

УДК 662.612:428.4

Гидродинамические особенности работы вихревого предтопка для двухконтурных водогрейных котлов

А. П. Любарец¹, К. И. Борисенко², Т. Д. Домошней³, О. Н. Зайцев⁴

¹к.т.н., доц. Киевский национальный университет строительства и архитектуры, г. Киев, Украина, apl_knuba@ukr.net, ORCID:0000-0003-1905-9283

²к.т.н., доц. Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса, Украина, nefertichevo@ukr.net

³асп. Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса, Украина, zero1965@ukr.net

⁴д.т.н., проф. Одесская государственная академия строительства и архитектуры, г. Одесса, Украина, zon@ukr.net, ORCID:0000-0001-9084-9355

Аннотация. В результате теоретических исследований полей скорости и температуры при сжигании газа в вихревой трубе выявлен диапазон возможного использования эффекта Ранке. Предложена конструкция вихревого предтопка, способ регулирования теплосъёма в двухконтурных котлах малой мощности в зависимости от требуемой загрузки потребителя на отопление и горячее водоснабжение. В результате исследований при различной скорости входа газозооушной смеси и температуры выявлено, что температурная зона с наибольшей температурой находится в нижней части вихревой камеры (в части коаксиального отвода) и занимает объём 20...35 % от общего объёма камеры, а более низкая температурная зона расположена в части осевого отвода продуктов сгорания. При этом данные зоны характеризуются практически равномерным распределением в данных частях топки, что позволяет регулировать теплосъём от топки путём перераспределения потоков на отопление и горячее водоснабжение. С повышением наружной температуры повышение КПД котла по сравнению с базовым вариантом увеличивается и достигает 22 % в пересчёте на среднюю отопительную температуру для г. Одессы.

Ключевые слова: вихревая труба, теплопотребление, аэродинамика топки, водогрейный котёл.

Введение. Теплоснабжение является важнейшей структурной составляющей хозяйственной деятельности любой страны. В то же время, для европейского континента характерно неравномерное распределения топливно-энергетического потенциала, генерирующих мощностей, а также наиболее энергоёмких производств и потребителей [7].

Актуальность исследований. В последнее десятилетие всё большее распространение в мире получают новые энергоэффективные технологии жизнеобеспечения зданий, базирующиеся на применении периодических систем отопления. Все широкомасштабные программы по экономии энергии, реализуемые за рубежом, предусматривают их широкое использование [4].

Основным препятствием, сдерживающим внедрение аккумуляционных систем отопления, является фактическое отсутствие математического, программного и нормативного обеспечения проектирования и строительства этих систем в почвенно-климатических условиях Украины и Белоруссии. Дело в том, что, в отличие от традиционных аналогов, для таких систем характерны повышенные единовременные капитальные вложения при сравнительно низких эксплуатационных издержках. Вместе с тем их применение позволяет не только обеспечить экономию энергоресурсов, но и получить зна-

чительный экологический эффект от сокращения сжигания традиционного органического топлива.

Последние исследования и публикации. Основными тенденциями развития теплогенерирующих технологий в странах западной Европы и северной Америки являются разработка и внедрение котлов малой мощности. Однако, такие котельные отличаются более низким КПД. В связи с тем, что выбор мощности такого оборудования осуществляется по расчётам теплопотерь в холодную пятидневку, то котельные работают в нерасчётном режиме, то есть с более низким КПД. При этом увеличиваются выбросы вредных веществ в атмосферу, что послужило причиной применения таких установок только сельскохозяйственными районами (в большинстве стран их применение в городах запрещено) [4, 5].

Формулирование цели статьи. Целью настоящей работы является повышение эффективности работы теплогенераторов с вихревыми предтопками для систем децентрализованного теплоснабжения.

Для достижения поставленной цели в работе теоретически исследовалось распределение температуры, скорости и давления в процессе сжигания газа в вихревых трубах и рассматривалась возможность сглаживания колебаний гидравлических режимов в системе децентра-

лизованного теплоснабження путём управления аэродинамикой в теплогенераторе.

Основная часть. Моделирование выполнено с использованием программного комплекса, позволяющего получить пространственное распределение линий тока при численном решении по k - ϵ модели турбулентных потоков с заданными граничными условиями для данной задачи [1, 2, 3, 6]. В данной модели использовалась «внутренняя» задача – то есть воздух и природный газ подавались с определённым расходом через тангенциальные патрубки (воздух и газ с расходом 0,1 кг/с, с массовыми долями 0,3 и 0,7 соответственно). Температура воздуха задавалась равной 20 °С, а температура горения в топке – 1100 °С. Отделение продуктов сгорания осуществлялось через два торцевых отверстия камеры: через осевое отверстие в нижней части камеры с задачей пониженного давления в патрубке – 80 кПа; в нижнем коаксиальном отверстии – 90 кПа. При этом для моделирования процесса отбора тепловой энергии через поверхность стенки были заданы коэффициент теплопроводности стенки, температура стенки (200 °С) и температура теплоносителя (вода, 20 °С). В результате исследований при различной скорости входа газозооушной смеси и температуре выявлено, что температурная зона с

наибольшей температурой находится в нижней части вихревой камеры (в части коаксиального отвода) и занимает объём 20-35 % от общего объёма камеры, а более низкая температурная зона расположена в части осевого отвода продуктов сгорания. При этом данные зоны характеризуются практически равномерным распределением в данных частях топки (рис. 1, 2), что позволяет регулировать теплосъём от топки путём перераспределения потоков на отопление и горячее водоснабжение. При этом необходимо отметить, что такое перераспределение температурного поля свидетельствует о появлении эффекта Ранке хотя и в меньшем масштабе, чем в обычных вихревых трубах.

Распределение скорости, давления и температуры, приведённое на рис. 2, 3, показало, что распределение давления в объёме топки имеет более равномерный характер, чем скорость, а распределение температуры явно происходит по противоположным частям камеры.

В данной модели наиболее рациональным будет формирование отдельного водяного контура для покрытия загрузки на систему отопления со стороны внешней оболочки камеры в области коаксиального патрубка. А второй контур (более холодный) следует присоединить к системе горячего водоснабжения.

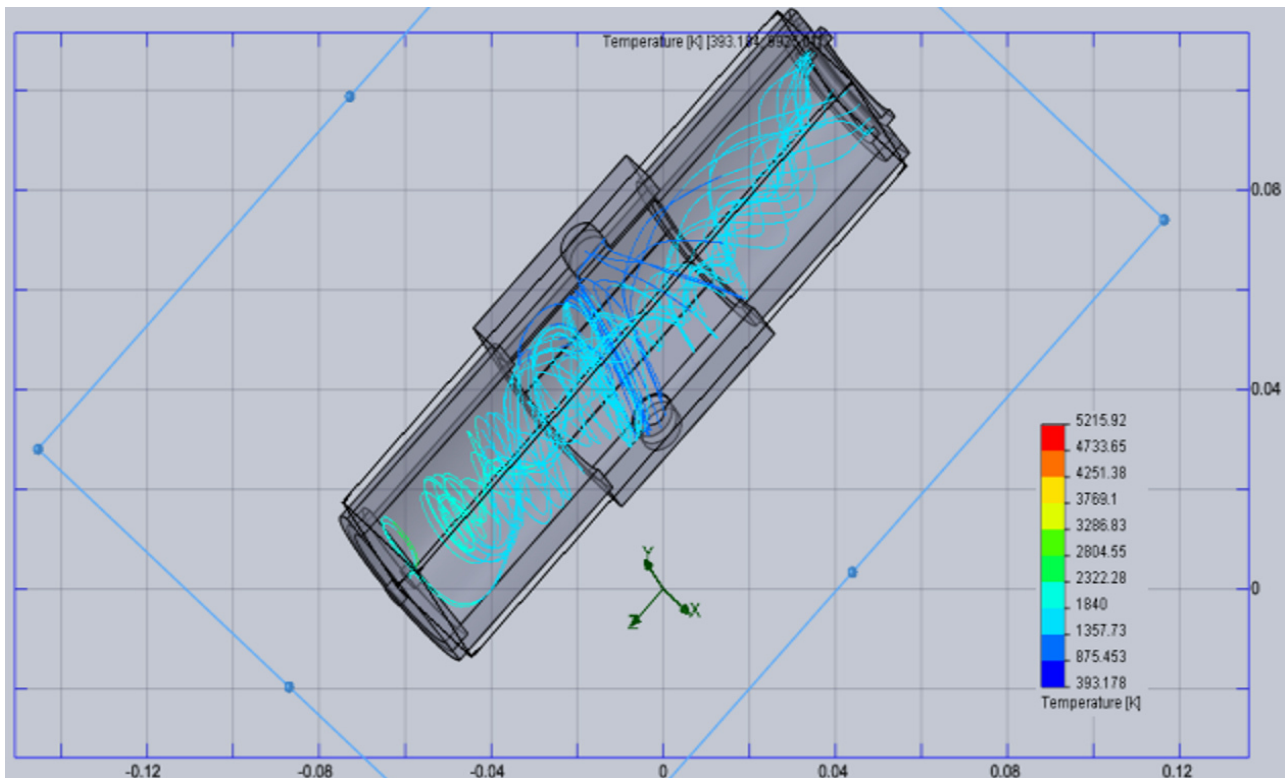


Рис.1. Распределение линий тока при сжигании газа в вихревой топке

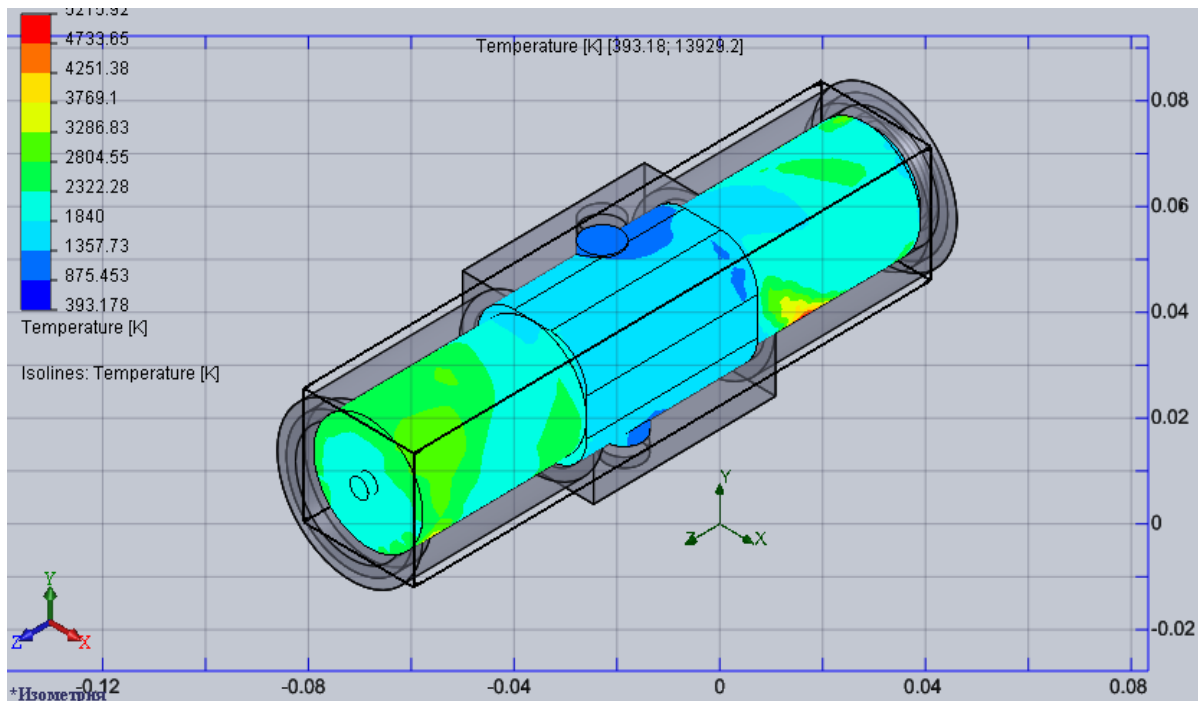


Рис.2. Распределение температуры по стенкам камеры

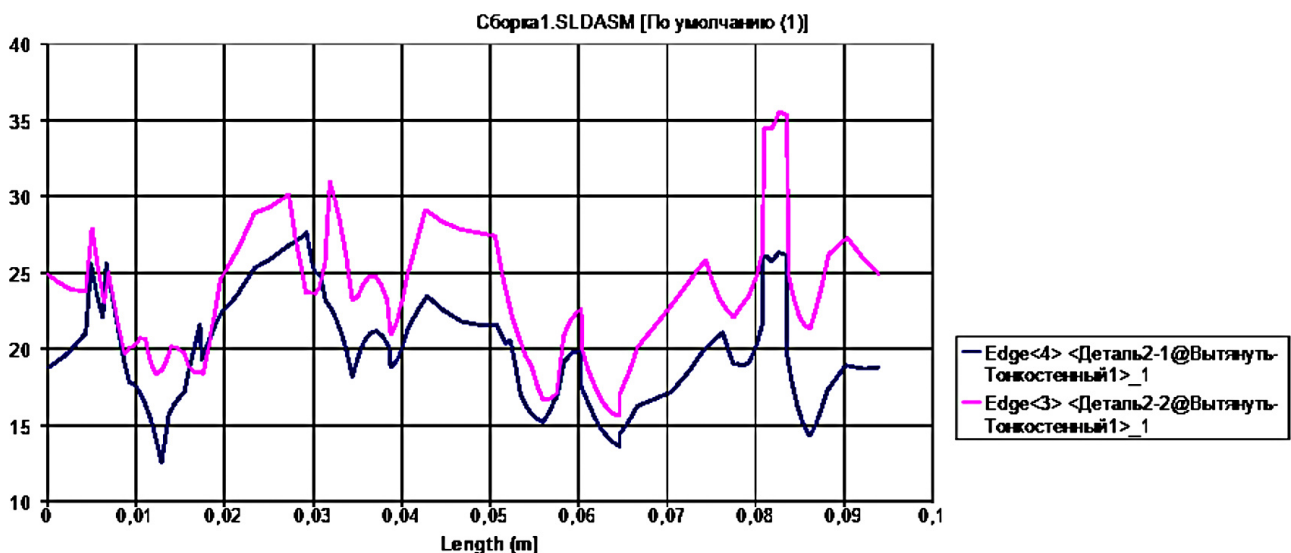


Рис.3. Распределение коэффициента теплопередачи в вихревой камере

Поскольку параметры теплоносителя зависят от режима теплоснабжения, то есть от внешних климатических условий, то варьированием величины потоков на выходе из камеры сгорания можно изменять теплосъём с соответствующей привязкой его к требуемой тепловой нагрузке.

С повышением наружной температуры повышение КПД котла по сравнению с базовым вариантом увеличивается и достигает 22 % в пересчёте на среднюю отопительную температуру для г. Одессы. То есть, с учётом стоимости 1 м³ газа окупаемость затрат на переоборудование котла составит 2,5 года.

Выводы. В результате выполненных теоретических исследований получены данные по

распределению скорости, температуры и давления в предложенной конструкции вихревой топки. Выявлен эффект Ранке при данном способе сжигания газа и предложен способ регулирования теплосъёма в двухконтурных котлах малой мощности, заключающийся в пропорциональном варьировании величины потоков на выходах из камеры сгорания в зависимости от требуемой тепловой нагрузки на горячее водоснабжение и отопление в аккумуляционных системах.

Перспективы дальнейших исследований. Представленные исследования могут быть использованы для создания инженерной методики расчёта вихревых предтопок для водогрейных котлов малой мощности

Литература

1. Тепловой расчет котельных агрегатов: нормативный метод. – Москва: Энергия, 1973. – 296 с.
2. Пырков В. В. Особенности современных систем водяного отопления / В. В. Пырков. – Київ: «Такі справи», 2003. – 176 с.
3. Рагозин А. С. Бытовая аппаратура на газовом, жидком и твердом топливе / А. С. Рагозин. – Ленинград: Недра, 1982. – 254 с.
4. Гупта А. Закрученные потоки: Пер. с англ. / А. Гупта, Д.Лилли, Н.Сайред. – Москва: Мир, 1987. – 588с.
5. Штихлинг Г. Теория пограничного слоя / Г. Штихлинг. – Москва: Наука, 1974. – 711 с.
6. Зайцев О. Н. Управление аэродинамической обстановкой в рабочем объеме теплогенерирующих установок / О. Н. Зайцев // Вісник ОДАБА. – 2002. – Вип. 7. – с. 60-64.
7. Сабуров Э. Н. Циклонные нагревательные устройства с интенсивным конвективным теплообменом / Э. Н. Сабуров. – Архангельск: Сев-зап. кн. из-во, 1995. – 341 с.

References

- 1, *Teplivoi raschet kotelnykh agregatov: normativnyi metod*, Energiia, 1973.
2. Pyrkov V. V. *Osobennosti sovremennykh sistem vodianogo otopleniia*, «Taki spravy», 2003.
3. Ragozin A.S. *Bytovaia apparatura na gazovom, zhidkom i tverdom toplive*, Nedra, 1982.
4. Gupta A., Lilli D., Saired N. *Zakruchennnye potoki*, Mir, 1987.
5. Shlikhting G. *Teoriia pgranichnogo sloia*, Nauka, 1974.
6. Zaytsev O. N. “Upravlenie aerodinamicheskoi obstanovkoi v rabochem obeme teplogeneriruiushchikh ustanovok”. *Visnik ODABA*, Iss. 7, 2002, pp. 60-64.
7. Saburov E.N. *Tsiklonnye nagrevatelnye ustroistva s intensivnym konvektivnym teploobmenom*, Sev-zap. kn. iz-vo, 1995.

УДК 662.612:428.4

Гідродинамічні особливості роботи вихрового передтопка для двоконтурних водогрійних котлів

О. П. Любарець¹, К. І. Борисенко², Т. Д. Домошей³, О. М. Зайцев⁴

¹к.т.н., доц. Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ, Україна, apl_knuba@ukr.net, ORCID:0000-0003-1905-9283

²к.т.н., доц. Одеська державна академія будівництва і архітектури, м. Одеса, Україна, nefertichevo@ukr.net

³асп. Одеська державна академія будівництва і архітектури, м. Одеса, Україна, zero1965@ukr.net

⁴д.т.н., проф. Одеська державна академія будівництва і архітектури, м. Одеса, Україна, zon@ukr.net

Анотація. У результаті теоретичних досліджень полів швидкості і температури при спалюванні газу у вихровій трубі виявлено діапазон можливого використання ефекту Ранке. Запропоновано конструкцію вихрового передтопка, спосіб регулювання тепловиділення у двоконтурних котлах малої потужності залежно від необхідного навантаження споживача на опалення і гаряче водопостачання. У результаті досліджень при різних швидкості входу газоповітряної суміші й температурі виявлено, що зона з найбільшою температурою перебуває в нижній частині вихрової камери (в частині коаксіального відведення) і займає об'єм 20-35 % від загального об'єму камери, а більш низька температурна зона розташована в частині осьового відведення продуктів згорання. При цьому дані зони характеризуються практично рівномірним розподілом у даних частинах топки, що дозволяє регулювати тепловиділення від топки шляхом перерозподілу потоків на опалення та гаряче водопостачання. З підвищенням зовнішньої температури підвищення ККД котла порівняно з базовим варіантом збільшується і досягає 22 % в перерахунку на середню опалювальну температуру для м. Одеси.

Ключові слова: вихрова труба, теплоспоживання, аеродинаміка топки, водогрійний котел.

UDC 662.612:428.4

Hydrodynamic Features of the Vortex Furnace for Two-Circuit Hot-Water Boilers

O. Liubarets¹, K. Borisenko², T. Domoshchey³, O. Zaitsev⁴

¹PhD, associate professor. Kiev National University of construction and architecture, Kiev, Ukraine, apl_knuba@ukr.net, ORCID:0000-0003-1905-9283

²PhD, associate professor. Odessa State Academy of civil engineering and architecture, Odessa, Ukraine, nefertichevo@ukr.net

³Post-graduate student. Odessa State Academy of civil engineering and architecture, Odessa, Ukraine, zero1965@ukr.net

⁴Sc.D, professor. Odessa State Academy of civil engineering and architecture, Odessa, Ukraine, zon@ukr.net

Abstract. As a result of theoretical studies of the velocity and temperature fields in the combustion of gas in a vortex tube, a range of possible use of the Rank effect was revealed. The construction of a vortex prefix, a method for controlling heating in two-circuit boilers of low power, depending on the required loading, is consumed for heating and hot water supply. As a result of researches at different rates of entry of the gas mixture and temperatures, it was discovered that the zone with the highest temperature is located in the lower part of the vortex chamber (in the part of the coaxial lead) and occupies a volume of 20...35 % of the total volume of the chamber, and the lower temperature zone is located in the part axial discharge of combustion products. At the same time, these zones are characterized by a virtually even distribution in these parts of the furnace, which allows you to regulate removals from the furnace with the way of flow redistribution between heating and hot water supply. As the outside temperature increases, the efficiency of the boiler increases compared to the base version and reaches 22 % in terms of the average heating temperature for Odessa.

Keywords: vortex tube, heat consumption, aerodynamics of the furnace, water-heating boiler.

Надійшла до редакції / Received 06.07.2017