

Разработка технологии «Торнадо» и котлов для сжигания подсолнечной лузги и других сельскохозяйственных отходов

Е.М. Пузырев, д.т.н., профессор кафедры котло- и реакторостроения (КиРС) АлтГТУ, зам. директора по научной работе, В.А. Голубев, к.т.н., доцент кафедры КиРС АлтГТУ, руководитель группы, М.Е. Пузырев, старший инженер, компания «ПроЭнергоМаш» (г. Барнаул)

В статье рассмотрены новые и уникальные экологически и экономически эффективные энергосберегающие технологии в области энергомашиностроения. Приведен уникальный пример того, как наука и производство служат одной задаче – разработке оптимальных решений для каждого заказчика.

Ранее в нашем журнале (см. №2(41)-2017 «Промышленные и отопительные котельные и мини-ТЭЦ») уже были рассмотрены водогрейные котлы компании «ПроЭнергоМаш». Это котлы, использующие низкотемпературную технологию сжигания в вихревых топках «Торнадо», которые реализуют совместное слоевое и факельно-вихревое сжигание с удержанием топливных частиц с повышенной парусностью и дожиганием выхлопа топки. Котлы, а на сегодня это более 200 паровых и водогрейных котлов, использующих схему «Торнадо», работают, в том числе и на 15 маслозаводах России. Исторически вопрос в необходимости разработки специальных котлов и топок возник в связи с утилизацией лузги подсолнечника после пуска Урюпинского и других маслоэкстракционных заводов (МЭЗ). В типовых котлах не могли поднять нагрузку выше 30-40% и лузгу выбрасывали. При этом свалки лузги горели с задымлением города, а для вывоза лузги требовалось много автомашин.

Анализ выявил две стороны проблемы сжигания лузги:

- трудность сжигания: легкие парусные частицы улетают, не выгорая; в слое кратерное горение, а над слоем топка холодная; унос оседает в газоходах – в них часты пожары, коробление и выгорание стенок;

- при малой зольности лузги, до 2-3%, в котлах формируются мощные отложения золы, иногда за одну смену, забивая межтрубные проходы для газов в котельных пучках (рис. 1).

Подобные проблемы возникли также с появлением предприятий глубокой пере-

работки: древесины (пыль шлифования, опилки и стружка), овса, сои, гречихи и др. с большим выходом отходов из легких парусных частиц с низкой насыпной плотностью 50-250кг/м³, складирование и перевозка которых проблематична.

В итоге слоевые котлы Бийского (БиКЗ) и других котельных заводов оказались непригодными для таких отходов. Парадокс: свалки горят, не потушить, а в котлах лузгу не сжечь.

Разработка вихревых топок «Торнадо» сопровождалась физическим (рис. 2) и численным моделированием, что позволило четко обосновать и оптимизировать принимаемые технические решения и быстро продвинуться по пути совершенствования оборудования.

Конкретно в топках «Торнадо» используются вихри с горизонтальной или вертикальной осью вращения, а также топки с двухсторонним выходом, обеспечивающие повышение мощности и сдвоенные дубль топки, которые имеют повышенную площадь экранирования, и необходимы для таких шлакующих топлив, как лузга подсолнечника.

Исследования также выявили, что в вихревых топках необходим горячий слой. Слойевая топка в составе топки «Торнадо» повышает мощность, позволяет использовать топлива с широким гранулометрическим составом, стабилизирует горение и снижает эмиссию вредных выбросов топки (рис. 3). Для слоевых топок была разработана двухступенчатая, низкотемпературная схема охлаждаемого излучением и конвекцией слоя, которая также имеет различные варианты исполнения. Ее применение положительно ска-

залось на всех характеристиках топок «Торнадо», включая экологические, экономические и возможность увеличения на 15-25% мощности топки. Для организации управляемого горения в слое применяются выполненные согласно патентам модификации механизированных топок. Это топки на основе топок: ретортного типа, с колосником двухстороннего воспламенения, топки с шурующей планкой, механические топки прямого и обратного хода, топки с высоко- и низкотемпературным кипящим слоем, а также комбинированные.

Технология «Торнадо» – это итог большого объема научно-исследовательских работ, налаженных испытаний и промышленного опыта.

Компактность позволяет встраивать вихревые топки «Торнадо» в топочные



Рис. 1. Отложения золы на трубах котельного пучка

объемы типовых котлов, например, ДКВр, ДКВ, КЕ, ДЕ, КВТС, КВГМ, обеспечивает создание мощных модульных котельных и блочных котлов.

Разработки общепризнанны, они обсуждались на научных конференциях, в научных журналах (более 75 докладов и публикаций), проверены на практике, имеют новизну и защищены патентами РФ на изобретения (№№ 2591070, 2627752, 2627757, ПМ №128697 и др., более 35). Котлы имеют различные варианты исполнения, потенциально возможно выполнение более 60 вариантов топочных устройств и собственно котлов, что обеспечивает простой и быстрый выбор оптимального варианта заказчику. Производимые котлы имеют широкий типоразмерный ряд:

- паровые, производительностью от 1 до 100 т/ч пара, давлением до 3,9 МПа и температурой перегрева до 440°C и водогрейные до 70 МВт;
- работающие на угле, торфе, лузге, растительных и древесных отходах и других измельченных топливах (универсальность по топливам);
- модульные котельные;
- теплоутилизаторы, в том числе с дожиганием утилизируемых отходов.

Необходимость в производстве новых и реконструкции действующих котлов на работающие по технологии «Торнадо» не отпала и сегодня. Мониторинг котельных маслозаводов РФ показывает, что установленные там котлы даже с вихревыми топками зачастую спроектированы некорректно, быстро забиваются отложениями золы, обеспечивают не более 50-70% заявляемой нагрузки, имеют и другие недостатки.

Разработанные новые топки позволяют, как модернизировать неэффективно

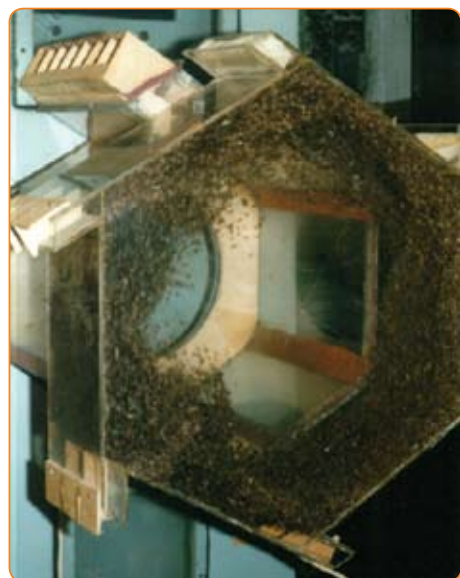


Рис. 2. Модель вихревой топки

работающие ДКВ, ДКВр, КЕ, ДЕ и другие котлы (рис. 4), так и устанавливать новые котлы, в том числе большой мощности с дубль топками (рис. 5). Виден чистый выхлоп, здесь особая, инновационная конструкция газоотводящих окон топки «Торнадо» обеспечивает не только надежное удержание частиц в вихре, но и экологически эффективное дожигание выхлопа.

Например, при модернизации в двух котлах КЕ-10 (рис. 4) были установлены топки «Торнадо» с вертикальной осью вихря, по два УПО-250 и тракты автоматического удаления золы. Показатели реконструкции:

- увеличена производительность котлов с 6 до 11 тонн пара в час;
- вихревое низкотемпературное сжигание обеспечивает безшлаковочную работу, остановка котлов для очистки не требуется;
- выбросы $CO \sim 350 \text{ мг/м}^3$, NO_x до 75 мг/м^3 ;
- механизированное золоудаление свело к минимуму ручной труд;
- расчетный срок окупаемости от экономики газа – 4,5 месяца.

Успешный опыт этой и других реконструкций дают перспективы для МЭЗ по улучшению эксплуатационных характеристик котельных, утилизирующих лузгу, при сравнительно малых вложениях.

Производимые котлы, например, паровой котел Е-25 (рис. 6), оборудованные экранированной дубль-топкой «Торнадо», компактны. Котел не имеет обмуровки и кирпичного предтопка, поэтому он прост в монтаже, быстро, за 10-20 минут, набирает 100% нагрузку и существенно облегчен благодаря описанным выше инновациям. Топочные экраны чистые, с высоким тепловосприятием, газы из топки сразу направляются в конвективные пучки без опасности шлакования (рис. 5).

На российском рынке котлы на растительных отходах для промышленной теплоэнергетики широко представлены иностранными котлами, типично жаротрубными по конструкции. Для сравнения рассмотрим котел 24т/ч (Е-24), рис. 7. Котел для решения проблемы отложений золы соединен длинным, трехходовым экранированным охладительным газоходом с большой футерованной топочной камерой, выполненной на базе наклонно-переталкивавшей решетки (НПР). Такая конструкция охладительного газохода применялась и в СССР, например, при сжигании сланцев, а также сейчас используется некоторыми отечественными котельными заводами. Она прове-

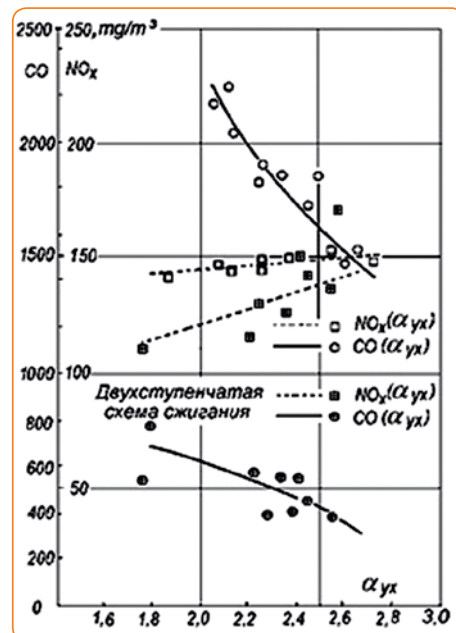


Рис. 3. Снижение эмиссии вредных выбросов, при подаче дутья в слой



Рис. 4. Модернизация двух паровых котлов КЕ-10

рена десятилетиями, отложения слабо удерживаются на образующих стены газоплотных экранах, и конструкция обладает неплохими эксплуатационными качествами. Однако такая конструкция является громоздкой, с высокой металлоемкостью и стоимостью. Особенно громоздки и дороги НПР и окружающая ее многотонная огнеупорная футеровка топки. Такие котлы инерционны, требуют длительных, затратных монтажных и наладочных работ.

Предлагаемые котлы (рис. 6) уже прошли многократную проверку, надежны в работе и благодаря описанным выше достоинствам в сравнении с котлами аналогичной мощности по массо-

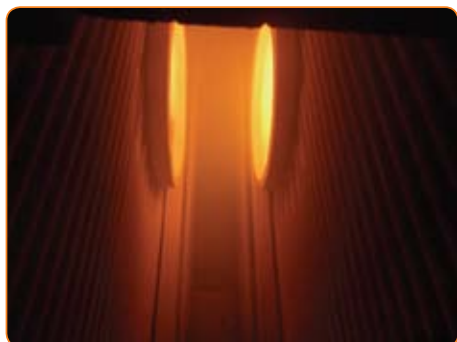


Рис. 5. Вид на газоотводящие окна дубль-топки. Чистый выхлоп.

габаритным (рис. 7) характеристикам, капиталовложениям и окупаемости выигрывают в разы. Для них не требуется мощных фундаментов, они поставляются блоками в заводской готовности. Отсутствие мощной обмуровки ускоряет, облегчает и удешевляет монтаж и наладку. Особенно существенна экономия в строительной части. Фундаменты и здание котельной заметно меньше и дешевле. Применение вихревого способа сжигания растительных отходов сопровождается резким, в 3-10 раз, снижением массы золы. Но из-за наличия мелкой золы требует применения высокоэффективных золоуловителей, так как содержание золы в дымовых газах за котлом на уровне 700-750 мг/м³. Поэтому эффективность золоулавливания должна быть не ниже 86-87%. Для комплектации котлов изготавливаются и поставляются блоком высокоэффективные батарейные циклоны БЦр и БЦрф со второй ступенью золоулавливания

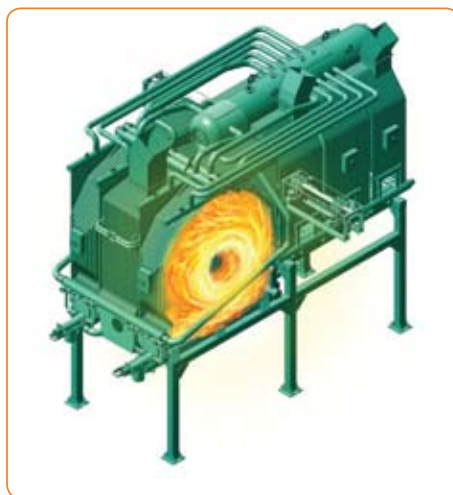


Рис. 6. Котел E-25 для сжигания лузги подсолнечника

в циклоне или рукавном фильтре. Они могут устанавливаться взамен менее эффективных типовых золоуловителей. КПД золоулавливания – до 80-95%; аэродинамическое сопротивление – не более 700 Па. Для более эффективной, до 99,8%, очистки газа производится комплекс, состоящий из предуловителя и блоков производительностью от 5 до 20 тыс. м³/ч рукавного фильтра ФОГ (рис. 8).

Таким образом, предлагаемые новые и реконструированные котлы используют уникальные инновационные технические решения. Котлы выполняются газоплотными экранами, поставляются блоками заводской готовности, имеют высокую ремонтпригодность, широкую номенклатуру, многотопливные (лузга различ-

ных типов, солома, стружка и опил, в том числе МДФ).

Возможна работа как на 100% лузге, так и на 100% природном газе, а также имеется богатый опыт производства котлов на углях, торфе, углеродсодержащих отходах, водоугольном топливе, различных древесных отходах. Котлы водогрейные и паровые, производят насыщенный или перегретый пар для технологии и работы с паровой турбиной.

Котлы и котельные установки могут быть полностью автоматизированы, включая очистку поверхностей нагрева обдувочными аппаратами УПО-250, системы подачи топлива и выгрузки золы. По экологическим характеристикам и коэффициенту полезного действия (КПД) котлы с топками «Торнадо» находятся на уровне лучших мировых образцов. Срок окупаемости котельных установок незначительный, от четырех месяцев. Котлы эксплуатируются в России, шести странах СНГ и дальнего зарубежья.

При изготовлении котельного оборудования используется высокотехнологическая производственная база. Производятся все необходимые виды контроля качества продукции и приемочные испытания, включая гидравлические. Имеется отдел монтажа и наладки, рассматриваются технические задания заказчиков, оказывается помощь при выборе необходимого оборудования, выполняются проекты, проводятся монтаж, пусконаладка, сервисное, гарантийное и послегарантийное обслуживание, обучение персонала.

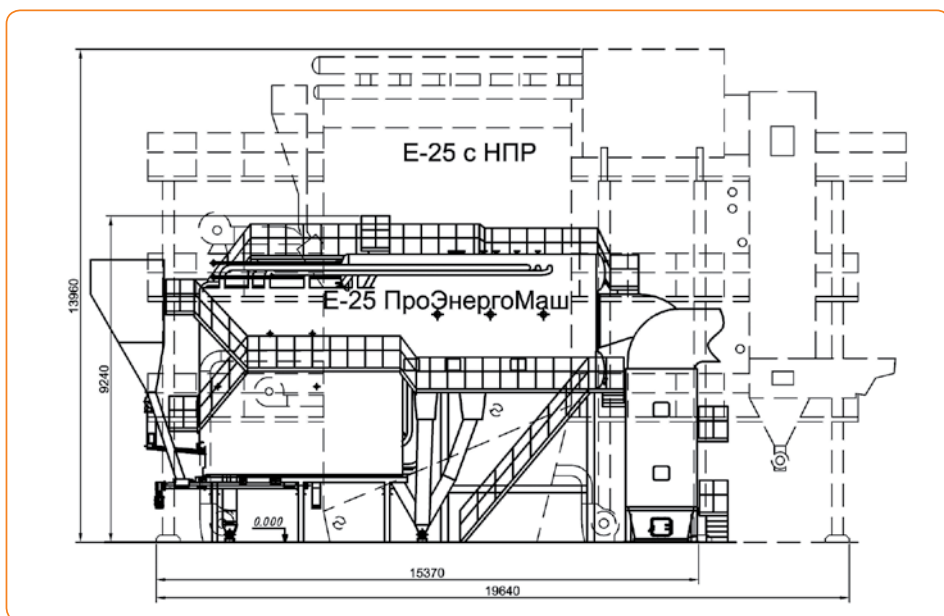


рис. 7. Сравнение размеров котлов для сжигания лузги компании «ПроЭнергоМаш» и Уинске паропроизводительностью 25 и 24 т/ч соответственно



Рис. 8. Элементы рукавного фильтра ФОГ