

ОСОБЕННОСТИ ВЫСОТНО-СКОРОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДЕТОНАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 В.В. Кулагин, А.Ю. Ткаченко, В.Н. Рыбаков

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королёва

DISTINCTIVE FEATURES OF ALTITUDE-VELOCITY PERFORMANCES FOR PULSE DETONATION GAS TURBINE ENGINES

Kulagin V. V., Tkachenko A. Y., Rybakov V. N. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The article describes the distinctive features of altitude-velocity performances of pulse detonation gas turbine engines. The study deals with scheme of pulse detonation gas turbine engines. The study deals with comparison of pulse detonation gas turbine engines.

Как известно, в последнее десятилетие темп улучшения основных удельных параметров газотурбинных двигателей (ГТД) заметно снизился [1, 2]. Это объясняется тем, двигатели почти достигли своих предельных возможностей (так называемого «термодинамического насыщения»), и дальнейший прогресс будет связан со значительными трудностями и будет проходить по эволюционному пути, т.е. за счёт доработки отдельных конструкторских решений [3]. Для революционного развития двигателей необходимо реализовать принципиально новые решения.

Одним из таких решений является разработка двигателей, работающих на детонационном принципе преобразования энергии рабочего тела [3, 4].

В [3] доказано, что термический КПД цикла с подводом тепла при постоянном объёме (т.е. с помощью детонационного горения) больше КПД цикла Брайтона (с подводом тепла при постоянном давлении), по которому работают ГТД традиционных схем. Таким образом, развитие пульсирующих детонационных двигателей (ПудД) является актуальной а важной задачей.

ПудД в общем случае состоит из генератора сжатого воздуха (ГСВ) и тяговых модулей (ТМ). ГСВ, именуемый также газогенератором (ГГ), предназначен для подачи сжатого воздуха требуемого давления в ТМ и работает как обычный ТРД — по циклу с подводом теплоты при постоянном давлении [5]. Отличие состоит в том, что он предназначен не для создания мощности на валу или реактивной тяги, а служит только источником сжатого воздуха, отбираемого от ком-

прессора. Схема ГГ ПудД представлена на рис. 1.

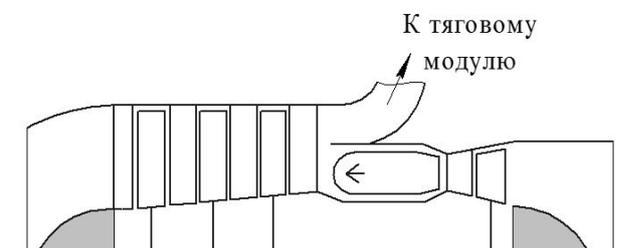


Рис. 1. Схема ГГ ПудД

Особенность работы ГГ ПудД заключается в том, что на входе в ТМ (на выходе из компрессора ГГ) во всём диапазоне работы двигателя необходимо обеспечивать постоянное давление:

$$p_{тм}^* = p_k^* \sigma_{кан} = p_n \pi_V \sigma_{вх} \pi_k^* \sigma_{кан} = const, \quad (1)$$

где p_k^* — давление за компрессором, $\sigma_{кан}$ — потери полного давления в канале подвода рабочего тела из-за компрессора к ТМ, p_n — атмосферное давление, π_V — степень повышения давления от скоростного напора, $\sigma_{вх}$ — коэффициент восстановления полного давления во входном устройстве.

Это условие оказывает весьма существенное влияние на характеристики ПудД. Например, при неизменных внешних условиях ($p_n \pi_V = const$) степень повышения давления π_k^* также сохраняется постоянной.

Кроме того, в рассматриваемом случае ($\pi_k^* = const$) на каждой высоте полёта однозначно определяется π_V , т.е. скорость полёта не может быть принята как независимая переменная. То же самое можно сказать про высоту полёта при известной скорости полёта.

В работе сформирована математическая модель ПуДД, описывающая рабочие процессы в ГГ и ТМ. С помощью сформированной ММ был проведён ряд исследований. В качестве объекта исследования был выбран двигатель, схема которого приведена на рис. 1, имеющий следующие параметры цикла ГГ:

Для выбранного двигателя были рассчитаны три высотно-скоростные характеристики по различным законам управления (, и) при сохранении постоянного давления на входе в ТМ. Результаты расчётов представлены на рис. 2. Как видно из представленных результатов, получить диапазон скоростей полёта в зависимости на определённой высоте возможно только за счёт регулирования ГГ по различным законам управления.

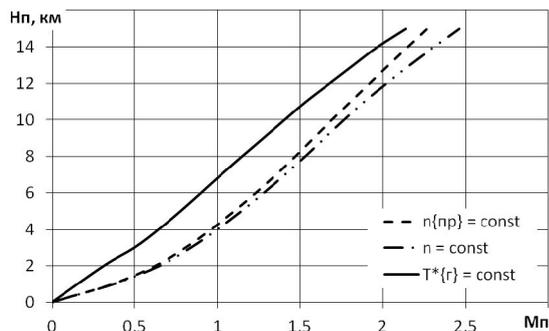


Рис. 2. Высотно-скоростные характеристики ПуДД

Далее было выполнено сравнение ПуДД с ТРДФ с аналогичными параметрами цикла. На рис. 3 представлены зависимости тяги двигателя от скорости полёта для двух исследуемых типов двигателей. Видно, что при скоростях полёта и большую тягу (при тех же параметрах цикла).

Однако во всём диапазоне скоростей полёта пульсирующий двигатель имеет заметно меньший удельный расход топлива (рис. 4).

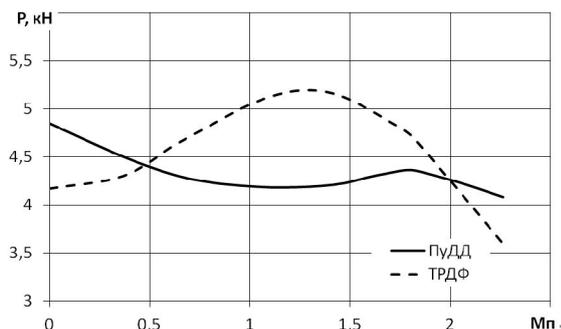


Рис. 3. Скоростные характеристики ПуДД и ТРДФ

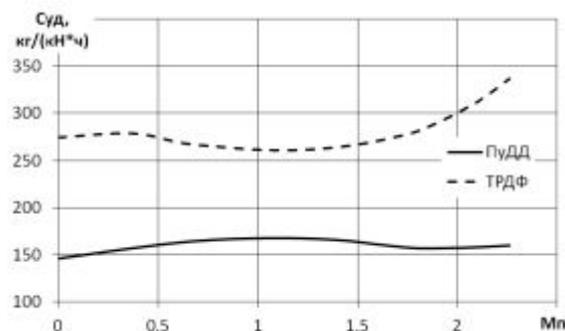


Рис. 4. Скоростные характеристики ПуДД и ТРДФ

Из приведённых результатов видно, что ПуДД более экономичны, чем двигатели традиционных схем, поэтому изучение и разработка таких двигателей является актуальной и перспективной задачей современного двигателестроения.

Библиографический список

- Кулагин В.В., Кузьмичёв В.С. и др. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок. Кн. 3. Основные проблемы: начальный уровень проектирования, газодинамическая доводка, специальные характеристики и конверсия авиационных ГТД. — М.: Машиностроение, 2005. 462 с.
- Крупенич И.Н., Филинов Е.П., Остапюк Я.А. Исследование теоретической максимальной эффективности ГТД традиционных схем на основе численного моделирования. // XIII Королёвские чтения: Международная молодёжная научная конференция. С.203-204.
- Поршнеv, В.А. Обоснование облика энергосиловых установок на основе пульсирующих детонационных двигателей для летательных аппаратов: дис. ... канд. техн. наук: 05.07.05 / Поршнеv Владимир Александрович. — Саратов: 2000. 187 с.
- Шиндяпин Г.П., Сапунков Я.Г., Шевырёв С.П., Поршнеv В.А., Федорец Н.В., Федорец В.Н. Проблемы математического моделирования детонационных двигателей для перспективных летательных аппаратов. // Известия Саратовского ун-та. 2006. Т. 6. Сер. Математика. Механика. Информатика, вып. 1/2.
- Нечаев Ю.Н., Фёдоров Р.М., Котовский В.Н., Полев А.С. Теория авиационных двигателей: ч. 2. Учебник для ВУЗов ВВС / Под редакцией Ю.Н. Нечаева. — М.: Изд. ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2006. 448 с.