

В.К. Любов

Архангельский государственный технический университет, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЗОЛОУЛАВЛИВАЮЩИХ УСТРОЙСТВ

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты промышленных испытаний и рекомендации по повышению эффективности работы различных золоулавливающих установок.

1. ВВЕДЕНИЕ

При сжигании твердых топлив важной проблемой является снижение выбросов твердых частиц в окружающую среду. Анализ валовых выбросов вредных веществ в атмосферу объектами малой энергетики Архангельской области показал, что твердые частицы занимают ведущее место (42,5%), далее следуют диоксид серы (34,6%) и оксид углерода (21,6%) [1]. Это объясняется низкой степенью очистки продуктов сгорания в применяемых золоуловителях, а также отсутствием газоочистных установок (ГОУ) на многих котлах, работающих на каменных углях и биотопливе. Поскольку показатели работы большинства действующих ГОУ не отвечают современному уровню развития техники и требованиям закона РФ «Об охране атмосферного воздуха», важной задачей развития энергохозяйств предприятий является поэтапная модернизация и во многих случаях замена устаревшего оборудования на современное высокоэффективное. Внедрение высокоэффективных золоуловителей, особенно на котлах сжигающих биотопливо, является важным шагом в реализации концепции экологически чистой ТЭС (котельной).

2. АНАЛИЗ РАБОТЫ ЭМУЛЬГАТОРОВ

Большой комплекс работ по уменьшению выбросов вредных веществ в окружающую среду был выполнен в ОАО «СЦБК». Наиболее крупным из реализованных проектов является модернизация мазутного котлоагрегата КМ-75-40 ст. №5 на сжигание кородревесных отходов в предтопке с «кипящим слоем» конструкции ООО «ИНЭКО». Для мокрой очистки продуктов сгорания от твердых частиц в газовом тракте перед дымососом были установлены два каскадных эмульгатора (проектная степень очистки газов 99%). Опыт эксплуатации модернизированного котлоагрегата КМ-75-40 ст. №5, оснащенного предтопком «кипящего слоя», показал, что котел стабильно работает при паропроизводительности до 65 т/ч, при повышении нагрузки появляется каплеунос из эмульгаторов. Данное явление вызывает налипание золовых частиц на лопатки рабочего колеса дымососа и нарастание вибрации, снижает экономичность работы, вызывает незапланированные остановы котлоагрегата на чистку, сверх-

плановый перерасход мазута и дополнительные затраты на ремонт. Степень очистки дымовых газов, достигнутая в эмульгаторах, составила 93...96%.

Для устранения явления каплеуноса из эмульгаторов при нагрузках котлоагрегата более 65 т/ч и улучшения условий работы газового тракта и дымососа ООО «ИНЭКО» был разработан проект модернизации ГОУ, в котором был предусмотрен монтаж дополнительного двухкорпусного батарейного циклона (БЦУ 200/176) с разделительной перегородкой. БЦУ 200/176 был смонтирован в газовом тракте котлоагрегата параллельно с существующими эмульгаторами. Анализ результатов, полученных в ходе испытаний реконструированной золоулавливающей установки, позволил сделать следующие выводы.

1. Комбинированная ГОУ, состоящая из эмульгаторов и параллельно включенной батарейной циклонной установки, позволила: повысить КПД нетто котла за счет уменьшения доли горячего воздуха, направляемого в газовый тракт за ГОУ и увеличения температуры горячего воздуха, подаваемого для организации топочного процесса; повысила надежность работы дымососа за счет уменьшения вероятности налипания золовых частиц на его рабочие органы; снизить температуру серноокислотной точки росы и уменьшить последствия низкотемпературной серноокислотной коррозии.

2. Установка БЦУ 200/176 облегчила условия работы эмульгаторов и обеспечила повышение степени очистки газов в них. Суммарная степень очистки продуктов сгорания в комбинированной ГОУ составила 89...92% и в значительной степени определяется эффективностью работы эмульгаторов. Следует предполагать, что пуск в эксплуатацию системы короподготовки повысит полноту выгорания горючих компонент топлива и позволит обеспечить дальнейшее повышение эффективности работы котла и его ГОУ.

3. В батарейную циклонную установку с потоком дымовых газов поступают преимущественно мелкие твердые фракции ($d_{\text{ч}} < 250$ мкм), имеющие повышенное содержание горючих веществ и низкую кажущуюся плотность, что в комплексе с небольшой начальной концентрацией твердых частиц усложняет условия работы БЦУ 200/176 и снижает степень очистки газов в ней до 50...53 %. Включение в работу батарейной циклонной установки необходимо производить только при повышенных нагрузках котлоагрегата, при этом следует ограничивать степень открытия клапанов на газоходах к БЦУ до $У_{\text{лев/прав}} = 60/60$ %. При регулировании

степени открытия данных клапанов к числу определяющих параметров следует относить сопротивление корпусов БЦУ и температуру газов перед дымососом.

4. Для обеспечения нормальных условий эксплуатации ГОУ необходимо обеспечить: периодический контроль за плотностью её элементов, установку штатных систем контроля за сопротивлением корпусов БЦУ, оптимизацию распределения газа по циклонным элементам.

3. ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ СУХИХ ИНЕРЦИОННЫХ ЗОЛОУЛОВИТЕЛЕЙ

Другим крупным проектом, реализованным в ОАО «СЦБК», является модернизация ГОУ угольного котлоагрегата ЦКТИ-40-34 ст. № 2 для повышения его экологических показателей. В ходе проведения модернизации был установлен батарейный золоуловитель БЦ-512-(12×6), разработанный ОАО «НПО ЦКТИ». Смонтированная ГОУ, оборудована 72 циклонными элементами, каждый из которых оснащен четырьмя тангенциально расположенными входными устройствами, обеспечивающими закрутку запыленного потока дымовых газов. Циклонные элементы скомпонованы в четыре секции (по 18 элементов в каждой), каждая секция оборудована индивидуальным бункером для сбора и вывода уловленной золы. Продукты сгорания после конвективной шахты котла по двум газоходам подводятся к золоуловителю, после которого поступают к дымососу двухстороннего всасывания и далее по газоходу направляются в дымовую трубу.

Испытания золоулавливающей установки при работе котлоагрегата ст. № 2 на длиннопламенных углях Хакасии показали, что установленный батарейный золоуловитель имеет «аэродинамическую плотность», соответствующую требованию норм [2] и обеспечивает степень очистки продуктов сгорания в диапазоне 89,3...92,5 %. Повышение полноты выгорания горючих компонент в летучей золе до $C_{\text{ун}}^r \leq 6,5\%$ позволит повысить степень очистки газов до 93...94 %. Для обеспечения нормальных условий эксплуатации ГОУ необходимо обеспечить периодический контроль за плотностью её элементов, привести в рабочее состояние системы КИПиА котла.

Объекты малой энергетики Архангельской области в основном оборудованы котлами со слоевыми топками для сжигания каменных углей, а также топками скоростного горения и с наклонными колосниковыми решетками для сжигания древесных отходов. Кроме того, в котельных широко используются котлы малой мощности, работающие на мазуте [3].

Топки с наклонной колосниковой решеткой установлены на многих предприятиях лесопромышленного комплекса (ЛПК) и позволяют сжигать топливную смесь, состоящую из опилок, щепы и стружки. Для повышения экологоэкономических показателей работы котлоагрегатов с данными топками они часто оборудуются дымососами — золоуловителями [3]. Испытания показали, что удлине-

ние вала дымососа для установки улитки-концентратора и дополнительной крыльчатки вызывает увеличение параметров вибрации и уменьшение его межремонтной компании. Кроме того, применение золоуловителей данного типа вызывает необходимость перехода на менее эффективный метод регулирования производительности дымососа, так как взамен осевого направляющего аппарата устанавливается языковая заслонка на входе газов в улитку-концентратор. Работа данных золоуловителей характеризуется также повышенным абразивным износом выносного циклона и газохода, подводящего газовый поток с высокой концентрацией твердой фазы к циклону, при номинальной нагрузке котлоагрегата и близких к ней. Степень очистки газов в обследованных золоуловителях составила 62...64 %.

На многих котлах малой энергетики и утилизационно-энергетических котлоагрегатах предприятий ЛПК золоулавливающие установки отсутствуют. Выброс золы с дымовыми газами неблагоприятно сказывается на состоянии окружающей среды и здоровье людей, наносит вред готовой продукции предприятий, складываемой на открытом воздухе, и может явиться причиной пожара. Для устранения данных негативных явлений, учитывая тесную компоновку основного и вспомогательного оборудования котельной ОАО «ЛДК № 3», была установлена объединенная ГОУ (на три котла), расположенная за пределами котельной перед дымовой трубой. Данная ГОУ состоит из пяти коаксиальных циклонных элементов, расположенных по ходу газов, каждый из которых имеет по четыре «обратных» связи для повышения степени очистки, а также оснащена жалюзийным сепаратором для исключения вторичного уноса из сборного бункера. Испытания ГОУ показали, что её КПД составляет 79,6...86,6 % при расходе дымовых газов 10,6...11,8 $\text{м}^3/\text{с}$ (проектный $\geq 13,9 \text{ м}^3/\text{с}$), а сопротивление 0,6...0,72 кПа при работе двух котлов КЕ-10-14, сжигающих древесные отходы.

Исследования показали, что материал, уловленный в ГОУ, является полифракционным ($n = 1,67$) и крупнодисперсным ($b = 0,2 \cdot 10^{-4}$), при этом два первых по ходу газов циклона улавливают преимущественно крупную фракцию с $d_{\text{ч}} \geq 0,4 \text{ мм}$, которой содержится около 52 %. Содержание горючих веществ в данной фракции составляло 85...92 %. Реконструкция зольного бункера с организацией разделного сбора и вывода крупной фракции, уловленной в двух первых циклонах ГОУ, и мелкой позволит получать углеродный сорбент с насыпной плотностью 100...170 $\text{кг}/\text{м}^3$ и удельной поверхностью 350...500 $\text{м}^2/\text{г}$. Производительность установки по углеродному сорбенту составит 80 $\text{кг}/\text{сут.}$ (при работе двух котлов на средних нагрузках), а максимальная — до 260 $\text{кг}/\text{сут.}$ Данный сорбент имеет более низкие качественные показатели, чем активированные угли промышленного производства, но значительно дешевле. Мелкую фракцию ($d_{\text{ч}} < 0,4 \text{ мм}$) с повышенной зольностью следует использовать в

сельском хозяйстве, так как она богата элементами, необходимыми для повышения плодородия почвы.

Данное направление по переводу котлов, сжигающих древесные отходы, в энерготехнологический режим работы является перспективным, так как наряду с уменьшением выбросов твердых частиц в атмосферу позволяет получить углеродный сорбент для очистки сточных вод и уходящих газов, а также мелкофракционную золу для повышения плодородия почвы.

При проведении промышленных испытаний данной золоулавливающей установки и других ГОУ запыленность дымовых газов определялась при изокINETических условиях с использованием метода внутренней фильтрации газов через аллонжи и фильтровальные патроны с объемной набивкой из стекловолокна, для регулирования расхода, отбираемого газа, использовалось ПУ-4Э. Расчет концентраций твердой фазы в дымовых газах проводился в соответствии с требованиями [4]. При исследовании гранулометрического состава твердой фазы использовался ситовый метод, реализуемый с помощью анализаторов «029» и воздушно-струйного ВС 1С-15-01, обработка полученных результатов выполнялась по методике [5].

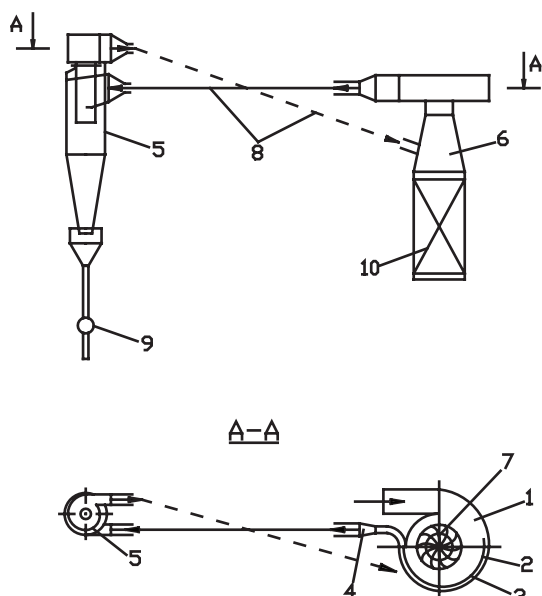


Рис. 1. Улиточный золоуловитель, установленный после котла: 1 — улитка-концентратор; 2 — спиральный козырек; 3 — воздухоподогреватель (экономайзер); 4 — пылеотводящий патрубок; 5 — выносной циклон; 6 — выхлопной патрубок; 7 — радиальный направляющий аппарат; 8 — газоходы; 9 — клапан-мигалка

На утилизационно-энергетических котлах с предтопками скоростного горения для очистки продуктов сгорания часто устанавливаются улиточные золоуловители различных модификаций. Результаты испытаний показали, что многие из них находятся в неудовлетворительном техническом состоянии, поэтому степень очистки дымовых газов на обследованных объектах находилась в диапазоне 5...42%, при сжигании древесных отходов, в которых доминировали опилки с влажностью $W_t^r = 47...49\%$.

ОАО «НПО ЦКТИ» и фирмой «Лесэнерго» была разработана усовершенствованная модель улиточного золоуловителя (рис. 1). На котлах КЕ-10-14МТ ЗАО «Лесозавод 25» фирмой «Лесэнерго» были смонтированы золоуловители данной конструкции с выносными циклонами ЦН-24. ГОУ данного типа имеет небольшую металлоемкость, габариты и умеренное аэродинамическое сопротивление.

Комплексные исследования, выполненные на данных котлах, показали, что смонтированные золоуловители имеют КПД 77,5...81,0 % (при режимных параметрах приемлемых для котлов) и позволяют снизить выбросы твердых частиц в окружающую среду до 142 мг/нм³, обеспечивают возврат уноса с содержанием горючих веществ $C^r = 89...96\%$ на дожигание в топочную камеру, стабилизируя уровень эмиссии NO_x до значений не превышающих 80 мг/МДж за счет эффекта ступенчатого сжигания и дополнительного разложения NO_x на поверхности коксовых частиц, циркулирующих в вихревых потоках, даже при повышении производительности котлов на 30 % выше номинальной [1].

Исследования показали, что возврат очищенных продуктов сгорания из ЦН-24 должен проводиться в газоход до воздухоподогревателя (экономайзера). Учитывая, что степень очистки газов в выносном циклоне больше, чем в улитке-концентраторе, необходимо конструктивными методами обеспечить повышение её сепарационной способности. Это создаст возможность повышения КПД золоуловителя до 82...84 % и обеспечит концентрацию твердой фазы в удаляемых газах до 120 мг/нм³. Выполненный комплекс работ позволил повысить технико-экономические и экологические показатели работы котлов малой и стационарной энергетики даже при сжигании непроектных топлив.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Любов В.К. Уменьшение выбросов вредных веществ путем повышения экологических показателей работы котлоагрегатов и увеличения доли биотоплива в топливном балансе региона // Экология северных территорий России. Проблемы, прогноз ситуации, пути развития, решения: Матер. Междунар. конф.-Арханг., инст. экол. проблем Севера УрО РАН, 2002. Т. 1. С. 200—204.
2. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов. М.: ПИО ОБТ, 1996. 172 с.
3. Любов В.К., Дьячков В.А. Резервы энергосбережения в малой энергетике // Проблемы экономии топливно-энергетических ресурсов на промпредприятиях и ТЭС: Межвузов. сб. науч. тр. СПб ГТУ РП. СПб., 2002. С. 138—147.
4. Сборник методик по определению концентраций загрязняющих веществ в промышленных выбросах. Л.: Гидрометеоздат, 1987. 151 с.
5. Любов В.К., Дьячков В.А. Программно-методический комплекс для обработки результатов испытаний теплоэнергетического оборудования и расчета вредных выбросов // Свободная конвекция. Тепломассообмен при химических превращениях: Тр.2-й Рос. нац. конф. по теплообмену. М.: Издательство МЭИ, 1998. Т. 3. С. 225—228.