

УДК 621.45.034

Сравнение двух способов определения теплового состояния стенок жаровой трубы камеры сгорания газотурбинного двигателя

Юкина Дарья Романовна^(*)

bobkova.dr@ssau.ru

Самарский университет, Самара, Россия

Аннотация. Выполнен расчет теплового состояния стенок жаровой трубы (ЖТ) с использованием Ansys Fluent и доработанной методики одномерного расчета камеры сгорания (КС) при повышенных параметрах. Построена зависимость распределение температуры на поверхностях стенки по длине ЖТ. Установлено соответствие между значениями температуры для обоих способов. Доработанная одномерная методика позволяет определить температуру стенок ЖТ на этапе предварительного проектирования при перфорационном охлаждении.

Ключевые слова: камера сгорания, перфорационное охлаждение, тепловое состояние, жаровая труба

Введение. Существующие одномерные методики позволяют в первом приближении определить геометрические размеры ЖТ и КС в целом [1], а в ходе теплового и гидравлического расчета определяются изменения параметров по длине ЖТ [2]. Для наполненности одномерной методики необходимо включить в нее методику по определению температуры на поверхности стенки, которая позволяет заранее и быстро оценить тепловое состояние стенок и определить количество охлаждающего воздуха. В работе представлен подход к методике по определению теплового состояния, которая включает в себя учет геометрических особенностей отверстий охлаждения, подогрев в отверстиях, а также уточненные коэффициенты теплоотдачи.

Материалы и методы; результаты. Определение теплового состояния стенок ЖТ осуществлялось на базе нескольких методик [3, 4].

Этапы расчета:

- 1) определение геометрических параметров;
- 2) определение расходов воздуха в ЖТ, отверстиях и кольцевом канале;
- 3) задание теплофизических параметров;
- 4) определение слагаемых уравнений теплового баланса;
- 5) решение системы уравнений относительно T_{w1} и T_{w2} .

Объектом исследования является кольцевая КС с шестью рядами отверстий ($j = 6$), расстояние между отверстиями $E = 0,012$ м, расстояние между рядами $S = 0,0095$ м, диаметр отверстий 1,5 мм. Отверстия выполнены под наклоном $\alpha = 20^\circ$. Толщина стенки $\delta = 0,0015$ м, длина $L = 0,072$ м.

Расчет выполняется для каждого ряда отверстий, где i — номер ряда, 1 — индекс основного потока, 2 — индекс потока в кольцевом канале.

Режимные параметры:

$T_{10} = 2000$ — температура до системы охлаждения, К;

$T_{1N} = 1881$ — температура после системы охлаждения, К;

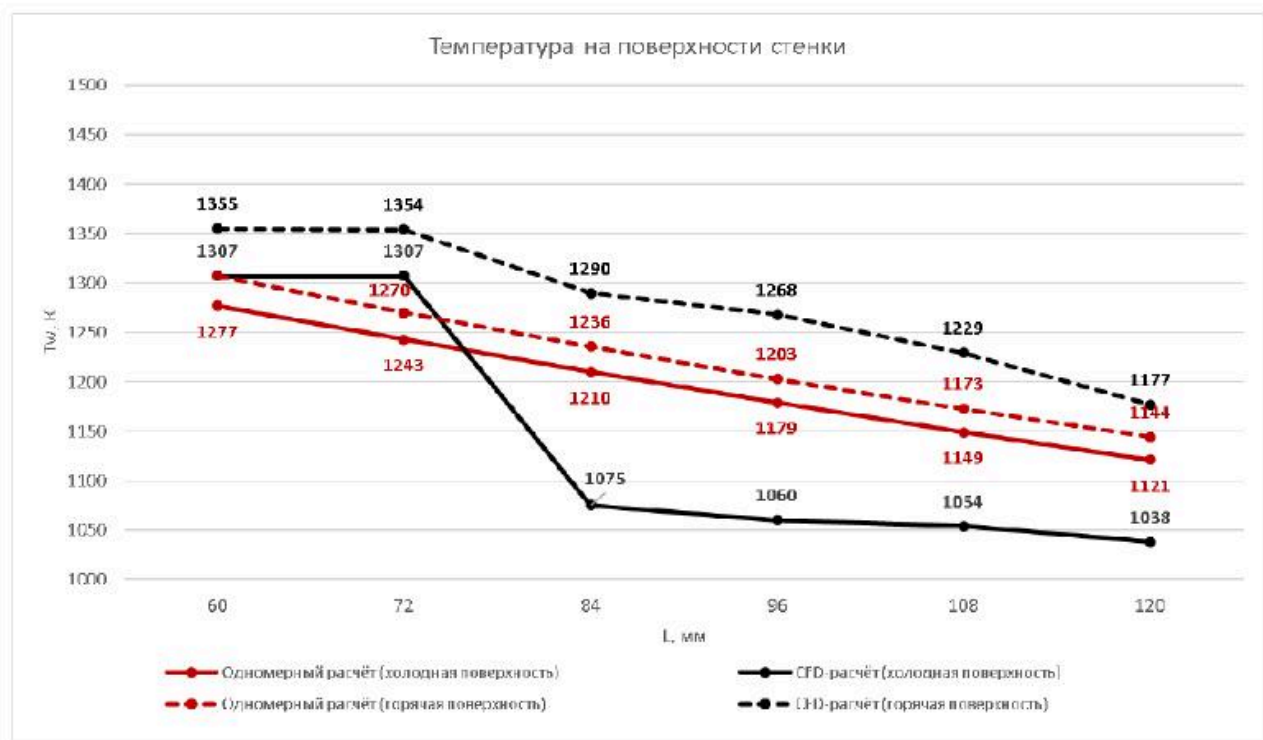
$T_{2_i} = 1100$ — температура охлаждающего воздуха с учетом подогрева, К;

$P = 4825$ — давление в жаровой трубе, кПа. Перепад не превышал 3 %.

Итоговая система уравнений для первого ряда отверстий:

$$\begin{cases} \alpha_1(T_{aw} - T_{w1i}) - \alpha_{отв} \left(\frac{T_{w1i} + T_{w2i}}{2} - T_{2i} \right) - \frac{\lambda_w(T_{w1i} - T_{w2i})}{\delta} = 0; \\ \alpha_2(T_{w1i} - T_{2i}) - \frac{\lambda_w(T_{w1i} - T_{w2i})}{\delta} = 0. \end{cases} \quad (1)$$

На рисунке представлено распределение температур представлено для всех рядов отверстий охлаждения.



Распределение температуры стенки по длине перфорационного охлаждения при одномерном и CFD расчетах

Заключение. Составлена модернизированная одномерная методика по определению теплового состояния стенок ЖТ кольцевой КС при перфорационном охлаждении. Выполнен расчет на модельной задаче. По результатам расчета проведено сравнение. Отличие двух способов расчета горячей и холодной поверхностей стенки составили 4,4 и 8 % соответственно. Данную

методику можно использовать на этапе предварительного проектирования, чтобы заложить наиболее эффективную систему охлаждения.

Список источников

- [1] Резник В.Е. *Проектный расчет камеры сгорания авиационного ГТД*. Куйбышев, Изд-во КуАИ, 1982, 84 с.
- [2] Диденко А.А. *Теория и расчет камер сгорания ВРД. Часть III. Тепловой и гидравлический расчеты КС ГТД*. Самара, Изд-во СГАУ, 2012, 53 с.
- [3] Лефевр А. *Процессы в камерах сгорания ГТД*. Москва, Мир, 1986, 566 с.
- [4] Wang Q. A simple temperature calculating method of flame tube inclined multi-hole wall. *Case Studies in Thermal Engineering*, 2019, vol. 14, pp. 1–9.