

УДК 62-71

Теплоотдача при обтекании выемок различной формы пульсирующим потоком

Ильинков Андрей Владиславович¹

ailinkov@mail.ru

Стародумов Андрей Владимирович²

andrey-star.work@yandex.ru

Такмовцев Владимир Викторович^{1(*)}

vvtakmovtsev@kai.ru

Щукин Андрей Викторович¹

a.v.shchukin@rambler.ru

Киселев Александр Алексеевич¹

aakiselev1603@gmail.com

¹ КНИТУ–КАИ, Казань, Россия² ОКБ им. А. Люльки — филиал ПАО «ОДК-УМПО», Москва, Россия

Аннотация. Получены экспериментальные данные о влиянии наложенных на поток охлаждающего воздуха пульсаций при использовании пристенных интенсификаторов теплообмена, выполненных в виде выемок различной формы. Выполненная визуализация течений в полусферических, однополостных и двухполостных выемках позволила выявить разные принципы самоорганизации возникающих в них крупномасштабных вихревых структур и различия в тенденциях изменения коэффициента теплоотдачи в зависимости от числа Струхала. Сформулированы рекомендации по выбору формы выемок и углу их установки относительно натекающего пульсирующего потока с целью получения наиболее высоких значений коэффициентов теплоотдачи для систем охлаждения высокотемпературных узлов двигателей и энергоустановок.

Ключевые слова: пристенная интенсификация конвективного теплообмена, форма выемок и угол их установки, наложенные на поток пульсации, теплоотдача в выемке

Введение. Около 40 лет назад в научной литературе появились публикации [1], в которых обсуждаются тепломассообменные процессы, происходящие в сферических выемках. Позже были предложены и изучены более эффективные формы выемок. В данном докладе исследуются преимущества однополостных диффузорных выемок (ОДВ) как интенсификаторов теплоотдачи при наложении на поток пульсаций по сравнению с полусферическими выемками (ПСВ) и двухполостными диффузорными выемками (ДДВ).

Методы и материалы; результаты. Проведение экспериментов по исследованию теплоотдачи в ОДВ проводилось на установках, описанных в [1, 2]. Полученные опытные данные показали полуторакратное превышение теплоотдачи на поверхности ОДВ при стационарном продольном ее обтекании по сравнению с ПСВ. При обтекании ОДВ под углом ее расположения в плане относительно направления потока $\beta = 60^\circ$ теплоотдача в ней в 1,5 раза превышает возможности ПСВ. Сравнительный анализ полученных визуализационных картин показал, что такое значительное преимущество по теплоотдаче ОДВ перед ПСВ обеспечивается генерацией мощных крупномасштабных вихревых структур (КВС), основанных на диффузорном эффекте в ОДВ. Отметим,

что эффект разрежения в эпицентрах таких вихрей в ОДВ четырехкратно превышает вихревой эффект в ПСВ. Эксперименты показали, что при числе $Re = 5,7 \cdot 10^3$ и значении числа Струхала $Sh = (2-8) \cdot 10^{-2}$ наблюдается прирост теплоотдачи по сравнению со стационарным режимом обтекания ОДВ. Отметим, что ДДВ непригодна для установки ее под углами, отличающимися от $\beta = 0^\circ$.

Заключение. Сравнительное экспериментальное исследование выемок различной формы показало следующее. На стационарном режиме обтекания ОДВ при $\beta = 0^\circ$ реализуется чередующийся механизм выброса вихрей в поток небольшой интенсивности из левой и правой областей выемки, наподобие ПСВ. При варьировании угла β в диапазоне примерно от 30° до 90° в ОДВ функционирует режим самоорганизации КВС с максимальной теплоотдачей при $\beta = 60^\circ$. При наложении на поток пульсаций максимальная теплоотдача в полости ОДВ устанавливается при продольном расположении ОДВ $\beta = 0^\circ$. В этом случае КВС малоинтенсивны из-за чередующегося механизма выброса из выемки вихрей и подавления их наложенными на поток пульсациями. В этом случае интенсивная теплоотдача в выемке генерируется не КВС, а пульсирующим потоком.

Интенсивность теплоотдачи в полостях ДДВ при наложенных на обтекающий их поток пульсаций на 25–30 % ниже, чем в ОДВ. Причина состоит в фиксированном в ДДВ значении угла установки выемок (около $\beta = 45^\circ$). В результате происходит взаимное противодействие наложенных на поток пульсаций и КВС в выемках. ДДВ проигрывает схеме ОДВ и в более простой технологии изготовления.

Список источников

- [1] Ильинков А.В., Щукин А.В., Кауров А.В. Особенности теплоотдачи в полусферических выемках, обтекаемых пульсирующим потоком. *Известия вузов. Авиационная техника*, 2011, № 4, с. 44–49.
- [2] Хабибуллин И.И. *Интенсификация теплообмена двухполостными диффузорными выемками*. Автореф. дис ... канд. техн. наук. Казань, 2016, 20 с.