

УДК 621.452

А.А. МИХАЛКИН¹, А.В. БУНЧУК¹, Ф.Г. СОРОГИН²¹ГП ЗМКБ «Ивченко-Прогресс», Запорожье, Украина²ОАО «Мотор Сич», Запорожье, Украина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ШИРОКОХОРДНОГО ВЕНТИЛЯТОРА

Были проведены сравнительные испытания двигателя с серийным колесом вентилятора и с широкохордными рабочими лопатками вентилятора. Выполнен анализ полученных данных измерения характеристик потока. Построены сравнительные характеристики по расходу воздуха через вентилятор и степени повышения полного давления для серийного вентилятора и вентилятора с широкохордными рабочими лопатками. Определены границы устойчивой работы двигателя с широкохордными рабочими лопатками вентилятора. Определена топливная эффективность двигателя с разными колесами вентилятора на различных режимах работы двигателя.

Ключевые слова: широкохордный вентилятор, топливная эффективность.

Введение

К вентиляторам современных ТРДД предъявляют высокие требования по уровню аэродинамических характеристик в широком диапазоне условий эксплуатации, по общей массе, допустимому уровню шума [1, 2]. Вентилятор существенно влияет на общую тягу и топливную эффективность силовой установки. Создание современных конкурентоспособных турбореактивных двухконтурных двигателей (ТРДД) с высокой тягой невозможно без совершенствования конструкции лопатки вентилятора.

Так, например, наличие в достаточно удлиненных лопатках вентилятора традиционных антивибрационных полок приводит к ухудшению его аэродинамических характеристик и увеличению расхода топлива.

Для модификации двухконтурного двигателя был спроектирован и изготовлен малошумный вентилятор с бесполочными широкохордными рабочими лопатками переменной стреловидности. Количество рабочих лопаток в новом колесе вентилятора уменьшилось с 29 шт. до 16 шт. Изменение количества и конфигурации рабочих лопаток вентилятора повлекло изменение конструкции диска вентилятора, корпуса переднего КНД, корпуса вентилятора, СА вентилятора. Двигатель с новым колесом вентилятора должен обеспечить устойчивую работу во всех ожидаемых условиях эксплуатации. Запасы ГДУ для внутреннего и наружного контуров должны быть не менее 15%.

Расчеты основных параметров модернизированного двигателя с новым вентилятором с широкохордными рабочими лопатками показали, что по

сравнению с исходным двигателем при условии сохранения принятых значений температуры газа перед турбиной:

– возрастает тяга двигателя: на 6,5% на взлетном режиме;

– удельный расход топлива на максимальном крейсерском режиме снижается на 7,6%.

С целью определения эффективности применения нового вентилятора были проведены сравнительные испытания двигателя с разными колесами вентилятора.

1. Содержание работы (ход исследования)

Двигатель был препарирован приборами для определения газодинамических параметров потока в различных сечениях. Также на широкохордные рабочие лопатки вентилятора были наклеены тензодатчики для определения характера колебаний и уровня динамических напряжений.

Сначала были определены дроссельные характеристики двигателя с серийным колесом вентилятора с различными соплами наружного контура на всех режимах работы двигателя.

Испытания двигателя проводились с соплами наружного контура $F_{c2}=1,1 F_{c2 \text{ ном}}$; $F_{c2}=1,05 F_{c2 \text{ ном}}$; $F_{c2}=1,0 F_{c2 \text{ ном}}$; $F_{c2}=0,95 F_{c2 \text{ ном}}$.

Высокий уровень напряжений автоколебаний широкохордных рабочих лопаток вентилятора при испытаниях двигателя с соплами наружного контура

$$F_{c2}=0,95F_{c2 \text{ ном}} \text{ и } F_{c2}=F_{c2 \text{ ном}}$$

не позволили провести испытания на всех режимах работы двигателя.

По результатам испытаний двигателя были построены сравнительные диаграммы зависимостей для серийного и широкохордного вентиляторов (рис. 1 и 2). В качестве сравниваемых параметров для модифицированного вентилятора приняты их значения, полученные при испытании с соплом наружного контура $F_{c2}=1,05 F_{c2 \text{ ном}}$.

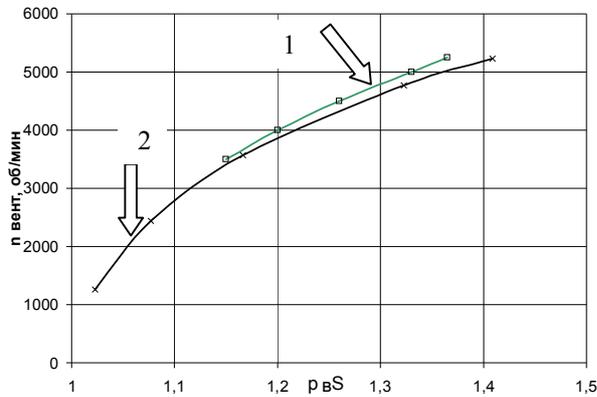


Рис. 1. Сравнение зависимости степени повышения полного давления π^* серийного и широкохордного вентиляторов от приведенной частоты вращения ротора $n_{пр}$:

- 1 – серийный вентилятор;
2 – широкохордный вентилятор
 $F_{c2}=1,05 F_{c2 \text{ ном}}$

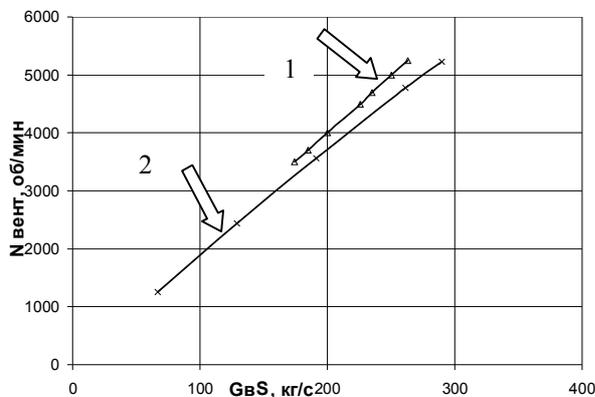


Рис. 2. Сравнение зависимости расхода воздуха серийного и широкохордного вентиляторов от приведенной частоты вращения ротора $n_{пр}$:

- 1 – серийный вентилятор;
2 – широкохордный вентилятор
 $F_{c2}=1,05 F_{c2 \text{ ном}}$

Из рассмотрения рис. 1 и 2 следует, что в диапазоне изменения частот вращения ротора

вентилятора от ~ 3000 об/мин до ~ 5200 об/мин модифицированный вентилятор по расходу воздуха через двигатель и по степени повышения полного давления обеспечивает существенное превышения этих параметров над аналогичными параметрами серийного вентилятора при одинаковых частотах вращения ротора вентилятора.

Вследствие того, что модифицированный вентилятор обеспечивает превышение расхода воздуха через двигатель и степени повышения полного давления по сравнению с этими параметрами серийного вентилятора, он должен обеспечивать при испытаниях прирост тяги.

Однако, анализ полученных при испытаниях данных показывает, что увеличение тяги двигателя при одном и том же расходе топлива за счет постановки модифицированного вентилятора практически не происходит.

А существенное увеличение тяги двигателя на взлетном режиме происходит с $R=6500$ кгс (с серийным вентилятором) до $R=7500$ кгс (с модифицированным вентилятором) прямо пропорционально росту расходу топлива и росту температуры газа перед турбиной (рис. 3).

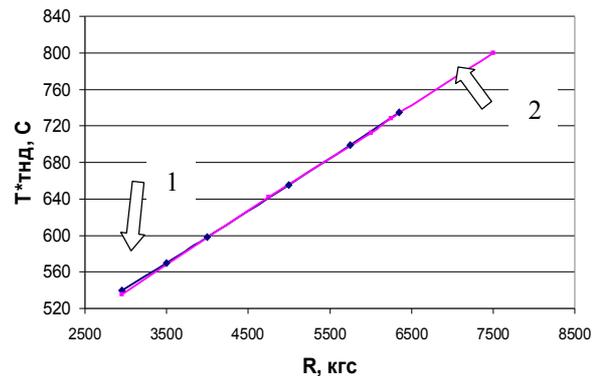


Рис. 3. Сравнение зависимости температуры газа $t_{тнд}$ от тяги двигателя серийного и широкохордного вентиляторов:

- 1 – серийный вентилятор;
2 – широкохордный вентилятор
 $F_{c2}=1,05 F_{c2 \text{ ном}}$

Зависимость удельного расхода топлива от тяги двигателя представлена на рис. 4.

Исходя из рис. 4 видно, что на взлетном режиме достигается снижение удельного расхода топлива двигателя с широкохордным вентилятором на 3,65 % по сравнению с серийным вентилятором.

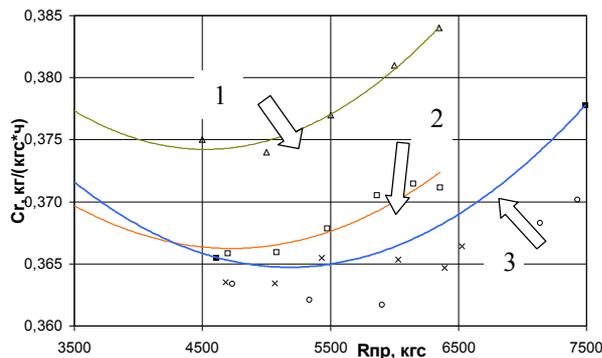


Рис. 4. Сравнение удельного расхода топлива двигателя с серийным и широкохордным вентиляторами:
 1 – серийный вентилятор;
 2 – серийный вентилятор $F_{c2}=1,05 F_{c2 \text{ ном}}$;
 3 – широкохордный вентилятор $F_{c2}=1,05 F_{c2 \text{ ном}}$

Выводы

При сравнении характеристик двигателя с различными колесами вентилятора можно сделать следующие выводы:

1. Удельный расход топлива C_R снизился на 1% при одинаковых соплах наружного контура.

При сравнении серийного двигателя с номинальным соплом и двигателя с широкохордными рабочими лопатками вентилятора с соплом наружного контура $F_{c2}=1,05F_{c2 \text{ ном}}$ удельный расход топлива на взлетном режиме снижен на 3,65%.

2. Увеличение тяги R двигателя произошло только лишь за счет увеличения температуры газа перед турбиной. При одинаковой температуре перед турбиной тяги R равны.

3. Частота вращения ротора вентилятора на взлетном режиме снизилась на 200 об/мин.

4. Высокий уровень напряжений автоколебаний при испытаниях двигателя с соплами наружного контура $F_{c2}=0,95F_{c2 \text{ ном}}$ и $F_{c2}=F_{c2 \text{ ном}}$ не позволили провести испытания на всех режимах работы двигателя.

Литература

1. *Современные технологии в производстве ГТД / А.Г. Братухин, Б.Е. Карасев и др. – М.: Машиностроение, 1997, - 412 с.*
 2. *Сиротин Н.Н. Конструкция и эксплуатация, повпеждаемость и работоспособность ГТД / Н.Н. Сиротин. – М.: РИА «ИМ-Инфом», 2002. – 442 с.*

Поступила в редакцию 26.05.2011

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Епифанов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ШИРОКОХОРДНОГО ГВИНТИЛЯТОРА

А.О. Міхалкін, Ф.Г. Сорогін, О.В. Бунчук

Проведено порівняльні випробування двигуна із серійним колесом гвинтилятора та з широкохордними лопатками гвинтилятора. Виконан аналіз отриманих даних характеристик потоку. Побудовані порівняльні характеристики по витраті повітря через гвинтилятор та ступіні підвищення тиску для серійного гвинтилятора та гвинтилятора з широкохордними лопатками. Визначені границі стійкої роботи двигуна. Визначена паливна ефективність двигуна з різними колесами гвинтилятора.

Ключові слова: широкохордний гвинтилятор, паливна ефективність.

EFFICIENCY TEST'S A NEW FAN

A.A. Mihalkin, F.G. Sorogin, A.V. Bunchuk

Comparison testing engine with serial fan and new fan blade. Analysis test result flow parameters. Building comparison parameters – air output and engine pressure ratio for serial fan and new fan blade. Delimitation steady operation. Definition fuel efficiency engine for different wheel fan.

Key words: fan, fuel efficiency.

Михалкин Андрей Александрович – инженер-конструктор 1 категории ГП «Ивченко-Прогресс», Запорожье, Украина, e-mail: amihalkin@mail.ru.

Сорогин Федор Геннадьевич – начальник отдела ведущих конструкторов ОАО «Мотор Сич», Запорожье, Украина, e-mail: skv@motorsich.com.

Бунчук Александр Витальевич – инженер-конструктор отдела ГДР и ПР ГП «Ивченко-Прогресс», Запорожье, Украина.