

УДК 621.311.22:614.7

А.Г. Торовец, В.Б. Солдатов

Севастопольский национальный технический университет

Студгородок, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: root@sevgtu.sebastopol.ua

ПОВЫШЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ВЫБРОСОВ В АТМОСФЕРУ

Анализируются существующие устройства для выбросов в атмосферу и предлагаются новые высокоэффективные и экологически безопасные устройства.

В XIX и начале XX вв. для отвода продуктов сгорания топлива использовались невысокие дымовые трубы (металлические высотой до 30 м и кирпичные высотой до 50...60 м), обеспечивающие необходимую тягу за счет того, что теплосиловые установки работали на малосернистых и малозольных топливах при относительно высокой температуре отходящих газов. Трубы работали достаточно надежно без ремонта в течение всего срока эксплуатации установок (30...50 лет).

По мере укрупнения электростанций и использования сернистых и зольных топлив потребовались трубы большой высоты (100, 200, 300 м и более). Металлические трубы с расчалками и кирпичные уже не подходили, так как первые не могут сооружаться высотой более 60...80 м, а вторые можно возводить высотой до 120 м [1].

Применили железобетон, который, являясь достаточно эффективным материалом в отношении механической прочности, не способен противостоять воздействию сернистых соединений, влаги и повышенной температуры дымовых газов. Возникла необходимость создания второй оболочки для ограждения поверхности от дымовых газов.

Для предотвращения воздействия агрессивных отходящих газов внутренняя поверхность железобетонного ствола покрывается изоляцией – эпоксидным лаком и стеклотканью, а футеровка выполняется из красного и кислотоупорного кирпича (прямого или лекального) на диабазовой или андезитовой замазке.

Основным требованием, предъявляемым к дымовым трубам, является высокая надежность их эксплуатации. Труба в течение всего срока эксплуатации электростанции (30...50 лет) должна обеспечить ее работу без ремонта. На практике на железобетонных трубах наблюдается проникновение агрессивных газов через неплотности футеровки с одновременной конденсацией паров и проникновением жидкости. Остается также и главная задача изыскания материала для газоотводящего ствола, который должен быть устойчивым против коррозии, выдерживать заданную температуру дымовых газов, не быть склонным к растрескиванию, иметь умеренную стоимость [2].

Необходимо учитывать также сложность монтажа и трудоемкость возведения дымовых труб большой высоты, обслуживания в процессе эксплуатации, демонтажа, ненадежность при возникновении сейсмической активности и других проявлений стихийных бедствий. Но самым главным при строительстве и эксплуатации высотных труб является экономический фактор, включающий в себя высокую материалоемкость, огромные затраты на возведение. Подсчитано, что стоимость железобетонной трубы прямо пропорциональна кубу ее высоты [3].

Таким образом, проблема создания устройств для выбросов в атмосферу остается весьма актуальной на современном уровне развития техники защиты окружающей среды и является важнейшей научной и практической задачей для организаций и специалистов, занимающихся ее решением. Цель данной работы заключается в дальнейшем решении отмеченной проблемы в направлении повышения экологической эффективности устройств с учетом снижения их стоимости.

На рисунке 1 показан сравнительный график зависимости общей стоимости дымовой трубы от высоты существующих традиционных устройств для выбросов в атмосферу и предлагаемых авторами устройств, развивающих ранее защищенные направления в данной области [4,5]. Из рисунка видно, что совершенствование конструкций устройств для выбросов в атмосферу, повышая эффективность их работы, одновременно с этим вызывает существенное возрастание их стоимости, которая тем быстрее увеличивается, чем больше нарастает высота ствола. При разработке авторами новых устройств задача снижения стоимости труб при обеспечении их высокой экологической эффективности реализовывалась с учетом, прежде всего, снижения их материалоемкости и высокой мобильности с возможностью быстрой приспособляемости к изменяющимся условиям как внешней среды, так и самого производства, являющегося неблагоприятным фактором загрязнения окружающей среды.

Рисунок 1 – Сравнительная характеристика по фактору “стоимость–высота” существующих и предлагаемых устройств для

Первой модификацией, разработанной авторами на уровне “ноу-хау”, является совмещенное устройство для выбросов в атмосферу, предназначенное для выброса газов в атмосферу и башенного охлаждения жидкости (вертикальное сечение изображено на рисунке 2).

Устройство для выбросов в атмосферу выполнено в виде дымовой трубы, совмещенной с градирней, и содержит: вытяжную башню 5, размещенный внутри нее газоотводящий ствол 1, водораспределительные трубы; при этом оно снабжено установленной в оголовке газоотводящего ствола 1 кольцевой платформой 2 с воздушными винтами горизонтального вращения 3 и раскрепляющими платформу наклонными вантами 4. Вытяжная башня 5 и газоотводящий ствол выполнены из термо- и влагостойкого эла-

стичного материала, а ороситель – в виде кольцевых труб, причем вытяжная башня закреплена на наклонных вантах, а на ее внутренней стороне размещены водораспределительные трубы 6 и кольцевые оросители 7. Вытяжная башня 5 выполнена из светопрозрачного материала или из непрозрачного материала и снабжена закрепленными на ее внешней поверхности приемниками солнечного излучения 8.

Устройство работает следующим образом. Газоотводящий ствол 1 находится в распрямленном состоянии за счет подъемной силы, создаваемой выполненной в виде оголовка дымовой трубы кольцевой платформы 2 с несущими воздушными винтами 3 горизонтального вращения. При этом обеспечивается высокая стабильность тяги за счет образования вокруг трубы защитного воздушного потока спиралеобразной (или иной – при разнонаправленном вращении винтов 3) формы, повышающего ветроустойчивость газового факела, предотвращающего задувание ветром и исключаящего прорыв холодного воздуха в дымовую трубу сверху. От воздействия сильного ветра колебания ствола 1 трубы дополнительно ограничиваются

вытяжной башней 5 устройства, закрепленной на наклонных вантах 4.

Совмещенное устройство имеет значительную термодинамическую эффективность и высокий к.п.д., благодаря интенсивному тепломассообмену. Конусная баня 5 градирни выполнена с большим углом раскрытия, что позволяет при истечении воды в виде пленочной круговой завесы из кольцевых оросителей 7, установленных в несколько рядов, обеспечить ее контакт на весьма большой площади с поступающими потоками наружного воздуха, которые приобретают во внутреннем пространстве градирни мощное направленное движение к кольцевой платформе 2. Для уменьшения уноса воды и улавливания жидкой фазы из восходящих воздушных масс в верхней части градирни могут быть установлены лабиринтные каплеуловители, а на стволе 1 трубы – кольцевые желоба (на рисунке 2 не показаны). Питание приводов несущих воздушных винтов 3 платформы 2 и циркуляционных насосов в водораспределительной системе градирни дополнительно осуществляется от многорядных приемников солнечного излучения 8, расположенных на внешней поверхности башни 5 градирни.

Так как газоотводящий ствол 1 дымовой трубы на определенной длине защищен вытяжной башней 5 градирни от воздействия холодного наружного воздуха, а при использовании светопрозрачного материала ствола 1 появляется возможность дополнительно подогревать солнечными лучами уходящие газы, то следовательно, увеличивается высота подъема факела дыма. В итоге имеем оптимальное соотношение между параметрами газов, “высотой султана” и объективной высотой дымовой трубы. “Высота султана”, представляющая высоту столба газов от устья трубы до отметки, где газы приобретают ту же плотность, что и окружающий воздух, и начинают двигаться вместе с последним; при этом в меньшей степени они будут зависеть от наличия ветра в окрестностях дымовой трубы и в большей степени от термической устойчивости воздушного потока. Шлейф дымовых газов имеет коническую струеобразную конфигурацию, более предпочтительную по сравнению с петлеобразной, так как она позволяет увеличить эмиссионную концентрацию при одновременном уменьшении имиссионной концентрации газов в окрестностях трубы.

При отсутствии приемников солнечного излучения 8 башня 5 градирни может быть изготовлена из светопрозрачного материала, что будет способствовать интенсификации процессов тепломассообмена за счет увеличения воздушной тяги в башне 5. Сочетание трубы с градирней обеспечивает дополнительную очистку дымовых газов поднимающимся из вытяжной башни 5 паром.

В качестве материала газоотводящего ствола 1 дымовой трубы и вытяжной башни 5 градирни используют, например, эластичную пластиковую пленку в рубашке из эпоксидной смолы.

Совмещенное устройство для выбросов в атмосферу по сравнению с традиционными устройствами обладает пониженной материалоемкостью, малой трудоемкостью возведения, улучшенными эксплуатационными характеристиками, возможностью регулирования высоты в зависимости от атмосферных условий и требований степени охлаждения воды в градирне или уровня рассеивания выбросов в атмосферу.

Второй модификацией является высотная труба, которая относится к энергетическим устройствам для сжигания топлива и может быть использована на объектах с вентиляционными и технологическими выбросами. Устройство представлено на рисунке 3, где показано его вертикальное сечение.

Высотная труба включает: ствол из установленных с шагом по высоте кольцевых трубчатых элементов 1 с соплами и вертикальных трубчатых

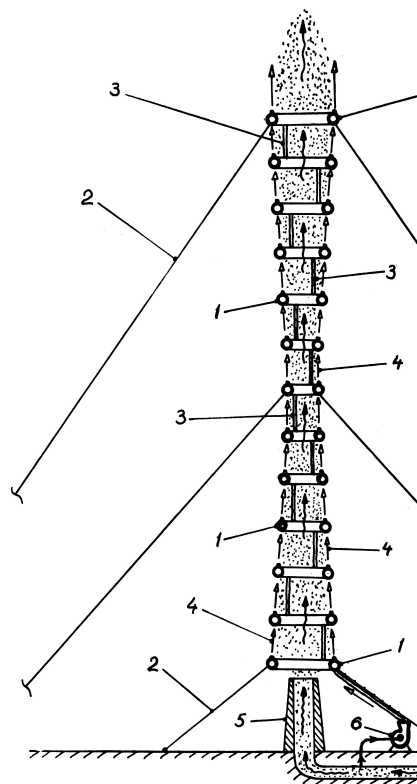


Рисунок 3 – Высотная труба: 1 – кольцевые надувные оболочки; 2 – наклонные гибкие связи; 3 – вертикальные гибкие связи

связей 3 между кольцевыми элементами 1; компрессор 6 для образования воздушной завесы 4, установленный на уровне земли 7; оттяжки 2, соединенные с лебедками. При этом трубчатые связи 3 выполнены гибкими, а кольцевые трубчатые элементы 1 – в виде надувных оболочек различного диаметра, установленных по высоте ствола с образованием конфузорного, цилиндрического и диффузного участков, а оттяжки 2 закреплены к верхней, средней и нижней надувной оболочке.

Высотная труба работает следующим образом. При накачивании в надувные оболочки 1 через вертикальные трубчатые гибкие связи 3 с помощью компрессора 6 воздуха оболочки 1 приобретают плавучесть и поднимаются вверх, после чего ствол высотной трубы фиксируется оттяжками 2 относительно направляющего патрубка 5, установленного на уровне земли 7. Благодаря истечению воздуха из сопел надувных оболочек 1, между последними образуются кольцевые воздушные завесы 4, направляющие движение вверх в атмосферу удаляемых дымовых газов. Высота воздушных завес 4, равно как и общая высота трубы или ее расположение над уровнем земли 7, легко регулируются соответствующим изменением длины оттяжек 2 и вертикальных связей 3. Источником образования завес 4, кроме отходящих газов, может служить нагретый воздух или другой газ, вступающий в желательную реакцию с дымовыми газами для их очистки. За счет использования надувных оболочек 1 различного диаметра, установленных по высоте ствола с образованием конфузорного, цилиндрического и диффузорного участков, обеспечиваются оптимальные условия движения газов по стволу. Конструкция высотной трубы позволяет легко варьировать ее наклон к вертикали, обеспечивая, например, эффективное слияние струй от нескольких стволов.

Благодаря созданию высотной трубы из набора легко сменяемых малогабаритных надувных оболочек 1 разного диаметра, появляется возможность путем варьирования расположения оболочек 1 относительно друг друга по высоте быстро сформировать наивыгоднейший профиль газоотводящего ствола в вертикальном сечении. При этом теми же оболочками 1 можно обеспечить и различную форму поперечного сечения ствола, например, круглую, овальную, секторную и т.д., а также конструировать по самым разнообразным схемам многоствольные высотные трубы или цилиндрические трубы с любыми требуемыми диффузорами и т.п. Достоинством конструкции трубы служит то обстоятельство, что надув оболочек 1 коррелируется с истечением газа из них, а за счет применения светопрозрачного материала надувных оболочек 1 или фокусировки их поверхностью солнечных лучей достигается дополнительный подогрев выбрасываемых в атмосферу дымовых газов, что увеличивает высоту подъема факела дыма.

Конструкция позволяет применить последовательное схлопывание

оболочек 1 по высоте трубы и обеспечить, таким образом, мощный импульсный выброс газов в атмосферу при оптимальном соотношении между параметрами дымовых газов, “высотой султана” и эффективной высотой самой трубы. Причем “высота султана”, представляющая собой высоту столба газов от оголовка трубы до отметки, где газы приобретают ту же плотность, что и окружающий воздух атмосферы, и начинают двигаться вместе с последним, будет в незначительной степени зависеть от наличия ветра в окрестностях высотной трубы и от термической устойчивости воздушного потока. Благодаря эффективному аэродинамическому профилю трубы в вертикальном сечении (при котором, в частности, длина каждого – конфузорного, цилиндрического или диффузорного – участка не является неизменной, а свободно корректируется в сторону уменьшения или увеличения), шлейф дымовых газов приобретает коническую струеобразную конфигурацию, которая более предпочтительна по сравнению с петлеобразной, так как она позволяет увеличить эмиссионную концентрацию при одновременном уменьшении имиссионной концентрации газов в окрестностях трубы. За счет высокой эстетичности конструкции высотной трубы достигается гармония ее с окружающей средой.

В качестве материала надувных оболочек 1 используют, например, стеклоткань в рубашке из эпоксидной смолы, а оттяжек 2 и гибких связей 3 – армированное стекловолокно полиэфира.

Высотная труба обладает следующими преимуществами: существенное снижение стоимости, малая масса, простота монтажа, обслуживания в процессе эксплуатации и демонтажа, высокая коррозионностойкость и кислотоустойчивость, долговечность, дополнительная очистка уходящих газов, улучшение рассеивания газов при большой дальности факела, сейсмостойкость.

Таким образом, предложенные устройства позволяют существенно повысить экологическую безопасность для процессов, связанных с выбросами в атмосферу.

Библиографический список

1. Степановский А.С. Охрана окружающей среды / А.С. Степановский, А.Д. Потапов, А.М. Яковлев. — М.: ЮНИТИ, 2001. — 558 с.
2. Moses H. Design Parameters Influencing Plume Rise / H. Moses, J. Stac Carson // Journal of the Air Pollution Control Association. — 1999. — V. 46. — № 44. — P. 380–398.
3. Рихтер Л.А. Определение стоимости дымовых труб. ТЭС и оптимизация скоростей газов в газоотводящем стволе / Л.А. Рихтер // Теплоэнергетика. — 1975. — № 4. — С. 12–16.
4. А.с. 1742585 СССР, МКИ F23 J11/00. Устройство для выбросов в атмосферу / А.Г. Торовец (СССР). — №4852454/33; Заявлено 19.07.90; Оpubл. 23.06.92, Бюл. № 23.
5. А.с. 1747802 СССР, МКИ F23 J11/00. Устройство для выбросов в атмосферу /

А.Г. Торовец (СССР). — №4800266/33; Заявлено 12.12.89; Оpubл. 15.07.92, Бюл. № 26.

Поступила в редакцию 13.01.2003 г.