

Цынаева Анна Александровна, Цынаева Екатерина Александровна

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ В МОДИФИЦИРОВАННОЙ ТРУБЕ ЛЕОНТЬЕВА С ТЕПЛОВЫМИ ТРУБАМИ

Проведены математическое моделирование и численное исследование параметров работы модифицированной трубы температурной стратификации (на основе трубы Леонтьева) с тепловыми трубами. Выявлено, что применение тепловых труб в трубе Леонтьева позволяет значительно повысить ее эффективность (до 3 раз).

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2013/3/59.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2013. № 3 (70). С. 206-208. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2013/3/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

пожизненного герцогского титула, за что каждому курфюрсту полагалось 10 тыс. гульденов, и приводили мнение Саксонского герцога о том, что Моро должен будет заплатить королю и князьям большую сумму в случае получения права передачи ленов по наследству [Ibidem, № 1840]. В ответ маркграф Бранденбурга в инструкции от 23 июня 1495 г. дал указание своим советникам принять ленные таксы в размере 10 тыс. гульденов, «обещанные герцогом Милана каждому курфюрсту за согласие на его инвеституру» [Ibidem, № 3486]. Но поскольку эти деньги до июля 1495 г. так и не поступили, а к тому же были изменены еще и условия инвеституры, то можно понять негодование имперских магнатов, которые 30 июля вторично заявили публичный протест против передачи Лодовико Миланского герцогства с правом его передачи по наследству. В действительности же ни курфюрсты, ни придворные чиновники до конца 1497 г. так и не получили причитавшихся им такс и подношений. Архиепископу Майнцскому, постоянно напоминавшему ему о необходимости, наконец, рассчитаться, Сфорца отвечал уклончиво, утверждая, что «все, что должен был за инвеституру, он уже заплатил королю» [Ibidem, № 2209].

Итак, Лодовико, умело воспользовавшись благоприятной политической обстановкой, де-юре смог закрепить права династии Сфорца на миланский престол и добиться желанного герцогского титула. Однако значимых политических дивидендов этот шаг ему не принес, потому что в условиях многочисленных международных противоречий и ограничений путь к ликвидации самостоятельности Милана в любом случае был неизбежен. Ведь идея миланской независимости шла вразрез с тенденциями политического развития в Италии, Франции и империи в эпоху еще сохранявшегося европейского дуализма духовной и светской властей.

Список литературы

1. **Ausgewählte Regesten des Kaiserreiches unter Maximilian I. 1493-1519** / bearb. von H. Wiesflecker. Wien: Wiss. Verlag, 1990.
2. **Simon S.** Maximilian I., die Erblander, das Reich und Europa im Jahre 1494. Graz: Universitätsverlag, 1970.
3. **Spausta B.** König Maximilian I., das Reich und Europa und die habsburgischen Erblande im Jahre 1495. Graz: Universitätsverlag, 1973.
4. **Ulmann H.** Kaiser Maximilian I. Auf urkundlicher Grundlage dargestellt. Stuttgart: Oldenbourg, 1884.
5. **Wiesflecker H.** Maximilian I. und die Heilige Liga von Venedig // Festschrift W. Sas-Zaloziecky zum 60. Geburtstag. Graz, 1953. S. 178-199.
6. **Wiesflecker H.** Kaiser Maximilian I. Das Reich, Osterreich und Europa an der Wende zur Neuzeit. Wien: Verlag für Geschichte und Politik, 1977. Bd. II.

УДК 533.6.011.6; 62-176

Технические науки

Проведены математическое моделирование и численное исследование параметров работы модифицированной трубы температурной стратификации (на основе трубы Леонтьева) с тепловыми трубами. Выявлено, что применение тепловых труб в трубе Леонтьева позволяет значительно повысить ее эффективность (до 3 раз).

Ключевые слова и фразы: теплообмен между движущимися телами и газами; аэротермодинамика; температурная стратификация; тепловые трубы; кипение в ограниченном объеме; конденсация.

Цынаева Анна Александровна, к.т.н., доцент
Самарский архитектурно-строительный университет
a.tsinaeva@rambler.ru

Цынаева Екатерина Александровна, к.т.н.
Ульяновский государственный технический университет
a.tsinaeva@rambler.ru

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТРАТИФИКАЦИИ В МОДИФИЦИРОВАННОЙ ТРУБЕ ЛЕОНТЬЕВА С ТЕПЛОВЫМИ ТРУБАМИ[©]

Работа поддержана грантом РФФИ № 12-08-31091 мол_а «Повышение эффективности газодинамической температурной стратификации потока за счет использования тепловых труб» и выполняется при поддержке стипендии Президента РФ № СП-406.2012.1 для молодых ученых и аспирантов.

Эффективность температурной стратификации в трубе Леонтьева возрастает с интенсификацией передачи теплоты от дозвукового потока к сверхзвуковому через разделяющую их стенку. Методы повышения эффективности температурной стратификации условно можно разделить на технологические и технические.

К технологическим относятся методы, управляющие переносом тепла за счет изменения свойств рабочего тела. Увеличение передаваемого теплового потока при этом достигается за счет уменьшения коэффициента восстановления r и, как итог, снижения адиабатной температуры стенки со стороны сверхзвукового

потока. Это ведет к увеличению температурного напора $\Delta T = T^* - T_{r2}$ (T^* - температура заторможенного потока; T_{r2} - температура стенки со стороны сверхзвукового потока), являющегося движущей силой процесса теплопереноса. В настоящее время предложен и изучен метод повышения эффективности работы трубы температурной стратификации Леонтьева при использовании водородо-ксеноновой, водородо-аргоновой и гелий-ксеноновых смесей [1]. Для этих и некоторых других газовых смесей характерно достаточно низкое значение числа Прандтля ($Pr < 0.2$), при котором коэффициент восстановления будет до 30% ниже (порядка 0.5...0.6), чем для других газов (воздух $Pr=0,7...0,72$; природный газ $Pr=0,73...0,93$; азот $Pr=0,7...0,8$ при температуре от 0 до 1000°C). Однако, несмотря на увеличение температурного напора $\Delta T = T^* - T_{r2}$, снижение числа Прандтля приводит к уменьшению теплоотдачи, а, как следствие, и коэффициента теплопередачи. В связи с чем происходит ограничение возможностей повышения эффективности температурной стратификации при использовании водородо-ксеноновой, водородо-аргоновой и гелий-ксеноновых смесей. Необходимо отметить, что водородо-ксеноновая, водородо-аргоновая и гелий-ксеноновые смеси достаточно дороги, что ограничивает использование этого метода в промышленных установках.

Кроме того, повысить эффективность температурной стратификации возможно за счет применения в качестве рабочего тела двухфазного потока (газа с дисперсными частицами) [4]. По сравнению с работой трубы Леонтьева на газе, использование дисперсного потока увеличивает до 7 раз эффективность температурной стратификации. Однако применение дисперсного потока в технических приложениях трубы Леонтьева (системы охлаждения генераторов, системы подогрева природного газа и др.) представляется проблематичным, так как впрыск жидкости или других дисперсных частиц воздействует на свойства рабочего тела.

К техническим методам повышения эффективности газодинамической температурной стратификации относятся методы, оптимизирующие конструкцию трубы Леонтьева (применение перфораций, ребер и т.д.). Наличие перфораций в стенке, разделяющей дозвуковое и сверхзвуковое течения в трубе Леонтьева, позволяет реализовывать вдув-отсос газа между дозвуковым и сверхзвуковым потоками рабочего тела. Из литературы известно, что эффективность температурной стратификации при отсосе газа из сверхзвукового тракта выше, чем при вдуве, что наиболее явно проявляется для газов с малыми числами Прандтля [1]. Применение проницаемой стенки в трубе температурной стратификации представляется достаточно эффективным решением. Однако в устройствах для регулирования давления газа [2] на основе трубы Леонтьева наличие перфорированной стенки между дозвуковым и сверхзвуковым трактами может привести к колебаниям давления рабочего тела на выходе. Следовательно, возникает необходимость дополнительных исследований работы таких регуляторов [2; 5].

Так как в трубе Леонтьева интенсивность теплоотдачи со стороны дозвукового течения будет значительно ниже, то для увеличения эффективности температурной стратификации требуется повысить величину теплосъема со стороны дозвукового тракта. Это реализуется при использовании продольного оребрения дозвукового тракта. Однако эффективность ребер снижается с увеличением их длины. К тому же, применение оребрения в некоторых промышленных установках ограничивается их относительно небольшими габаритами (регуляторы давления газа на газорегуляторных пунктах) [Там же].

В этой связи, применение тепловых труб для повышения эффективности температурной стратификации в устройстве типа трубы Леонтьева представляется достаточно перспективным решением [3; 5]. Анализ эффективности использования тепловых труб производился на основе численного моделирования. Температура T_{r2} , профили скорости и температуры в сечениях пограничного слоя, коэффициент восстановления r и коэффициент теплоотдачи определены в результате решения системы дифференциальных уравнений, описывающих движение и теплообмен в пограничном слое [5]. Решение получено применительно к устройству температурной стратификации с фитильными тепловыми трубами, выполненными в виде прямых плоских продольных ребер постоянной толщины. Конструкция предлагаемого устройства для температурной стратификации представлена на Рис. 1. Сравнение результатов осуществлялось при наличии тепловых труб в устройстве температурной стратификации и без них. В качестве допущения было принято, что коэффициенты теплоотдачи к поверхности тепловых труб-ребер и к неоребренной поверхности равны [Там же].

Коэффициент эффективности тепловой трубы-ребра η_p и относительный тепловой поток $\bar{q} = q/q_{\max}$ рассчитывались по методике, представленной в [Там же]. Величина максимального теплового потока q_{\max} рассчитана при $\alpha_2 = \infty$, $T_2 = 0$ [Там же].

Результаты моделирования для двухфазного потока представлены на Рис. 2. Расчеты проводились для значений $\gamma = 1,4$, $Pr = 0,7$ (несущая среда - воздух), $M_1 = 0,05$, $Re_{\text{мк2}} = 10^6$, для $G = 2 \cdot 10^{-6}$ - комплекс, характеризующий влияние конденсированных частиц в потоке [Там же]. Как видно из Рис. 2, применение тепловых труб увеличивает эффективность температурной стратификации до 3 раз.

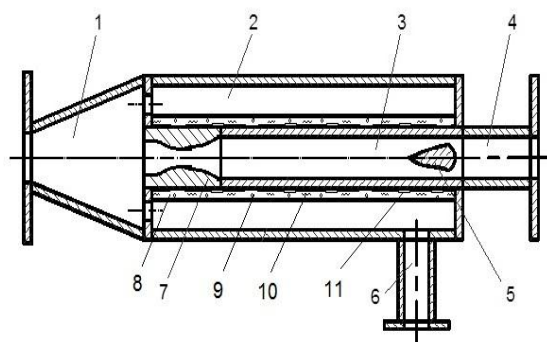


Рис. 1. Схема сверхзвуковой трубы температурной стратификации с тепловыми трубами: 1 - разделительная камера; 2 - тракт дозвукового течения; 3 - тракт сверхзвукового течения; 4 - выходной патрубок тракта сверхзвукового течения; 5 - сверхзвуковой диффузор; 6 - выходной патрубок тракта дозвукового течения; 7 - сверхзвуковое сопло (сопло Лавалья); 8 - тепловая труба с фителем, выполненная в виде продольного ребра; 9 - зона испарения тепловой трубы; 10 - фитиль тепловой трубы; 11 - зона конденсации тепловой трубы

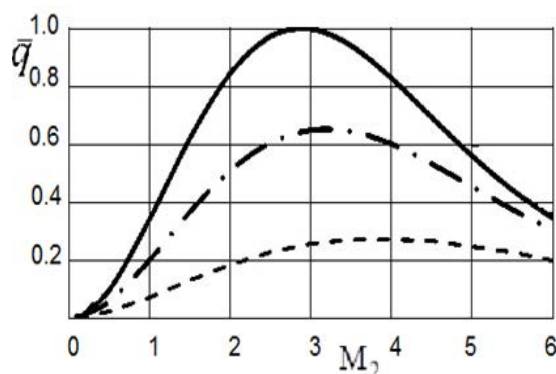


Рис. 2. Влияние числа Маха и относительной длины тепловой трубы на температурную стратификацию двухфазного потока: ---- без тепловых труб; - - - с тепловыми трубами относительной длиной $l/\delta = 2$; — с тепловыми трубами относительной длиной $l/\delta = 5$

Список литературы

1. **Виноградов Ю. А., Ермолаев И. К., Здитовец А. Г., Леонтьев А. И.** Измерение равновесной температуры стенки сверхзвукового сопла при течении смеси газов с низким значением числа Прандтля // Известия РАН. Энергетика. 2005. № 4. С. 128-133.
2. **Патент 2364914.** Российская Федерация. МПК G05D16/04. Регулятор давления газа / Н. Н. Ковальнов, А. А. Цынаева; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновский государственный технический университет». № 2008117787/28; заявл. 04.05.2008; опубл. 20.08.2009; бюлл. № 23. 6 с.
3. **Патент 2468309.** Российская Федерация. МПК F25B9/02. Труба температурной стратификации / А. А. Цынаева, Т. Н. Волкова, К. М. Магазинник, К. Р. Сагитова; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Ульяновский государственный технический университет». № 2011114941/06; заявл. 15.04.2011; опубл. 27.11.2012; бюлл. № 33. 5 с.
4. **Цынаева А. А., Магазинник Л. М.** Моделирование процесса движения и теплообмена потока для внутреннего охлаждения плазмотрона // Тезисы докладов Всероссийской школы-семинара молодых ученых «Актуальные вопросы теплофизики и гидрогазодинамики». Новосибирск: Институт теплофизики СО РАН им. С. С. Кутателадзе, 2008. С. 130-132.
5. **Цынаева А. А., Цынаева Е. А.** Моделирование интенсификации теплообмена в сверхзвуковой трубе температурной стратификации при использовании тепловых труб // XIV Минский международный форум по тепло- и массообмену: сборник докладов. Минск: Институт тепло- и массообмена им. А. В. Лыкова НАН Беларуси, 2012. Т. 1. Ч. 1. С. 342-344.