

РАЗДЕЛ. ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.7730000>

УДК 621.45.026.2

**СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ УДЕЛЬНОГО РАСХОДА ТОПЛИВА
ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

М.А. Горячев,

магистрант 2 курса

О.В. Батури,

доц.,

Самарский университет,

г. Самара

Аннотация: В статье рассматриваются способы снижения удельного расхода топлива газотурбинного двигателя (ГТД). В статье освещаются два основных способа уменьшения удельного расхода топлива ГТД изменением: степенью сжатия воздуха в компрессоре, температурой газа перед турбиной. Исследование ведется через рассмотрение такой проблемы, как экономия топлива во время работы ГТД. Удельный расход топлива – отношение часового массового расхода топлива к тяге. В заключении приведен вывод о наиболее подходящем способе уменьшения удельного расхода топлива.

Ключевые слова: газотурбинный двигатель, удельный расход топлива, регенерация тепла, степень сжатия воздуха, температура газа перед турбиной

**METHODS OF SPECIFIC FUEL CONSUMPTION'S
REDUCE FOR GAS TURBINE ENGINE**

M.A. Goryachev,

2nd year master's student,

O.V. Baturin,

Associate professor,

SSAU,

Samara

Annotation: The article discusses methods of specific fuel consumption's reduce for gas turbine engine. Also the article discusses two main methods of specific fuel consumption's reduce by changing of air compression ratio, gas temperature before a turbine. This research is begun to reduce gas turbine engine's fuel consumption. The specific fuel consumption is the amount of fuel consumed by a vehicle for each unit of power output. There is the summary about a more correct method of specific fuel consumption's reducing at conclusion.

Keywords: gas turbine engine, specific fuel consumption, regeneration heat, air compression ratio, gas temperature before turbine

У газотурбинных двигателей (ГТД) наблюдается сильное влияние числа Рейнольдса (Re) на коэффициент полезного действия (КПД) лопаточных машин (ЛМ), существенно могут отличаться конструкции компрессора и турбины. С уменьшением размеров двигателя происходит увеличение относительных радиальных зазоров и размеров входных и выходных кромок. Все это ведет к ухудшению удельных параметров ГТД.

Повышение параметров цикла в ГТД ведет к уменьшению размеров лопаточных машин в следствие увеличиваются относительные радиальные зазоры [1-3]. В результате происходит резкое увеличение гидравлических потерь в тракте, что снижает КПД компрессора и турбины, повышая потери от перетекания газа через радиальные зазоры, делая дальнейшее повышение параметров цикла бессмысленными (по КПД) [4-6].

Переход к сложному термодинамическому циклу с регенерацией тепла позволяет повысить топливную экономичность ГТД при сохранении эффективности его узлов. Регенерация тепла может быть обеспечена за счет применения теплообменника, в котором воздух после компрессора дополнительно подогревается выхлопными газами из-за турбины. Таким образом, часть энергии выхлопных газов возвращается в цикл, вследствие чего снижается количество дополнительной энергии, требуемой для поддержания рабочего режима двигателя и, соответственно, снижается расход топлива [7].

Варианты снижения удельного расхода топлива [8]:

1. Влияние температуры газа перед турбиной. Удельный расход топлива $C_{уд}$ изменяется обратно пропорционально общему η_o , который равен $\eta_o = \eta_e * \eta_{гИ} * \eta_{п}$. При увеличении $T_{г}^*$ возрастает работа цикла L_e , и возрастает удельная тяга через первый контур $P_{удГ1}$, $C_{уд}$ изменяется обратно пропорционально $P_{удГ1}$. Приведены следующие формулы для объяснения (1), (2), (3)

$$P_{удГ1} = \left(\sqrt{\frac{2 * L_e * \eta_{гИ}}{m+1}} + V_{п}^2 - V_{п} \right) (m + 1), \quad (1)$$

$$L_e = c_p * T_{г}^* \left(1 - \frac{1}{e} \right) \eta_p - c_p * T_H (e - 1) \frac{1}{\eta_{сж}}, \quad (2)$$

$$C_{уд} = \frac{3600 * V_{г}'}{P_{удГ1}}, \quad (3)$$

где $V_{п}$ – скорость полета;

$\eta_{гИ}$ – коэффициент гидравлических потерь;

m – степень двухконтурности;

c_p – изобарная теплоемкость;

$\eta_{сж}$ – КПД сжатия;

η_p – КПД расширения.

Увеличение параметра $T_{г}^*$ на общий КПД и удельный расход топлива оказывает противоположное влияние. Вначале (при небольших температурах) преобладает уменьшение доли тепла, идущего на преодоление гидравлических потерь, затем (при высоких температурах) – увеличение потерь кинетической энергии. Это приводит к тому, что общий КПД вначале увеличивается, затем уменьшается, а при некоторой температуре, которую называют экономической $T_{г.эж}^*$ имеет место максимум. График представлен на рисунке 1.

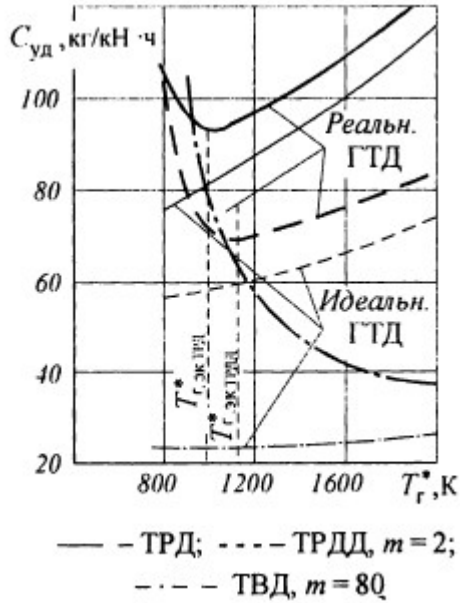


Рисунок 1 – Зависимость удельного расхода топлива от полной температуры газа перед турбиной

2. Минимум удельного расхода топлива достигается при суммарной степени повышения давления, которой называют экономической $\pi_{\Sigma эк}$. График, показывающий зависимость $C_{уд}$ от $\pi_{\Sigma эк}$ представлен на рисунке 2.

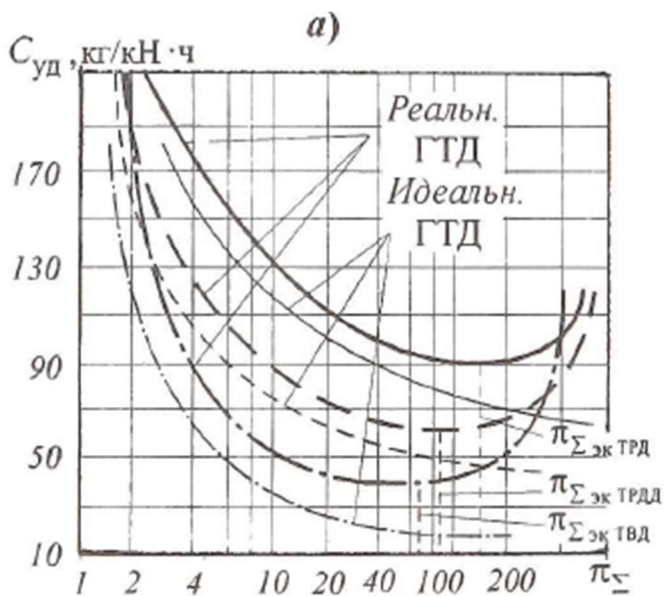


Рисунок 2 – График зависимости $C_{уд}$ от $\pi_{\Sigma эк}$

В заключение следует отметить, что наиболее эффективным способом снижения удельного расхода топлива является использование сразу двух методов, приведенных выше. При корректном изменении данных параметров: степени сжатия воздуха в компрессоре и температуры газа перед турбиной достигается оптимальное значение $C_{уд}$.

Список литературы

[1] Малоразмерные авиационные газотурбинные двигатели: учебное пособие / В.А. Григорьев, В.С. Кузьмичев, В.А. Зрелов и др.; под общей редакцией В.А. Григорьева и А.И. Ланшина. – Самара: Издательство Самарского университета, 2021. 436 с.: ил.

[2] Филинов Е.П. Методы и средства выбора параметров рабочего процесса и схем малоразмерных турбореактивных двигателей на этапе концептуального проектирования / Е.П. Филинов – Самара: Издательство Самарского университета, 2019. 149 с.

[3] Осипов И.В. Разработка малоразмерных ГТД различного типа на базе унифицированного газогенератора / И.В. Осипов, В.С. Ломазов – Москва: Издательство центрального института авиационного машиностроения им. П. И. Баранова, 2019. 18 с.

[4] Кузьмичев В.С. Влияние размерности турбореактивных двигателей на выбор оптимальных параметров рабочего процесса / В.С. Кузьмичев, А.Ю. Ткаченко, Е.П. Филинов – Самара: Издательство Самарского университета. 13 с.

[5] Кузьмичев В.С. Прогнозирование оптимальных параметров рабочего процесса ТРДД шестого поколения традиционных схем на основе численного моделирования / В.С. Кузьмичев, А.Ю. Ткаченко, Я.А. Остапук, Е.П. Филинов – Самара: Издательство Самарского университета, 2015. 10 с.

[6] Кузьмичев В.С. Сравнительный анализ автоматизированных систем проектирования газотурбинных двигателей / В.С. Кузьмичев, А.Ю. Ткаченко, Я.А. Остапук, Е.П. Филинов – Самара: Издательство Самарского университета, 2015. 12 с.

[7] Кулагин В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Учебник. Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ. / В.В. Кулагин // Кн. 1. Совместная работа узлов выполненного двигателя и его характеристики. Кн. 2 – М.: Машиностроение, 2002. 616 с.: ил.

[8] Старцев Н.И. Конструкция и проектирование основных узлов и систем авиационных двигателей и энергетических установок. Кн. 2 Камеры сгорания и опоры ГТД [Электронный ресурс]: учеб. / Н.И. Старцев. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2013.

Bibliography (Transliterated)

[1] Small-sized aviation gas turbine engines: textbook / V.A. Grigoriev, V.S. Kuzmichev, V.A. Zrellov and others; under the general editorship of V.A. Grigorieva and A.I. Lanshin. - Samara: Samara University Press, 2021. 436 p.: ill.

[2] Filinov E.P. Methods and tools for selecting the parameters of the workflow and schemes of small-sized turbojet engines at the stage of conceptual design / E.P. Filinov - Samara: Samara University Press, 2019. 149 p.

[3] Osipov I.V. Development of small-sized gas turbine engines of various types based on a unified gas generator / I.V. Osipov, V.S. Lomazov - Moscow: Publishing house of the Central Institute of Aviation Engineering. P. I. Baranova, 2019. 18 p.

[4] Kuzmichev V.S. Influence of the dimensions of turbojet engines on the choice of optimal parameters of the working process / V.S. Kuzmichev, A.Yu. Tkachenko, E.P. Filinov - Samara: Samara University Press. 13 p.

[5] Kuzmichev V.S. Forecasting the optimal parameters of the working process of the sixth generation turbofan engines of traditional schemes based on numerical simulation / V.S. Kuzmichev, A.Yu. Tkachenko, Ya.A. Ostapyuk, E.P. Filinov - Samara: Samara University Press, 2015. 10 p.

[6] Kuzmichev V.S. Comparative analysis of automated systems for designing gas turbine engines / V.S. Kuzmichev, A.Yu. Tkachenko, Ya.A. Ostapyuk, E.P. Filinov - Samara: Samara University Press, 2015. 12 p.

[7] Kulagin V.V. Theory, calculation and design of aircraft engines and power plants: Textbook. Fundamentals of the theory of gas turbine engines. Working process and thermogasdynamic analysis. / V.V. Kulagin // Book. 1. Joint operation of the components of the completed engine and its characteristics. Book. 2 - М.: Mashinostroenie, 2002. 616 p.: ill.

[8] Startsev N.I. Construction and design of the main components and systems of aircraft engines and power plants. Book. 2 Combustion chambers and GTE supports [Electronic resource]: textbook. / N.I. Startsev. - Samara: Samar Publishing House. state aerospace un-ta, 2013.

© М.А. Горячев, О.В. Батурин, 2023

Поступила в редакцию 4.02.2023
Принята к публикации 16.02.2023

Для цитирования:

Горячев М.А., Батурин О.В. Способы снижения удельного расхода топлива газотрубинного двигателя // Инновационные научные исследовани. 2023. № 2-2(26). С. 75-81. URL: <https://ip-journal.ru/>