



УДК 621.452.3:621.43.055

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЕ КАМЕРЫ СГОРАНИЯ ГТД

DETERMINATION OF HYDRAULIC LOSSES IN THE FUEL SYSTEM OF THE GTE COMBUSTION CHAMBER

Краснов Дмитрий Сергеевич

студент,
Казанский национальный исследовательский
технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ
dima-krasnov-09@mail.ru

Бакланов Андрей Владимирович

кандидат технических наук,
доцент кафедры РДИЭУ,
Казанский национальный исследовательский
технический университет имени А.Н. Туполева – КАИ
andreybaklanov@bk.ru

Аннотация. В данной работе рассматривается топливная система стационарной газотурбинной установки НК-16СТ. Разработана методика определения гидравлических потерь в топливной системе камеры сгорания ГТД. Произведено сравнение расчетных и экспериментальных данных.

Ключевые слова: расчет, потери давления, топливная система, гидравлические потери.

Krasnov Dmitry Sergeevich

Student,
Kazan National Research
Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI
dima-krasnov-09@mail.ru

Baklanov Andrey Vladimirovich

Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of JEandPP,
Technical University
named after A.N. Tupolev – KAI
andreybaklanov@bk.ru

Annotation. In this paper, the fuel system of a stationary gas turbine unit NK-16ST is considered. A method for determination hydraulic losses in the fuel system of the gas turbine combustion chamber is developed. The calculated and experiment data are compared.

Keywords: calculation, pressure loss, fuel system, hydraulic losses.

Топливная система ГТД представляет из себя гидравлическую систему, состоящую из набора гидравлических элементов, которые соединены между собой. Обычно она состоит из элементов предназначенных для передачи жидкости или газа на расстояние (трубопроводы), управления потоком (клапаны, заслонки), изменения направлений и разделения потока (колена, отводы, тройники, коллекторы) изменения скорости (сужения, расширения), дозирования и организации распыливания (жиклеры, форсунки) [1].

Определение гидравлических потерь проводится для участков топливной системы от дозатора газа до выхода из форсунки [2].

Методика расчета заключается в следующем:

– При расчете конечный участок топливной системы разделяется на отдельные участки (участок содержит только одно путевое или местное сопротивление), гидравлические сопротивления которых составляют в сумме потери давления на всем участке.

• выбирается расчетный участок;

• части системы, примыкающие к нему, отбрасываются, и заменяются граничными условиями

– Определяются теплофизические свойства рабочего тела. При заданной температуре обычно это определяют по справочным данным (плотность, динамическая вязкость).

– Записываются и решаются уравнения, определяющие граничные условия на выбранном участке, и тем самым определяются значения их величин (расход рабочего тела через участок, скорость течения рабочего тела в участке).

– Определение режима течения жидкости (число Рейнольдса, приведенная плотность потока массы, приведенная скорость), из которого определяются скоростной напор.

– Коэффициент сопротивления зависит от конструкции конкретного элемента участка. Он определяется из [3]. В нем приводятся формула для расчетного определения коэффициента сопротивления в зависимости от его основных параметров, а также графическое изображение этой зависимости и таблицы численных значений коэффициента сопротивления.

– Потери давления на участке определяются произведением скоростного напора и коэффициента сопротивления.

Расчет потерь давления ведется по элементам топливной системы, начиная от среза форсунок.



Результатом расчета является определение потерь давлений на участках, и требуемого давления на входе в топливную систему [4].

В соответствии с предложенной методикой выполнен расчет топливной системы стационарной газотурбинной установки НК-16СТ служащей для привода нагнетателя газоперекачивающего агрегата. Принципиальная схема топливной системы представлена на рисунке 1. Она состоит из начального участка (от топливной магистрали до дозатора газа) и конечного участка (от дозатора газа, до выхода из топливных форсунок). *Конечный участок топливной системы состоит из [5]:*

- дозатор газа,
- топливный патрубок,
- ресивер,
- штуцер подвода топлива,
- топливный коллектор плиты,
- топливные каналы от коллектора к форсункам,
- форсунка камеры сгорания,
- сечение на выходе из форсунки.

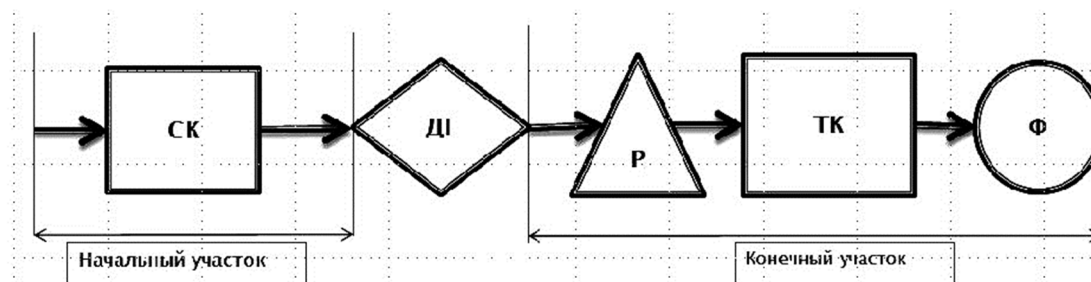


Рисунок 1 – Принципиальная схема топливной системы:

СК – стопорный клапан; ДГ – дозатор газа; Р – распределитель; ТК – топливный коллектор; Ф – форсунка

В ходе расчета были использованы следующие формулы:

Число Рейнольдса:

$$Re = \frac{G_T \cdot D_0}{n_{фор} \cdot F_0 \cdot \mu}$$

Определение приведенной плотности потока:

$$q(\lambda) = \frac{G_T \cdot \sqrt{T}}{n_{фор} \cdot m_{кр} \cdot F_0 \cdot P_i}$$

Скоростной напор:

$$\frac{\rho \cdot w^2}{2} = 0,358 \cdot P_i \cdot q(\lambda) \cdot \lambda.$$

Потери давления:

$$\Delta P_i = \varepsilon \cdot \frac{\rho \cdot w^2}{2}.$$

Для проверки эффективности разработанной методики в контрольных сечениях топливной системы двигателя НК-16СТ установлены датчики определения давления и проведены испытания двигателя с выходом на режимы снятия дроссельной характеристики [6, 7].

По результатам испытаний выявлено, что отклонение расчетных и экспериментальных данных не превысило 10 %.

Выводы:

1. Разработана методика расчета для определения гидравлических потерь в топливной системе ГТД.
2. Произведен расчет потерь давления в топливной системе стационарного ГТД, работающего на природном газе.
3. Произведено измерение давления в контрольных сечениях топливной системы.
4. Подтверждена хорошая сходимость расчетных и экспериментальных данных.

**Литература:**

1. Маркушин А.Н. Гидравлические потери в серийной и модернизированной многофорсуночной камере сгорания ГТД / А.Н. Маркушин, А.В. Бакланов, Г.Ф. Салимзянова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18. – № 1. – С. 90–94.
2. Маркушин А.Н. Гидравлические характеристики укороченной многофорсуночной камеры сгорания ГТД / А.Н. Маркушин, А.В. Бакланов // Авиационно-космическая техника и технология. – 2013. – № 8. – С. 131.
3. Идельчик И.Е. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. – 1975.
4. Бакланов А.В. Влияние направляющего аппарата на гидравлические характеристики камеры сгорания ГТД / А.В. Бакланов, А.Н. Маркушин, Г.Ф. Салимзянова // Сборник: Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики «АНТЭ-2015»: материалы Международной научно-технической конференции / Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева – КАИ (КНИТУ-КАИ), Лаборатория МФТП (КНИТУ-КАИ), 2015. – С. 757–762.
5. Гриценко Е.А. Конвертирование авиационных ГТД в газотурбинные установки наземного применения / Е.А. Гриценко, В.П. Данильченко, С.В. Лукачев и др. – Самара : СНЦ РАН, 2004. – 266 с.
6. 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.
7. Маркушин А.Н. Испытательные стенды для исследования процессов и доводки низкоэмиссионных камер сгорания ГТД / А.Н. Маркушин, А.В. Бакланов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва (национального исследовательского университета). – 2013. – № 3-1(41). – С. 131–138.

References:

1. Markushin A.N. Hydraulic losses in a serial and modernized multiforsunochnoy combustion chamber of the gas turbine engine / A.N. Markushin, A.V. Baklanov, G.F. Salimzyanova // Izvestiya Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences. – 2016. – Vol. 18. – № 1. – P. 90–94.
2. Markushin A.N. Hydraulic characteristics of a shortened multiforsunochnoy combustion chamber of the gas turbine engine / A.N. Markushin, A.V. Baklanov // Aviation and space engineering and technology. – 2013. – № . 8. – P. 131.
3. Idelchik I.E. Handbook of hydraulic resistance. – 1975.
4. Baklanov A.V. Influence of the guide device on the hydraulic characteristics of the combustion chamber of the gas turbine engine / A.V. Baklanov, A.N. Markushin, G.F. Salimzyanova // Collection: Problems and prospects of aviation, ground transport and energy «ANTE-2015» – Materials international scientific and technical conference. Kazan national research technical University named after A.N. Tupolev – KAI (KNITU-KAI), mftp laboratory (KNITU-KAI), 2015. – P. 757–762.
5. Gritsenko E.A. Conversion of aviation gas turbine engines to gas turbine installations for ground use / E.A. Gritsenko, V.P. Danilchenko, S.V. Lukachev, etc. – Samara : SNC RAS, 2004. – 266 p.
6. Markushin A.N. Study of the working process of combustion chambers in the gas turbine engine / A.N. Markushin, A.V. Baklanov // Bulletin of the Samara University. Aerospace engineering, technologies and mechanical engineering. – 2016. – Vol. 15. – № 3. – P. 81–89.
7. Markushin A.N. Test stands for research of processes and finishing of low-emission combustion chambers of GTE / A.N. Markushin, A.V. Baklanov // Bulletin of the Samara state aerospace University named after academician S.P. Korolev (national research University). – 2013. – № 3-1(41). – P. 131–138.