

3D-печать элементов конструкции бортовых систем самолета из термопластичных материалов



В СОСТАВЕ
ОАК



Аддитивные технологии являются одним из наиболее бурно развивающихся направлений цифрового производства, обладая недоступными ранее возможностями.

Группой специалистов Ульяновского филиала «Корпорации «Иркут» выполняется инициативная работа по внедрению в практику проектирования и производства методов 3D-печати термопластичными материалами.

В ходе работ инициирована разработка отечественного аналога широко применяемого в западном авиастроении термопласта Ultem 9085 (результат не достигнут), инициировано изготовление отечественного крупноформатного высокотемпературного 3D-принтера (достигнут результат).

Выполнены успешные работы по быстрому прототипированию деталей сложной конфигурации.

Начаты работы по изготовлению первых деталей для установки на опытный экземпляр самолёта MC-21.

ЦЕЛЬ

Внедрение 3D-печати деталей из высокотемпературных термопластов в конструкцию и производственную практику «Корпорации «Иркут» на базе отечественного оборудования и материалов



- Инициация разработки и производства в России отечественного высокотемпературного термопласта (аналога Ultem 9085)
- Инициация разработки и производства в России отечественного высокотемпературного 3D-принтера (аналога Fortus)
- Освоение быстрого прототипирования
- Освоение оптимизации и интегрирования конструкций
- Отработка режимов высокотемпературной печати
- Разработка проектов конструкторской и технологической документации

- Достижение начальной фазы импортозамещения в части высокотемпературных термопластов
- Достижение начальной стадии импортозамещения в части высокотемпературных 3D-принтеров
- Внедрение быстрого прототипирования в практику конструирования
- Освоение методики проектирования интегральных конструкций для 3D-печати
- Освоение процессов высокотемпературной печати FDM/FFF методами

СОСТОЯНИЕ «ДО»

№ п/п	Исходные показатели	Статус
1	Отечественные высокотемпературные термопласты для 3D-печати	отсутствуют
2	Отечественные высокотемпературные 3D-принтеры для FDM/FFF метода	отсутствуют
3	3D-печать термопластами в практике конструирования и производства	отсутствует
4	Быстрое прототипирование сложных деталей	отсутствует

1. Материалы

Выполненные несколькими НИИ и лабораториями РФ предварительные работы показали невозможность создания в РФ в ближнесрочной перспективе (2...3 года) аналогов Ultem 9085, а также любого другого высокопрочного высокотемпературного термопласта, пригодного для применения в гражданском авиастроении



2. 3D-принтеры

По техническому заданию «Корпорации «Иркут» разработан, изготовлен и в I квартале 2019 г. введен в эксплуатацию отечественный высокотемпературный принтер для печати FDM-методом крупногабаритных изделий.



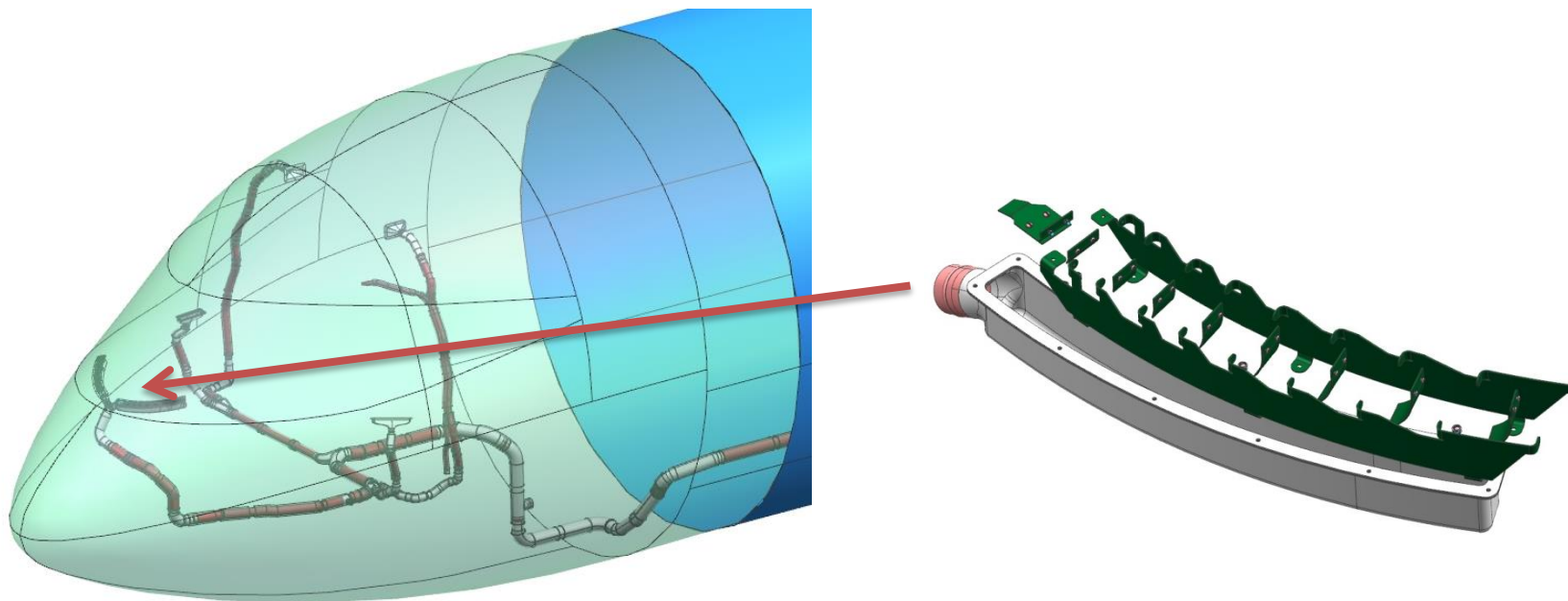
Внешний вид высокотемпературного 3D-принтера AnyForm 650 Pro производства компании Total Z

Технические характеристики

Технология печати	FDM (FFF)
Область печати (XYZ), мм	650x500x650
Количество экструдеров, шт.	2
Шаг позиционирования по оси Z, мм	0,0016
Шаг позиционирования по осям X,Y , мм	0,006
Максимальная скорость перемещения по осям X,Y, мм/сек, не менее	200
Максимальная температура экструдера, °C	500
Максимально поддерживаемая температура стола, °C	130
Максимальная температура в камере, °C	350
Минимальная толщина слоя, мм	0,05
Точность позиционирования, мм (мкм)	0,05
Диаметр пластиковой нити, мм	1,75
Диаметр сопла минимальный, мм	0,20
Диаметр сопла максимальный, мм	1,0
Программное обеспечение (ПО)	“Open source”

3. Быстрое прототипирование

Для быстрого принятия решений по вариантам выполнения сложных элементов впервые в практике МС-21 выполнена 3D-печать натурных прототипов (для оценки на борту)

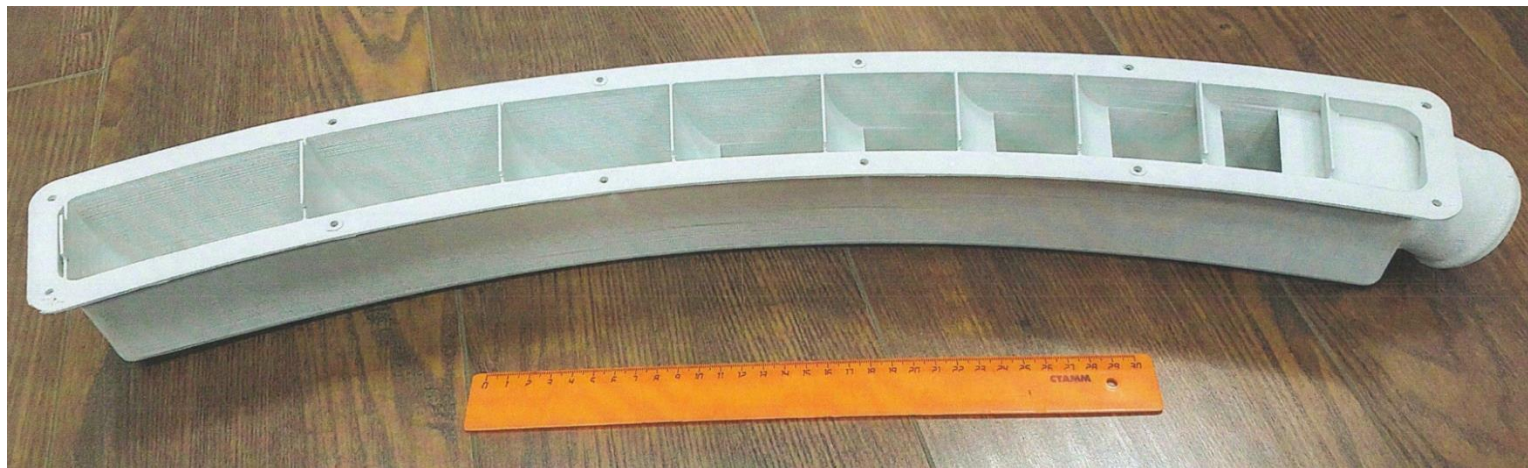
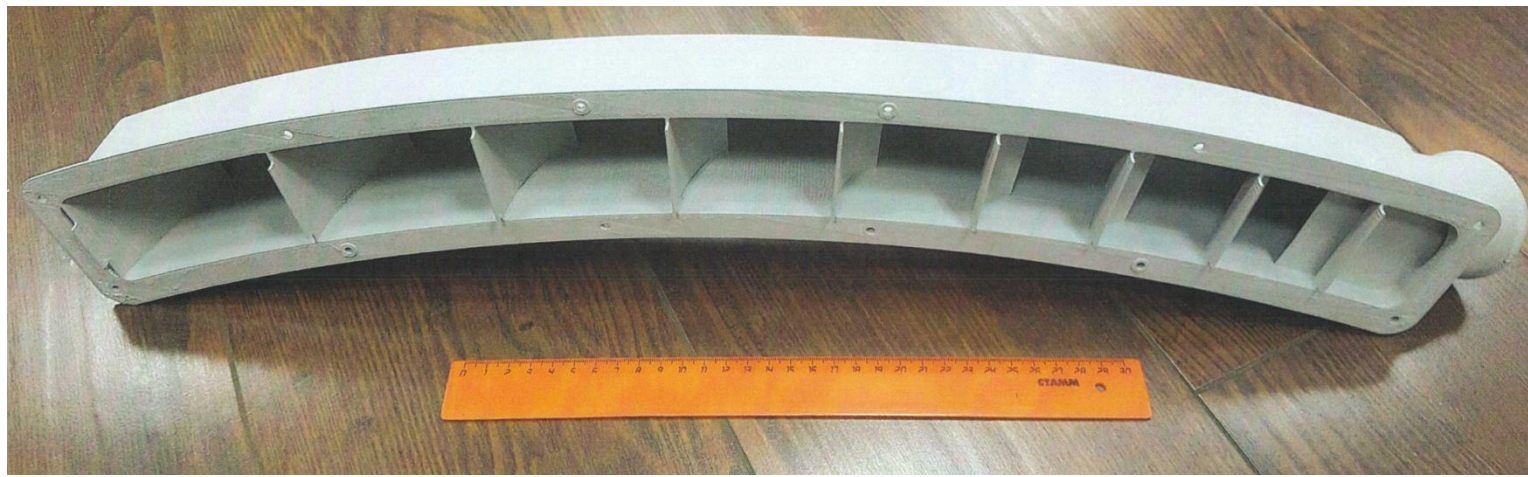


Патрубки обдува лобовых стекол

ПОЛУЧЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

3. Быстрое прототипирование

Патрубки обдува лобовых стекол



ПОЛУЧЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

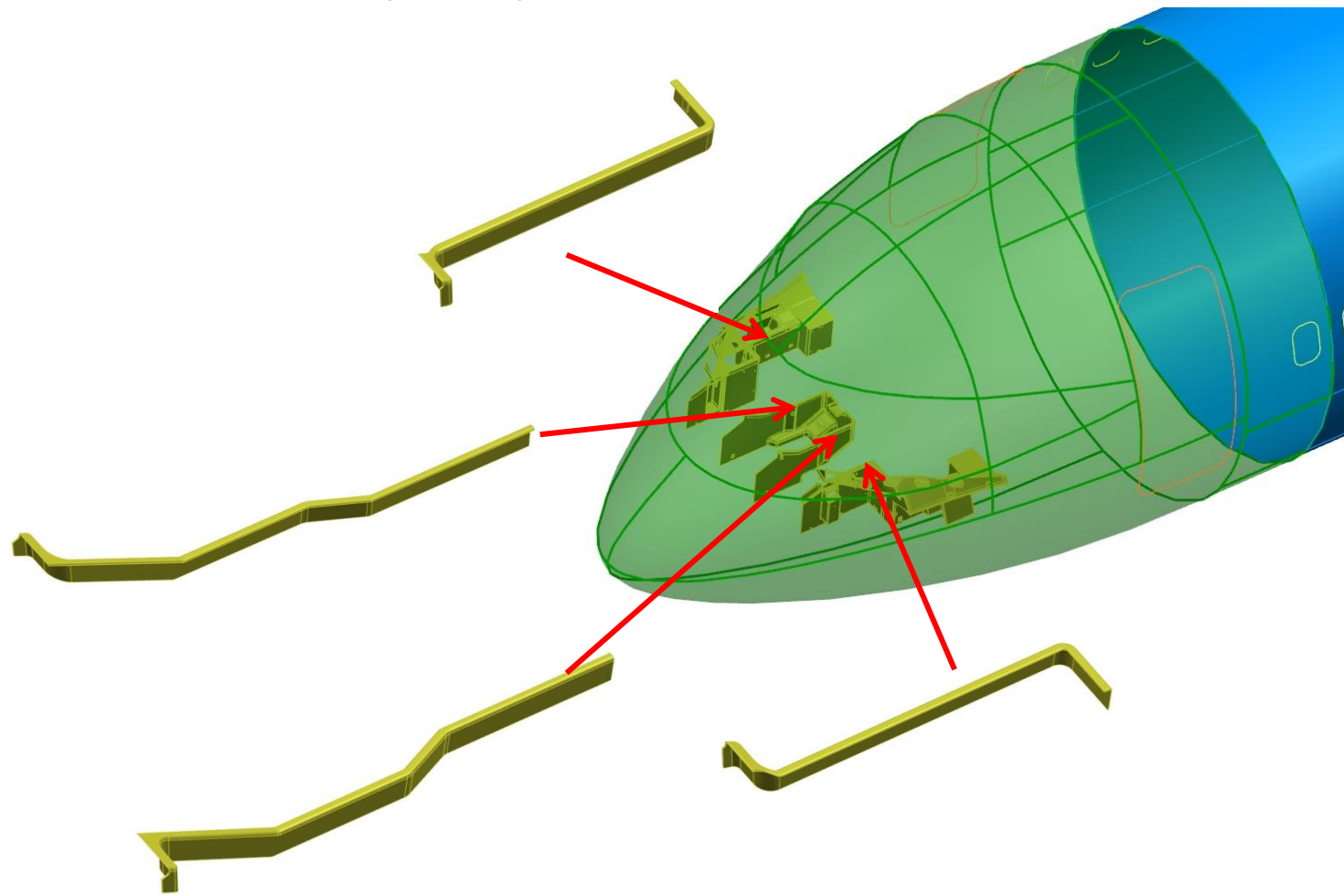
3. Быстрое прототипирование

Молдинги пультов управления кабины экипажа



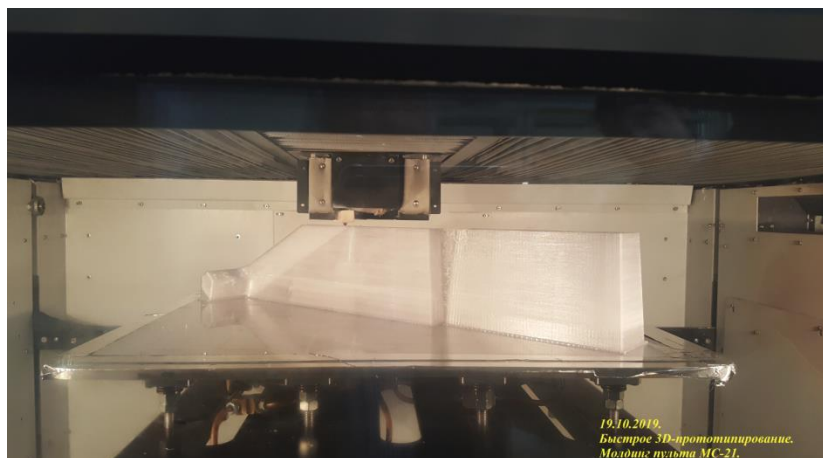
3. Быстрое прототипирование

Молдинги пультов управления кабины экипажа



3. Быстрое прототипирование

Пульты управления кабины экипажа

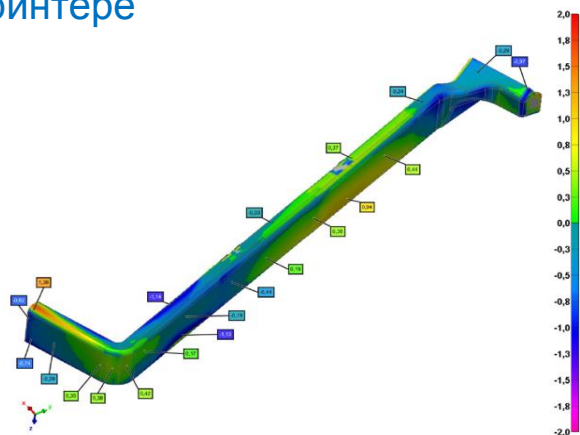


19.10.2019.
Быстрое 3D-прототипирование.
Модели: пульты МС-21.



Быстрое 3D-прототипирование.
Модели: пульты МС-21.
23.10.2019 г.

3D-печать деталей на промышленном принтере



Проверка отклонений геометрии



Готовые напечатанные детали

3. Интегральные конструкции

- Разработан алгоритм оценки пригодности конструкций к 3D-печати
- Разработана производственная инструкция проектирования и оптимизации деталей для 3D-печати методом FDM



3. Интегральные конструкции

Выполнена печать натуральных конструкций СКВ МС-21



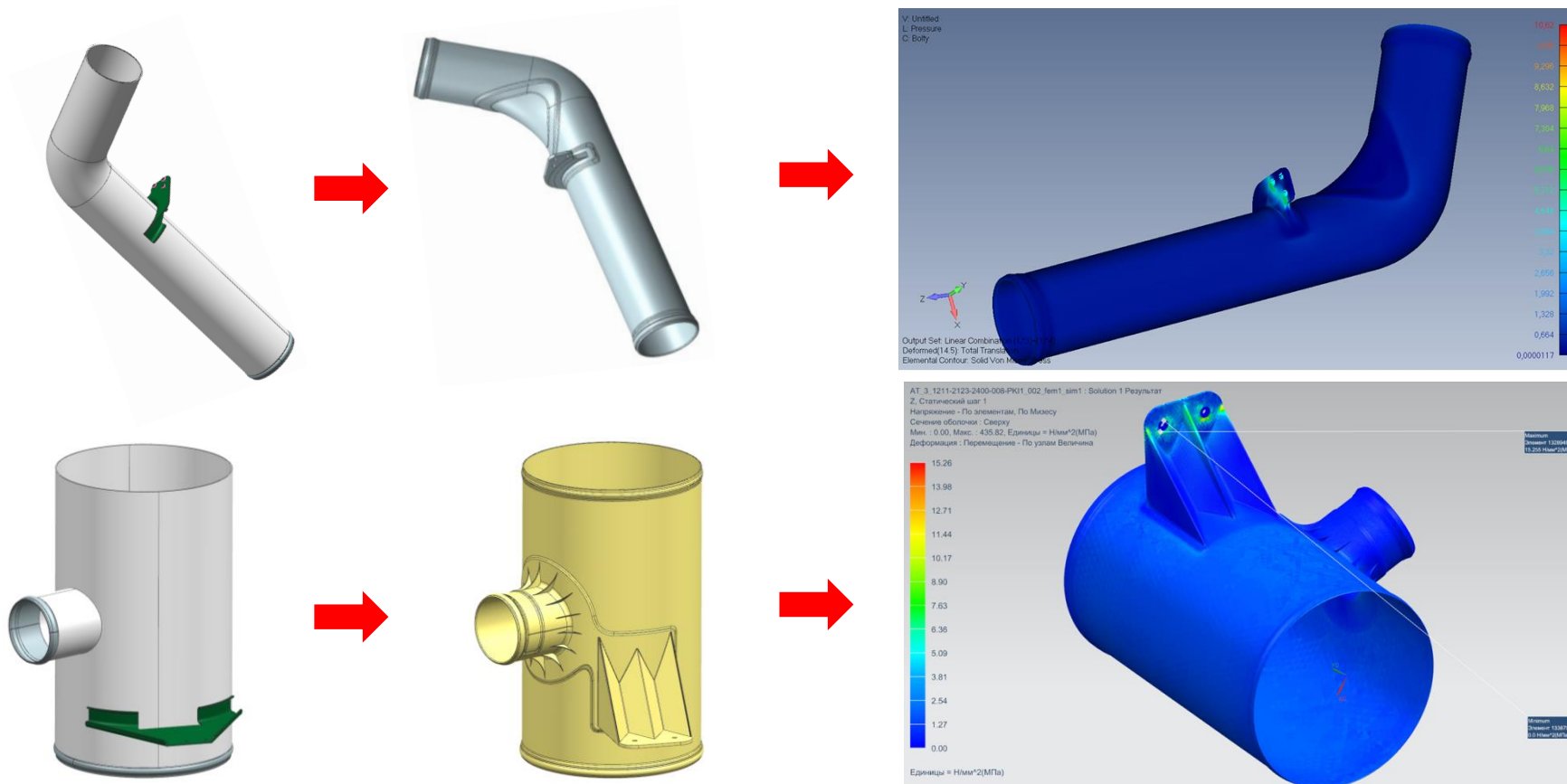
3. Интегральные конструкции

Выполнена печать натуральных конструкций СКВ МС-21



4. Освоение оптимизации конструкций

Проведена оптимизация и проверка прочности тонкостенных сложноконфигурированных воздуховодов системы раздачи воздуха МС-21



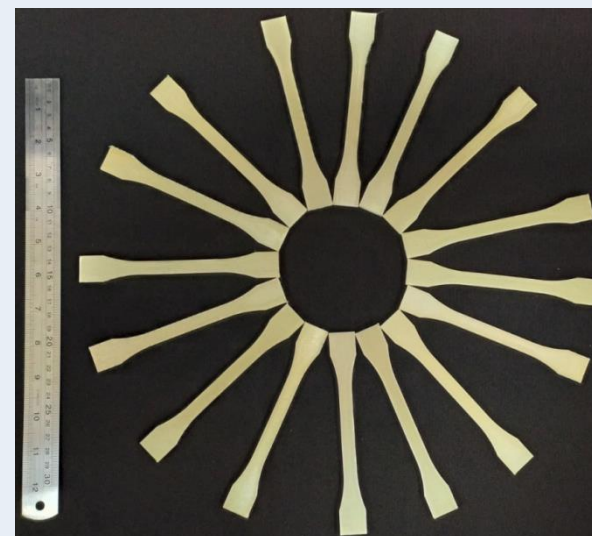
5. Освоение высокотемпературной печати

- Разработаны перечни параметров печати, подлежащих варьированию

№	Параметр *	Влияние на изделие	ЕД. ИЗМ.	Диапазон значений	Пределы варьирования	Примечания
1.	Диаметр диска	Геометрические отклонения формы, прочности, шероховатости поверхности	мм	83...243	83, 84, 84, 84	Открыта возможность изготовления диска с различным количеством лопастей. Наиболее предпочтительна конструкция диска с количеством лопастей 18.
2.	Температура заливки	Свойства материала	°C	0...300	300...320	
3.	Скорость вращения печатающей головки	Точность и однородность геометрической формы - как следствие на поверхности диска	мм/с	0...100	10...40	
4.	Ускорение печатающей головки	Точность и однородность геометрической формы - как следствие на поверхности диска	мм/с ²	100...10000	100...300	
5.	Температура камеры заливки	Возможность внутреннего направленного заливки	°C	0...300	180...220	Открыта возможность изготовления диска с различным количеством лопастей.
6.	Минимум заливки	Вязкость расплава	%	50...150	-	Открыта возможность изготовления диска с различным количеством лопастей.
7.	Высота слона	Прочность слона	мм	0,1...1,8	0,1...0,4	Открыта возможность изготовления диска с различным количеством лопастей.

Раскрыть: 030, 050, 020

- Выполнена печать первых элементарных образцов из Ultem 9085 для испытаний на прочность



5. Освоение высокотемпературной печати

Выполнена тестовая печать натуральных конструкций МС-21 из Ultem 9085



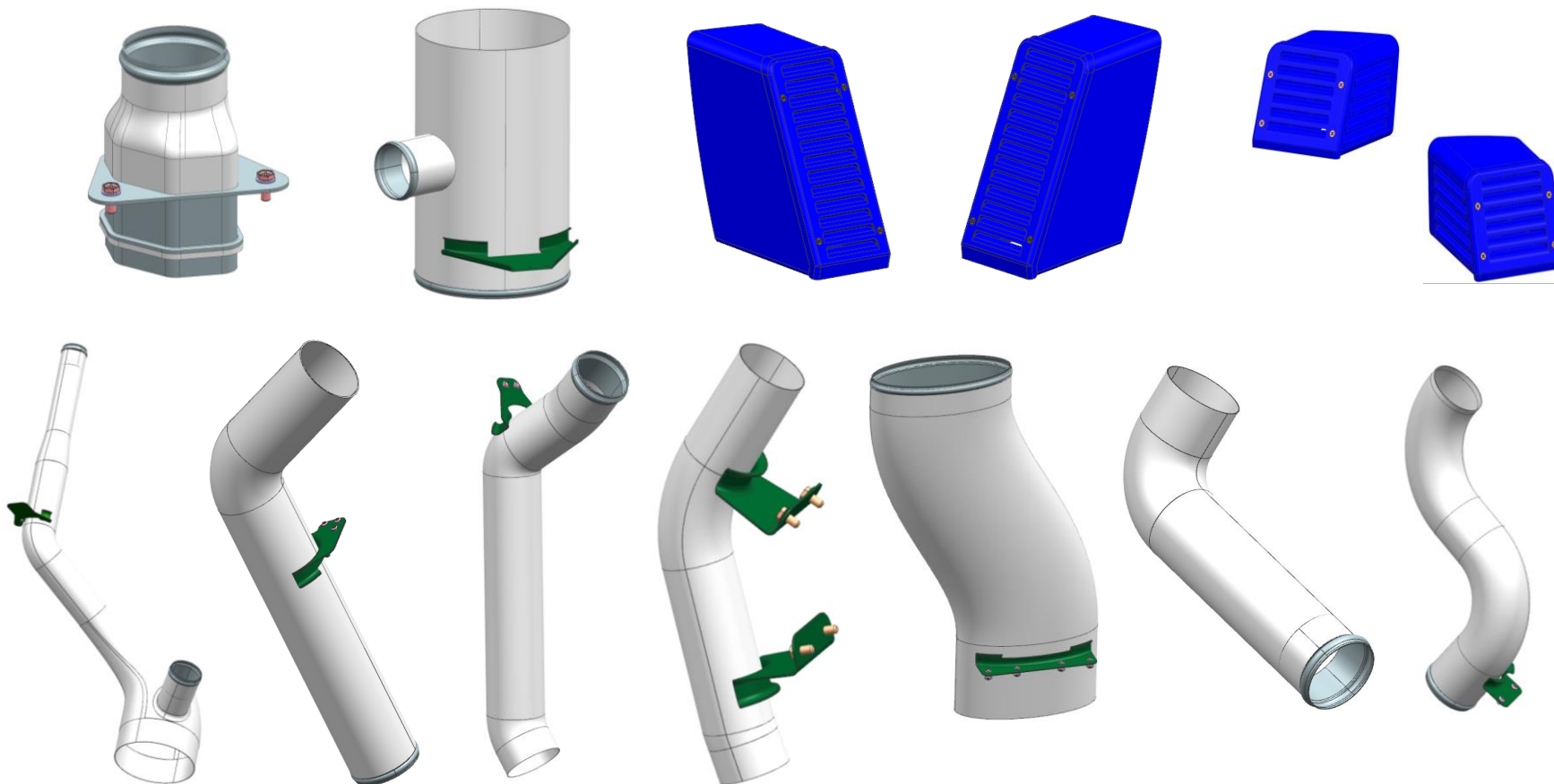
Интегральные воздуховоды



Выпускной патрубок обогрева
вестибюлей (ранняя конструкция)

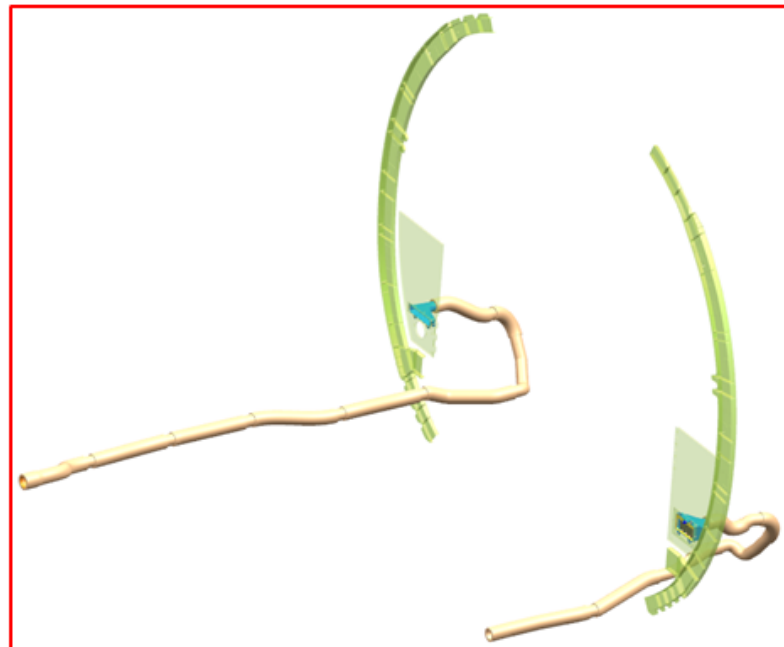
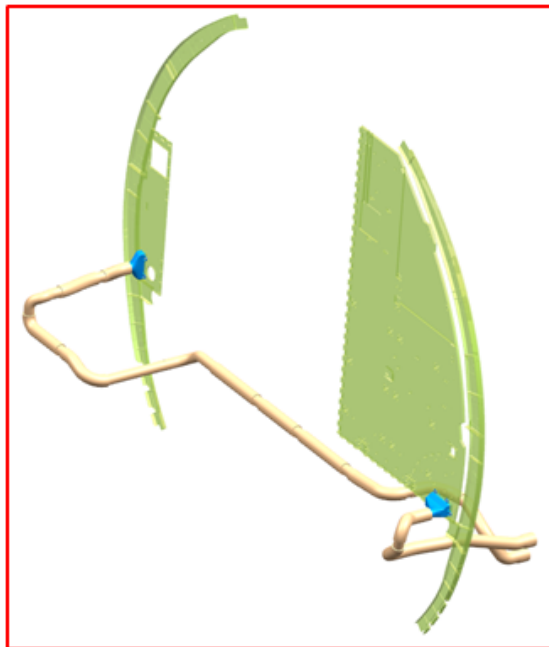
5. Освоение высокотемпературной печати

Выбраны объекты 3D-печати из состава тонкостенных сложноконфигурированных воздуховодов системы раздачи воздуха МС-21

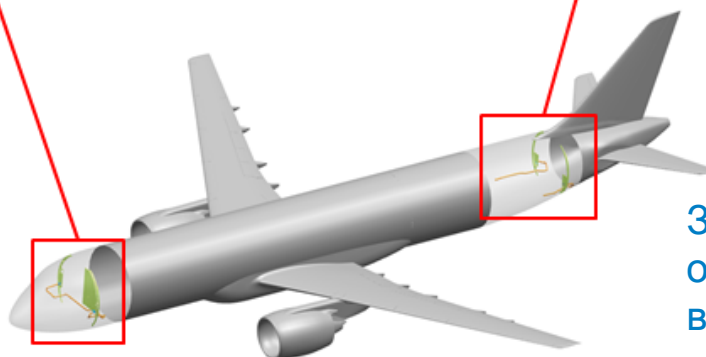


ПОЛУЧЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

6. Внедрение напечатанных деталей в конструкцию самолета



Зона расположения узлов обогрева переднего вестибюля



Зона расположения узлов обогрева заднего вестибюля

ПОЛУЧЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

6. Внедрение напечатанных деталей в конструкцию самолета

Патрубки обогрева вестибюлей из Ultem 9085, установленные на самолете
(ранняя конструкция)



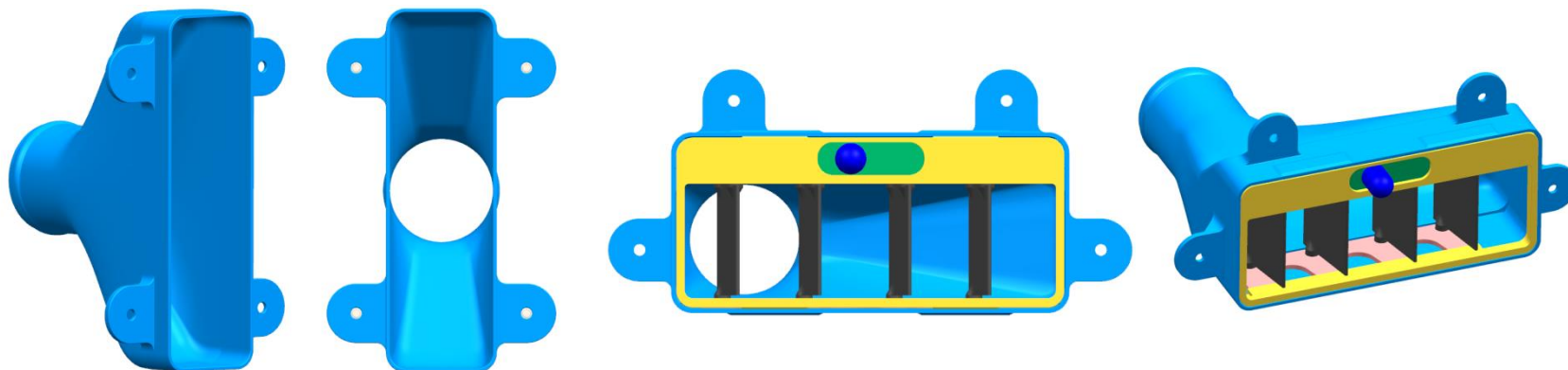
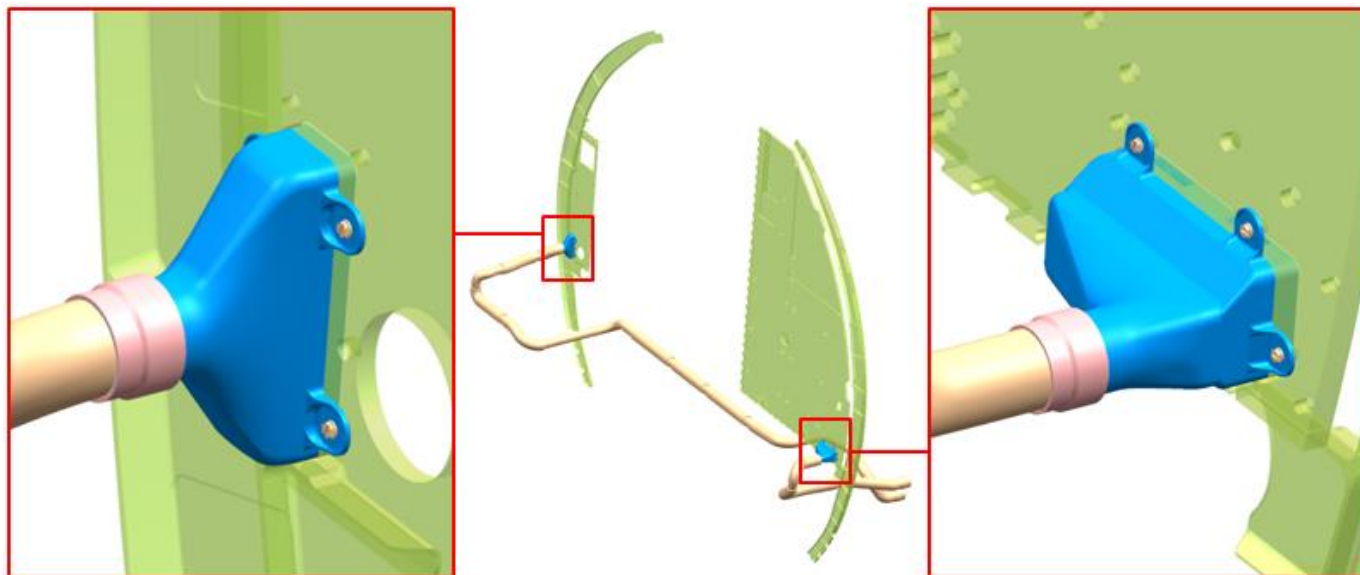
Задний вестибюль (пассажирская дверь)

Передний вестибюль (пассажирская дверь)



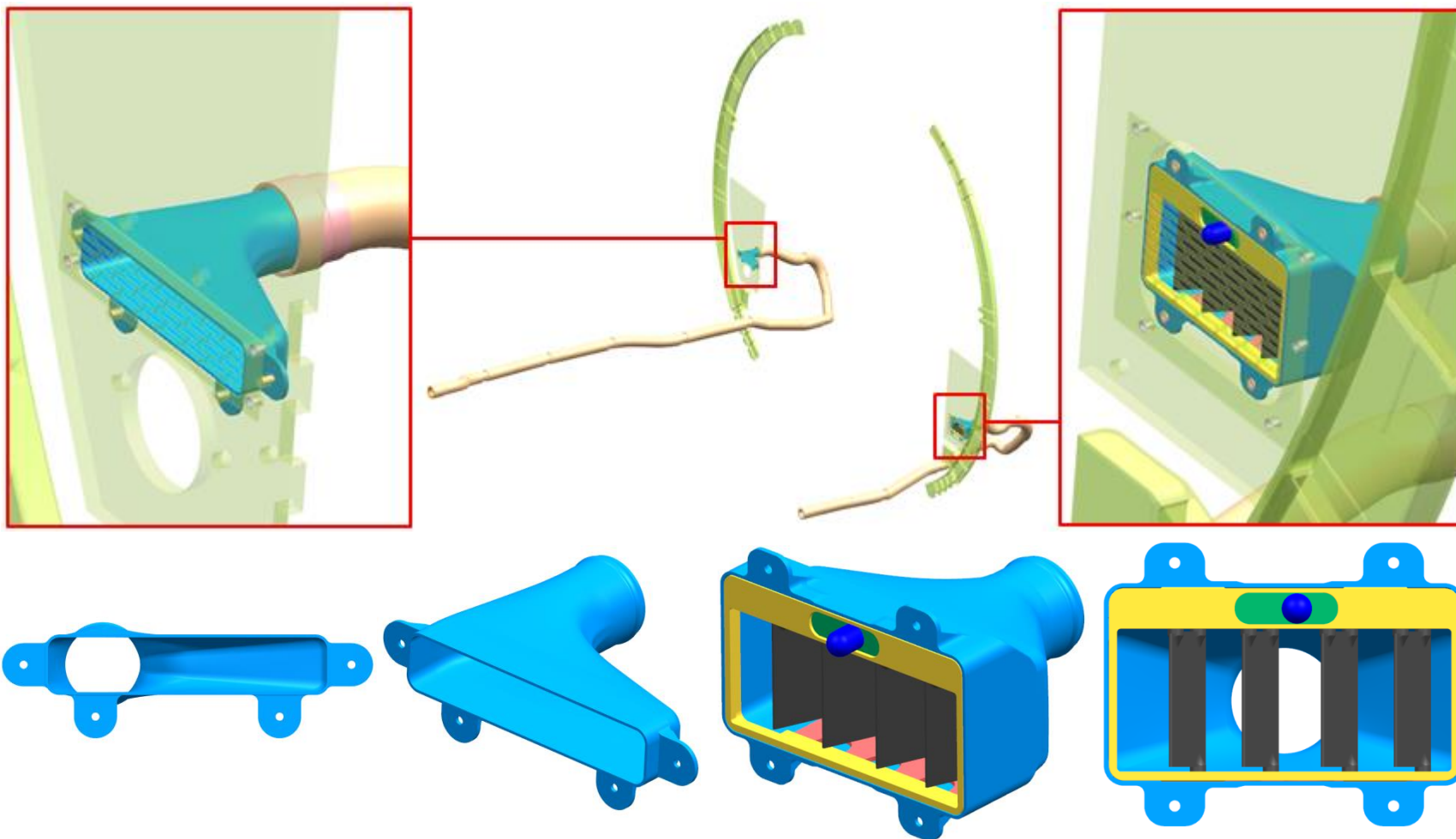
6. Внедрение напечатанных деталей в конструкцию самолета

Схема расположения узлов обогрева переднего вестибюля



6. Внедрение напечатанных деталей в конструкцию самолета

Схема расположения узлов обогрева заднего вестибюля

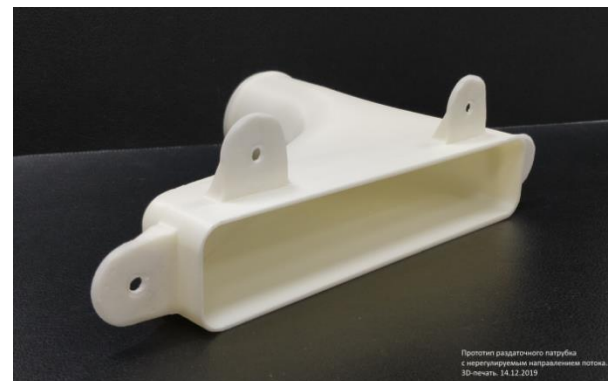


6. Внедрение напечатанных деталей в конструкцию самолета

Выпускные патрубки обогрева vestibule: короб старой конструкции (слева); короб новой конструкции (справа) из Ultem 9085



Прототипы патрубков обогрева vestibule из акрилонитрил-бутадиен-стирола (ABS):



6. Внедрение напечатанных деталей в конструкцию самолета

Прототипы патрубков обогрева вестибюлей из ABS (измененная конфигурация подвода воздуха)



ДАЛЬНЕЙШИЕ ШАГИ

- Печать из Ultem 9085 комплекта элементарных и конструктивно-подобных образцов для испытаний на прочность (около 1200 шт.)
- Установка натуральных узлов из Ultem 9085 на опытный MC-21
- Одобрение материала Ultem 9085 для применения в гражданском авиастроении
- Одобрение аддитивного производства
- Серийное производство деталей методом FDM

В ходе выполнения работы выявлены проблемы, препятствующие внедрению 3D-печати (метода FDM) в авиастроение России и требующие решения на отраслевом уровне:

- Отсутствие одобренного для применения в авиастроении высокотемпературного термопласта для 3D-печати
- Отсутствие методик Росавиации для оценки качества деталей, изготовленных 3D-печатью
- Отсутствие методик Росавиации для одобрения 3D-печати как специального процесса производства

Спасибо за внимание!