

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЕВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

Оптимизация параметров рабочего процесса ГТД с помощью автоматизированной системы «АСТРА»

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний*

САМАРА
Издательство СГАУ
2011

УДК СГАУ: 629.7.036

Составители: В.В. Кулагин, В.С. Кузьмичев, И.Н. Крупенич,
А.Ю. Ткаченко, В.Н. Рыбаков

Рецензент:

Оптимизация параметров рабочего процесса ГТД с помощью автоматизированной системы «АСТРА»: эл. метод. указания / сост. В.В. Кулагин, В.С. Кузьмичев, И.Н. Крупенич, А.Ю. Ткаченко, В.Н. Рыбаков.– Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 10 с.: ил.

В методических указаниях изложены содержание и методика проведения лабораторной работы по курсу «Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок». Основное внимание при выполнении лабораторной работы уделяется анализу результатов и выводам, которые делаются студентами самостоятельно. Обязательным условием успешного проведения лабораторных работ является предварительная самостоятельная подготовка студентов. Для этого необходимо ознакомление с данными методическими указаниями и изучение соответствующих разделов курса по лекциям и рекомендованной литературе.

Указания предназначены для студентов II факультета, обучающихся по специальности 130200.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2011

СОДЕРЖАНИЕ

1	Выбор параметров рабочего процесса ГТД.....	4
2	Математическое моделирование ГТД с помощью автоматизированной системы «АСТРА».....	6
3	Цель, задачи и порядок выполнения лабораторной работы.....	7
	Список использованной литературы.....	10

1 ВЫБОР ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ГТД.

Выбор параметров весьма существенно зависит от задания на проектирование. При этом возможны следующие варианты постановки задачи:

- *спроектировать двигатель из условия обеспечения его основных данных: заданных значений удельного расхода топлива в крейсерских условиях полета $C_{уд.кр}$ и взлетной тяги как в стандартных P_0 ($H=0$, $M_{II}=0$, САУ), так и в летних $P_{л}$ ($T_H=303K$, $p_H=97325Pa$) – наиболее тяжелых для взлета условиях.* При этом есть ограничение по температуре газа перед турбиной: $T_{\Gamma}^* \leq T_{\Gamma_{max}}^*$ – она не должна превышать максимально допустимое значение, которое задается как величина, характеризующая уровень технического совершенства двигателя.

- *спроектировать двигатель из условия обеспечения критериев эффективности летательного аппарата (летно-технических, критериев массы, энергетических и экономических).*

Проектирование двигателя при первой постановке задачи подробно изложено в [2].

В данной работе рассматривается второй вариант постановки задачи, т.е. проектирование двигателя из условия обеспечения минимального удельного расхода топлива и взлетной тяги. Для определенности будем рассматривать ТРДД для дозвукового пассажирского (транспортного) самолета.

Проектирование двигателя, как известно, начинается с выбора его параметров рабочего процесса и проектного термогазодинамического расчета. Значения $C_{уд}$ и P_0 зависят от следующих параметров:

$$C_{уд} = f(\pi_{к\Sigma}^*, m, T_{\Gamma}^*),$$

$$P = P_{уд} G_{\sigma\Sigma}, \text{ где } P_{уд} = f(\pi_{к\Sigma}^*, m, T_{\Gamma}^*).$$

Минимальное значение удельного расхода $C_{уд}$ можно обеспечить только за счет выбора параметров рабочего процесса $\pi_{к\Sigma}^$, m и T_{Γ}^* (при определенном уровне КПД узлов и коэффициентов потерь в проточной части двигателя), а заданное значение тяги P_0 при*

$T_{\Gamma}^* = T_{\Gamma_{\max}}^*$ может быть получено только за счет обеспечения соответствующей величины расхода воздуха $G_{e\Sigma}$. Поэтому исходную задачу обеспечения заданных значений $C_{уд}$ и P_0 целесообразно разделить на две задачи:

- обеспечение $C_{уд}$ (эффективность);
- обеспечение P_0 (взлетная тяга).

В излагаемых методических указаниях реализована следующая концепция решения первой задачи начального уровня проектирования ГТД – выбора параметров рабочего процесса и проектного расчета двигателя:

- $\pi_{\kappa\Sigma}^*$ и t – суммарная степень повышения давления в компрессоре и вентиляторе и степень двухконтурности выбираются из условия обеспечения минимального значения удельного расхода топлива $C_{уд}$;

- $G_{e\Sigma}$ – суммарный расход воздуха через двигатель определяется из условия обеспечения заданного значения взлетной тяги P_0 ;

- $T_{\Gamma_{\max}}^*$ – максимальная температура газа перед турбиной задается как величина, характеризующая уровень научно-технического совершенства двигателя.

2 МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГТД С ПОМОЩЬЮ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ «АСТРА»

Для того, чтобы получить данные необходимые для выбора параметров рабочего процесса ГТД, студент выполняет расчётный эксперимент с помощью виртуальной модели рабочего процесса ТРДД, реализованной в автоматизированной системе термогазодинамического расчёта и анализа АСТРА.

Исходными данными для выполнения расчётов являются:

- температура T_n и давление p_n атмосферного воздуха;
- КПД узлов и коэффициенты потерь;
- тяга двигателя на взлетном режиме;
- максимальная температура газа перед турбиной;
- тип и схема двигателя.

Результатами расчётного эксперимента являются оптимизированные с помощью системы АСТРА (наиболее рациональные с точки зрения обеспечения минимального удельного расхода топлива) параметры рабочего процесса ГТД.

3 ЦЕЛЬ, ЗАДАЧИ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ.

Цели и особенности лабораторной работы

1. Закрепление и углубление теоретических знаний, полученных при изучении влияния различных факторов на основные данные ГТД.
2. Закрепление навыков самостоятельной обработки результатов расчётного эксперимента.

Порядок проведения лабораторной работы

1. Проверка готовности студентов к выполнению лабораторной работы. При домашней подготовке к лабораторной работе рекомендуется пользоваться учебником [1].
2. Проведение расчётного эксперимента.
3. Обработка результатов расчётного эксперимента, оформление протокола, построение графиков.
4. Письменный анализ результатов расчётного эксперимента и сдача лабораторной работы преподавателю.

Проведение расчётного эксперимента

Особенностью данной лабораторной работы является то, что данные, получаемые с помощью виртуальной модели ГТД, эквивалентны результатам испытания двигателя в боксе наземного стенда.

Порядок выполнения работы следующий:

- 1) в автоматизированной системе АСТРА формируется виртуальная модель заданного типа и схемы ГТД;
- 2) задаются внешние условия, а также КПД узлов и коэффициенты потерь (в соответствии с заданием);
- 3) выбираются параметры рабочего процесса, подлежащие оптимизации;
- 4) накладываются ограничения на оптимизируемые параметры (например, максимальный уровень температуры газа перед турбиной);
- 5) выполняется оптимизация параметров с помощью системы АСТРА (при этом значение расхода воздуха через двигатель

- принимается равным единице);
- б) формируется таблица результатов проектного термогазодинамического расчета ГТД с оптимизированными параметрами (список которых в системе АСТРА формируется автоматически);
 - 7) по заданному значению тяги определяется величина расхода воздуха через двигатель;
 - 8) для каждого из оптимизируемых параметров рабочего процесса строится график зависимости удельного расхода от параметра рабочего процесса в диапазоне $\pm 15\%$ от оптимизированного значения;
 - 9) выполняется анализ полученных графиков, при необходимости разрабатываются рекомендации по смещению параметров рабочего процесса от оптимальных значений с целью упрощения конструкции двигателя (снижение параметров), обеспечения заданных габаритов (повышение температуры газа перед турбиной свыше оптимального значения для обеспечения повышения удельной тяги или мощности), а также по другим соображениям;
 - 10) выбираются окончательные значения параметров рабочего процесса, с которыми снова выполняется проектный термогазодинамический расчет ГТД;
 - 11) окончательно выбирается величина расхода воздуха через двигатель.

Обработка результатов расчётного эксперимента

На основании полученных данных формируются таблицы значений параметров рабочего процесса: оптимальных и окончательно выбранных.

Кроме того, строятся графики зависимости удельного расхода от всех параметров рабочего процесса (в диапазоне $\pm 15\%$ от оптимизированного значения).

Анализ результатов. Основные выводы

В заключение необходимо проанализировать результаты, полученные в ходе выполнения лабораторной работы и сделать

выводы, касающиеся влияния параметров рабочего процесса на удельный расход топлива и тягу ГТД. Кроме этого, разрабатываются рекомендации по смещению параметров рабочего процесса от оптимальных значений, если это необходимо.

Анализ результатов и основные выводы являются центральным местом работы. Этот раздел студент выполняет самостоятельно, в произвольной форме и достаточно тщательно.

Сдача лабораторной работы

Выполненная и оформленная работа сдается преподавателю. В процессе сдачи преподаватель задает 2-3 вопроса по выполненной работе. Если студент не сдал работу, то лабораторная работа подлежит передаче после изучения соответствующих разделов курса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1 Кулагин, В.В. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок [Текст]: Учебник. 2-ое изд. Основы теории ГТД. Рабочий процесс и термогазодинамический анализ. (Кн. 1). Основы теории ГТД. Совместная работа узлов выполненного двигателя и его характеристики (Кн. 2). М.: Машиностроение, 2003. – 615 с.: ил.

2 Начальный уровень проектирования ГТД с помощью автоматизированной системы термогазодинамического расчета и анализа (АСТРА): метод. указания / сост. В.В. Кулагин, В.С. Кузьмичев, И.Н. Крупенич и др. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. – 51 с.: ил.