



УДК 621.43.056

РАСЧЕТ ТЕПЛООБМЕННОГО АППАРАТА ДЛЯ ИСПАРЕНИЯ КЕРОСИНА ВЫХЛОПНЫМИ ГАЗАМИ ГТД

CALCULATION OF THE HEAT EXCHANGER FOR EVAPORATION OF KEROSENE BY EXHAUST GASES GTE

Гараев Алмаз Ильшатович

студент,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ

Бакланов Андрей Владимирович

кандидат технических наук, доцент кафедры РДЭУ,
Казанский национальный исследовательский технический
университет им. А.Н. Туполева – КАИ
almazsdf@mail.ru

Аннотация. В данной работе предложен способ испарения керосина горячими газами, формируемыми газотурбинным двигателем. Разработана методика расчета теплообменного аппарата необходимого для обеспечения испарения керосина.

Ключевые слова: расчет, теплообменный аппарат, испарение керосина.

Garaev Almaz Ilshatovich

Student,
Kazan National Research
Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI

Baklanov Andrey Vladimirovich

Candidate of technical sciences,
Associate Professor JEPF,
Kazan National Research
Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI
almazsdf@mail.ru

Annotation. In this paper we propose a method for vaporizing kerosene with hot gases generated by a gas turbine engine. A method for calculating the heat exchanger required to ensure the evaporation of kerosene has been developed.

Keywords: payment, heat exchanger, kerosene vapor.

Камеры сгорания газотурбинных установок работают на газообразном топливе [1]. Перед постановкой на двигатель необходимо провести испытания камер сгорания для определения температурного поля на выходе, потерь давления, устойчивости запуска и других характеристик. Для проведения испытаний камер сгорания ГТУ необходимо обеспечить подвод газообразного топлива к исследуемой камере [2]. В случае, когда отсутствует природный газ, но в наличии есть керосин, то представляется возможным выполнять подвод испаренного керосина к испытываемой камере. Зачастую в качестве воздухоподогревателя для стенда испытаний камер сгорания используется газотурбинный двигатель, имеющий отборы воздуха, подводимого к камере [3]. На выходе из двигателя происходит истечение высокотемпературных газов, которые можно использовать для испарения керосина. Для этих нужд необходим теплообменный аппарат. Он (рис. 1) содержит змеевик 1, расположенный в цилиндрическом кожухе 2, который устанавливается на выходе из сопла 3 газотурбинного двигателя.

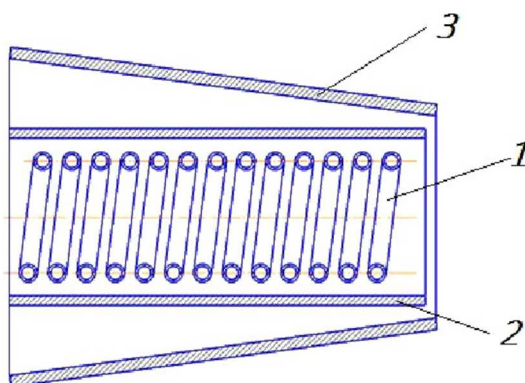


Рисунок 1 – Схема теплообменного аппарата

Расчет теплового потока и потребной длины трубки на участке нагревания керосина до температуры кипения.

Скорость газа на срезе сопла:

$$V_{\Gamma} = \frac{G_{\Gamma}}{\rho_{\Gamma} \cdot F_{\Gamma}}$$



Число Рейнольдса:

$$Re_{\Gamma} = \frac{V_{\Gamma} \cdot d_{нар}}{\nu_{\Gamma}},$$

где ν_{Γ} – кинематическая вязкость.

При последовательном расположении трубок в теплообменнике и $Re_{\Gamma} = 2 \times 10^2 \dots 2 \times 10^5$ безразмерный коэффициент теплоотдачи вычисляется по формуле:

$$Nu_{\Gamma} = 0,02 \cdot Re_{\Gamma}^{0,65} \cdot Pr_{\Gamma}^{0,33} \cdot \left(\frac{Pr_{\Gamma}}{Pr_{\Gamma,СТ.}} \right)^{0,25}.$$

Коэффициент теплоотдачи от газа к стенке трубки [4]:

$$\alpha_{\Gamma} = \frac{Nu_{\Gamma} \cdot \lambda_{\Gamma}}{d_{нар}},$$

где λ_{Γ} – коэффициент теплопроводности.

Средняя скорость керосина в трубке:

$$V_{\kappa} = \frac{G_{\kappa}}{\rho_{\kappa} \cdot F_{ТР}}.$$

Число Рейнольдса:

$$Re_{\kappa} = \frac{V_{\kappa} \cdot d_{вн}}{\nu_{\kappa}}.$$

Течение турбулентное ($Re > 1 \times 10^4$).

Безразмерный коэффициент теплоотдачи вычисляется по формуле:

$$Nu_{\kappa} = 0,021 \cdot Re_{\kappa}^{0,8} \cdot Pr_{\kappa}^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_{\kappa}}{Pr_{\kappa,СТ.}} \right)^{0,25}.$$

где Pr – число Прандтля.

Поправочный коэффициент для изогнутых труб:

$$S_R = 1 + 1,77 \cdot \left(\frac{d_{вн}}{R_3} \right).$$

Коэффициент теплоотдачи от стенки трубки к керосину:

$$\alpha_{\kappa} = S_R \cdot \frac{Nu_{\kappa} \cdot \lambda_{\kappa}}{d_{вн}}.$$

Плотность теплового потока [5]:

$$q = \frac{t_{\Gamma} - t_{\kappa,CP}}{\frac{1}{\alpha_{\Gamma}} + \frac{\delta_{СТ}}{\lambda_{СТ}} + \frac{1}{\alpha_{\kappa}}}.$$

Проверка температуры на стенке трубки:

$$t_{СТ} = t_{\kappa,CP} + q \cdot \frac{1}{\alpha_{\kappa}},$$



$$t_{СТ} = t_{Г} - q \cdot \frac{1}{\alpha_{Г}}$$

Количество аккумулируемого тепла, необходимо для нагревания керосина до температуры кипения:

$$Q_{нагр} = Q_{180^{\circ}} - Q_{20^{\circ}} = G_{К} \cdot C_{К} (t_{к2} - t_{к1}) \tau.$$

Потребная площадь поверхности трубки:

$$F_{пов.нагр} = \frac{Q_{нагр}}{q}.$$

Потребная длина трубки:

$$l_{тр.нагр} = \frac{F_{пов}}{\pi \left(\frac{d_{вн} + d_{нар}}{2} \right)}.$$

Произведя расчет теплового потока и потребной длины трубки на участке испарения керосина по аналогии с представленным выше расчетом производится расчет геометрии теплообменника.

Длина витка змеевика:

$$L_{ВИТ} = \pi \cdot D_3.$$

Суммарная длина топливной трубки в змеевике:

$$L_{тр} = L_{тр.нагр} + L_{тр.исп}.$$

Число витков змеевика:

$$n = \frac{L_{тр}}{L_{ВИТ}}.$$

Длина змеевика при шаге между витками:

$$L_{ш} = d_{нар} \cdot 3,$$

$$L_3 = L_{ш} \cdot n.$$

Выводы:

1. Разработан способ испарения керосина выхлопными газами ГТД.
2. Разработан способ использования испаренного керосина в качестве топлива для проведения испытаний камер сгорания, работающих на газообразном топливе.
3. Разработана методика расчета, позволяющая определить геометрию теплообменника для испарения керосина.

Литература:

1. Бакланов А.В. Влияние формы насадка вихревой горелки на смешение в закрученной струе / А.В. Бакланов, А.Н. Маркушин, Н.Е. Цыганов // Вестник казанского государственного технического университета имени А.Н. Туполева. – 2014. – № 3. – С. 13–18.
2. Маркушин А.Н. Исследование рабочего процесса камер сгорания в составе ГТД / А.Н. Маркушин, А.В. Бакланов // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. – 2016. – Т. 15. – № 3. – С. 81–89.
3. Бакланов А.В. Малоэмиссионная камера сгорания диффузионного типа с микропламенным горением для конвертированного авиационного газотурбинного двигателя // Вестник Московского авиационного института. – 2017. – Т. 24. – № 2. – С. 57–68.
4. Расчет теплообменника : метод. указания / Сост.: А.Б. Мозжухин, Е.А. Сергеева; Под ред. Н.Ц. Гагатовой. – ТГТУ. – Тамбов, 2001. – 32 с.
5. Расчет теплообменника : метод. указания / Сост.: А.Б. Мозжухин, Е.А. Сергеева. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2007. – 32 с.

**References:**

1. Baklanov A.V. The influence of the shape of the nozzle of a vortex burner on mixing in a swirling stream / A.V. Baklanov, A.N. Markushin, N.E. Tsyganov // Bulletin of Kazan State Technical University named after A.N. Tupolev. – 2014. – № 3. – P. 13–18.
2. Markushin A.N. The study of the process of combustion chambers as part of a gas turbine engine / A.N. Markushin, A.V. Baklanov // Bulletin of Samara University. Aerospace engineering, technology and engineering. – 2016. – Vol. 15. – № 3. – P. 81–89.
3. Baklanov A.V. Low-emission diffusion-type combustion chamber with microflame burning for a converted aviation gas turbine engine // Moscow Aviation Institute Bulletin. – 2017. – Vol. 24. – № 2. – P. 57–68.
4. Calculation of the heat exchanger : method. Instructions / Comp.: A.B. Mozhukhin, E.A. Sergeeva; Edited by N.Ts. Gatapova. – TSTU. – Tambov, 2001. – 32 p.
5. Calculation of the heat exchanger: method. instructions / Comp. : A.B. Mozhukhin, E.A. Sergeeva. – Tambov : Publishing house of Tamb. state tech. University, 2007. – 32 p.