Конкурсная работа на участие в конкурсе «Авиастроитель года» по итогам 2018 года

Название работы:

«Система обогрева пассажирской кабины для вариантов вертолета Ми-38»

Авторы:
Драгункин Д.А., Нечаева И.С., Никитин В.В., Шейко В.А., Латышев А.А.

Система обогрева служит для обогрева воздуха в пассажирской кабине. Рабочим воздухом для работы системы обогрева является горячий воздух, отбираемый от двигателей ТВ7-117В или вспомогательной силовой установки ТА14-38.

Модифицированная система обогрева отличается от действующей геометрией отопительных коробов и принципом работы. Отличия связаны с более высокими требованиями к микроклимату пассажирской кабины.

В связи с установкой внутренней отделки и салона повышенной комфортности, применен следующий принцип работы системы обогрева.

Горячий воздух отбирается от двигателей или от ВСУ и разделяется на два воздуховода по левому и правому бортам (рис. 1). По каждому борту проходит через глушители шума и поступает в эжектор. Далее, в эжекторе, горячий воздух выступает в качестве эжектирующего воздуха для забора эжектируемого холодного воздуха. Холодный воздух, в зависимости от требуемой температуры в пассажирском салоне и от внешних климатических условий, отбирается из атмосферы и пассажирского салона, или только из пассажирского салона. Далее в эжекторе воздух смешивается. Полученный смешанный воздух необходимой температуры проходит через глушитель шума и поступает в короба отопления. Температура воздуха определяется режимом работы системы обогрева (автоматическим или ручным). В дальнейшем, воздух раздается в кабину через отверстия в отопительных коробах.

Таблица 1. Необходимые параметры воздуха для обогрева пассажирской кабины.

Наименование параметра	Значение величины
Максимальный расход воздуха от двигателей или ВСУ на обогрев кабины	720 кг/ч
Объем пассажирской кабины	27 $м^3$
Максимальная температура на выходе из коробов в кабину	90 ^oC

Регулирование работы системы обогрева происходит в автоматическом и ручном режимах.

Геометрия коробов отопления для вариантов №1 и №2 корректировалась с учетом теплогидравлических расчетов как протекания горячего воздуха в самих коробах при различных режимах работы, так и расчетов подходящей геометрии эжекторов, смешивающих горячий воздух, идущий от двигателей, с кабинным воздухом и/или воздухом из атмосферы.

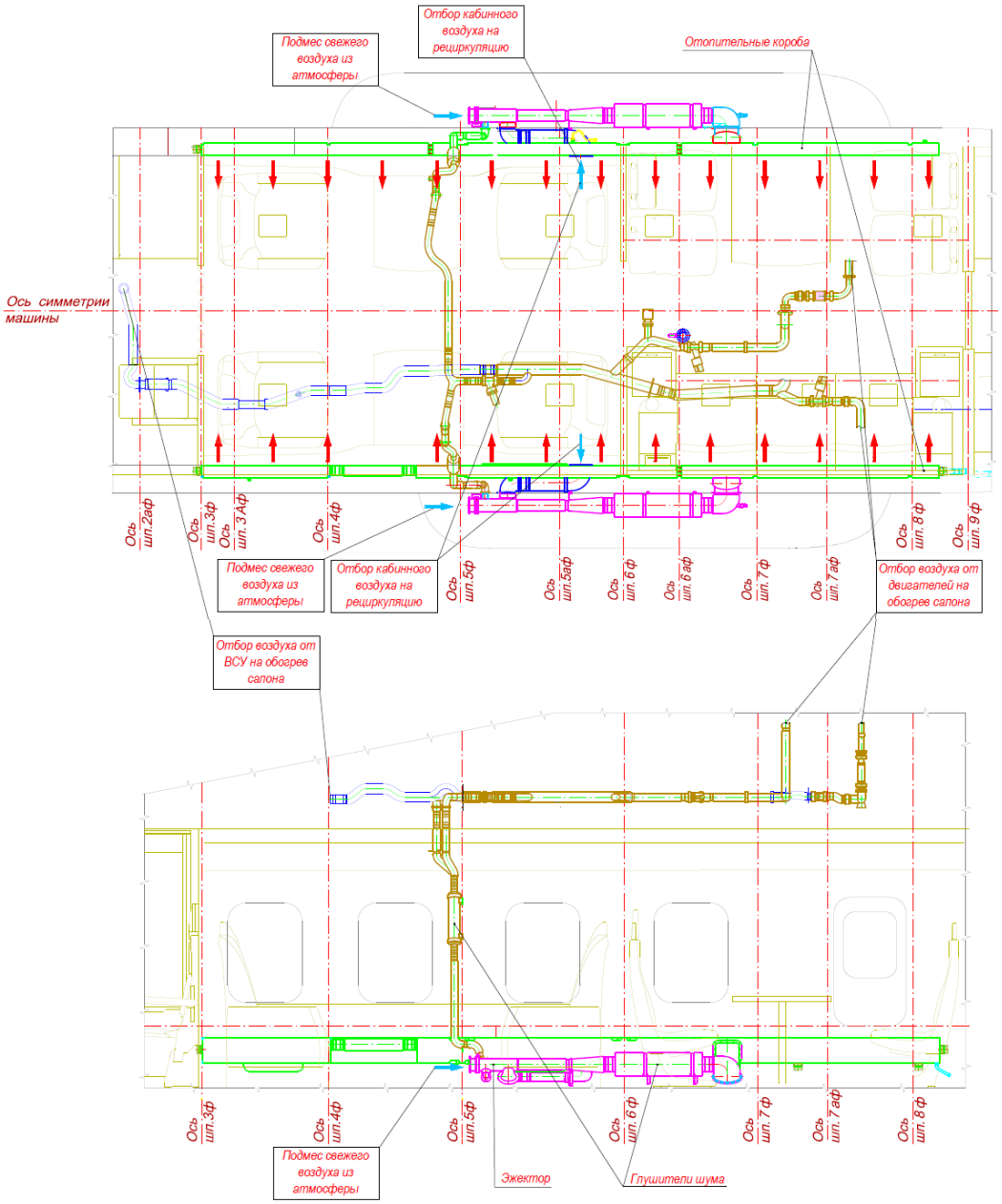
Результаты расчетов параметров воздуха, подаваемого в короба от эжекторов, приведены в табл. 2. В качестве примера приведен расчет параметров воздуха на выходе одного из эжекторов, примененных для варианта №1.

Для имитации продувки коробов отопления и расчета параметров системы использовалось приложение FloEFD для NX. Задача решалась на основе трехмерных

уравнений Навье-Стокса и уравнения энергии. При моделировании производилось построение прямоугольной сетки по задаваемой функции размера ячейки.

Для оптимизации и подбора геометрии коробов отопления и эжектирующих устройств к ним в системе NX была создана геометрическая модель (рис. 2) с распределительными коробами отопления на примере короба по левому борту для варианта №2.

Расчет проводился по одному из двух распределительных коробов (левому) с учетом равного расхода горячего воздуха.



⇦ - отбор холодного воздуха из атмосферы/салона

➡ - выдув горячего воздуха в салон

Рис. 1. Система обогрева пассажирской кабины, вариант №1

На рисунке 2 показаны: эжектор, левый короб отопления с выходами в пассажирскую кабину (В.1-В.5).

Модель включает в себя следующие части:

- эжектор с двумя заборами воздуха: постоянный – на рециркуляцию воздуха, из пассажирской кабины; подключаемый – подмес воздуха из атмосферы, регулируемый заслонкой;

- смешивающий участок между эжектором и распределительными коробами;

- распределительные короба с выходами в пассажирскую кабину.

Расчет проводился по трем точкам температур с учетом граничных параметров эксплуатации системы обогрева.

Для сглаживания скоростей потока воздуха на выходных отверстиях коробов были подобраны дросселирующие сетки.

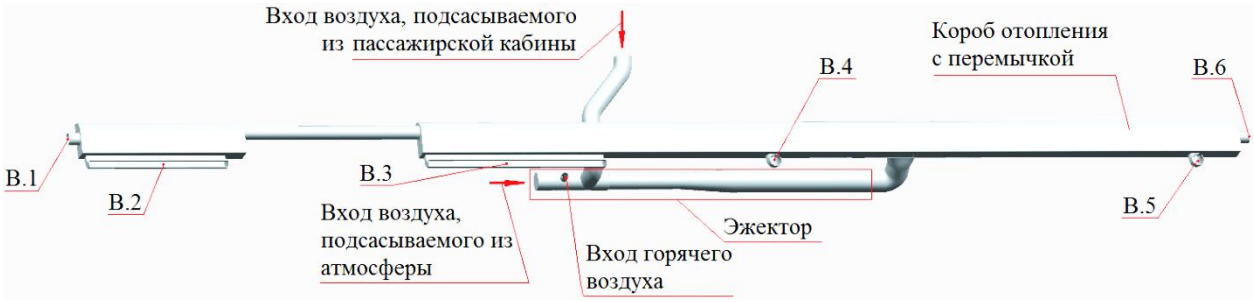


Рис. 2. Схема распределительного короба отопления, вариант №2

Таблица 2. Результаты расчетов параметров воздуха, подаваемого в короба от эжекторов

Исходные данные:

Сопло - труба без сужения диаметра, внутренний диаметр 30 мм				
Скорость полета 0 м/с				
Высота полета: 0 км				
Расход горячего воздуха, кг/с		0,15		
Температура на входе, ºС		171,8	121,8	181,8
Давление на входе подсасываемого воздуха, абсолютное, Па		101325	101325	101325
Статическое давление на выходе, абсолютное (в кабине), Па				
Температура на выходе (в кабине), ºС		-15	-50	10
Температура за бортом, ºС		-15	-50	10
Откуда берется подмешиваемый воздух		из кабины	из кабины	из кабины и из атмосферы
Площадь проходного сечения подмешиваемого воздуха, м^2	из кабины	0,0041	0,0041	0,0041
	из атмосферы	-	-	0,0064

Результаты:

Температура на выходе из коробов средняя, ºС	84	31	93
Объемный расход на входе, м^3/с	0,20	0,17	0,19
Давление горячего воздуха, Па	132431	128326	135030
Объемный расход на входе подсасываемого воздуха, м^3/с	0,137	0,121	0,265
Массовый расход на входе подсасываемого воздуха, кг/с	0,187	0,192	0,330

Результаты подбора геометрии коробов с учетом выравнивания скоростей потоков воздуха на выходах из коробов показаны на примере расчета для варианта №1.

3D-модель системы обогрева пассажирской кабины на примере варианта №1 с учетом обстановки показана на рис. 3,4.

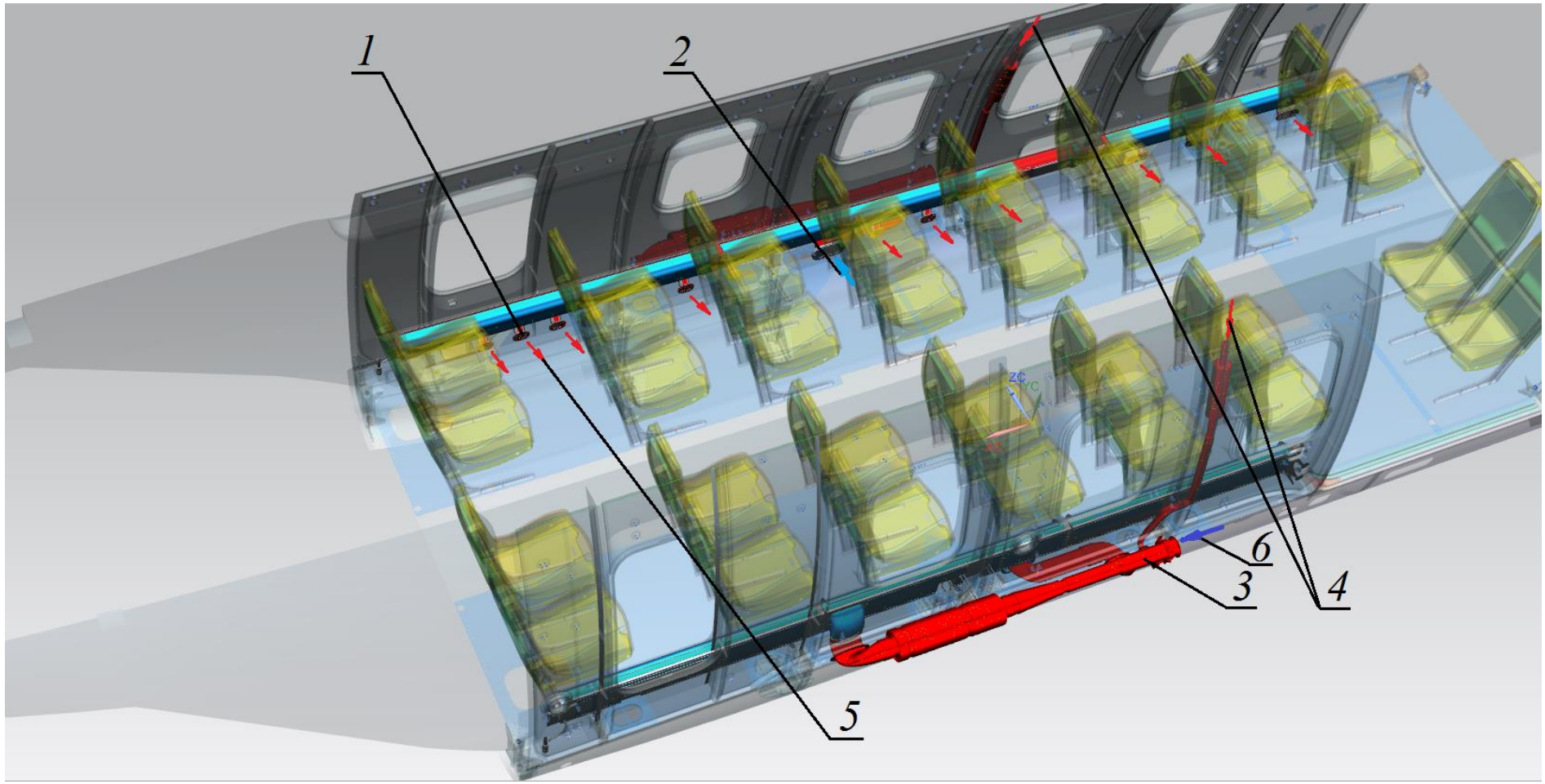


Рис. 3. 3D-модель системы обогрева пассажирской кабины изд. 2604 (вид со стороны правого борта). 1 – короб отопления салона; 2 – вход подмешиваемого воздуха в эжектор из салона; 3 – эжектор; 4 подача горячего воздуха от двигателей в эжектор; 5 - выходы горячего воздуха из коробов отопления; 6 – забор воздуха из атмосферы.

Для параметров воздуха после смешения в эжекторе с t=90 ºС и G=0,15 кг/с показано распределение полей скоростей и температур в левом коробе отопления (рис. 5,6).

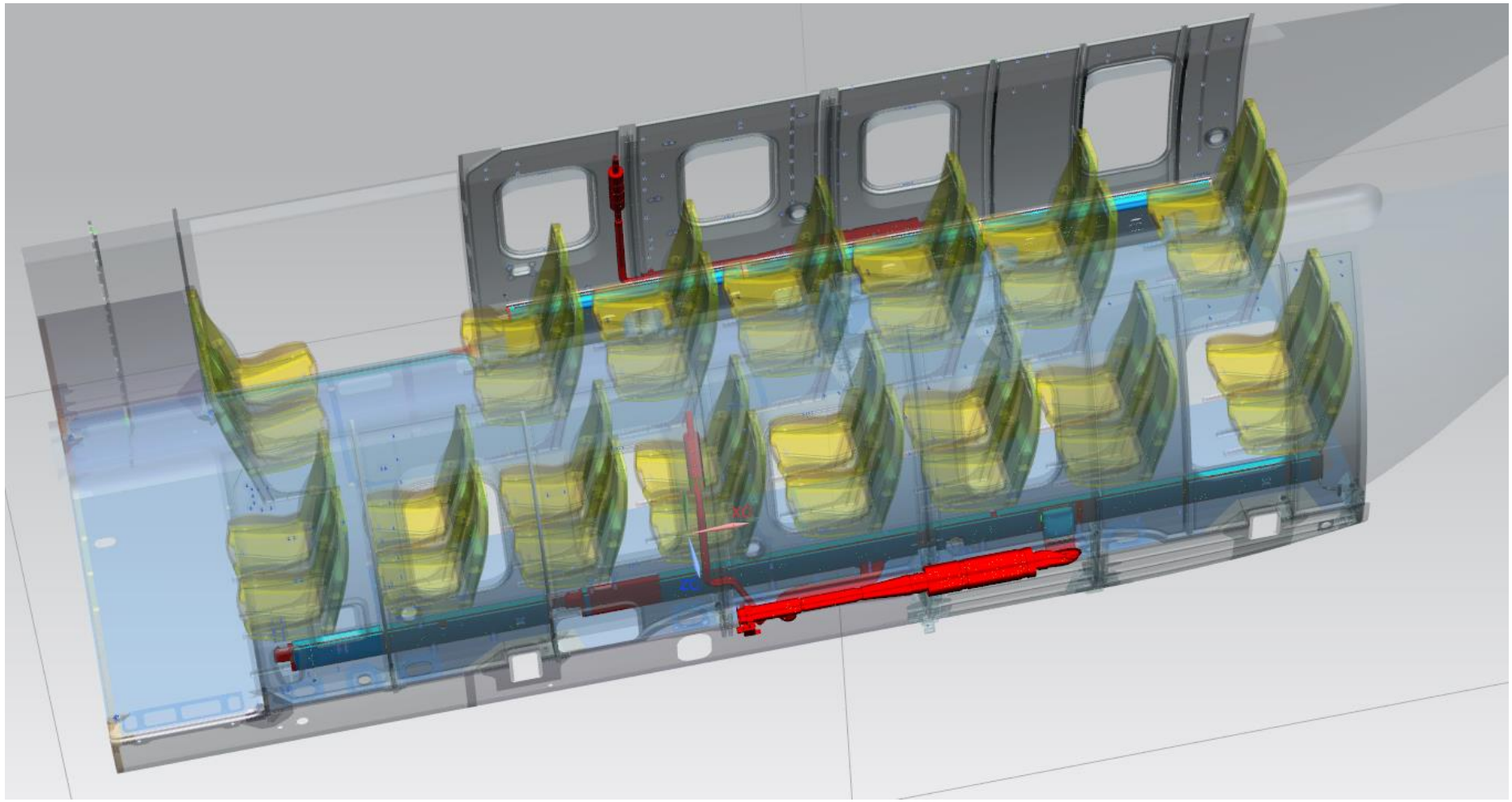


Рис. 4. 3D-модель системы обогрева пассажирской кабины для варианта №1 (вид со стороны левого борта).

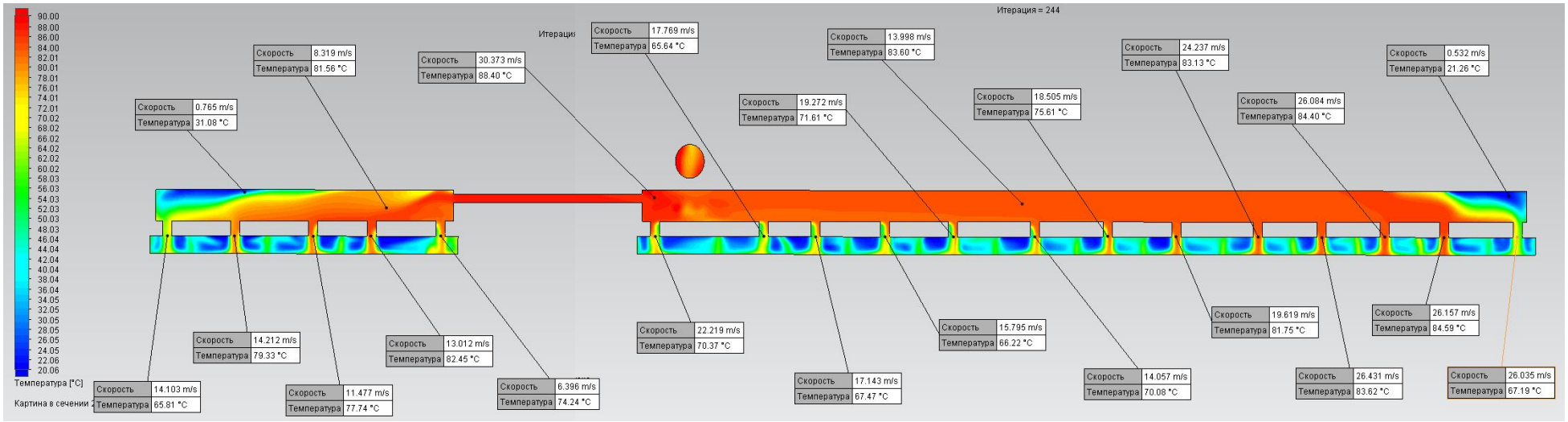


Рис. 5. Распределение поля температур в коробе отопления по левому борту.

При такой геометрии короба разница в скоростях (рис.3) в районе выходов воздуха в кабину оказалась существенной, и было принято подобрать геометрию рассекателя потока воздуха, поступающего в короб.

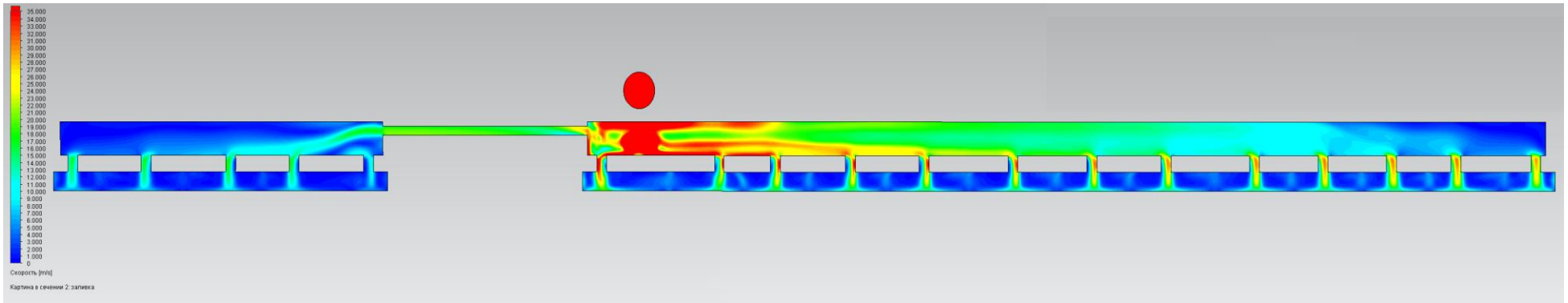


Рис. 6. Распределение поля скоростей в коробе отопления по левому борту.

Итоговый вариант полей температур и скоростей в сечении короба с учетом рассекателя показан на рис. 7,8.

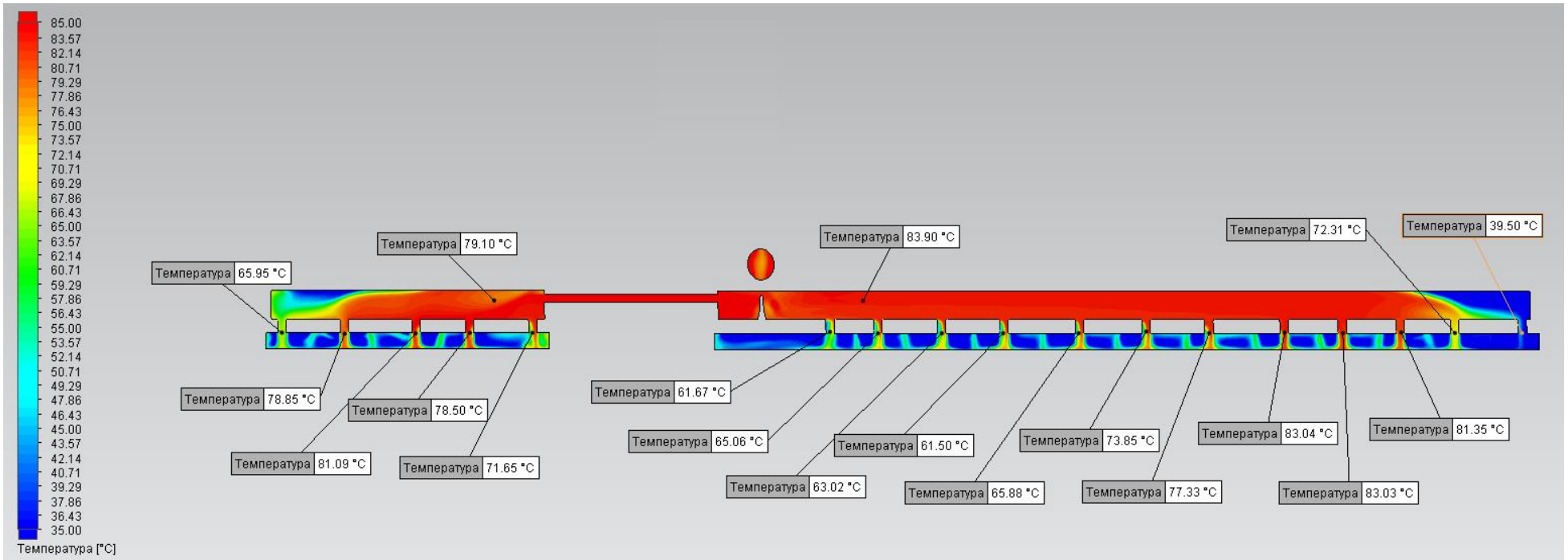


Рис. 7. Итоговый вариант поля температур на примере левого короба отопления для варианта №1.

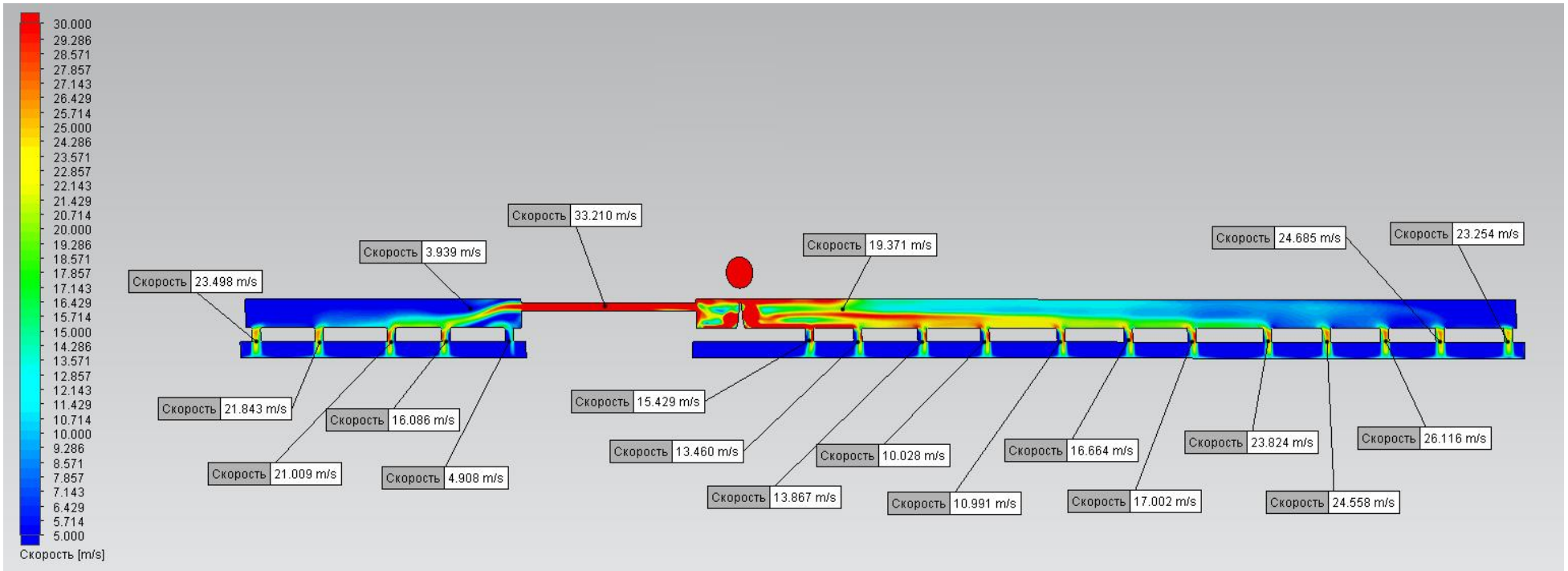


Рис. 8. Итоговый вариант поля скоростей на примере левого короба отопления для варианта №1.

На рис. 8 видно, что распределение скоростей потока выравнялось за счет установки рассекателя.

Выводы:

- Для выпуска конструкторской документации по системам обогрева для вариантов №1, 2 были проведены теплогидравлические расчеты и поиск оптимальных конструктивных решений, а также увязка систем отопления с другими системами вертолета и фюзеляжем.
- На сегодняшний день происходит сборка и подготовка к испытаниям опытных образцов вертолетов Ми-38 пассажирских вариантов №1 и №2. В последующем, будут проводиться доводочные испытания, анализ и сравнение полученных результатов с расчетами и выявление дальнейшей необходимости оптимизации полученных систем.