

АНАЛИЗ СПОСОБА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТЛАДКИ РАБОЧЕЙ ЛИНИИ ВЕНТИЛЯТОРА ТРЁХВАЛЬНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Матвеев В.Н., Пестов Д.В.

Самарский университет, г. Самара, denispestov@list.ru

Ключевые слова: рабочая линия, погрешность, вентилятор.

Рабочая линия вентилятора трёхвального газотурбинного двигателя представляет собой зависимость степени повышения давления во втором контуре вентилятора $\pi_{вII}$ от его приведённой частоты вращения $n_{НДпр}$. При испытаниях серийных трёхвальных газотурбинных двигателей рабочая линия вентилятора требует отладки.

Целью отладки рабочей линии вентилятора является обеспечение её совпадения с эталонной зависимостью $\pi_{вII\text{эт}} = f(n_{НДпр})$ (рис. 1) с заданной точностью за счёт изменения площади сечения на выходе из реактивного сопла двигателя.

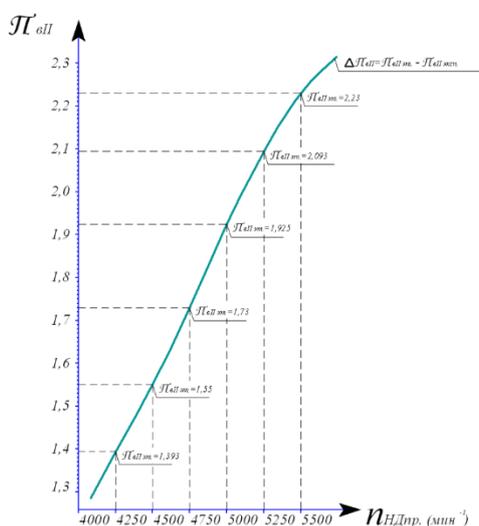


Рис.1. Рабочая линия вентилятора газотурбинного двигателя

При этом сравнение значений $\pi_{вII}$ экспериментальной и эталонной зависимостей производится в пяти – семи точках приведённой частоты вращения, равномерно расположенных в рабочем диапазоне $n_{НДпр}$. Расхождение в этих точках между экспериментальными величинами $\pi_{вII\text{эксп}}$ и эталонными значениями $\pi_{вII\text{эт}}$ не должно превышать по абсолютной величине задаваемого допустимого значения $\Delta\pi_{вII}$:

$$\Delta\pi_{вII} = \left| \pi_{вII\text{эксп}} - \pi_{вII\text{эт}} \right| \quad (1)$$

Если $\pi_{вII\text{изм}}$ окажется больше $\pi_{вII\text{эт}}$ более чем на величину $\Delta\pi_{вII}$ при некотором значении $n_{НДпр}$, то рабочую линию вентилятора следует опустить за счёт увеличения площади среза реактивного сопла.

Если $\pi_{вII\text{изм}}$ будет меньше $\pi_{вII\text{эт}}$ более чем на величину $\Delta\pi_{вII}$, то рабочую линию вентилятора необходимо поднять, уменьшая площадь среза реактивного сопла.

Величину допустимого значения $\Delta\pi_{вп}$ можно определить, ориентируясь на предельные погрешности измерения $\pi_{вп}$ и $n_{ндпр}$. Однако перед тем, как приступать к определению предельных погрешностей $\pi_{вп}$ и $n_{ндпр}$ необходимо рассмотреть порядок проведения испытаний и схему измерений при нахождении рабочей линии вентилятора.

При экспериментальном определении рабочей линии вентилятора двигатель запускается и выводится на режим малого газа. В дальнейшем на работающем газотурбинном двигателе с помощью РУД последовательно устанавливаются значения частоты вращения пнд, соответствующие заданным значениям приведённой частоты вращения $n_{ндпр}$ (например, шести значениям $n_{ндпр}$ как показано на рис. 1), и замеряются следующие параметры (рис. 2):

- p_H – атмосферное давление воздуха;
- $t_{вх}^*$ – температура воздуха на входе в двигатель;
- $p_{в\ разр}^*$ – давление разряжения на входе в вентилятор;
- $p_{кп\ изб}$ – избыточное статическое давление за вентилятором.

По результатам измерения этих параметров (рис. 2) на каждой из шести фиксированных частот вращения $n_{нд}$ определяется шесть значений степени повышения давления вентилятора во втором контуре $\pi_{вп\ изм}$.

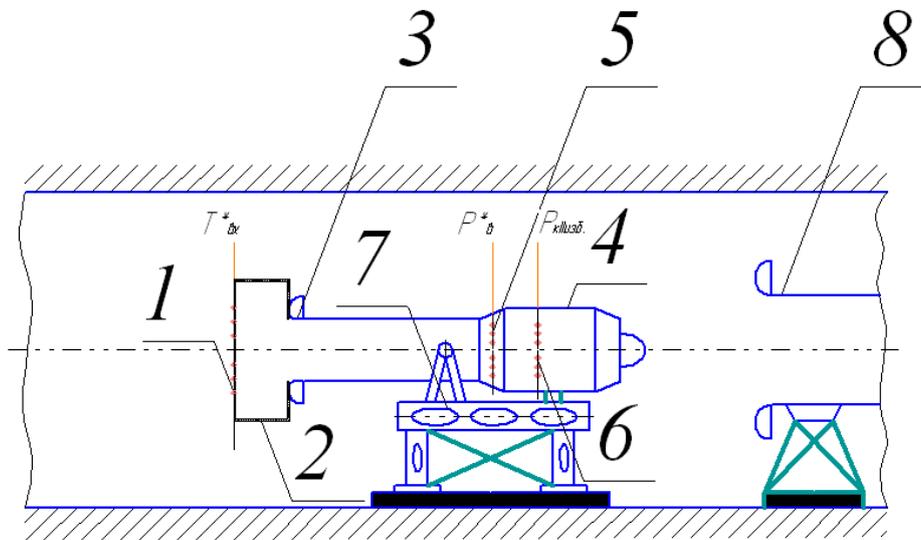


Рис.2. Схема измерения стенда для отладки рабочей линии вентилятора:

- 1 – шесть термопар для замера полной температуры воздушного потока на входе в двигатель;
 2 – предохранительная решётка; 3 - лемнискатный насадок; 4 – газотурбинный двигатель; 5 – шесть отборов воздуха на входе во входной направляющий аппарат компрессора для отвода в бачёк осреднения; 6 – шесть отборов воздуха на штатный датчик избыточного статического давления за вентилятором на периферии наружного контура; 7 – тягоизмерительное устройство; 8 – выхлопная труба

На основании представленного экспериментального способа нахождения рабочей линии вентилятора с учётом погрешностей измеряемых параметров в соответствии с рекомендациями [1] определяются границы предельных относительных погрешностей приведённой частоты вращения ротора низкого давления $\delta n_{ндпр}$ и степени повышения давления вентилятора во

втором контуре $\delta\pi_{вп}$. Значения $\delta n_{ндпр}$ и $\delta\pi_{вп}$ дают возможность установить наименьшую статистически значимую величину $\Delta\pi_{вп}$.

В процессе анализа изменения погрешностей $\delta n_{ндпр}$ и $\delta\pi_{вп}$ на величину $\Delta\pi_{вп}$ было установлено, что преобладающее влияние на неё оказывает погрешность $\delta n_{ндпр}$. Поэтому в случае необходимости снижения $\Delta\pi_{вп}$ с целью обеспечения меньшего разброса основных технических данных двигателя от требований технического задания следует в первую очередь обеспечить уменьшение погрешности определения $n_{ндпр}$.

Список литературы

1. МИ 2083-90 Государственная система обеспечения единства измерений. Измерения косвенные. Определение результатов измерений и оценивание их погрешностей: дата введения 1992-01-01/ Комитет стандартизации и метрологии СССР. - Изд. официальное. – Москва: Изд-во стандартов, 1991. – 10 с.

Сведения об авторах

Матвеев Валерий Николаевич, д.т.н., профессор кафедры теории двигателей летательных аппаратов имени В.П. Лукачёва. Область научных интересов: газодинамика авиационных лопаточных машин.

Пестов Денис Вячеславович, аспирант кафедры теории двигателей летательных аппаратов имени В.П. Лукачёва. Область научных интересов: газодинамическая устойчивость газотурбинных двигателей.

ANALYSIS OF THE METHOD OF EXPERIMENTAL DEBUGGING OF THE WORKING LINE OF THE FAN OF A THREE-SHAFT GAS TURBINE ENGINE

Matveev V.N., Pestov D.V.

Samara National Research University, Samara, Russia, denispestov@list.ru

Keywords: working line, error, fan.

The working line of the fan of a three - shaft gas turbine engine is a dependence of the degree of pressure increase in the second circuit of the fan on its reduced speed. When testing serial gas turbine engines, the working line of the fan requires debugging. The purpose of debugging the fan's working line is to ensure that it coincides with the reference dependence with a given accuracy by changing the cross-sectional area at the outlet of the jet nozzle of the engine.

Based on the presented experimental method of finding the fan working line, taking into account the errors of the measured parameters in accordance with the recommendations, the limits of the marginal relative errors of the reduced low-pressure rotor speed and the degree of fan pressure increase in the second circuit are determined.