

Ученому секретарю
Диссертационного совета
Д 212.079.02
А.Г. Каримовой
420111, г.Казань, ул. К Маркса, 10
ФГБОУ ВО «Казанский национальный
исследовательский университет
им. А.Н. Туполева - КАИ»

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации И.И. Хабибуллина на тему
«Интенсификация теплообмена двухполостными
диффузорными выемками», представленной на соискание
ученой степени кандидата технических наук

Создание техники нового поколения, в том числе высокотемпературных авиационных газотурбинных двигателей и энергетических установок, связано с разработкой систем охлаждения, характеризующихся высокой тепловой эффективностью, компактностью, экономичностью и уменьшением потерь давления на прокачку теплоносителя. Одним из рациональных путей решения этой проблемы является использование пристенной интенсификации теплообмена путем нанесения на теплообменную поверхность макрошероховатости – различных турбулизаторов потока, задачей которых является разрушение пограничного слоя, турбулизация пристенного течения, генерация крупномасштабных вихревых структур. В качестве пристенного интенсификатора в последнее время широко используются сферические выемки отрывного типа (СВОТ). После тщательного анализа литературы по этой проблеме автор пришел к выводу, что вклад самоорганизующихся крупномасштабных вихревых структур (СКВС) в общий процесс интенсификации теплообмена сферическими выемками отрывного типа незначителен. Поэтому задача исследования, включающая в себя разработку пристенного интенсификатора теплообмена высокой эффективности, связанной с активизацией СКВС является актуальной. Решение этой проблемы предполагало:

- перенос интенсифицирующего воздействия ускоряющегося внешнего потока, обтекающего выемку, в ее полость;
- придание выемке двухполостной формы с двумя непрерывно функционирующими вихревыми структурами путем установки ребра – разделителя полостей;
- придание выемке в плане диффузорной формы для возвратного течения.

Таким образом, интенсификатор теплообмена получил форму двухполостной диффузорной выемки (ДДВ). Автором сформулированы цели и задачи исследования, создана экспериментальная установка, разработана методика проведения эксперимента и обработки опытных данных,

приведены данные по относительным погрешностям чисел Рейнольдса, Нуссельта, коэффициента гидравлического сопротивления, приведены результаты тестовых опытов на данной установке, которые заключались в сравнении данных эксперимента по средней теплоотдаче и гидравлическому сопротивлению гладкого канала в составе установки с известными зависимостями М.А. Михеева и Г. Блазиуса.

Результаты эксперимента по средней теплоотдаче с ДДВ описаны критериальными формулами и составлены с максимально достигнутыми данными по числу Нуссельта для наиболее широко используемых пристенных интенсификаторов теплообмена. Экспериментальное исследование, выполненное автором, подтвердило предположение о высокой тепловой эффективности ДДВ по сравнению с предельными значениями наиболее широко известных пристенных интенсификаторов теплообмена. Дополнительное увеличение теплоотдачи на пластине с ДДВ, например, характеризуется коэффициентом 1,4 по сравнению с предельным приростом при использовании традиционных СВОТ. В ходе эксперимента также получены данные по гидравлическому сопротивлению ДДВ, которое в 4,5 раза выше данных по формуле Г. Блазиуса. Энергетическая эффективность в рамках параметра $\frac{Nu}{Nu_{гл}} / \frac{\xi}{\xi_{гл}}$ составляет 0,84 для ДДВ и 0,82 для СВОТ, что заметно выше других широко распространенных интенсификаторов, таких, как закрученные течения, овальные скрученные трубы, скрученные ленты и др.

В ходе исследования автором использовались методы визуализации, тепловизионной съемки и др. которые позволили получить полное представление о характере протекания процессов и взаимодействия СКВС. Исследование полей и коэффициента давления по поверхности полости ДДВ позволили обнаружить разрежение в области эпицентров вихревых структур и влияние на его относительной величины ребра-разделителя, так что дальнейшее увеличение эффективности ДДВ связано с поиском оптимальной высоты ребра. Наличие в возвратном течении знакопеременного градиента давления позволило установить существование двух форм, участков – конфузорного и диффузорного.

Автором даны рекомендации по расчету теплоотдачи в каналах на примере сравнительного расчета эффективности охлаждения рабочей лопатки турбины с гладкими каналами на стенках, с каналами СВОТ и ДДВ. Эффективность охлаждения оценивалась средней по профилю безразмерной температурой лопатки с различными относительными расходами охладителя. При максимальном расходе охладителя составляет 0,25 для гладких каналов, 0,38 для СВОТ и 0,44 для ДДВ, что подтверждает высокую эффективность охлаждения каналов с ДДВ, в том числе и по сравнению с традиционными СВОТ.

По теме диссертации опубликовано 16 работ, включая публикацию двух патентов. Две статьи опубликованы в рекомендуемых ВАК журналах.

Замечания по автореферату:

1. Подтверждая высокую эффективность ДДВ, как интенсификатора теплообмена применительно, например, к охлаждению рабочих лопаток турбины авиационного ГТД, автор не касается технологических проблем реализации этого метода, весьма чувствительного, в том числе, к положению и высоте ребра-разделителя.
2. Исследуя энергоэффективность СВОН, ДДВ в рамках параметра $\frac{Nu}{Nu_{гл}} / \frac{\xi}{\xi_{гл}}$, автор не оценивает данные Г.А. Дрейцера с позиции опережающего роста теплоотдачи по сравнению с ростом гидравлического сопротивления.
3. На стр.10 реферата (рис.5а) тестовые опыты по средней теплоотдаче в гладком канале опытной установки, а не на гладкой пластине, сравнивались с известной зависимостью М.А. Михеева.

Замечания не снижают ценности выполненной работы.

В целом диссертационная работа И.И. Хабибуллина соответствует требованиям п.9 «Положения о присуждении ученой степени», является актуальной, имеет большое научное и практическое значение, содержит решение важной технической задачи, связанной с исследованием интенсификации теплообмена двухполосными диффузорными выемками, а ее автор Ильмир Ильдарович Хабибуллин, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Зав.кафедрой «Авиационно-космическая
теплотехника», профессор, д.т.н.

Профессор, д.т.н.

А.С.Мякоchin

Н.В.Парамонов

Подписи профессоров А.С.Мякочина и Н.В.Парамонова заверяю.

Проректор МАИ(НИУ)



Ю.А.Равикович