

# НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ДЫМОВЫХ ТРУБ МАЛЫХ КОТЕЛЬНЫХ

Владимир Лужков, к.т.н,

Владимир Асташкин, д.т.н,

Евгений Субботин, инж.

(Южно-Уральский государственный университет, г. Челябинск)

По данным Минэнерго РФ и ОАО РАО «ЕЭС России» на сегодняшний день в России система децентрализованного электро- и теплоснабжения охватывает около 70 % территории и насчитывает около 200 тысяч малых котельных и индивидуальных отопительных установок и около 50 тысяч малых электростанций [1,2].

подавляющее большинство этих систем построены в 60...70 годы XX века и не соответствуют современным экономическим и экологическим требованиям. Для повышения эффективности работы котельных в настоящее время проводятся широкомасштабные работы, направленные на:

- реконструкцию существующих котлоагрегатов или их замену на более энергопроизводительные [3,4];
- изменение топливного баланса с увеличением доли газообразного топлива и вовлечением местных видов топлива (органосодержащие отходы, попутный газ) [4];
- дополнительную утилизацию теплоты конденсации водяных паров в уходящих дымовых газах [4,5].

В результате этого коренным образом меняются условия работы строительных конструкций газоходов и дымовых труб, технологически связанных с котлоагрегатами. Из анализа литературы, а также практики обследований дымовых труб малых котельных, условия их эксплуатации в настоящее время варьируются в широких пределах и характеризуются следующими параметрами.

Таблица 1

Температура дымовых газов за котлами (фактически в дымовой трубе)	80...180 °С (60...150 °С)
Влажность дымовых газов	до 100%;
Скорость истечения дымовых газов *	от 0,5 до 12 м/с
Точка росы дымовых газов **	130...60 °С
Кислотность конденсата дымовых газов **	от нейтральной до кислой (pH=1,8...2).

\* – в зависимости от тепловой нагрузки;

\*\* – в зависимости от вида топлива.

Кроме того, особенностью малых котельных в сельских и удаленных районах является нестабильность работы по основному виду топлива и нестационарность тепловых нагрузок. При этом зачастую внешние газоходы нетеплоизолированы или их герметичность нарушена, что ведет к дополнительному снижению температуры дымовых газов в среднем до 80...110 °С.

Известно, что для длительной и надежной работы дымовой трубы ее конструкция должна соответствовать условиям эксплуатации. Традиционные конструкции дымовых труб малых котельных – из малоуглеродистой стали (свободно стоящие или на оттяжках) и кирпичные с футеровкой – имеют узкий диапазон параметров нормальной эксплуатации и однозначно не удовлетворяют современным параметрам технологических процессов. Возможны случаи, когда дымовая труба эксплуатируется одновременно и при избыточном давлении коррозионно активных дымовых газов, и в условиях самоокутывания верхней части.

В результате темпы коррозионного износа традиционных конструкций увеличиваются в 3...7 раз, что подтверждает практика наших обследований дымовых труб. Согласно ней до 70...80% труб, построенных в 1960...70 годы, нуждаются в плановой замене или капитальном ремонте.



а)



б)

**Рис. 1.** Коррозионные повреждения дымовых труб традиционных конструкций:

а) Металлическая дымовая труба (срок службы 3 года);

б) Кирпичная дымовая труба.

Для предотвращения коррозии современные малые котельные зарубежного производства комплектуются дымовыми трубами из легированных сталей и сплавов. Однако в некоторых ситуациях коррозии подвержены и нержавеющие стали. Ее вызывает кислый конденсат соединений галогенов. При этом кислота является катализатором и не расходуется в процессе коррозии, поэтому даже однократное

попадание соединений галогенов в воздух для горения со временем неминуемо приводит к коррозионным повреждениям. [5]

В качестве альтернативы традиционным конструкциям дымовых труб могут быть предложены сооружения мачт (башен) с газоотводящими стволами из легких, газоплотных и химически стойких полимерных композиционных материалов (ПКМ). В этом случае один конструктивный элемент – *мачта (башня)*, обеспечивающий работу сооружения на ветровые нагрузки и собственный вес, полностью отделен от другого конструктивного элемента – *газоотводящего ствола*, воспринимающего в основном технологические воздействия дымовых газов. Такое разделение функций существенно повышает эксплуатационную надежность и ремонтпригодность всего сооружения, что подтверждается многолетним опытом эксплуатации подобных конструкций вентиляционных башен-труб промышленных предприятий [6].

Относительно небольшие тепловые нагрузки (для стационарных малых котельных), а также мобильность (для блочных котельных) определяют основные типоразмеры дымовых труб. Их высота, как правило, находится в пределах 24...40 м, диаметр устья – 0,4...1,2 м.

Для указанных типоразмеров нами разработаны следующие конструкции дымовых труб с газоотводящими стволами: **мачта на оттяжках** и **свободно стоящая дымовая труба башенного типа**.

Несущая конструкция выполняется преимущественно в виде четырехгранной пространственной металлической фермы с раскосной решеткой из открытых прокатных профилей с бесфасоночными соединениями элементов, что позволяет упростить изготовление сократить расход металла. По высоте несущая конструкция разбита на монтажные элементы длиной до 6 м с соединениями на болтах. Элементы решетки одновременно выполняют функцию ходовых скоб для подъема и технического обслуживания сооружения при эксплуатации. Удельный вес несущей конструкции составляет 60...100 кг на 1 метр высоты трубы, в зависимости от ветрового района, наличия и количества оттяжек. Разрабо-



**Рис. 2.** Дымовая труба  $H=30$  м  $D=0,6$  м с газоотводящим стволом из ПКМ ЦДНГ-9 «Шумы» (ООО Лукойл-Пермь)

таные опорные узлы многоугольного или криволинейного очертания позволяют устанавливать несущую конструкцию как на новый собственный фундамент, так и на уже существующий, например, при реконструкции.

Внутренний газоотводящий ствол выполняется на основе эпоксидных или фенолоформальдегидных связующих в виде отдельных царг длиной до 6 метров с раструбным соединением монтажных элементов. Элементы подвешиваются на диафрагмы основной несущей конструкции с последующей герметизацией раструбов. При этом, как правило, обрез газоотводящего ствола располагается на 2...3 метра выше обреза несущей конструкции, что исключает самоокутывание металлических конструкций мачты (башни) дымовыми газами (см. рис. 2).

Использование композиционных материалов позволяет сконструировать и изготовить слоистую стенку газоотводящего ствола, которая наиболее эффективна для фактических условий эксплуатации данного сооружения. При этом относительно небольшие (для ПКМ) концентрации химически агрессивных веществ и отсутствие силовых нагрузок позволяет упростить изготовление элементов ствола, отказавшись от использования гелкоут-слоя и применения сложного технологического оборудования.

В общем случае стенка газоотводящего ствола включает:

- *внутренний химически стойкий слой* толщиной 1..2 мм на полимерных связующих повышенной теплостойкости с 5...10% армированием стекломатами на основе Е-, С-стекло;
- *наружный конструкционный слой* толщиной 2..3 мм на полимерных связующих обычного назначения с армированием стеклотканями;
- *огнезащитный слой* толщиной 0,8...1 мм на трудногорючих связующих [7] или с использованием полимерных огнезащитных мастик, например «Огракс В/ВВ».



**Рис.3.** Структура стенки газоотводящего ствола (увеличено)

Характеристики газоотводящего ствола приведены в таблице 2.

Технология изготовления газоотводящего ствола позволяет без дополнительных затрат улучшить аэродинамические характеристики газоотводящего тракта теплового агрегата. Это достигается выполнением в верхней части ствола диффузора параболической формы (см. рис. 2). Параметры диффузора определяются расчетом, например по [8], и обеспечивают минимальное гидравлическое сопротивление в заданном интервале скоростей дымовых газов.

Техническая характеристика газоотводящего ствола

Удельный вес газоотводящего ствола, кг/ кв.м	6,5...7
Максимальная рабочая температура среды: – длительно: – кратковременно:	150 180
Стойкость в химически (SO <sub>x</sub> , NO <sub>x</sub> , CO <sub>2</sub> ) и физически (H <sub>2</sub> O) активных средах	стойко
Группа горючести материала ствола с огнезащитным покрытием по ГОСТ 12.1.044-89	трудногорючий
Содержание армирующего наполнителя % по массе (не менее): – в химически стойком слое: – в конструкционном слое :	5 50
Прочность, МПа (не менее): – при сжатии: – при растяжении:	50 110

Применение в газоотводящем стволе материалов с универсальной стойкостью к физически и химически активным средам позволяет отказаться от необходимости утепления конструкций и реализовать технологии глубокой утилизации тепла уходящих газов. При этом оценочные расчеты показывают, что снижением температуры дымовых газов со 160 °С до 80 °С (даже не до точки росы), можно получить экономию только на газовом топливе для водогрейного котла мощностью 3МВт в денежном эквиваленте 1000 руб/сутки. Очевидно, что при утилизации тепла конденсации водяных паров экономический эффект будет более значительным.

В 2004 году на малых котельных ЦДНГ-9 «Шумы» и ЦДНГ-6 «Деменево» (ООО «Лукойл-Пермь») введены в эксплуатацию две дымовые трубы Н=30 м и Н=27 м со стеклопластиковыми газоотводящим стволами D=0,6 и D=0,5 м. В 2005 году запланировано строительство еще трех подобных сооружений. Стоимость их изготовления и монтажа «под ключ» сопоставима со стоимостью аналогов из малоуглеродистой стали. Так для диаметров 0,4...0,8 м стоимость 1 пог. метра сооружения с газоотводящим стволом из ПКМ составляет 5,5...9 тыс. рублей без учета поставки, монтажа и фундаментов.

При этом необходимо отметить, что малый удельный вес конструкций из ПКМ позволяет в ряде случаев полностью отказаться от использования несущей конструкции (мачты, башни), выполнив установку дымовой трубы на кровле непосредственно над котлоагрегатом, или выполнив ее навесной пристенной. Такое решение позволит существенно снизить материалоемкость сооружения, что дополнительно снизит затраты на строительство.

### Список литературы и других источников

1. Концепция стратегии ОАО «РАО "ЕЭС России" на 2003 – 2008 гг. "5+5" МОСКВА, 2003
2. А.К. Михайлов, С. Соснова. Большая роль малой энергетики в обеспечении энергетической безопасности России // Строительство и городское хозяйство в Санкт-Петербурге и Ленинградской области, № 59, февраль 2003.
3. В.И. Хлебников, А.Ф. Васильев, А.М. Моисеев, Л.С. Иоффе. Реконструкция чугунно-секционных котлов с использованием блочных горелок, работающих на газовом топливе // в ж. «Теплоэнергоэффективные технологии», № 4(26), 2001.
4. А.Г. Тумановский, О.В. Морозов. Резервы энерго- и ресурсосбережения на малых ТЭС, в котельных и системах теплоснабжения. // материалы V Московской международной выставки Доркомэкспо, 2003.
5. Д. Мордачев. Требования к дымоходам. Условия эксплуатации. Материалы. // в ж. Аква-терм, №5 (15), 2003
6. Опыт применения ПКМ в конструкциях вентиляционных башен-труб и воздуховодах систем промышленной вентиляции и газоочистки. / В.М. Асташкин, В.А. Лужков, // докл. на IV международной конференции «Воздух 2004», СПб, 9-11 июня 2004.
7. ПМ РФ №16841. Слоистая оболочка с огнезащитным покрытием. / В.А. Лужков, В.М. Асташкин и др. - Оpubл. в Б.И., 2001, № 5
8. Теория внутреннего турбулентного течения / под ред. проф. Ф.Г. Галимзянова // Издательство "Эксперт", 1999.