

О Т З Ы В

на автореферат диссертации

Поповича Сергея Станиславовича

«Влияние ударных волн на эффект безмашинного энергоразделения»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника

Под термином «безмашинное энергоразделение» понимается перераспределение полной энтальпии (температуры торможения) в потоке газа без совершения им внешней работы и теплообмена с окружающей средой. Причины, вызывающие энергоразделение потока, могут быть различными. В некоторых случаях это вихревые течения, в других случаях это связано с пульсациями давления и возникновением ударных волн. Они легли в основу устройств для энергоразделения потока. Наиболее распространенные среди них - вихревые трубы Ранка-Хилша (ТРХ) и резонансные трубы Гартмана-Шпренгера (ТГШ). На данный момент создано множество разновидностей таких устройств, которые нашли широкое применение в промышленности. Их безусловными достоинствами являются: простота изготовления, высокая надежность, низкая инерционность, отсутствие систем смазки, возможность работать в широком диапазоне температур рабочего тела. С другой стороны им присущ и существенный недостаток, ограничивающий их применение в тепловых двигателях и установках – это высокие потери полного давления на выходе у горячего и холодного потоков. В связи с этим актуальна задача о создании метода энергоразделения сочетающего в себе высокую термическую эффективность с приемлемыми потерями полного давления. В работе Поповича С.С. рассматривается способ энергоразделения газового потока, удовлетворяющий данным условиям. Он основан на известном газодинамическом эффекте - температура теплоизолированной стенки, обтекаемой потоком сжимаемого газа, может существенно отличаться от температуры торможения потока за счет диссипативных процессов, возникающих в пограничном слое. Метод и реализующее его устройство обладает важным преимуществом по сравнению с аналогичными ТРХ и ТГШ – один из потоков на выходе из ТЛ практически сохраняет полное давление. Эта особенность позволяет использовать его как совместно с ТРХ и ТГШ для получения более низких температур, так и отдельно в энергетических установках. Например, для создания теплообменного оборудования нового поколения, существенного повышения эффективности систем охлаждения в газоперекачивающих агрегатах, снижения необратимых потерь газа на газораспределительных станциях, заменив огневые подогреватели, создания принципиально новых схем работы замкнутых газотурбинных установок. Однако целый ряд процессов, влияющих на эффективность данного способа энергоразделения, ранее оставался недостаточно изученным.

Содержание работы соответствует сформулированной в автореферате цели – поиск методов снижения адиабатной температуры стенки и повышения коэффициента теплоотдачи в сверхзвуковом потоке. При течении сверхзвукового потока за ребром зафиксировано уменьшение адиабатной температуры стенки на величину до 4% (в Кельвинах) и одновременный рост коэффициента теплоотдачи на уровне 30% в сравнении со сверхзвуковым течением на плоской стенке. При этом разность между температурой торможения и адиабатной температурой стенки

за ребром увеличивается на величину до 70% относительно режима обтекания плоской стенки.

В работе выполнено сравнительное экспериментальное исследование на реальной установке безмашинного энергоразделения при наличии генераторов ударных волн в сверхзвуковом канале устройства и при их отсутствии в гладком канале. Полученные результаты представляют интерес как для последующего моделирования газовой динамики и теплообмена при течении сверхзвукового потока в осесимметричном канале, так и при выполнении оптимизации конструкции устройства безмашинного энергоразделения на практике.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием апробированных методик, современного экспериментального оборудования. Для основных измеряемых величин представлен расчет неопределенности измерения.

В работе использованы две методики исследования в сверхзвуковом потоке. Первая – на стационарном тепловом режиме, когда предполагается достижение температуры стенки адиабатного значения. И вторая – на нестационарном режиме, когда адиабатная температура стенки определялась экстраполированием экспериментальных данных, полученных в процессе запуска аэродинамической установки на нестационарном режиме. Последняя методика позволила также определить коэффициент теплоотдачи при сверхзвуковом течении потока за ребром и на плоской стенке.

В процессе экспериментального исследования использовано современное лабораторное оборудование, в том числе тепловизор ThermoCAM, датчики давления ИКД и Honeywell, прибор Теплера ИАБ-451, термопары с термокомпенсацией, средства автоматизации National Instruments.

Практическая значимость и научная значимость работы аргументированы и подтверждены возможностями применения систем машинного энергоразделения при создании высокоэффективного теплообменного оборудования, средств тепловой защиты и систем аэродинамического нагрева.

Содержание работы полностью соответствует тематике специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника. Автореферат Поповича С.С. соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям. Работа прошла широкую апробацию.

К работе имеются замечания и пожелания:

1. К недостаткам работы можно отнести отсутствие сравнения полученных экспериментальных результатов с возможностями современного численного моделирования исследуемых задач.
2. Представляет интерес полученный эффект увеличения адиабатной температуры при падении ударной волны на стенку. Однако в автореферате не представлены рекомендации по учету данного эффекта при инженерных разработках - расчете коэффициента теплоотдачи в практических задачах при создании высокоэффективного теплообменного оборудования, средств тепловой защиты и систем аэродинамического нагрева.
3. Требуется разъяснения указанная в автореферате фраза «По теме диссертации опубликовано в 44 научные работы (16 статей, 28 тезисов докладов и материалов конференций), из них 4 статьи в журналах из списка ВАК», а список публикаций автора по теме диссертации содержит только 4 статьи в журналах из списка ВАК и 11 тезисов докладов и материалов конференций. Это неполный список? Почему?

Представленная диссертационная работа на соискание ученой степени кандидата наук соответствует п.9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Правительством Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, является законченной научно-квалификационной работой, в которой на основании выполненных автором исследований разработаны теоретические положения, совокупность которых представляют новые научно обоснованные технические решения, внедрение которых вносит значительный вклад в создание высокоэффективного теплообменного оборудования, средств тепловой защиты и систем аэродинамического нагрева, а ее автор **Попович Сергей Станиславович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Д.т.н., профессор кафедры теплотехники
и энергетического машиностроения, Президент
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им.А.Н.Туполева-КАИ»,
420111, г.Казань, ул.К.Маркса, 10
Тел.: (843) 2310150
E-mail: jurij.gortyshov@kai.ru

Юрий
Федорович
Гортышов

Подпись Гортышова Ю.Ф.
заверяю. Начальник управления
делами КНИТУ-КАИ

Д.т.н., профессор кафедры теплотехники
и энергетического машиностроения
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им.А.Н.Туполева-КАИ»,
420111, г.Казань, ул.К.Маркса, 10
Тел.: (843) 2310102
E-mail: popov-igor-alex@yandex.ru

Игорь
Александрович
Попов

Подпись Попова И.А.
заверяю. Начальник управления
делами КНИТУ-КАИ

К.т.н., доцент кафедры теплотехники
и энергетического машиностроения
ФГБОУ ВПО «Казанский национальный
исследовательский технический университет
им.А.Н.Туполева-КАИ»,
420111, г.Казань, ул.К.Маркса, 10
Тел.: (843) 2310102
E-mail: leha_kzn@mail.ru

Алексей
Валентинович
Щелчков

Подпись Щелчков А.В.
заверяю. Начальник управления
делами КНИТУ-КАИ