

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертационную работу 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

Диссертационная работа Поповича С.С. «Влияние ударных волн на эффект безмашинного энергоразделения» посвящена разработке и применению методов безмашинного энергоразделения газовых потоков, т.е. перераспределению полной энтальпии (температуры торможения) в потоке газа без совершения им внешней работы и при отсутствии теплообмена с окружающей средой

Актуальность темы исследований связана с тем обстоятельством, что безмашинное разделение является одной из важнейших задач теплофизики и энергетики. Одним из методов повышения эффективности энергоразделения является интенсификация теплоотдачи в дозвуковом и сверхзвуковом каналах устройств энергоразделения. Однако любое внесение конструктивных изменений в сверхзвуковой канал с целью интенсификации теплоотдачи сопровождается образованием ударных волн и локальных отрывных течений. Согласно результатам многочисленных исследований взаимодействия ударной волны с пограничным слоем, отрыв пограничного слоя от стенки и его последующее присоединение увеличивает коэффициент теплоотдачи на стенке пропорционально градиенту статического давления. При этом влияние ударных волн и отрывных течений на коэффициент восстановления температуры, который наряду с коэффициентом теплоотдачи определяет эффективность энергоразделения, менее исследовано в литературе. Именно влиянию ударных волн на эффект безмашинного энергоразделения посвящена настоящая работа, что и определяет актуальность исследования в целом.

Целью данной работы является исследование методов снижения адиабатной температуры стенки и увеличения коэффициента теплоотдачи в сверхзвуковом потоке и применение данных эффектов для повышения эффективности работы устройства безмашинного энергоразделения.

Основными задачами работы являются:

1. Разработка методики проведения экспериментального исследования тепловых и динамических параметров в потоке сжимаемого газа на сверхзвуковой аэродинамической установке непрерывного действия.

2. Реализация данной методики в виде экспериментального стенда, ориентированного на решение задач, возникающих при моделировании тепловых и динамических процессов в сверхзвуковом канале устройства безмашинного энергоразделения потоков.

3. Исследование отдельных аспектов, определяющих эффективность процесса в устройстве безмашинного энергоразделения, таких как влияние инициированных ударных волн и отрывного течения за ребром на адиабатную температуру стенки, коэффициент восстановления температуры и интенсификацию теплоотдачи на плоской стенке.

4. Применение результатов исследований на плоской стенке к течению в сверхзвуковом канале устройства безмашинного энергоразделения. Определение эффектов нагрева и охлаждения потоков в устройстве энергоразделения с гладким сверхзвуковым каналом и при наличии в канале ребер – генераторов ударных волн.

Научная новизна работы состоит в:

- адаптации методики проведения экспериментальных исследований тепловых и динамических параметров сверхзвукового газового потока при наличии ударных волн и отрывных течений на стационарном и нестационарном режимах работы;
- исследовании на экспериментальном стенде, оборудованном современными средствами автоматизации, зондовыми датчиками, бесконтактными оптическими и тепловизионными средствами визуализации картины течения,

обеспечивающими моделирование тепловых и динамических процессов при течении потока сжимаемого газа в широком диапазоне чисел Маха;

- проведении исследований влияния падающей ударной волны и отрывного течения за ребром на адиабатную температуру стенки, коэффициент восстановления температуры и интенсификацию теплоотдачи;

- получении новых данных по абсолютному значению эффекта нагрева сверхзвукового потока и охлаждения дозвукового потока в рамках сравнительного исследования устройства безмашинного энергоразделения при наличии в сверхзвуковом канале ударных волн и при их отсутствии в гладком канале.

- экспериментальному обнаружению эффекта локального увеличения адиабатной температуры стенки в области падения ударной волны на плоскую стенку; при течении сверхзвукового потока в отрывной области за ребром обнаружено уменьшение адиабатной температуры стенки;

- доказательстве, что изменение адиабатной температуры стенки оказывает значительное влияние на величину коэффициента теплоотдачи при течении сжимаемого газа; учет данных эффектов позволяет повысить точность определения коэффициента теплоотдачи при взаимодействии падающей ударной волны со стенкой и в области отрывных течений за преградами.

Практическая значимость полученных данных состоит в возможном их использовании в инженерных расчётах устройств, основанных на эффекте безмашинного энергоразделения, при проектировании современного высокоэффективного теплообменного оборудования и средств тепловой защиты, а также при исследовании аэродинамического нагрева и закономерностей теплоотдачи в сверхзвуковых потоках.

В числе достоинств работы можно отметить следующие.

1. Работа выполнена на высоком научном уровне, содержит необходимые оценки неопределенностей измерений, достоверность работы связана как с правильно выбранными методиками и оборудованием, так и с большими массивом экспериментальных данных.

2. Результаты работы апробированы в многочисленных публикациях и доложены на различных конференциях и научных школах.

3. Безусловно положительным результатом данного исследования является результат, свидетельствующий о том, что ударные волны, возникающие в сверхзвуковом канале, не оказывают негативного воздействия на эффект энергоразделения, что существенно снижает риск потери работоспособности устройства в случае непредвиденного возникновения ударных волн в сверхзвуковом потоке.

В качестве замечаний по работе можно отметить следующее.

1. В работе внутри установки помещался генератор ударной волны – стальной клин с углом раскрытия 22° . Однако почему выбран такой угол, как изменится характер течений и взаимодействие ударных волн с потоком газа при других углах раскрытия нигде не комментируется.

2. В диссертации на рис.3.11 показаны примеры тепловизионных снимков области падения ударной волны на стенку. К сожалению, качество рисунка недостаточно для понимания тепловой картины такого процесса. К тому же, нет комментариев, чем отличаются на рис.3.11 левый и правый снимки.

3. В разделе 3.3.3 о влиянии длины канала на эффект безмашинного энергоразделения сказано, что «использование ребер в сверхзвуковом канале устройства энергоразделения будет обосновано в случае полностью расширяющегося канала без цилиндрических участков. В этом случае можно добиться уменьшения габаритов устройства при сохранении того же эффекта энергоразделения на выходе. Задача в данном случае является оптимизационной». К сожалению, далее нигде не сказано, что представляет собой задача оптимизации, по каким параметрам оптимизируются процессы и т.п.

Несмотря на сделанные замечания, в целом диссертационная работа Поповича Сергея Станиславовича «Влияние ударных волн на эффект безмашинного энергоразделения», представляет законченное исследование

по одной из важнейших проблем теплофизики. Тема работы весьма актуальна, научные положения диссертационной работы достаточно обоснованы, выбранные методы исследования и применяемые средства измерений адекватны рассматриваемым процессам. Новизна результатов работы не вызывает сомнений, выводы диссертационной работы и рекомендации также весьма обоснованы. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Публикации, приведенные в списке литературы, правильно отражают результаты исследований и выводы, изложенные в диссертации.

Таким образом, диссертация Поповича Сергея Станиславовича «Влияние ударных волн на эффект безмашинного энергоразделения» соответствует критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней (п. 9), утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.04.14 – теплофизика и теоретическая теплотехника.

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой низких температур
Национального исследовательского университета «МЭИ»



А.С. Дмитриев
29.11.2016

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
«Национальный исследовательский
университет «МЭИ»,
Институт тепловой и атомной энергетики,
кафедра низких температур,
111250, г. Москва, ул.
Красноказарменная, д.14.
E-mail: asdmitriev@mail.ru
Тел.: +7 (495) 362-79-33



Подпись
удостоверяю

заместитель начальника управления
по работе с персоналом



Е.Ю. Баранов

29.11.2016