

ВИХРЕВОЙ ЭФФЕКТ И ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА В ЭЛЕМЕНТАХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Пиралишвили Ш.А., Веретенников С.В.

Рыбинская государственная авиационная технологическая академия имени П.А. Соловьева

VORTEX EFFECT AND INTENSIFICATION OF HEAT AND MASS TRANSFER IN THE ENERGY EQUIPMENT

Piralishvili Sh.A., Veretennikov S.V. The report contains investigation of hydrodynamic and heat and mass-transfer processes in the model of vortex energy separator. Designed experimental model and the technique of the experiment. The obtained data allow for a preliminary design stage to estimate the heat transfer coefficients in the internal channels of cyclones of the cooling system of turbine blades and other thermal devices.

Особые свойства закрученных течений имеют широкий диапазон технических приложений.

В технических устройствах закрутка потока (сообщение потоку вращательного движения с помощью различных закручивающих устройств) приводит к крупномасштабному воздействию на все параметры поля течения, а следовательно, и на теплообмен. При этом характерные для закрученных течений трехмерность поля скорости и соизмеримость тангенциальной и осевой компонент скорости обуславливают формирование трехмерного поля давления с радиальным градиентом, сравнимым по величине с продольным. Благодаря наличию поперечных составляющих скорости - тангенциальной и радиальной, усиливается конвективный перенос импульса, энергии и массы и изменяется вихревая структура закрученных потоков. С этим связаны столь необходимые в технических приложениях свойства закрученных течений, выражающиеся в их способности интенсифицировать процессы тепло- и массообмена, выравнять локальные температурные неоднородности за счет конвективного перемешивания, подавлять или усиливать случайные возмущения, стабилизировать процессы течения в условиях сложного теплообмена при протекании химических реакций или процессов горения, обеспечивать рециркуляционное течение в камерах сгорания с более полным выгоранием топлива и др.

Необходимость исследования теплообмена при течении закрученного потока в осесимметричных каналах вихревого энергоделителя возникла в связи с задачей со-

вершенствования систем охлаждения лопаток турбин. Закрутка потока интенсифицирует процесс теплообмена и приводит к увеличению коэффициента теплоотдачи по длине канала, а энергоделение потока позволяет более эффективно охлаждать наиболее теплонапряженные участки пера лопатки [1].

Еще одна не менее важная область применения закрученного течения с организацией эффекта энергоделения – борьба с обледенением элементов конструкций входных устройств авиационных двигателей [1].

В докладе представлен анализ возможности повышения эффективности охлаждения лопаток высокотемпературных турбин ГТД, за счет использования в качестве хладагента перегретого водяного пара и закрутки потока. Проведены опытные исследования системы охлаждения, для получения необходимых данных по теплообмену в охлаждающих каналах при использовании перегретого водяного пара и эффекта энергоделения.

Выполнены исследования теплоотдачи в каналах вихревого энергоделителя с использованием в качестве хладагента воздуха и водяного пара. Получены данные по коэффициентам теплоотдачи на внутренних поверхностях вихревого энергоделителя. При доле охлажденного потока воздуха $\mu=0,48$ и перепаде давления $\pi=3,3$, коэффициент теплоотдачи на поверхности камеры энергоделения достигал максимального значения $\alpha=578(\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}))$. На поверхности патрубка охлажденного потока максимальное значение коэффициента теплоотдачи $\alpha=572(\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}))$ достигается при $\mu=0,74$ и

$\pi=3,3$. Область наиболее эффективных режимов (для воздуха) по эффективности энергоразделения и по коэффициентам теплоотдачи лежит в области $\mu=0,5\div 0,7$ и перепада давления $\pi=2\div 3,3$. При использовании для охлаждения пара коэффициенты теплоотдачи на поверхности каналов увеличиваются и достигают значений $\alpha=1380(\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}))$.

Также проводились исследования вихревого энергоразделителя встроенного в лопатку. Эксперимент показал, что темп охлаждения лопатки при использовании перегретого водяного пара более чем в два раза превышает темп охлаждения лопатки при использовании воздуха. По результатам численного расчёта коэффициент теплоотдачи на внутренней поверхности охлаждающего канала лопатки достигает значения $\alpha=1300(\text{Вт}/\text{м}^2\text{К})$, что хорошо согласуется с данными полученными ранее.

Полученные экспериментальные данные не являются исчерпывающими в вопросе теплообмена от закрученного потока перегретого водяного пара в каналах, поэтому в настоящее время исследования в этой области продолжаются.

Проведены исследования охлаждаемого вихревого энергоразделителя. По результатам численного расчета при $\mu=0,7$ и $\pi=2,0$ получены коэффициенты теплоотдачи у поверхности камеры энергоразделения $\alpha=660\dots 1800(\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К}))$. При использовании закрученного течения температура центрального потока снижается, а температура

потока у стенок растет, что повышает целесообразность использования данного способа обогрева с точки зрения повышения надежности работы противообледенительной защиты входных устройств ГТД.

Библиографический список

1 Пиралишвили, Ш. А. Вихревой эффект. Эксперимент, теория, технические решения [Текст] / Ш. А. Пиралишвили, В. М. Поляев, М. Н. Сергеев. М.: УНПЦ энергомаш, 2000. - 412 с.

2 Фролова, И.С. Эффективность охлаждения лопатки турбины со встроенными в перо вихревыми энергоразделителями [Текст] / И.С. Фролова, С.М. Пиотух, З.А. Манушин :Авиационная промышленность. – 1990. - № 5. – 18-24 с.

3 Пиралишвили, Ш. А. Лопатка турбины ГТД с вихревым охлаждением пера. [Текст]/ Ш.А. Пиралишвили, И.В.Фролова – В кн. Вихревой эффект и его применение в технике/Материалы 5 Всесоюзной научно-техн. конф. по вихревому эффекту. – Куйбышев, 1968. 87-92с.

4 Жорник, И.В. Лопатка с вихревым охлаждением пера [Текст]/ И.В. Жорник, Э.А. Манушин; - Авиационная промышленность, 1992, 25-29с.

5 Жорник, И. В. Разработка, исследование и реализация способа охлаждения элементов ГТД вихревыми энергоразделителями [Текст] / И. В. Жорник // Дис. ... канд. техн. наук. Рыбинск, 1992. - 152 с.

УДК 621.438:532.5

ВЫБОР РАДИУСА РАСПОЛОЖЕНИЯ АППАРАТА ЗАКРУТКИ В СИСТЕМЕ ПОДВОДА ОХЛАЖДАЮЩЕГО ВОЗДУХА К РАБОЧЕЙ ЛОПАТКЕ ТВД

Диденко Р.А.¹, Карелин Д.В.¹, Иевлев Д.Г.¹, Лебедев В.В.²

¹ОАО НПО «Сатурн», г. Рыбинск

²Рыбинская государственная авиационная технологическая академия им. П.А. Соловьева

EFFECT OF RADIAL LOCATION OF NOZZLES ON WIDTH ON PERFORMANCE OF PRE-SWIRL SYSTEMS

Didenko R.A., Karelin D.V., Ievlev D.G., Lebedev V.V. This paper investigates the effect of radial location of the inlet nozzles on effectiveness Θ and total pressure losses ζ of pre-swirl systems. A commercial code Ansys CFX is used to solve the Reynolds Averaged Navier Stokes (RANS) equations using SST turbulence model with wall functions approach. Computations are performed for the flow parameter $0,375 < \lambda_r < 0,75$, rotational Reynolds number $1,69 \cdot 10^7 < \text{Re}_\phi < 2,33 \cdot 10^7$, throughflow