – Принтер собранный по кинематике CoreXY.  
(СКБ Аддитивные технологии ГОУ ВО КнАГУ)

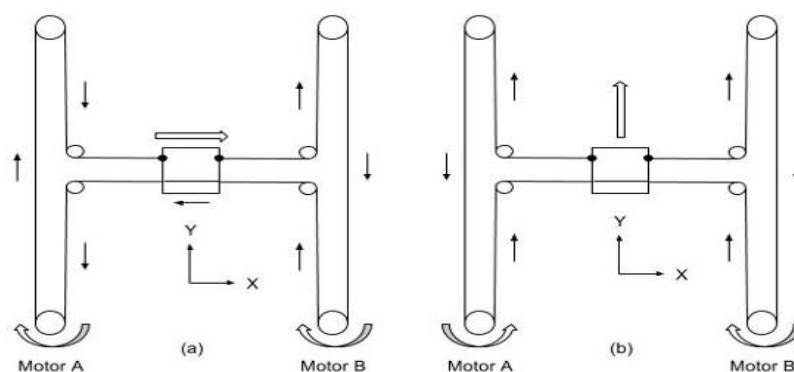


Рисунок 2.12 – Принципиальная схема кинематики H-bot

Существует еще большое количество кинематических схем менее распространенных чем схемы, приведенные. Среди них конвейерные принтера, Delta кинематика, полярные 3D принтеры, роботизированные манипуляторы.

Результаты проведенных пробных печатей, анализ публикаций позволили сделать следующие выводы. Наибольшее влияние на точность печати оказывает тип и качество комплектующих применяемых при сборке.

Так применение шарико-винтовой передачи (ШВП) на оси Z производства фирм Hiwin, TBI, ZNT позволяет на порядок увеличить точность позиционирования за счет точности выполнения винтовой пары. По осям X и Y следует рекомендовать установить не вал линейного перемещения с шариковым подшипником а рельс типа MGN9, MGNR12NR или опорный блок MGN12HZ0HM.

Из кинематических схем наибольшей точностью позиционирования обладают кинематические схемы Delta кинематика, CoreXY и H-bot. Однако Delta кинематика имеет существенные недостатки. Такие как более сложную математику и сложность настройки. У кинематической схемы H-bot основной недостаток заключается в том, что при перемещениях ремень стремится повернуть балку. Что приводит к ускоренному износу зубчатых ремней. Таким образом, на данный момент оптимальной кинематической схемой можно считать кинематику CoreXY.

Достоинства этой схемы следующие:

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		58

- ремень необходим всего один, а схема предусматривает его работу без скручиваний;
- натягивать один ремень удобнее, чем 2, поэтому в этой схеме нужен всего один нормальный натяжитель;
- возможна установка автоматического натяжителя ремня.

### 2.4.2 Влияние на качество 3D печати способа подачи филамента

Технологий печати существует большое множество, от FDM (FFF), по которой печатает больше 90% принтеров, до SLA/DLP/LCD (с фотополимерами) и SLS/SLM (спекание порошка с помощью мощных лазеров). На рисунке 2.13 приведена принципиальная схема подачи пластика в 3D принтере FDM –технология.

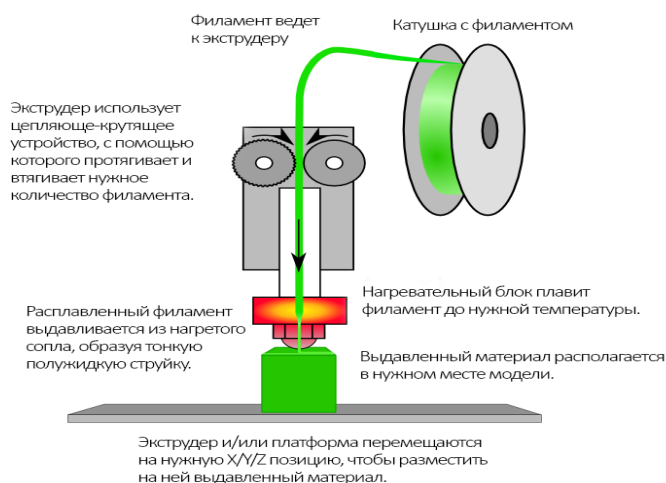


Рисунок 2.13 – Принципиальная схема 3D печати (FDM (FFF))

Для того, чтобы подать пруток в нужное время и в нужное место необходим фидер (feeder), то есть устройство подачи прутка.

Иногда его выполняют совмещенным с хотэндом, и тогда такой тип экструдера (это все вместе хотэнд+фидер) называют директом (direct), то есть подача прямая, без трубок рисунок 2.14.

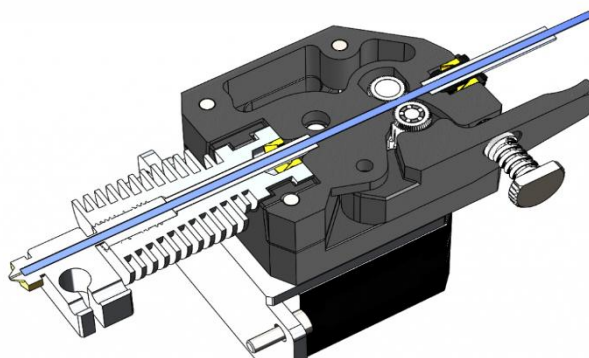


Рисунок 2.14 – Direct подача филамента

Достоинства:

- а) Более надежный за счет меньшего числа соединений для подачи пластика;
- б) Менее придирчив к материалам, которыми печатает, в частности резиной на основе каучуков проблематично печатать на боуден экструдерах.

Недостатки:

- а) Большой вес, за счет этого при ускорениях/замедлениях можно наблюдать небольшую рябь на поверхности детали;
- б) Габариты. Они очень сильно влияют на область построения.

Так же фидер делают отдельно, а подачу прутка осуществляют через фторопластовую трубку. Называют такую систему - боуден (bowden) рисунок 2.15. Это делается для того, чтобы облегчить движущую часть.

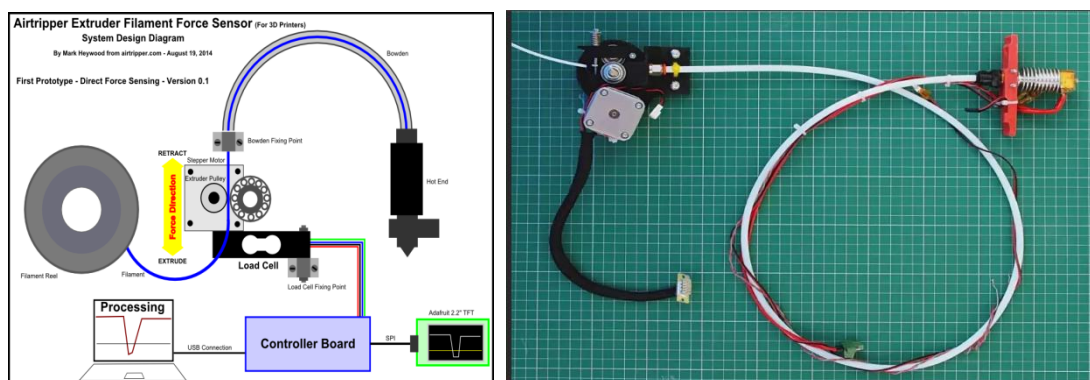


Рисунок 2.15 – Bowden подача филамента

Достоинства Bowden подачи:

а) Вынесенный мотор снижает вес движущихся частей принтера, а их меньшая инерционность не влияет на поверхность модели;

б) Катушка не дергается вслед за моделью, а то при запутывании витков катушки с директом получим пропуск шагов, так как каретка будет тянуть за собой катушку.

Недостатки:

а) Настройки ретракта (вытягивание прутка обратно при холостых перемещениях, что бы расплавленный пластик, расширяясь не сочился из сопла) сложнее, так как пруток меньше внутреннего диаметра трубки, он имеет свойство тянуться;

б) Сложнее, чем на директе, выбрать все зазоры, чтобы печатать различными гибкими пластиками.

Таким образом при всех своих достоинствах Bowden подача обладает существенным недостатком заключающемся в ограничении видов пластика обеспечивающих качественную печать. Особенно это заметно на пластичных филаментах типа Bflex, TPU Soft, BFGummy, RUBBER.

Главный недостаток Direct подачи филамента –большую массу можно нивелировать снижением скорости печати до значений 20-40 мм/с.

Для определения физико-механических свойств пластика рекомендуется использовать серию тестов. Основные из них тест «Температурная башенка», «Тест откатов», тест «pressure advance», тест «максимального расхода». Кроме перечисленных тестов был разработан тест на герметичность изделия. Он заключается в печати типовых элементов планера ЛА рассчитанных в аэродинамическом расчете. К таким элементам можно отнести прямую, вогнутую, выгнутую поверхность, острый угол, тупой угол, прямой угол рисунок 2.16.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		61



Рисунок 2.16 - Тест на герметичность

Нерабочие поверхности напечатанных пробников для исключения влияния на результат покрывались водостойкой грунтовкой. Пробники перед проведением эксперимента взвешивались. Внутри пробников наливалась вода и выдерживалась в течении часа. После чего вода сливалась, поверхность пробника просушивалась сжатым воздухом и пробник взвешивался. На основании чего делался вывод о герметичности изделия при текущих настройках параметров печати в слайсере.

### 2.4.3 Влияние на качество 3D печати кинематики 3D принтера

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		62



Одними из наиболее важных частей принтера оказывающими значительное влияние на качество 3d печати являются тип экструдера и сопла. Из всего разнообразия видов экструдера мы рассмотрим простой экструдер аналогичный приведенному на рисунке 2.16. Более сложные виды такие как «циклопы», качающиеся и сменные имеют не стабильные характеристики.

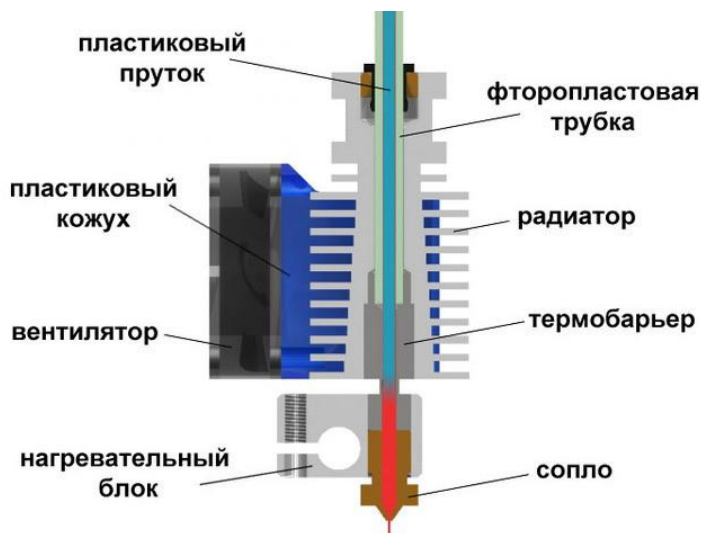


Рисунок 2.16 – Принципиальная схема экструдера

Из принципиальной схемы приведенной на рисунке 2.16 видно, что Hotend состоит из следующих основных компонентов: сопла, нагревательного элемента и термобарьера.

Наиболее важным и влияющим на качество печати является сопло. В двух словах, сопло – это насадка для 3D-принтера, которая вкручивается в блок нагревателя экструдера, внутри ее находится небольшая камера.

Как правило при выборе сопла основное внимание обращают на два фактора. Первый из них форм фактор сопла и второй материал сопла.

С первым фактором все более менее ясно, выбирается тот форм фактор, который стоит на принтере. В настоящий момент наиболее распространены три форм фактора – это серии МК, E3D и Volcano.

Со вторым фактором все более сложно, в сети много сомнительных публикаций, и зачастую, они противоречат друг другу. Основной параметр сопла – это диаметр выходного отверстия. Диаметр оказывает прямое влияние на качество печати. Его размер указывается в слайсере и на основании

его слайсер определяет режимы печати. В процессе печати сопло изнашивается и его выходной диаметр увеличивается.

В настоящее время широко распространены следующие материалы для изготовления сопел латунь, нержавеющая или закаленная сталь, никелированная медь, насадка Olders Ruby от Anders Olsson - латунная насадка с накопчиком из оксида алюминия (рубина) рисунок 2.17.



Рисунок 2.17 – Основные виды сопел

Для больших расходов применяется сопла Volcano рисунок 2.18



Рисунок 2.18 – Сопло Volcano

Анализ данных таблицы 2.7 показывает, что в большинстве случаев для печати обычными пластиками вполне пригодны сопла форм фактора e3d V6 сделанные из латуни и никелированной меди. Применение сопла из закаленной стали оптимальна в случае печати композитами.

Сравнительный анализ основных видов сопел приведен в таблице 2.7



Таблица 2.7 – Таблица технических характеристик пластиков

	Ти п со- пла	Мини- маль- ная опти- маль- ная темпе- ратура	Макси- маль- ная оп- тималь- ная темпе- ратура	Сред- няя опти- маль- ная темпе- ратура	Опти- маль- ный к- фактор	Опти- маль- ный откат	Макси- маль- ная ско- рость	Макси- маль- ный объем- ный расход
	1	2	3	4	5	6	7	14,3
Латунь	3d V6	225	245	235	0,85	6	50	14,3
Нике- лиро- ванная медь	3d V6	225	245	235	0,85	6	50	12,9
Зака- ленная сталь	3d V6	235	255	245	1	4	45	14,3
Латунь	mk 8	220	230	225	0,9	7	50	12,9
Латунь с руби- новой встав- кой	mk 8	220	230	230	>1,5	5	45	66

#### 2.4.4 Программное обеспечение технологического процесса печати технологической защиты трубопровода

В настоящее время в мире используется большое количество программ предназначенных для подготовки 3D моделей к печати. Эти программы – слайсеры. Для того, чтобы напечатать объект в 3D, нужно сначала создать математическое описание объекта, а затем объяснить принтеру как его печатать. Чтобы 3D-принтер распознал описание объекта, его нужно разложить на слои — перевести в G-код. Как раз этим и занимаются 3D-слайсеры, они нарезают объект на слои, из которых 3D-принтер создает физическую модель. Название программы пошло от английского слова «to slice», "нарезать".

Результат работы слайсера — G-код, в котором отражены все параметры печати.

Качество слайсера влияет на результат работы зачастую даже больше, чем качество 3D-принтера. Программ - слайсеров существует много, некоторые из них бесплатные, некоторые переведены на русский язык.

Из наиболее распространенных в России такие программы как Simplify3D, Cura 4.4, Slic3r. При примерно одинаковых возможностях из них бесплатно распространяется только программа Cura 4.4 компании Ultimaker рисунок 2.19.

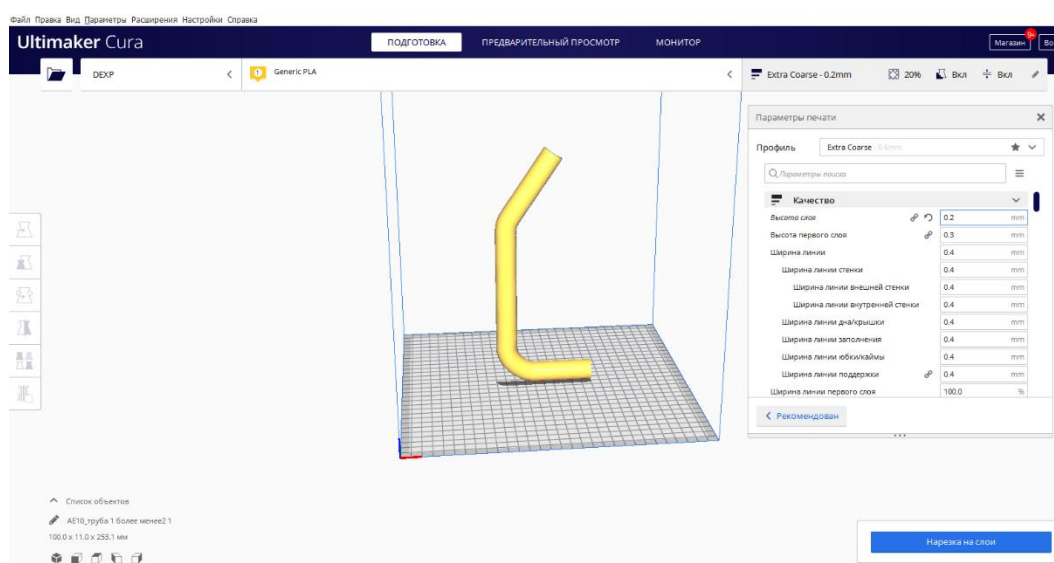


Рисунок 2.19 – Окно программы Cura 4.4 с элементом защиты трубопровода

Слайсер Cura 4.4 имеет четыре режима: режимы работы эксперта, продвинутого, базовый и пользовательский. Наибольшими возможностями настройки параметров 3D печати обладает экспертный уровень настройки. По умолчанию слайсер Cura 4.4 предлагает усредненные режимы работы обеспечивающие получения изделия среднего качества. В случае печати 3D модели сложной геометрической формы или из "сложного" пластика такой набор параметров печати не в состоянии обеспечить качественную печать. В этом случае рекомендуется переключить программу на уровень продвинутого пользователя или эксперта и вручную настроить параметры печати ориенти-

руясь на данные экспериментальных исследований или анализа интернет публикаций.

Параметры рекомендуемых к настройке следующие. Вкладка "Качество" параметр "Высота слоя" рисунок 2.20. Влияет на качество изделия. Чем меньше высота слоя тем выше чистота поверхности но дольше время печати. Зависит от выходного диаметра сопла. Так для наиболее часто встречающегося диаметра сопла 0,4 мм рекомендуется значение 0,2 -0,3 мм. Параметр "Высота первого слоя" влияет на "прилипаемость" пластика к материалу стола. Чем толще первый слой тем надежнее прилипание к столу.

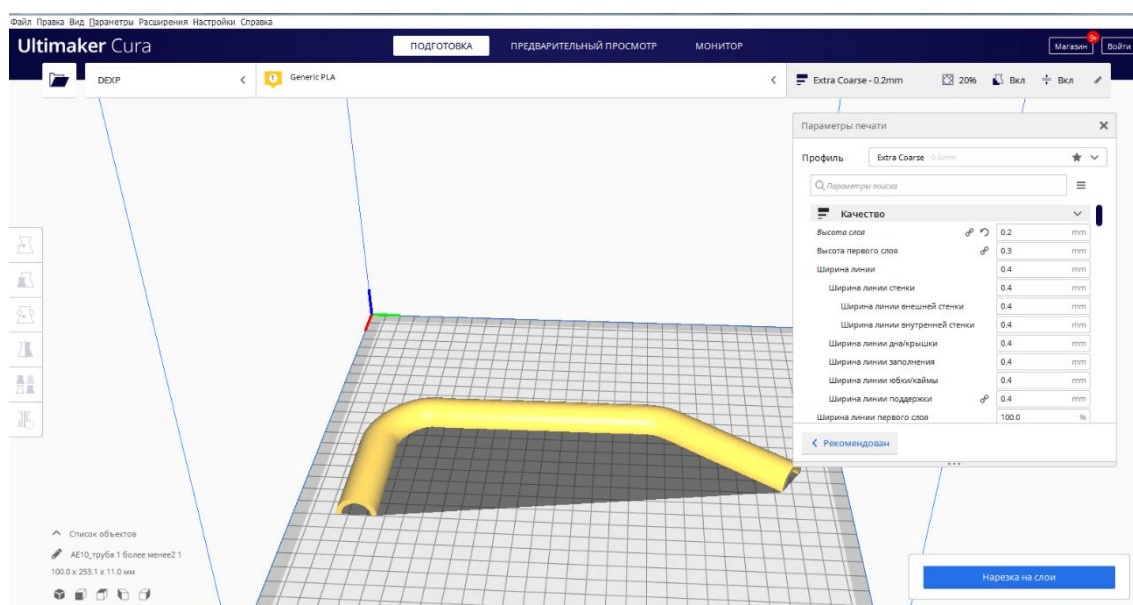


Рисунок 2.20 – Вкладка «Качество»

Для сопла 0,4 мм рекомендуется высоту первого слоя 0,3 мм. Параметр "ширина линии" влияет на качество поверхности напечатанного изделия. Рекомендуется принимать толщину слоя равной диаметра сопла. В источниках отмечается, что некоторое уменьшение этого параметра увеличивает качество печати. Но проведенные исследования позволяют говорить, что в этом случае уменьшается герметичность изделия. В нашем случае при применении сопла E3d V6в которое в отличие от сопел семейства МК имеет значительную плоскую площадку около выходного отверстия. Этот параметр

можно оставить 0,4 мм. Плоская площадка нагретая до температуры плавления филамента в процессе печати дополнительно выглаживает соседние слои пластика напечатанные ранее.

Остальные параметры этой вкладки не оказывают значительного влияния на качество печати и их можно не менять.

Вкладка "Ограждение" рисунок 2.21 прямо не влияет на качество напечатанной 3d модели. В основном применяется в случае печати в "открытых" принтерах пластиком склонным к деламации. Параметры этой вкладки при печати частей двухсредного летательного аппарата можно оставить по умолчанию.

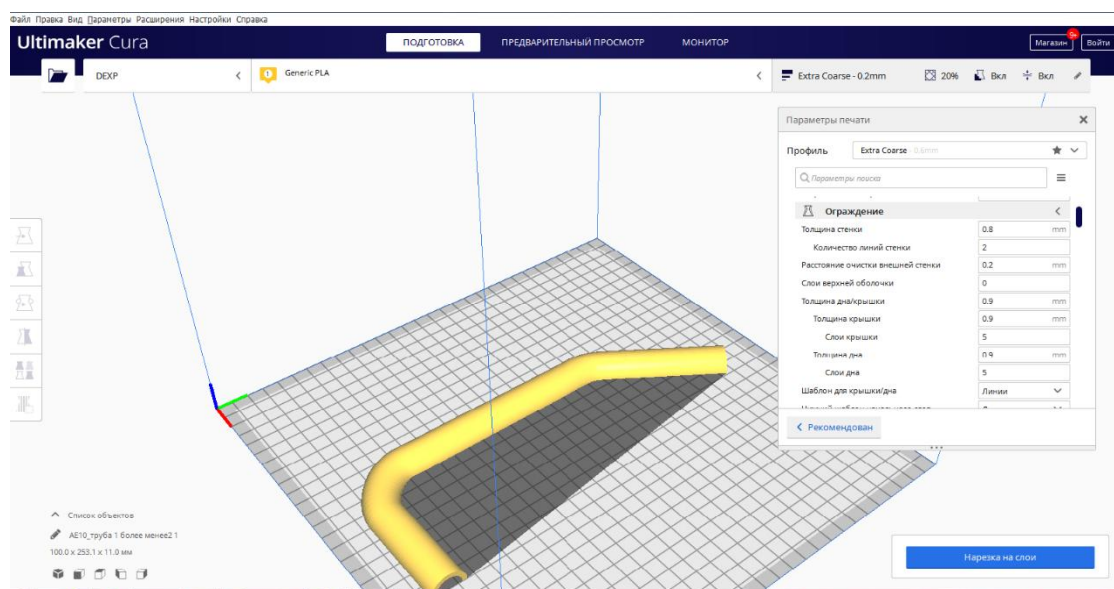


Рисунок 2.21 – Вкладка «Ограждение»

Вкладка "Заполнение" рисунок 2.22 влияет на внутреннее заполнение изделия. Может быть от 10 до 100%. Чем выше плотность заполнения тем выше прочность и больше вес.

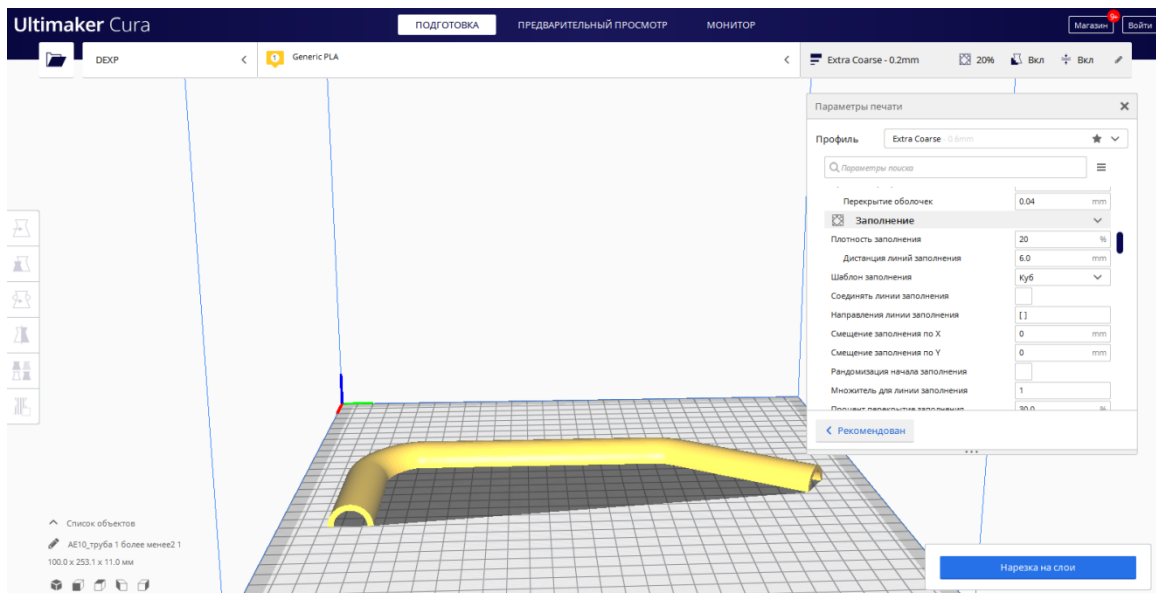


Рисунок 2.22 – Вкладка «Заполнение»

Шаблон заполнения по умолчанию "сетка". С точки зрения сочетания герметичности и прочности сетка удовлетворяет поставленной перед нами задаче. Остальные параметры этой вкладки не оказывают существенного влияния на качество печати.

Вкладка "Материал" рисунок 2.23 одна из важнейших при настройке параметров печати.

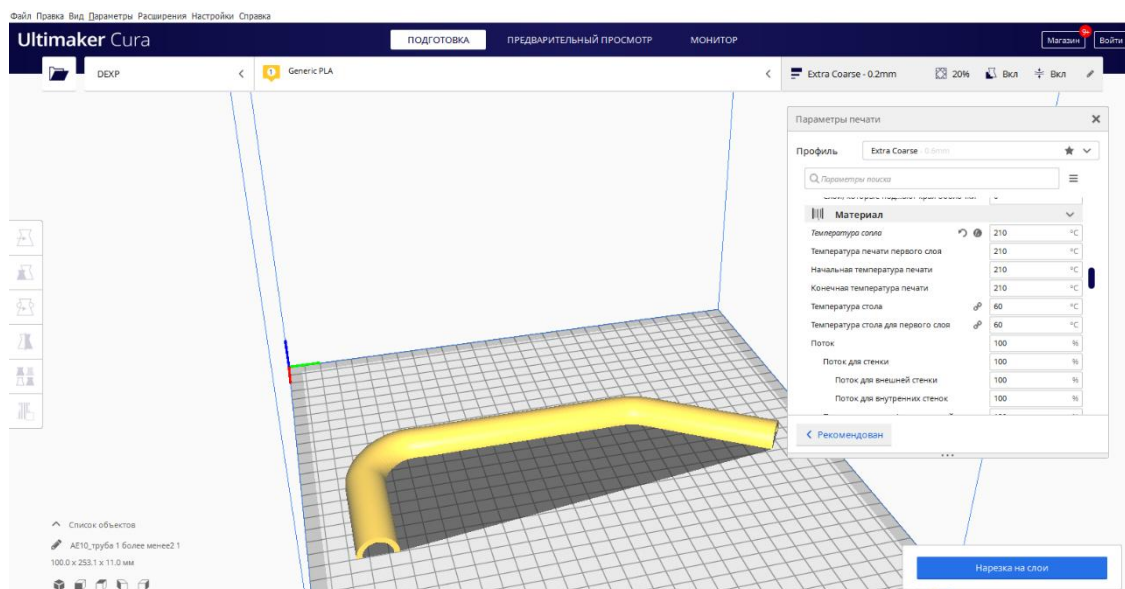


Рисунок 2.23 – Вкладка «Материал»

Параметры "Температура сопла" и "Температура стола" зависят от многих факторов. Первый фактор – рекомендованная производителем температура. Как правило указывается диапазон температуры.

Для филамента PETG Bestfilament рекомендуемая температура экструдера 220-245 C°, температура платформы 60 C°, BFLEX Bestfilament рекомендуемая производителем температура экструдера 220-250 C°, температура стола 80-90 C°.

К сожалению, опыт печати показывает, что физико-механические характеристики пластика из разных партий могут существенно различаться. А тем более пластики одного наименования разных производителей. Именно поэтому появляется необходимость в предварительной проведении серии температурных и скоростных тестов. А в нашем случае еще и геометрических тестов. Температуры экструдера и стола для первых слоев изделия не-

обходимо увеличить на 5-10 С° для более лучшей адгезии пластика к столу.

Параметр "Величина отката" необходимо устанавливать обязательно. Значение устанавливается при помощи тестов т.е. напрямую зависит от свойств филамента.

Вкладка "Скорость" рисунок 2.24 также значительно влияет на качество и плотность изготавливаемого изделия. В рамках этой вкладки устанавливаются скорости печати, скорости заполнения, скорости печати внешних и внутренних стенок, скорости перемещения и т.д.

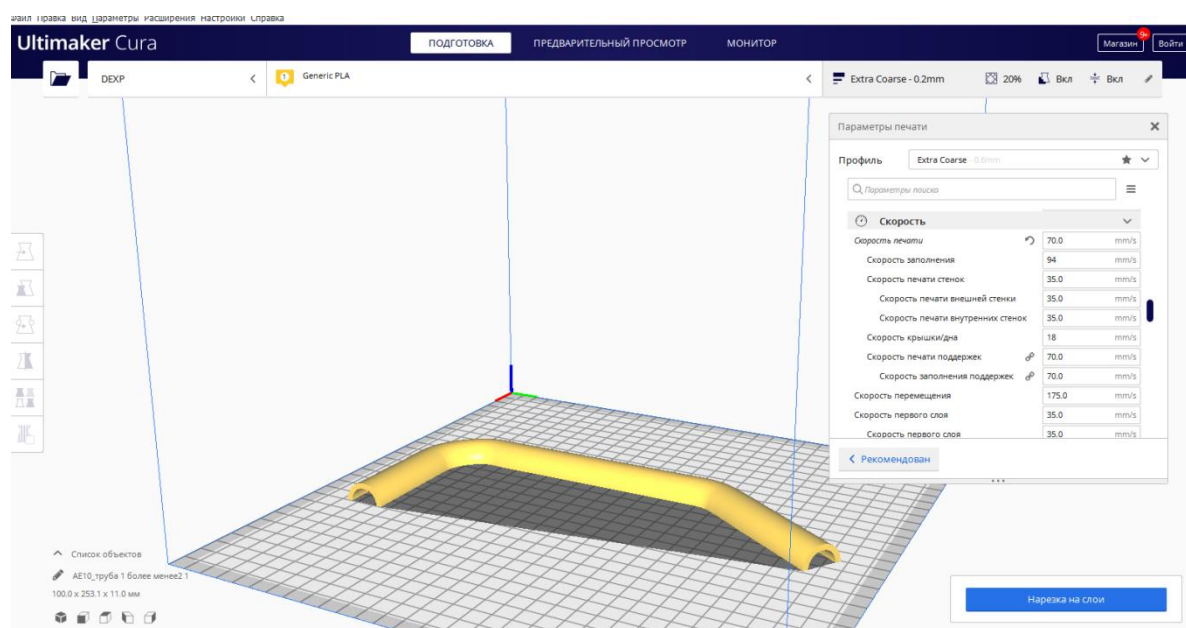


Рисунок 2.24 – Вкладка «Скорость»

Наиболее важными являются "Скорость печати". Напрямую зависит от кинематической схемы принтера и качества комплектующих. Чем выше скорость печати тем больше дефектов появляется на поверхности изделия. Это происходит из за значительной инерции, возникающей при "перекладывании" экструдера. При этом зубчатые ремни удлиняются. Чем меньше скорость печати, тем выше качество, но больше время печати. Для разных пластиков производители принтеров рекомендуют разные скорости печати. В нашем случае в зависимости от типа печатаемой детали скорость от 30 до 40 мм/с. Все остальные параметры и вкладки рисунок 2.25 не оказывают существенного влияния на качество печати и могут быть оставлены по умолчанию.



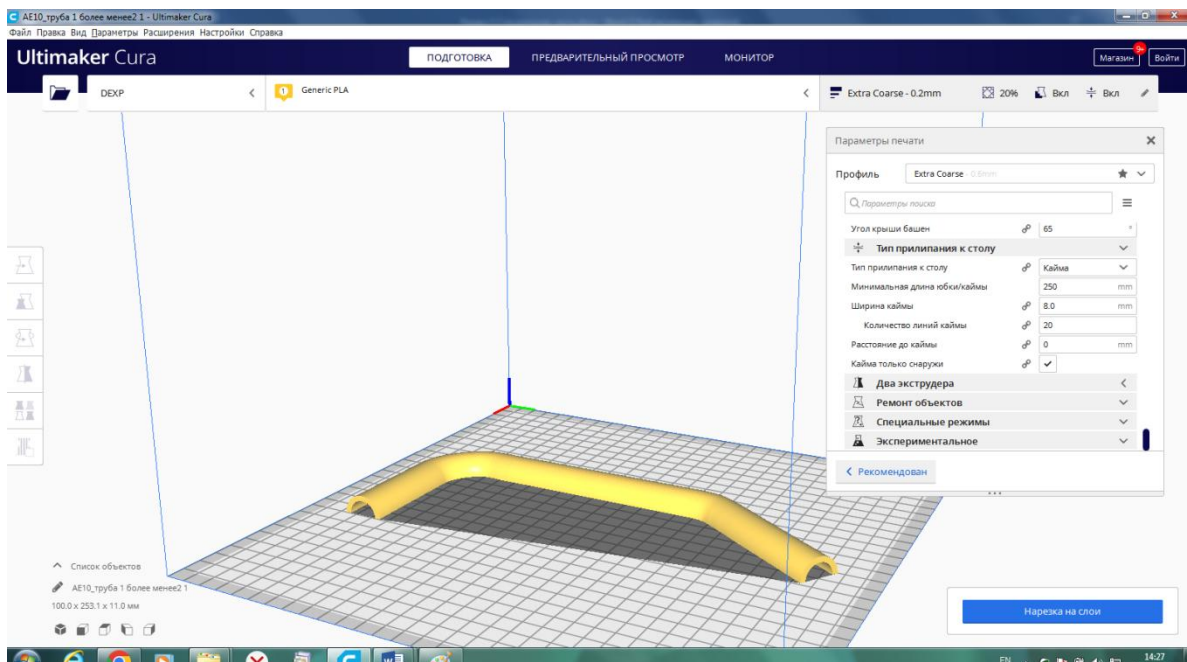


Рисунок 2.25 – Окно вкладок

## 2.5 Технология монтажа гидросистемы в нише ПОШ с применением аддитивных технологий

После изучения технологии монтажа гидросистем, была разработана технология монтажа гидросистем с применением аддитивных технологий которые помогут решить поставленную мною задачу о сохранности трубопровода.

Разработка начинается с постановки задачи, определения технических условий, определения участка трубопровода с высоким риском получения дефекта при дальнейших работах в одной зоне самолёта. Технологическая схема представлена на рисунке 2.26 и 2.27.

Далее производится определение технических параметров: длина, диаметр. Все информация поступает с баз данных (Team Center). Далее по полученным параметрам разрабатывается 3d модель технологической защиты. Анализируется 3d модель на наличие ошибок при построении, которые повлияют на 3d-печать. Выбирается модель 3d принтера, способа печати, типа пластика. Производится подготовка модели к печати с помощью слайсера. Печать модели. Затем идёт проверка на соответствие с геометрией трубы на печатанной технологической защиты.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		72



После изготовления технологической защиты приступаем к монтажу гидросистем в нише шасси, сначала проводятся подготовительные операции по подготовке рабочего места, распаковка комплектующих, сравнение с комплектующей ведомостью и проверки наличия необходимого инструмента для выполнения монтажа (ключи, обжимки, налобные фонари и т.д.). Затем происходит предварительный монтаж трубопровода, проходных фитингов, колодок и хомутов, выставляются и контролируются необходимые зазоры.

После контрольных операций производится окончательный монтаж ГС, то есть обжимка, контровка и нанесение контрольных рисок. После выполнения окончательного монтажа происходит контроль монтажа и приёмка выполненных работ работникам из бюро технического контроля (БТК) и мастеру.

После предъявления выполненного монтажа идёт установка технологической защиты которая защитит трубопровод от нежелательных дефектов (сколы, вмятины и нарушение ЛКП). Далее после выполнения других монтажных работ в зоне нише ПОШ, идёт демонтаж технологической защиты и визуальный осмотр трубопровода.

Технология печати технологической защиты рисунок 2.26.

Технология монтажа гидросистем в нише шасси рисунок 2.27.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		73

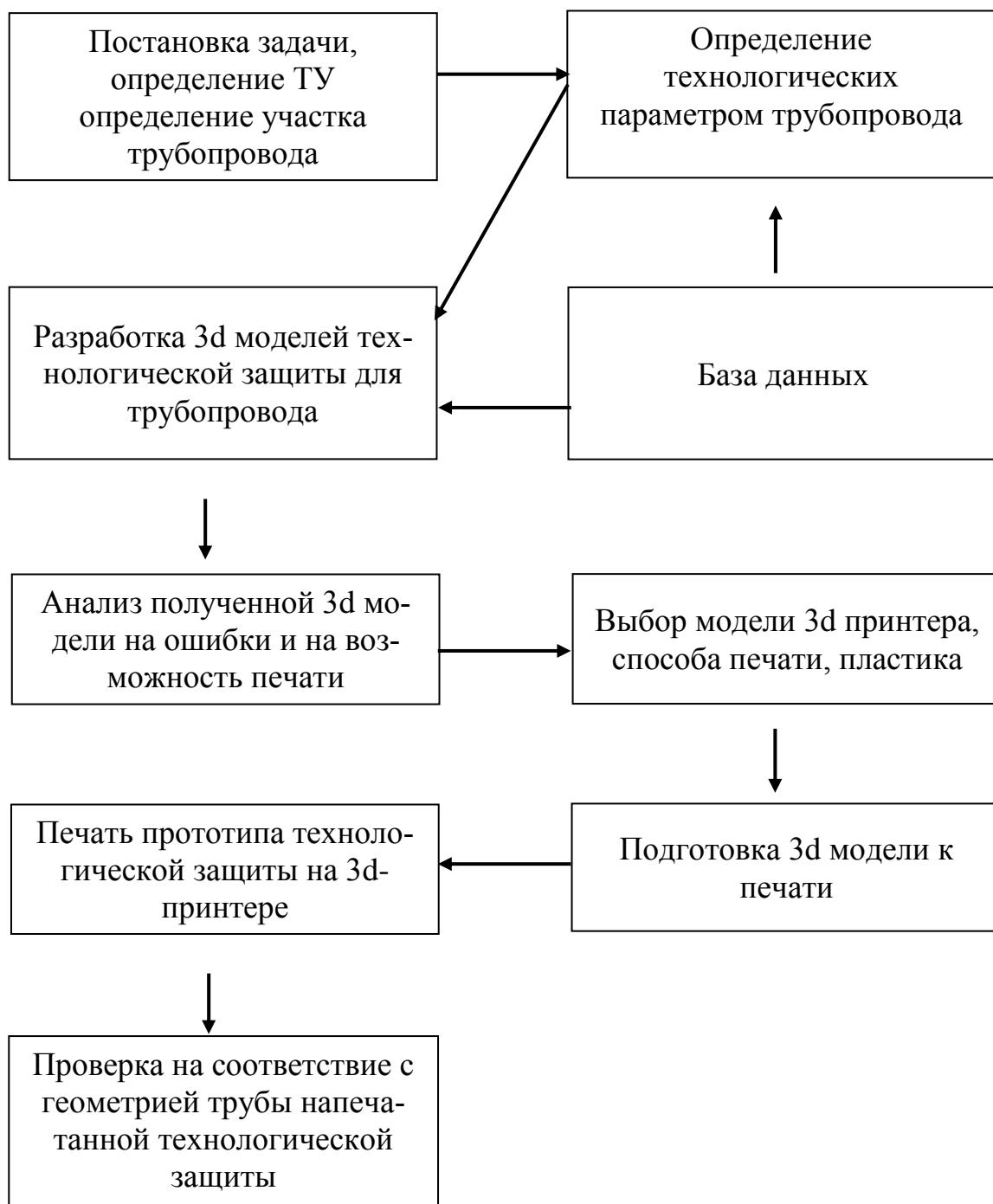


Рисунок 2.26 – Технологическая схема изготовления тех. защиты на трубопровод

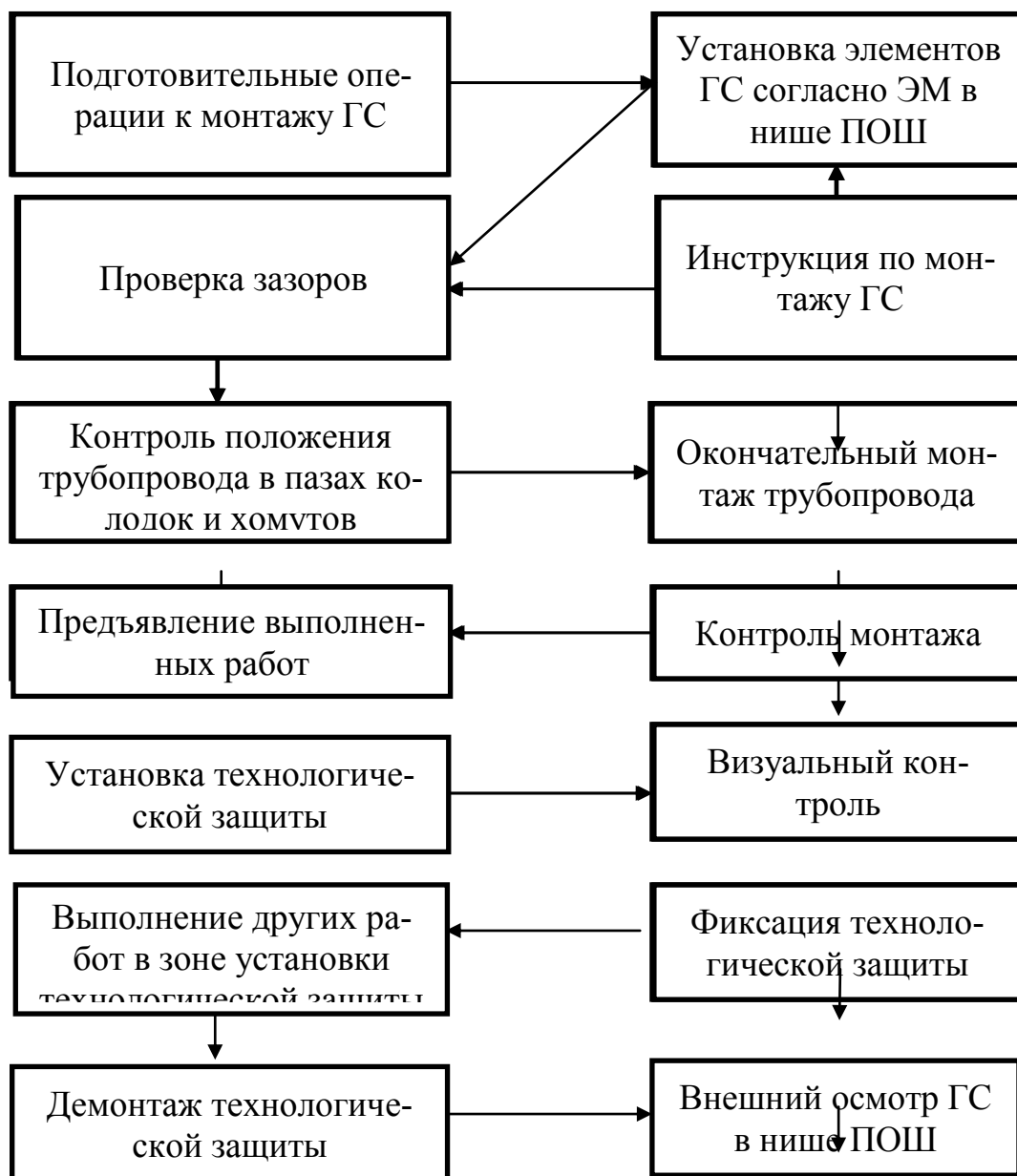


Рисунок 2.27 – Технологическая схема монтажа ГС в нише ПОШ с применением аддитивных технологий

## Заключение

В проекте проведен анализ основных элементов гидравлической системы самолёта.

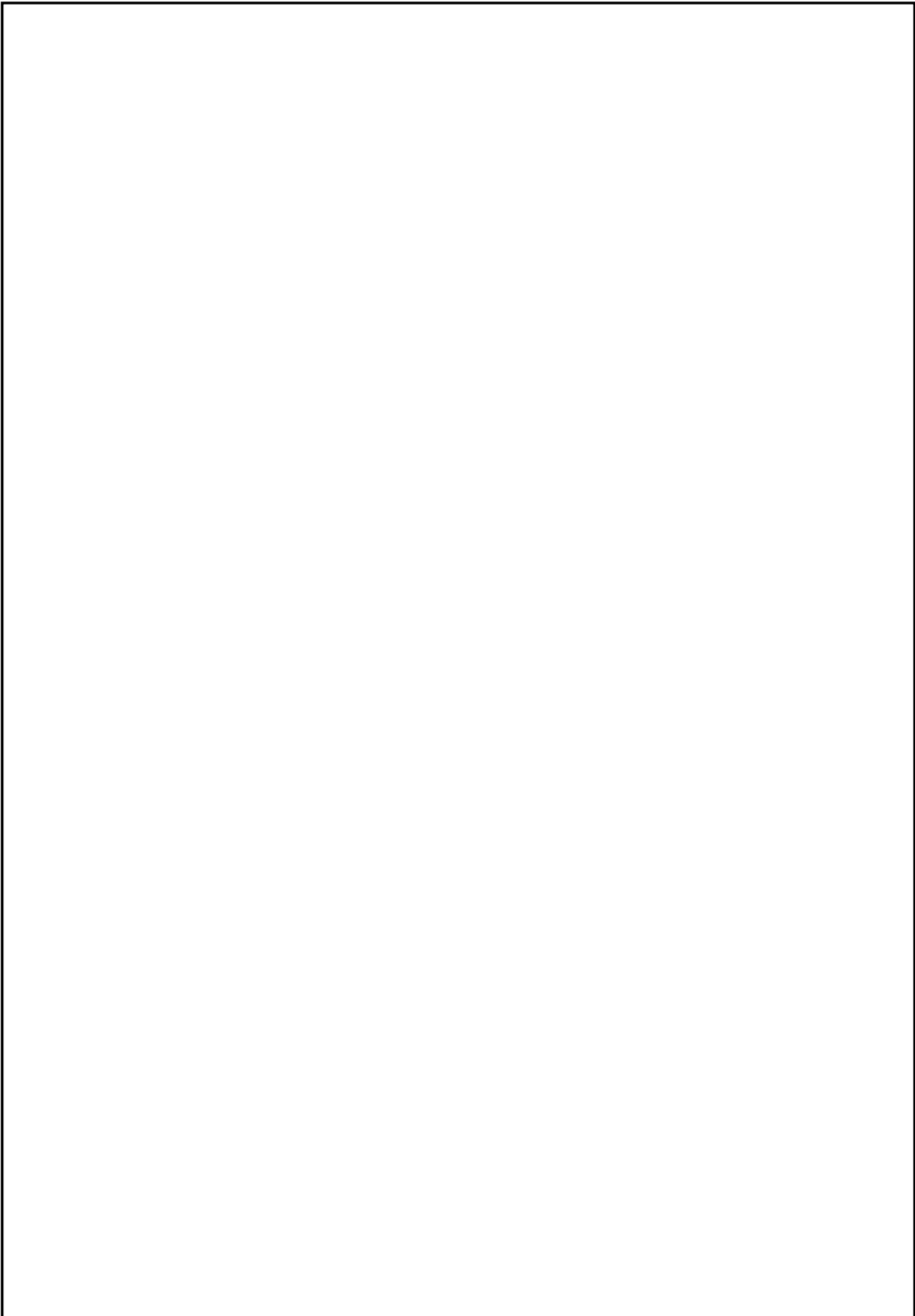
Разработана технология монтажа ГС с применением аддитивных технологий.

Разработана конструкция защитного приспособления.

Выбран способ изготовления промежуточных элементов систем с целью уточнения 3d- моделей перед последующим изготовлением боевых элементов.

Выбран материал для изготовления технологической защиты.

					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		76



					<b>СКБ КИТ.13.ИП.020000ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		77