

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Хабибуллина Ильмира Ильдаровича на тему «Интенсификация теплообмена двухполостными диффузорными выемками», представленной на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – «Теплофизика и теоретическая теплотехника».

Разработка высокотемпературных газотурбинных двигателей и энергоустановок требует совершенствования систем воздушного охлаждения турбинных лопаток. Из-за стесненности охлаждающих каналов, существующего уровня технологии изготовления интенсификаторов теплообмена для низкоперепадных лопаток турбин широкое распространение получили малоэнергоёмкие интенсификаторы теплообмена - сферические выемки. Они обеспечивают при сравнительно низких потерях давления в каналах охлаждения прирост теплоотдачи в 2-2,7 раза по сравнению с гладким каналом.

Диссертационная работа И.И. Хабибуллина посвящена разработке и исследованию нового пристенного интенсификатора теплообмена - двухполостной диффузорной выемке, которая позволяют увеличить теплообмен в пристенной области охлаждающих каналов.

Выполненное соискателем экспериментальное исследование предложенного им поверхностного интенсификатора теплообмена показало высокие значения тепловой эффективности интенсификации теплообмена при турбулентном режиме течения, характерном для охлаждающих трактов турбинных лопаток. Поэтому актуальность темы исследования не вызывает сомнений.

Новизна полученных результатов заключается в новой схеме организации непрерывного функционирования двух вихревых структур в одной выемке и увеличения их интенсивности при использовании эффекта диффузорности на выходном участке возвратного течения.

Вместе с отмеченными достоинствами работы по представленным в автореферате диссертации материалам следует сделать следующие замечания:

- Не совсем понятным представляется выбор геометрии двухполостной диффузорной выемки - насколько окончательная форма ДДВ близка к оптимальной с точки зрения энергетической эффективности $(Nu/Nu_{гг.})/(\zeta/\zeta_{гг.})$, геометрические параметры ДДВ к сожалению не отражены в автореферате. Значительную технологическую трудность вызывает изготовление разделительной перегородки при существующих допусках на изготовление.

- Автор продемонстрировал сравнение Nu_D ДДВ с числом Nu_D для гладкой трубы, полученным М.А. Михеевым. Однако, более удачным представляется сравнение с зависимостью С.С. Кутателадзе, учитывающей температурный фактор, а также с зависимостью для коротких гладких каналов

$$Nu_x = 0,042 \cdot Re_x^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \cdot \left(\frac{T_w}{T_f} \right)^{-0,55}, \quad \text{полученной в результате}$$

экспериментального исследования теплообмена на начальном участке круглых труб при $x/d < 5$ и характерном для лопаток. Рекомендуется ввести температурный фактор в корреляцию для ДДВ, так как он играет существенную роль и составляет довольно значительную величину для охлаждаемых лопаток - $T_w/T_f = 2,4 \dots 3,0$. К сожалению, из-за ограничений по толщине стенок лопаток, исследованная величина $h_{вх.}/H = 0,6$ не попадает в диапазон применимый для лопаток турбин, в которых $h_{вх.}/H$ составляет $\sim 0,08 - 0,13$. Не совсем понятно как факт визуализации СКВС подтверждается распределением локальных $\alpha/\alpha_{гг.}$ по ДДВ.

- Относительная погрешность определения числа Nu составляет довольно существенную величину - $\pm 15,3\%$ (т.е. в некоторых точках – разброс до $30,6\%$). Обращает на себя внимание некоторое несоответствие данных по V-образным выемкам, приведенным на рис. 6 автореферата и статьи С. Neil Jordan и Lesley M. Wright (GT2011-4628, рис. 12), так, в статье в диапазоне $Re_D = 10^4 - 3 \times 10^4$ - Nu_D ниже на $(45-12)\%$.

- На рис. 8 отсутствует сравнение данных по теплогидравлической эффективности ДДВ с цилиндрическими штырьками, наклонными и V-

образными ребрами, широко применяемыми в лопатках, а также для сочетания лунок и штырьков, данные для которого имеются как в зарубежной, так и в отечественной литературе. Весьма сомнительным является факт использования для других геометрических параметров ДДВ - зависимости Ю.М. Анурова при отличии $Nu/Nu_{гд.}$ для исследованных параметров ДДВ и СВОН - в 3,8 раза.

Сделанные замечания не снижают научной ценности выполненной работы.

Содержание диссертации отвечает требованиям п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 01.04.14, а ее автор Хабибуллин Ильмир Ильдарович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

Начальник бюро тепловых расчетов КБПР АО «НПЦ газотурбостроения «Салют» к.т.н.:

Ю.Г. Горелов
21.11.2016

Ю.Г. Горелов

Подпись кандидата технических наук, начальника бюро КБПР АО «НПЦ газотурбостроения «Салют» Ю.Г. Горелова заверяю:

Директор по НИР и ОКР АО «НПЦ газотурбостроения «Салют»



А.Ю. Потапов

А.Ю. Потапов

предоставившем отзыв на автореферат по диссертационной работе Хабибуллина Ильмира Ильдаровича на тему: «Интенсификация теплообмена двухполостными диффузорными выемками» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 - «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

№	Фамилия, имя, отчество	Учёная степень (с указанием шифра специальности научных работ, по которой защищена диссертация)	Сведения о работе		Должность с указанием структурного подразделения
			Полное наименование организации	Почтовый адрес (индекс, город, улица, дом), телефон, адрес электронной почты	
1	2	3	4	5	6
1	Горелов Юрий Генрихович	Кандидат технических наук, 05.07.05	АО НПЦ газотурбостроения «Салют», КБПР	105118, г. Москва, пр. Буденного, д.16.	Начальник бюро