

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ВИХРЕВЫХ АППАРАТОВ ОБЕСПЕЧИТ ДОПОЛНИТЕЛЬНУЮ ЭКОНОМИЮ ТОПЛИВА ПРИ СЖИГАНИИ

Караваев Д.Е., Коровин Ю.В., Потапов В.Н., Костюнин В.В.

УрФУ

E-mail:tes@mail.ustu.ru

Любую политику энергосбережения при сжигании органических топлив в конечном счете можно свести к экономии топлива, а еще точнее – к снижению затрат топлива на единицу продукции или вторичной энергии для потребителя. Это не что иное, как повышение КПД топливосжигающего устройства. Для более совершенных аппаратов увеличение КПД получить очень сложно, и оно невелико. Но при перечете для мощных агрегатов, эти ничтожные проценты или даже их доли, получают достаточно большие объемы сэкономленного топлива, которые в денежном выражении уже составят десятки миллионов рублей. Это почти всегда больше чем эффект от большинства известных мер от снижения тепловых и электрических потерь на многих объектах энергетики, например, при ликвидации потерь теплоты с их поверхности или от снижения потерь электроэнергии на собственные нужды того же топливосжигающих агрегатах. На старых или малых агрегатах это увеличение КПД может быть в несколько раз больше, но его часто игнорируют из-за явной технологической невозможности или неумения персонала улучшить сам топочный процесс в конкретном небольшом агрегате (котле), сжигающем топливо.

Большинство самых эффективных агрегатов для сжигания органического топлива используют те или иные вихревые технологии воспламенения и далее полного сжигания топлива в камерных топках. Это всегда связано как минимум с тремя обстоятельствами. Только сильно закрученный газовый поток позволит организовать непрерывный подвод теплоты в корень формируемого горящего факела. Без подвода этой теплоты организацией особенной аэродинамической структуры потока вообще невозможно обеспечить надежное воспламенение и горение измельченного топлива, прежде всего твердого, забалластированного, особенно с нестабильными теплотехническими характеристиками. Во-вторых, в закрученном факеле, прежде всего в горящем, всегда имеют место характерные расширяющиеся кольцевые области с резким повышением или, наоборот, - со снижением интенсивности турбулентного обмена, без чего вообще невозможно позонное формирование разных условий для горения топлива в объеме потока. В третьих, только вихревой горящий факел может обеспечить самый широкий диапазон регулирования (управления) всеми своими характеристиками, как то: размеры специфических областей, местные избытки воздуха, стимуляция или торможение выгорания топлива и управление этими процессами и, конечно, воздействие на экологическую безопасность интегрального процесса сжигания.

Начиная с первых исследований структуры сильно закрученных потоков в начале XX века, большинство исследователей, как и сегодня, судят об этих потоках (вихрях) по распределениям в них скоростей и давлений. В середине века были предприняты попытки косвенного анализа турбулентной структуры потоков через анализ распределений в них количества движения (импульса), а

еще лучше через плотности потоков этих импульсов (ППИ). Установлено, что в областях максимальных градиентов ППИ в строго определенных направлениях, были опытно установлены максимальные значения многих (и самых важных) характеристик турбулентного переноса. И, наоборот, - в зонах с минимальными ППИ турбулентность вырождается (затухает), притом, что все процессы, особенно в горящих факелах, осуществляются практически исключительно механизмами турбулентного обмена. В конце 70-х, начале 80-х годов прошлого века на кафедре ТЭС УПИ было установлено, что наиболее важную роль при формировании интенсивно закрученных турбулентных потоков реально играют распределения в них плотностей потоков моментов импульсов (ППМИ). Эти ППМИ не только отражают основные механизмы распределения в закрученном потоке, как момента вращения, так и осевого импульса. Они же объясняют такие необычные явления, как наличие в объеме закрученного потока областей разной интенсивности крутки, отличающейся на величину до двух порядков в одном потоке, уточняют внешнюю границу потока (вихря) и выделяют, как режимы сохранения момента вращения в потоке (в том числе в факеле), так и режимы выноса момента вращения в окружающее пространство топки, и даже механизмы разрушение (распад) горящего закрученного факела.

Некоторые из этих явлений, более подробно были изучены в лаборатории ООО «Вихревые системы» на горячих моделях различных вихревых устройств, а результаты этих работ используем для отработки конструкций двух разных устройств: серийных вихревых пылеугольных горелок мощных паровых котлов ПК-39 и П-57 тепловых электростанций и вихревого генератора для получения горючего газа из биомассы или низкокачественных твердых топлив.

Располагаемые нами открытые данные по структуре потоков на выходе и за выходом воздуха и аэропыли за горелками упомянутых котлов были нами переработаны в виде распределений импульсов и моментов. Это позволило выявить существенные пороки конструкций этих весьма совершенных горелок и их неудачная настройка инженерами энергетических предприятий. Глубокая модернизация таких горелок пока невозможна в существующих условиях, но внедрение на горелках конкретных малозатратных изменений, не приводящих к изменениям конструкций, требующих обязательной сертификации, позволят на практике существенно улучшить их эксплуатацию. Среди этих конкретных мер, мы выделим мероприятия по повышению симметричности потоков аэропыли на выходе из горелок в топку для возможности снижения местных избытков воздуха непосредственно в зоне воспламенения аэропыли в самом корне факела каждой горелки котла. Другие мероприятия должны повысить симметричность потока вторичного воздуха при выходе из горелки, что остро необходимо для устранения часто наблюдаемого непрогнозируемого наброса горящих факелов некоторых горелок на стены топки и шлакования этих участков. Одновременно это позволит понизить уровни избытков воздуха в нижней части топки, причем без появления дополнительной неполноты сгорания, что полезно экономически и вызовет некоторое снижение образования оксидов азота при горении топлива. Симметричность сильно закрученного потока вторичного воздуха может быть реализована методом компании *Foster Willer* путем установки вокруг лопаток

для закрутки вторичного воздуха (с достаточно большим зазором) сплошного перфорированного цилиндрического барабана. Этот прием сегодня используют на многих крупных паровых котлах электростанций развитых стран. Другим и гораздо более эффективным средством выравнивания кольцевой вихревой струи вторичного воздуха можно считать замену выходного цилиндрического толстостенного канала горелки на перфорированный канал, где через отверстия перфорации этого канала следует постоянно подавать некоторое количество от всего объема вторичного воздуха. Этот метод был изобретен и исследован на холодных моделях горелок в 70-е годы прошлого века на кафедре ТЭС УПИ, а позже был испытан и отработан на небольших новых пылеугольных горелках в ООО «Вихревые системы» с горением твердого топлива разного качества. Эти результаты превзошли все ожидания, так как одновременно удалось получить необычно широкий диапазон управления характеристиками факела горящей угольной пыли, пока неизвестный нам по исследованиям других авторов. При сжигании высокозольных экибастузских углей на котлах П-57 и, особенно на котлах ПК-39 этим можно получить экономию топлива на заметную величину в 0,5...1,5 %, что эквивалентно примерно такому же повышению КПД этих котлов.

Другой вихревой агрегат, в развитии и модернизации которого мы также приняли участие, это доработка прототипа первой модификации газогенератора нового типа для получения низкокалорийного газа из опила и отходов очистки продуктов питания (биомассы). В частности нами был исследован и переоценен механизм формирования закрученного потока в специфическом завихрителе воздуха камерного типа, которым будет оснащен промышленный образец этого аппарата уже пригодного для коммерческого использования. В частности нами были частично переработаны полученные ранее и не опубликованные данные о структуре потока в стандартной улитке, представленные в виде распределений моментов и импульсов в ее объеме. Нам было подтверждено предположение автора этих пока неопубликованных исследований, что характер формирования и развития момента вращения воздушной струи в камерном завихрителе сильно отличается от общепринятых представлений. Их этого следует не только вывод о сильно переменной интенсивности крутки потока в таком вихревом аппарате и на выходе из него, делая некорректными стандартные расчеты интенсивности крутки формируемого вихря, но и показывает области потери момента в объеме аппарата и области энергетических потерь на ускорение и торможение потока. Причем выявлен и механизмы нерасчетного и пока необъяснимого для многих выноса твердой фазы из аппарата при подаче в него какого-либо топлива или твердого органического сырья при производстве искусственного горючего газа.

Новый аппарат – вихревой газогенератор при лабораторных испытаниях показал не только надежность и управляемость основных процессов, но показал свою перспективность для вытеснения сжигания других дорогих коммерческих топлив в небольших и средних котельных установках, отличающихся низким КПД, прежде всего из-за высокой неполноты сгорания. Уровень потерь топлива при работе на газе после газогенератора удалось снизить до 4-6 %, что примерно соответствует качеству сжигания углей на многих котлах электростанций.