

ДОВОДКА СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СТенок ЖАРОВОЙ ТРУБЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ПЛИТ

Анисимов В.М., Чечет И.В., Коломзаров О.В., Бобкова Д.Р., Егорова П.А.,
Абрашкин В.Ю., Анисимов М.Ю., Матвеев С.Г., Киселев А.С.
Самарский университет, г. Самара, vradik@mail.ru

Ключевые слова: система охлаждения, перфорация, камера сгорания, геометрические параметры отверстий, эффективность охлаждения, тепловое состояние стенки.

В настоящее время газотурбинные двигатели работают при высоких значениях степени повышения давления, что в свою очередь приводит к увеличению температуры на входе в камеру сгорания (КС). Кроме того, современная тенденция по снижению эмиссии камеры сгорания ведет к повышению расхода воздуха, проходящего через фронтное устройство. Все это ведет к уменьшению хладоресурса, идущего на охлаждение стенок жаровой трубы (ЖТ), следовательно, разработка новых перспективных мер по обеспечению необходимого уровня температуры стенок ЖТ является актуальной задачей.

Существуют различные виды систем охлаждения стенок ЖТ. Самым эффективным с точки зрения экономии воздуха является транспирационная система охлаждения [1], однако, такой тип охлаждения является не применимой в современных камерах сгорания. Одной из разновидностей транспирационного охлаждения является перфорационное, которое активно исследуется различными авторами [2-7].

В данной работе проводилось исследование по влиянию различных геометрических параметров отверстий перфорационного охлаждения ЖТ современной кольцевой КС на эффективность системы охлаждения. Анализ эффективности проводится с помощью CFD в программном комплексе Ansys Fluent.

Целью работы является исследование влияния различных геометрических параметров отверстий перфорационного охлаждения стенки жаровой трубы кольцевой камеры сгорания на параметр эффективности η , который находится по формуле (1):

$$\eta = \frac{T_{\Gamma} - T_{agi}}{T_{\Gamma} - T_{B}}, \quad (1)$$

где T_{Γ} – температура горячего воздуха на входе,

T_{agi} – адиабатная температура стенки,

T_{B} – температура холодного воздуха.

Было проведено исследование по влиянию следующих геометрических параметров системы перфорационного охлаждения на эффективность охлаждения:

- порядок расположения отверстий (линейный и шахматный);
- углы наклона отверстий;
- разные диаметры отверстий;
- углы поворота отверстий;
- сферические углубления на поверхности стенки;
- разные виды геометрии отверстия.

Объектом исследования для трёхмерного CFD расчета является сектор кольцевой камеры сгорания (10 градусов) с шестью рядами отверстий, который представлен на рис. 1. Толщина стенки составила 1,6 мм. Граничные условия, задаваемые при расчёте, также представлены на рис. 1. Перепад давления на стенке составил 2,5%. Все эти условия соответствуют граничным условиям работы современных камер сгорания.

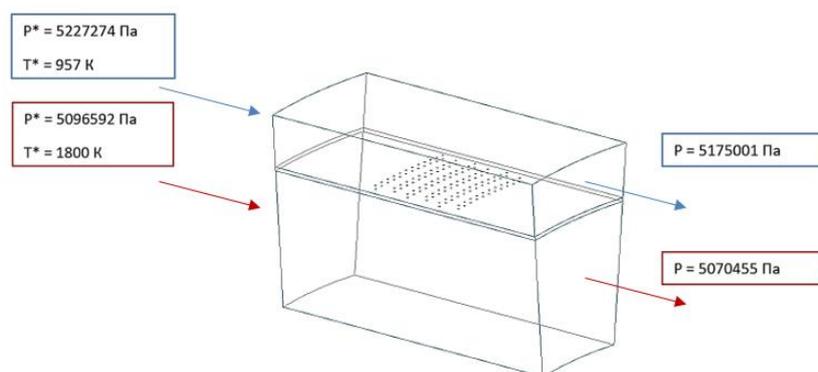


Рисунок 1 – Заданные граничные условия

В результате приведено сравнение зависимости эффективности охлаждения по длине стенки от геометрических параметров. Даны рекомендации по выбору отверстий для наиболее эффективного охлаждения стенок жаровой трубы современных камер сгорания.

По результатам расчёта было определено, что наибольшую эффективность охлаждения имеет вариант с круглыми отверстиями, наклонёнными под углом 20° к стенке и повернутыми под углом 60° относительно нормали стенки, а также прямоугольные щели, наклонённые под углом 20° к стенке. Эти два варианта были применены на современной кольцевой КС.

Результаты расчёта КС, показали, что применение перфорационной системы охлаждения значительно улучшает тепловое состояние стенок ЖТ по сравнению с традиционными. Применение отверстия с углом наклона 20° к стенке и повернутыми под углом 60° оказались более эффективными с точки зрения охлаждения ЖТ, чем щели.

Список литературы

1. Лефевр А. Процессы в камерах сгорания ГТД: Пер. с англ. М. [Текст] / под общ. ред. В.Е. Дорошенко. М.: Мир, 1986. 566 с.
2. Сенюшкин Н.С. Расчет теплового состояния стенок камер сгорания ВРД [Текст] / Н.С. Сенюшкин, В.Ф. Харитонов, Л.Н. Ялчибаева // Вестн. Воронежск. гос. технич. ун-та, 2012. Т. 8, № 5. С. 73-76.
3. Кофман В.М. Математическая модель расчета теплового состояния кольцевых камер сгорания ГТД [Текст] / В.М. Кофман // Вестн. Уфимск. гос. авиац. технич. ун-та, 2013. Т. 17, № 1(54). С. 10-20.
4. Рекин А.Д. Экспериментальное и расчетное исследование теплового и напряженного состояния перфорированной стенки жаровой трубы с различным наклоном отверстий и шагом между ними [Текст] / А.Д. Рекин, В.В. Жестовский, В.П. Лукаш, С.А. Стряпунин // Вестн. Самарск. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. С.П. Королёва (национал. исслед. ун-та), 2002. № 2. С. 82-87.
5. Лукаш В.П. Расчетно-экспериментальное исследование теплового состояния перфорированной стенки жаровой трубы с наклонными щелями [Текст] / В.П. Лукаш, А.И. Майорова, А.Д. Рекин, А.А. Свириденков, С.А. Стряпунин // Вестн. Самарск. гос. аэрокосмич. ун-та им. акад. С.П. Королёва (национал. исслед. ун-та), 2006. № 1. С. 154-160.
6. Халатов А.А. Пленочное охлаждение плоской поверхности двухрядной системой отверстий в сферических углублениях [Текст] / А.А. Халатов, И.И. Борисов, А.С. Коваленко, Ю.Я. Дашевский, С.Д. Северин, С.В. Шевцов, М.В. Безлюдная // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2012. Т. 3, № 10(57). С. 4-8.
7. Ghorab M. Film cooling effectiveness and heat transfer analysis of a hybrid scheme with different outlet configurations [Текст] / M. Ghorab // Applied Thermal Engineering, 2014. V. 63, № 1. P. 200-217.

Сведения об авторах

Анисимов В.М., ассистент кафедры теплотехники и тепловых двигателей, н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: газодинамические расчёты рабочего процесса камер сгорания ГТД.

Чечет И.В., к.т.н., доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей, с.н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: физика и химия процессов горения.

Коломзаров О.В., ассистент кафедры теплотехники и тепловых двигателей, н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: экспериментальные исследования КС ГТД.

Бобкова Д.Р., магистрант, лаборант-исследователь НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: рабочие процессы в КС ГТД.

Егорова П.А., магистрант, лаборант-исследователь НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: рабочие процессы в КС ГТД.

Абрашкин В.Ю., к.т.н., с.н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: экспериментальные исследования КС ГТД.

Анисимов М.Ю., к.т.н., доцент кафедры теплотехники и тепловых двигателей, с.н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: процессы горения в КС авиационных ГТД и наземных энергетических установок.

Матвеев С.Г., к.т.н., доцент, профессор кафедры теплотехники и тепловых двигателей, в.н.с. НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: экспериментальные исследования и моделирование процессов горения применительно к камерам сгорания ГТД и ГТУ, образование и выброс загрязняющих веществ при сжигании углеводородных топлив, применение метано-водородных смесей и водорода в камерах сгорания газотурбинных установок.

Киселев А.С., магистрант, лаборант-исследователь НОЦ ГДИ-209 Самарского университета. Область научных интересов: рабочие процессы в КС ГТД.

DEFINING THE COMBUSTOR COOLING SYSTEM BY USING HEAT-SHIELDING PLATES

Anisimov V.M., Chechet I.V., Kolomzarov O.V., Bobkova D.R., Egorova P.A.,
Abrashkin V.Yu., Anisimov M.Yu., Matveev S.G., Kiselev A.S.
Samara University, Samara, Russia, vradik@mail.ru

Keywords: cooling system, perforation, combustion chamber, geometric parameters of holes, cooling efficiency, thermal state of the wall.

The trend in the development of GTE is accompanied by an increase in the air temperature in front of the combustion chamber CC and an increase in the air flow rate passing through the CC front plate, which leads to a decrease in the cooling resource used to cool the flame tube walls. Therefore, to ensure the required level of temperature of the flame tube, a perforation cooling system was used instead of the traditional one. In this work, a study was carried out on the effect of various geometric parameters of holes on the efficiency of the cooling system. The most effective options were applied on a real CC.