

УДК 629.7.035.004; 1.621.43.068; 621.4-536.27

Разработка промежуточного воздухоохладителя двухконтурного турбореактивного двигателя с большой степенью двухконтурности

***Аюпов Р.Ш.**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки»*

***Кручинин А.Н.**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки»*

***Скибин Д.А.**, студент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки»*

*Научный руководитель: **Иванов В.Л.** доцент
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана,
кафедра «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки»
e3@bmstu.ru*

Одно из направлений дальнейшего совершенствования двухконтурного турбореактивного двигателя (ДТРД) – совершенствование термодинамического цикла двигателя за счет введения промежуточного охлаждения воздуха между каскадами компрессора и перенос отведенной теплоты в воздух второго контура, что было доказательно обосновано в работах кафедры «Газотурбинные и нетрадиционные энергоустановки» МГТУ им. Н.Э. Баумана [1, 2]. Однако успех практической реализации такой схемы в значительной степени зависит от конструктивного облика промежуточного воздухоохладителя, обеспечивающего энергообмен между первым и вторым контурами ТРДД при условии приемлемого компоновочного решения, а также отвечающего требованиям высокой компактности. В настоящей статье рассматривается возможный подход к решению такой задачи.

В качестве объекта исследования принят ТРДД большой степени двухконтурности [2]. Необходимые для проектирования промежуточного воздухоохладителя параметры первого и второго контура представлены в таблице 1.

Таблица 1

Расчетные параметры теплообменного аппарата

Исходные данные	Размерность	Значение
Первый контур		
расход через КНД	кг/с	44
Температура воздуха за КНД	К	483
Давление воздуха за КНД	Па	518900
Температура воздуха за ТА (на входе в КВД)	К	380
Второй контур		
Расход воздуха через второй контур	кг/с	280
Температура воздуха за вентилятором	К	335
Давление воздуха за вентилятором	Па	154600
Температура воздуха за теплообменником	К	351

На основании предварительного анализа и сопоставления ТА прямого действия и ТА с контуром промежуточного теплоносителя, как наиболее компоновочная была принята схема ТА с контуром промежуточного охлаждения. Для минимизации занимаемого ТА первого контура объема, было принято распределение температурного напора, представленное в таблице 2.

Таблица 2

Распределение температурных напоров

Температурный напор	Размерность	Значение
Первого контура	К	60
Второго контура	К	20
Полный	К	80

Подобное распределение температурных напоров по контурам ТА было принято с целью минимизации объема ТА первого контура.

Для анализа возможности применения в конструкции ТА были приняты поверхности типов «ГлР», «ПлР» и «101-107» в виду их высокой компактности и возможности создания многосекционной матрицы с размерами удобными для компоновки в ограниченном пространстве тракта первого и второго контура ТРДД. Расчет ТА был проведен по методике представленной в работе [3], с учетом особенностей представленных в работе [4].

В результате проведенного анализа для ТА первого контура был выбран набор поверхностей марок «101-107», а для ТА второго контура были выбраны поверхности марок «ГлР» и «ПлР». Требования, на основании которых были выбраны наилучшие сочетания поверхностей, сформулированы следующим образом:

- 1) Минимальный объем ТА
- 2) Минимальная длина тракта по воздушному каналу
- 3) Минимальное фронтное сечение

Результаты выполненных расчетов представлены в диаграммах:

Для ТА первого контура, марки поверхностей «101-107», на рис. 1.

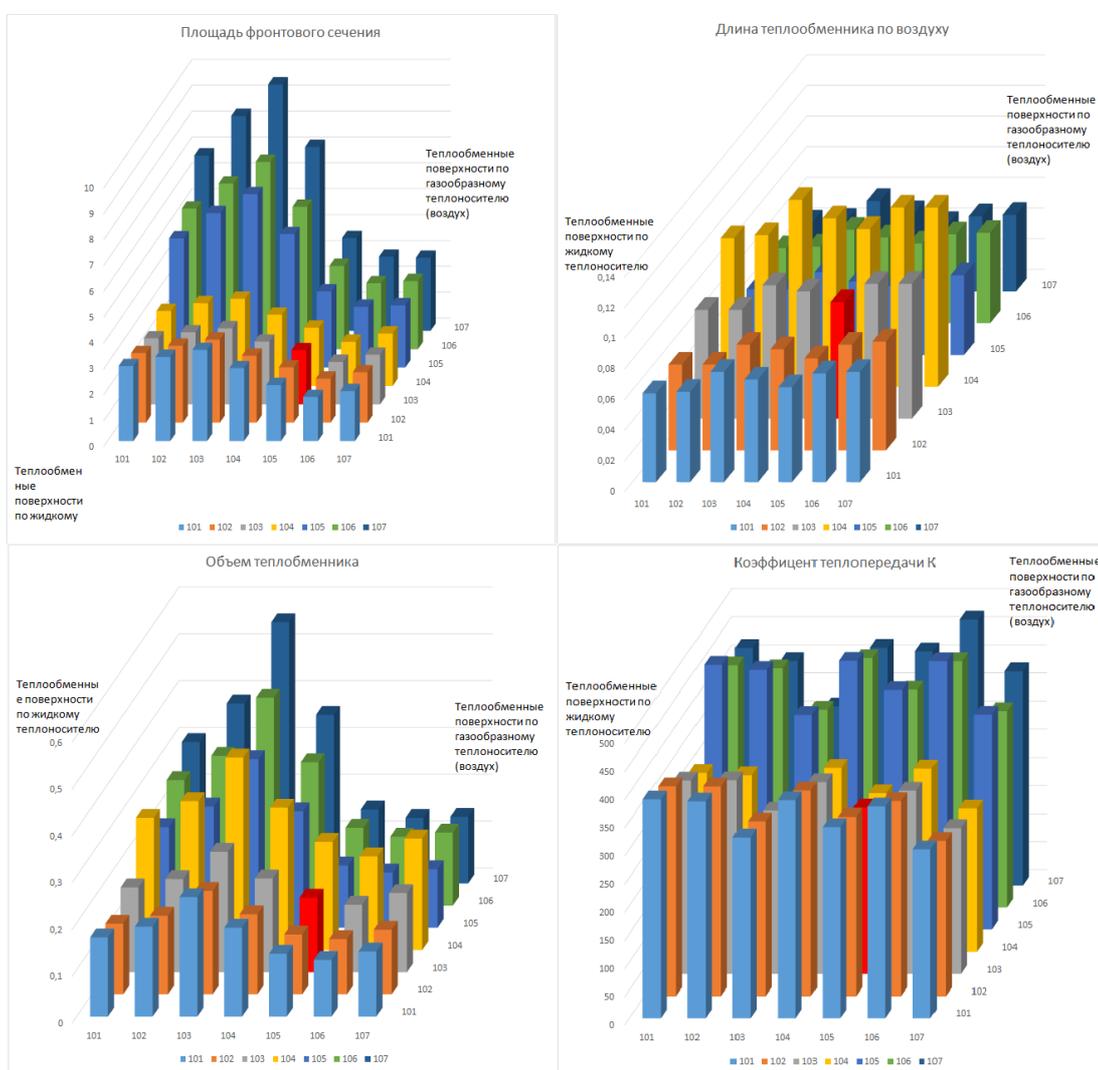


Рис. 1. Анализ поверхностей марок «101-107»

Для ТА второго контура, марки поверхностей «ГЛР», на рис. 2.

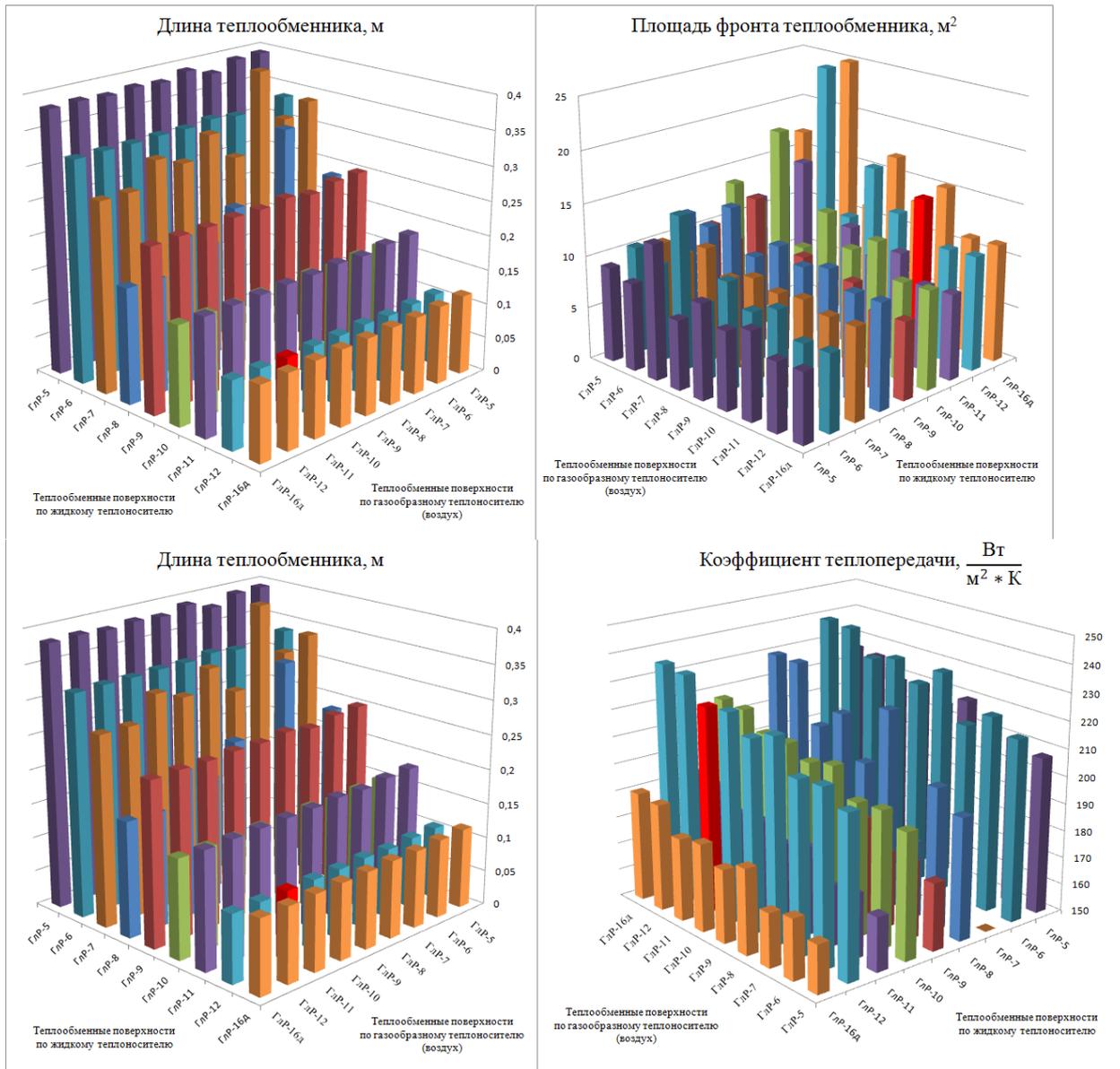


Рис. 2. Анализ поверхностей марок «ГЛР»

Для ТА второго контура, марки поверхностей «ПлР», на рис. 3.

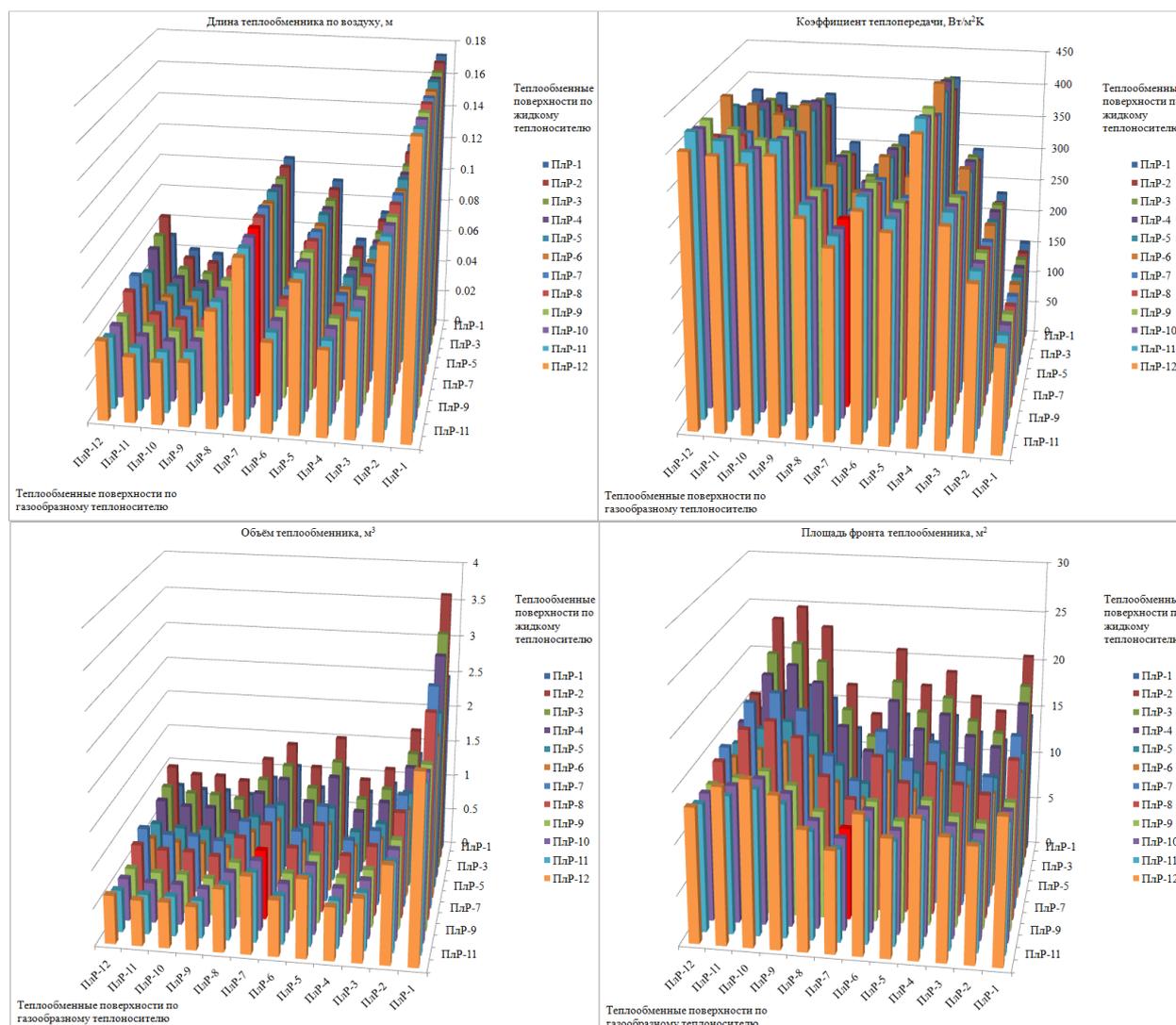


Рис. 3. Анализ поверхностей марок «ПлР»

Для проектного решения выбраны поверхности 103-105 для ТА первого контура, во варианте 1 «ГлР-11 – ГлР-12» для ТА второго контура, во варианте 2 «ПлР-7 – ПлР-8 ». На диаграммах эти сочетания отмечены красным цветом.

Конструктивно размещение ТА первого контура возможно в крайне ограниченном свободном пространстве вокруг корпуса КВД. В связи с этим, ТА выполнен в виде кольцевого элемента, составленного из 12 идентичных модулей. Более детально схема ТА представлена на рис 4.

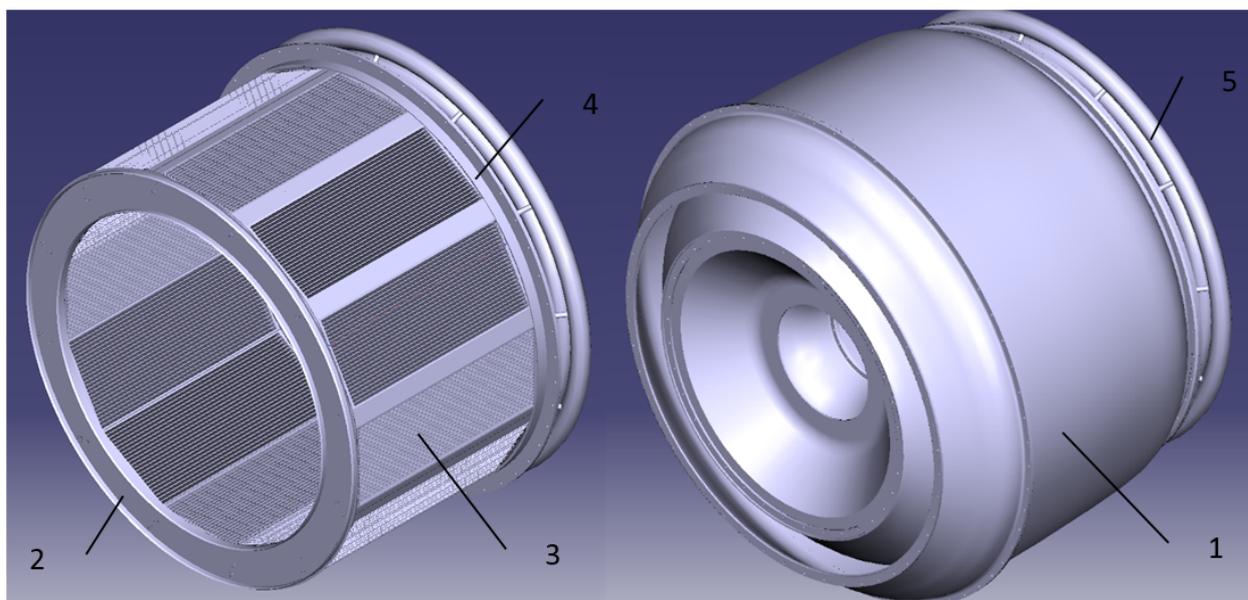


Рис. 4. Схема ТА:

1 – корпус ТА; 2 – переднее кольцо ТА; 3 – блок-модуль ТА; 4 – заднее кольцо ТА;
5 – подводной/отводной коллектор

Блок-модуль ТА представлен на рис. 5. Подобная конфигурация отдельного модуля сделана для минимизации пространства занимаемого ТА.

Сборка ТА происходит путем аргонно-дуговой сварки блоков-модулей между собой и фланцев переднего и заднего кольца с блоками-модулями. Для герметизации полостей канала жидкого промежуточного теплоносителя между блоком-модулем и задним кольцом используется электронно-лучевая сварка.

ТА второго контура полностью перекрывает воздушный тракт, для увеличения фронтального сечения ТА поверхность ТА расположена под углом 26° к оси двигателя. ТА состоит из 12 радиально расположенных сегментов. Схема ТА представлена на рис.6.

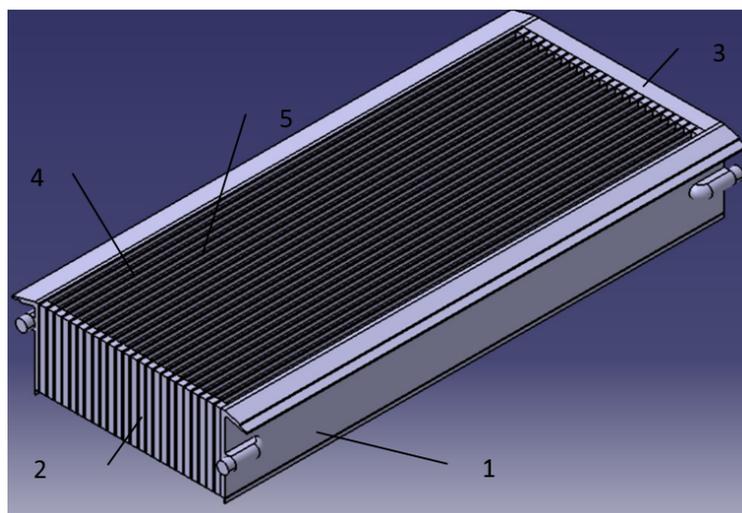


Рис. 5. Схема блок-модуля:

1 – боковая стенка; 2 – концевая стенка; 3 – разделительная стенка; 4 – поверхность 103; 5 – поверхность 105

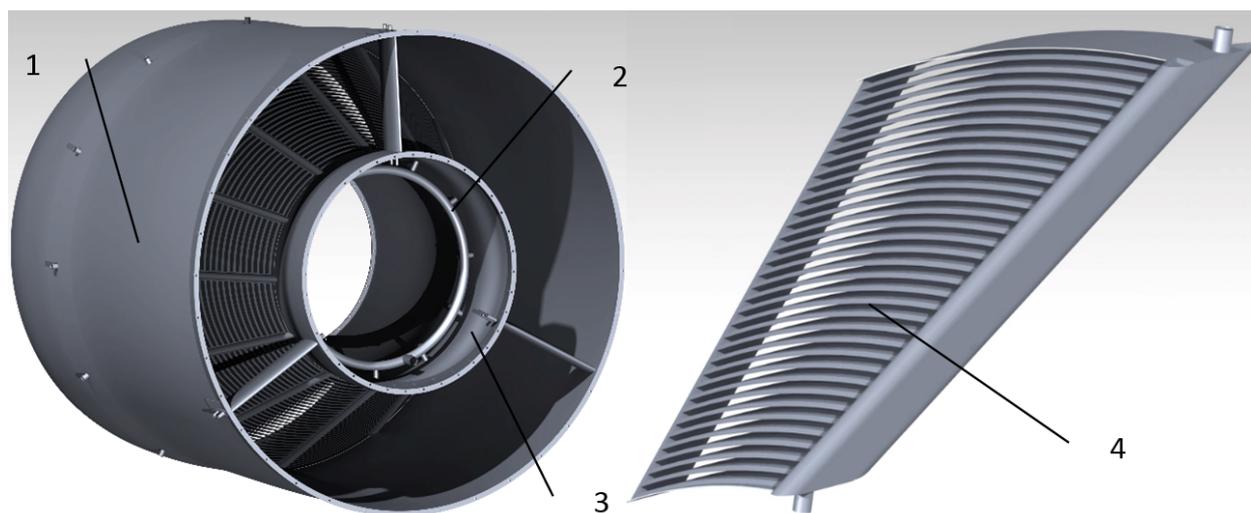


Рис. 6. Схема ТА второго контура:

1 – внешний корпус; 2 – коллектор промежуточного теплоносителя; 3 – внутренний корпус; 4 – модуль теплообменной матрицы

Сборка ТА происходит с помощью аргонно-дуговой сварки. Схема отдельного сегмента представлена на рис. 7.

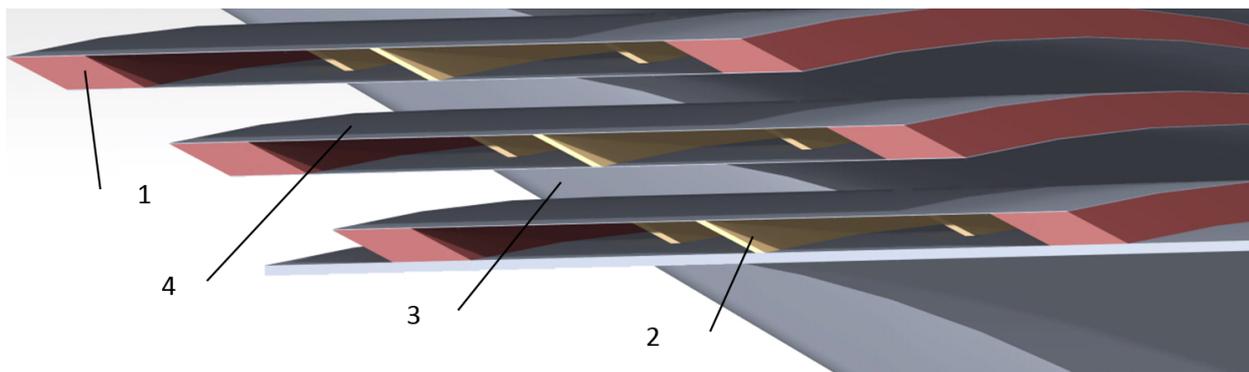


Рис. 7. Схема модуля ТА второго контура:

1 – Концевая балка; 2 – поверхность по промежуточному теплоносителю; 3 – поверхность по воздуху; 4 – стенка

Был рассмотрен второй вариант ТА второго контура с поверхностями «ПлР-7 – ПлР-9» и иной схемой расположения и конфигурации каналов. Схема ТА представлена на рис.8, схема модуля ТА на рис.9.

Полная компоновочная схема ТА представлена на продольном разрезе двигателя, рис. 10.

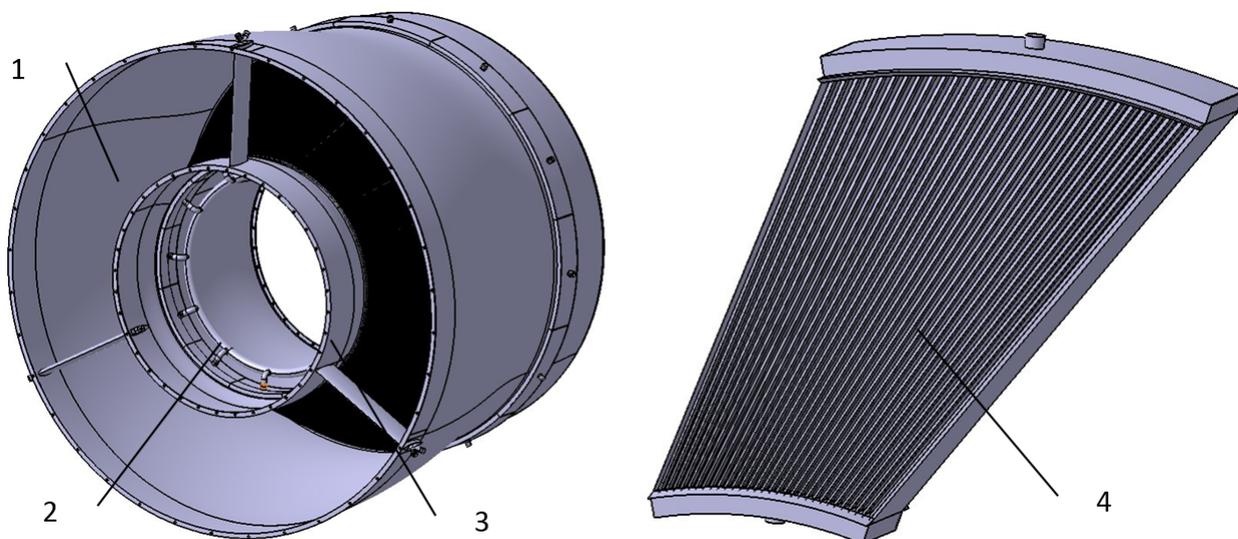


Рис. 8. Схема ТА второго контура:

1 – внешний корпус; 2 – коллектор промежуточного теплоносителя; 3 – внутренний корпус; 4 – модуль теплообменной матрицы

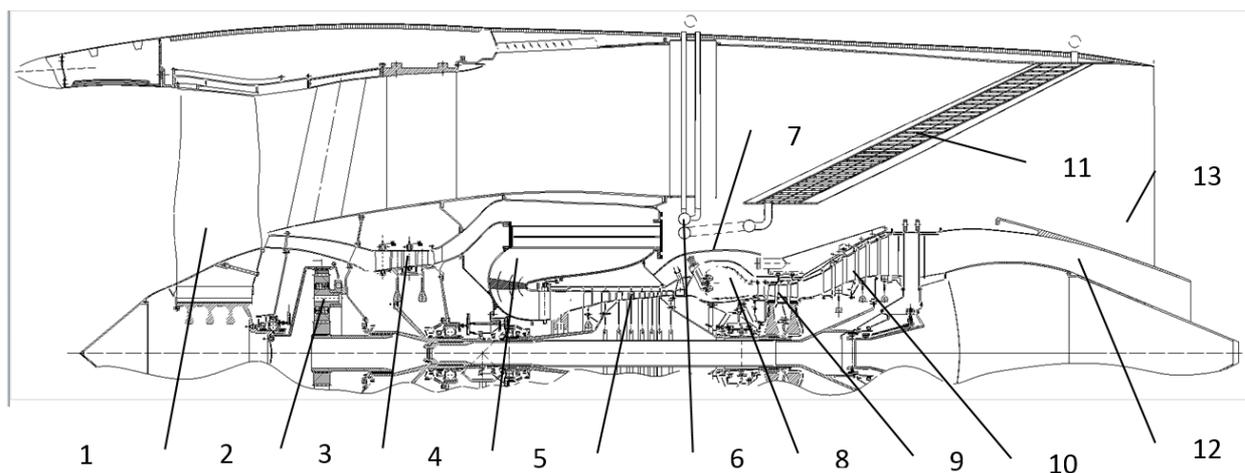


Рис. 10. Продольный разрез двигателя:

1—вентилятор; 2 – редуктор; 3 – КНД; 4 – ТА первого контура; 5 – КВД; 6 – трубопроводы контура промежуточного теплоносителя; 7 – Теплозащита; 8 – камера сгорания; 9 – турбина высокого давления; 10 – турбина низкого давления; 11 – ТА второго контура; 12 – сопло первого контура. 13 – сопло второго контура

Показана возможность реализации промежуточного охлаждения воздуха между компрессорами с утилизацией отведенной теплоты воздухом второго контура. На основе пластинчато-ребристых поверхностей 103-105, ПЛР-7 – ПЛР-8, ПЛР-7 – ПЛР-9 реализованы компактные матрицы ТА первого и второго контуров компактно размещаемые в свободном пространстве первого и второго контура.

Список литературы

1. Иванов В.Л. Двухконтурный воздушно-реактивный двигатель. Авторское свидетельство №209148. 19.04. 1964г. Государственный комитет СССР по делам изобретений и открытий.
2. Иванов В.Л., Щеголев Н.Л., Скибин Д.А. Повышение эффективности двухконтурного турбовентиляторного двигателя // Известия высших учебных заведений. Сер. Машиностроение. 2014. № 11 С. 75-83.
3. Иванов В.Л., Леонтьев А.И., Манушин Э.А., Осипов М.И. Теплообменные аппараты и системы охлаждения газотурбинных и комбинированных установок. М.: МГТУ им. Н. Баумана, 2004. 585 с.
4. Байбузенко И.Н., Седлов А.А., Щеголев Н.Л. Экспериментальное исследование характеристик теплообмена во внутренних каналах систем охлаждения турбины при использовании термохромных жидких кристаллов. № 77-30569/256283 // Наука и

образование. МГТУ им Н.Э. Баумана. Электрон. журнал. 2012. № 1. DOI 77-30569/256283.