

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЛЯ СКОРОСТИ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ ЗАКРУЧЕННЫХ СТРУЙ

Выполнены экспериментальные исследования закрученных потоков, взаимодействующих под различными углами. Выявлено три зоны взаимодействия таких струй по мере развития результирующего потока в центральной области, а изменение скорости в периферийных слоях соответствует распределению в одиночной струе, что позволяет управлять аэродинамической обстановкой в камере сгорания. Полученные данные подтверждены при сжигании сжиженного газа в дутьевых горелках.

1. Введение

Изменение структуры топливно-энергетического комплекса Украины, экологической и экономической обстановки, наряду с преимущественным развитием теплоэнергетики в области местных систем теплоснабжения, привело к несоответствию эксплуатируемых в настоящее время газовых водонагревателей современным требованиям к эффективности и энергосбережению.

Основную функцию в газовых водонагревателях несет камера сгорания газа с расположенным в ней теплообменником. Эти два элемента отличаются большим многообразием конструктивного исполнения, однако имеют общий признак — являются механически жесткими системами. Соответственно, они имеют и общие недостатки: при изменении мощности горелки ниже номинального уровня возрастает расстояние от верха фронта пламени до теплообменника, что увеличивает избыток воздуха в камере сгорания и уменьшает скорость движения горячих газов (увеличивая тем самым толщину ламинарного пограничного слоя у поверхности теплообменника) [1].

Повышения эффективности газовых водонагревателей объемного типа возможно путем изменения взаимосвязи указанных элементов с жесткой механической на динамическую.

Одним из эффективных путей решения этой задачи является применение закрученных турбулентных струй [2]. Однако, воздействие центробежных сил на пульсационное движение, возникающее вследствие турбулизации потока, может дестабилизировать результирующее течение, а сам механизм образования поля скоростей при взаимодействии закрученных потоков под различными углами схождения друг к другу, изучен в настоящее время недостаточно.

II. Влияние угла наклона закрученных струй на результирующее поле скоростей

Поставленная задача решалась путем замены применяемых газогорелочных устройств на горелки с тангенциальным подводом газа и приближением конфигурации фронта пламени, образованного такими горелками, к конфигурации объемного теплообменника.

При этом интенсификация теплообмена в камере сгорания водонагревателя обеспечивалась возрастанием скорости потока и разрушения ламинарного слоя на поверхностях нагрева.

Экспериментальные исследования сильнозакрученных струй, образованных путем тангенциального подвода к подающему патрубку, развивающихся в затопленном пространстве, проводились на экспериментальном стенде с использованием электротермоанемометра для замеров скорости.

Центр координатной сетки располагался в середине между осями патрубков расстояние между которыми составляло 0,3 м, а диаметр патрубков — 0,1 м. Замеры производились в горизонтальной и вертикальной плоскостях с шагом 0,05 м. Исследования выполнялись при взаимодействии двух струй для образованного осями патрубков угла в 15, 30, 45, 60 градусов.

В результате выполненных измерений были построены графики изменения результирующей скорости по длине развития струй, представленные на рисунках 1–3.

Анализ полученных зависимостей при взаимодействии струй под углом 30° (рис. 1) выявил что в центральной области от среза сопла до 1 диаметра, что соответствует начальному участку струи, наблюдается область обратных токов (направление скорости противоположно развитию струй), по мере дальнейшего удаления от сопла (на основном уча-

стке развития потока) происходит изменение направления движения результирующего потока и возрастание скорости. В конце основного участка результирующего потока скорость уменьшается за счет сил трения и противодействия ему обратных токов в самих струях. То есть в центральной области можно выделить три зоны взаимодействия закрученных потоков — зону обратного течения, образованную вследствие разрыва струй на начальном участке, зону взаимодействия закрученных потоков, длина которой определяется углом наклона струй и шириной области обратных токов самих закрученных струй, и зону уменьшения результирующей скорости.

Рассмотрение периферийных скоростей выявило двоякий характер их распределения на начальном участке развития результирующего течения, что соответствует развитию одиночной сильнозакрученной струи, имеющей область обратных токов и значительную осевую периферийную скорость. Анализируя скорости на основном участке развития периферийных слоев течения можно сделать вывод о соответствии их распределению центральным областям, хотя следует отметить, что переходное сечение в периферийных слоях не совпадает с началом основного участка центральных слоев, что, очевидно, обусловлено глубиной проникновения взаимодействующих струй.

Распределение скоростей при угле взаимодействия в 45° (рис.2) показало качественно аналогичную картину. В численном отношении наблюдается повышение скорости на основном участке в центральной области (по сравнению со скоростями при угле 30°), что объясняется увеличением угла внедрения одной струи в другую.

Рассмотрение изменения скоростей при угле взаимодействия 60° (рис. 3), позволило подтвердить тенденцию роста скорости на основном участке в центральной области при аналогичности качественной картины течения.

Выполненная визуализация взаимодействующих потоков при сжигании сжиженного газа в дутьевых горелках с закруткой пламени внешним потоком воздуха (рис. 4) показала, что полученная картина результирующего течения аналогична полученной в результате экспериментальных исследований. Данный для сравнения снимок взаимодействующих под тем же углом незакрученных потоков сжигаемого газа (рис. 5) показывает, что на начальном участке результирующего течения отсутствует зона обратных токов, сама зона горения имеет более вытянутую форму, при чем оранжевый цвет крайнего участка свидетельствует о неполном сгорании газа.

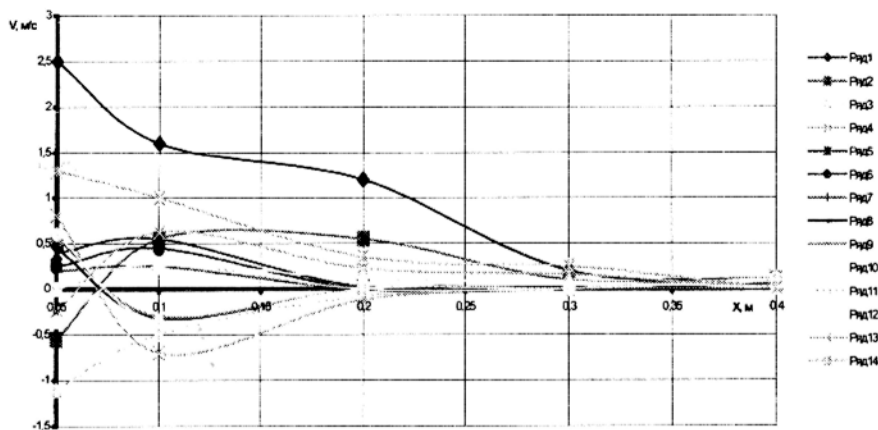


Рис. 1. Поле скоростей при взаимодействии закрученных струй под углом 30° (линии 1–5 и 10–14 — периферийная зона, 6–9 — центральная)

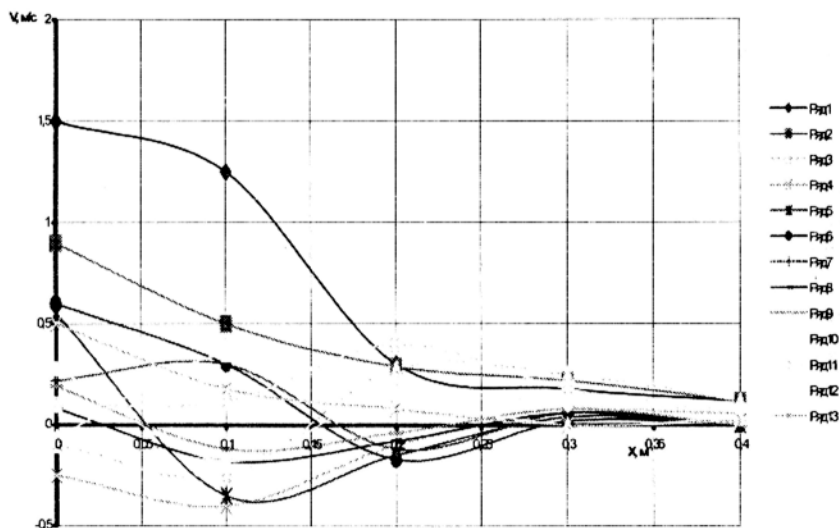


Рис. 2. Поле скоростей при взаимодействии закрученных струй под углом 45° (линии 1–5 и 10–13 — периферийная зона, 6–9 — центральная)

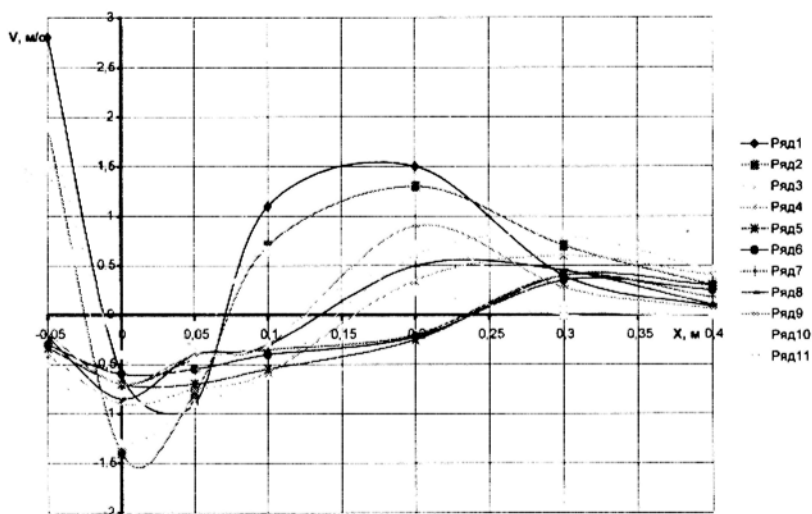


Рис. 3. Поле скоростей при взаимодействии закрученных струй под углом 60° (линии 1–4 и 9–11 — периферийная зона, 5–8 — центральная) (линии 1–4 и 9–11 — периферийная зона, 5–8 — центральная)

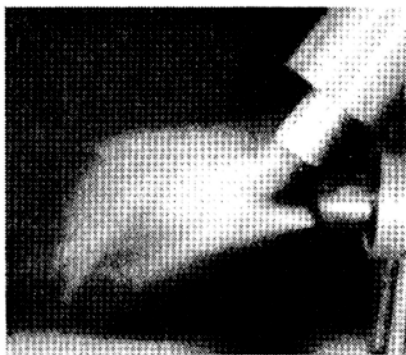


Рис. 4. Сжигание газа в закрученных потоках

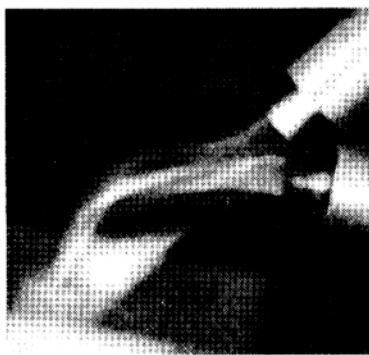


Рис. 5. Сжигание газа без крутки газа

III. Выводы

Выполнены экспериментальные исследования закрученных потоков, взаимодействующих под различными углами. Выявлено три зоны взаимодействия таких струй по мере развития результирующего потока в центральной области, а изменение скорости в периферийных слоях соответствует распределению в одиночной струе, что позволяет управлять аэродинамической обстановкой в камере сгорания. Полученные данные подтверждены при сжигании сжиженного газа в дутьевых горелках.

Литература

1. *Витюков В. В.* Повышение эффективности работы газовых водонагревателей местных систем теплоснабжения: Автореферат на соискание ученой степени кандидата технических наук. — Одесса: ОГПУ, 1998. — 17 с.
2. *Гупта А., Лилли Д., Сайред Н.* Закрученные потоки / Пер. с англ. — М.: Мир, 1987.