

В.А. Ермолаева

(Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета
им. А.Г. и Н.Г. Столетовых; e-mail: ErmolaevaVA2013@mail.ru)

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ДВУХСТУПЕНЧАТОГО МЕТОДА СЖИГАНИЯ ТОПЛИВА

Показаны основные преимущества двухступенчатого метода сжигания топлива в котельных агрегатах, рассчитаны потери тепла с уходящими газами, проведена оценка эффективности различных горелочных устройств.

Ключевые слова: горелки, двухступенчатое сжигание топлива, теплопотери.

V.A. Ermolaeva

THE BASIC ADVANTAGES OF A TWO-LEVEL METHOD OF BURNING OF FUEL

The basic advantages of a two-level method of burning of fuel in boiler aggregates are shown, losses of heat with leaving gases are calculated, assessed the effectiveness of various burner devices.

Key words: torches, two-level burning of fuel, heat losses.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 30 июня 2014 г.

Методы снижения образования оксидов азота

Котельная является поставщиком пара и горячей воды и одновременно сильнейшим загрязнителем окружающей среды. Основной вред при этом наносится атмосферному воздуху, который подвержен наибольшему воздействию и в наименьшей степени защищён от этого воздействия. Углекислый газ, оксиды азота, угарный газ, бенз(а)пирены – **выбросы от котельных агрегатов** – рассеиваются в атмосфере. Основную долю выбросов составляют **оксиды азота**, которые выделяются в значительных количествах (более 95 %), а приборы и методы определения их содержания (в отличие от оксидов углерода) очень дорогие. В то же время, очистка продуктов сгорания от оксидов азота технически сложна и в большинстве случаев экономически нерентабельна. Вследствие этого все усилия направлены на снижение образования оксидов азота в топках котлов.

Совершенствование технологий в настоящее время позволяет использовать наиболее эффективные технологические методы при борьбе с загрязнителями. Один из таких эффективных **методов подавления вредных выбросов** – использование малотоксичных горелок, **основанных на двухступенчатом сжигании топлива**. В частности была рассмотрена возможность установки горелок немецкого производства "Weishaupt" (вместо горелок ГМГ-2М) на паровые котлы ДКВР 4/13. Было оценено их неоспоримое преимущество в снижении загрязнения атмосферного воздуха и, что немаловажно, энергосбережении.

Образование окислов азота в процессе горения топлива уменьшается при снижении температуры горения, сокращении времени пребывания азота и кислорода в высокотемпературной части факела, уменьшении концентрации свободного кислорода в факеле.

Радикальным методом снижения образования оксидов азота является двухстадийное сжигание топлива с применением двухступенчатых горелочных устройств. По этому методу **в первичную зону горения** подаётся 50-70 % необходимого для горения воздуха, остальная часть воздуха (50-30 %) поступает **во вторичную зону**, где происходит **дожигание продуктов неполного сгорания**. Отвод теплоты из первичной зоны горения должен быть достаточно большим, чтобы заключительная стадия процесса горения происходила при более низкой температуре.

Другим методом подавления образования оксидов азота в топке является **рециркуляция дымовых газов в топочную камеру**. В этом случае дымовые газы при температуре 300-400 °С забираются из конвективной шахты котла и подаются в топочную камеру. Ввод газов в топочную камеру может осуществляться через шлицы под горелками, через кольцевой канал вокруг горелок или путём подмешивания газов в воздух перед горелками. Газы горения бедны кислородом и их возвращение в зону пламени замедляет процесс горения, вызывая **снижение температуры пламени и снижение концентрации оксидов азота**. Результат использования метода рециркуляции, как более эффективного метода – **снижение выбросов в 3 раза!**

Подача воды и пара в зону горения также приводит к снижению образования оксидов азота. Ввод воды или пара в количестве 5-10 % всего количества воздуха снижает температурный уровень в топке, то есть приводит к снижению КПД котла.

Все методы снижения образования оксидов азота в топках котлов (ступенчатое сжигание, рециркуляция охлаждённых дымовых газов, увлажнение топлива, дутьевого воздуха, увлажнение газов рециркуляции, впрыск воды непосредственно в факел) каждый в отдельности или их комбинации, намного экономичнее и целесообразнее, чем очистка дымовых газов от вредных компонентов на выходе из котла.

Эффективно и целесообразно **совмещение двух методов уменьшения вредных выбросов** – рециркуляции охлаждённых газов и ввода в топку дополнительной влаги – совместное воздействие и на предотвращение образования оксидов азота и других вредных выбросов, и на повышение экологической эффективности системы рециркуляции.

Использование установок **очистки дымовых газов** от оксидов азота и других вредных выбросов должно осуществляться, если не удаётся достичь требуемого уровня вышеперечисленными технологическими методами.

Основные преимущества малотоксичных горелок

В настоящее время с целью снижения образования выбросов оксидов азота и других вредных веществ широко применяются на многих производствах, как в России, так и за рубежом малотоксичные горелки.

Одной из таких малотоксичных горелок является горелка "Weishaupt", адаптированная к котлам ДКВР (рис. 1).

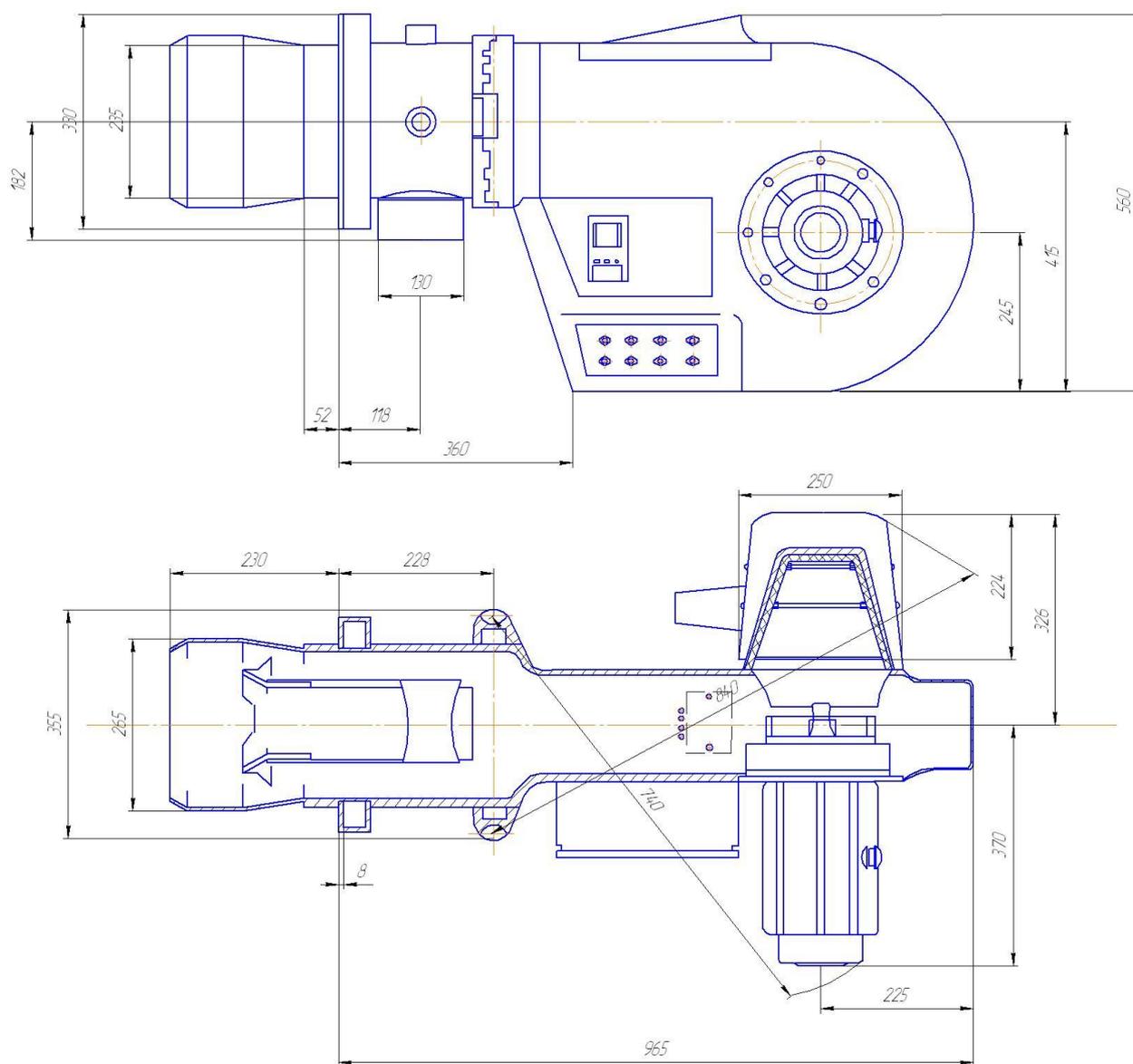


Рис. 1. Конструкция малотоксичной горелки

Основная сложность адаптации заключалась в несоответствии длины факела горелки размерам топки котла, что могло привести к негативным последствиям вплоть до прожига задней стенки и выхода котлоагрегата из строя. Решение было найдено в конструкции подпорной шайбы, позволяющей получить широкий и короткий факел [1].

Основные преимущества при возможной установке современных автоматизированных горелок на котлы ДКВР 4/13:

1. Экономия топлива. За счёт улучшения теплообмена в топке котла снижаются потери тепла с уходящими газами, в результате чего повышается КПД установки. Применение современных систем плавного регулирования мощности позволяет экономить топливо в режимах частичной нагрузки, точно выдерживать заданное соотношение "газ-воздух" и осуществлять работу в полностью автоматическом режиме.

2. Экономия электроэнергии. Путём установки систем частотного регулирования на двигатели вентилятора горелки и дымохода можно добиться снижения затрат электроэнергии.

3. Уменьшение вредных выбросов в атмосферу. Благодаря точному регулированию соотношения "газ-воздух" и оптимальной форме и температуре факела объём вредных выбросов уменьшается в 1,5-2 раза.

4. Повышение надёжности и безопасности котлоагрегата. Применение современных систем автоматики позволяет значительно повысить надёжность и безотказность котлоагрегата и свести к минимуму влияние "человеческого фактора".

В помещении котельной установлено 2 паровых котла ДКВР 4/13, причём один – резервный. Исходя из основных характеристик котла (паропроизводительность – 4 *т/ч*, мощность – 2600 *кВт*, сопротивление газопроводов – 0,5 *мбар*), возможна замена устаревших горелок ГМГ-2М горелками "Weishaupt" типа 2XG8/1-D.

Регулирование воздуха и топлива осуществляется в зависимости от вида топлива и размера горелки. Горелка "Weishaupt" типа 2XG8/1-D – регулирование ZMD: ZM – двухступенчатая модулируемая, D – трёхфазный ток.

Горелки с плавно-двухступенчатым модулируемым ZM-режимом работают с медленным регулированием мощности. Через регулировочный сегмент осуществляется связанное регулирование воздушной заслонки и газового дросселя. Время прохождения одного изменения нагрузки – 20-42 секунд [1].

При включении газовой горелки термостат (регулятор температуры) посылает на менеджер горения команду на включение. После этого запускается электродвигатель горелки, и вентилятор начинает нагнетать воздух в камеру горения. Условием включения электродвигателя является замыкание контакта реле давления газа, подтверждающего наличие достаточного давления газа. В начале предварительной продувки топке котла срабатывает реле давления воздуха. По окончании продувки начинается розжиг горелки, при этом электронный прибор зажигания создаёт высокое напряжение между электродом зажигания и подпорной шайбой. При появлении искры открываются магнитные запорные клапаны в многофункциональном мультиблоке и происходит розжиг горелки. Сообщение о наличии пламени, контролируемое ионизационным электродом, поступает на менеджер горения.

При работе горелки осуществляется постоянный контроль минимального давления газа с использованием реле давления газа (может выполняться программа недостатка газа). Реле давления воздуха контролирует работу вентилятора горелки (при прекращении подачи воздуха реле давления производит предохранительное отключение горелки). Контроль наличия пламени происходит с использованием контрольного ионизационного электрода.

Горелки оснащаются двумя магнитными клапанами класса А (двойным магнитным клапаном DMV), менеджером горения W-FM 100 с встроенным контролем герметичности (необходимое для него реле давления входит в объём поставки).

Магнитный клапан выполняет функции регулятора давления (давление регулятора устанавливается винтом настройки) и регулятора состава воздушно-газовой смеси, благодаря чему поддерживается оптимальный состав смеси на всём диапазоне мощности.

При использовании менеджера горения эксплуатация горелки становится удобнее, безопаснее и надёжнее.

Если недопустимое повышение и понижение давления не зафиксированы, горелка переходит в режим ожидания, иначе – отключение горелки (то есть ввод в эксплуатацию прерывается, начинаются перезапуски горелки).

Основные характеристики горелки 2XG8/1-D: исполнение ZMD (двухступенчатая, модулируемая, трёхфазная), мощность горелки – 1445 кВт, пламенная труба тип G7/2a, длина пламенной трубы – 230 мм, расход газа – 327,3 м³/ч.

Расчёт теплосодержания воздуха и продуктов сгорания

Для сравнения потерь тепла и электроэнергии при работе горелок двух типов были проведены расчёты теплосодержания воздуха и продуктов сгорания [2].

Зависимость потерь тепла с уходящими газами от выбросов вредных газов (ккал за x часов) представлена на графике (рис. 2).

Согласно расчётам, потери тепла с уходящими газами при работе горелок ГМГ-2М в течение 6 часов фактически равны потерям тепла при работе горелок "Weishaupt" в течение 12 часов или при работе горелок ГМГ-2М в течение 12 часов и работе горелок "Weishaupt" в течение 18 часов.

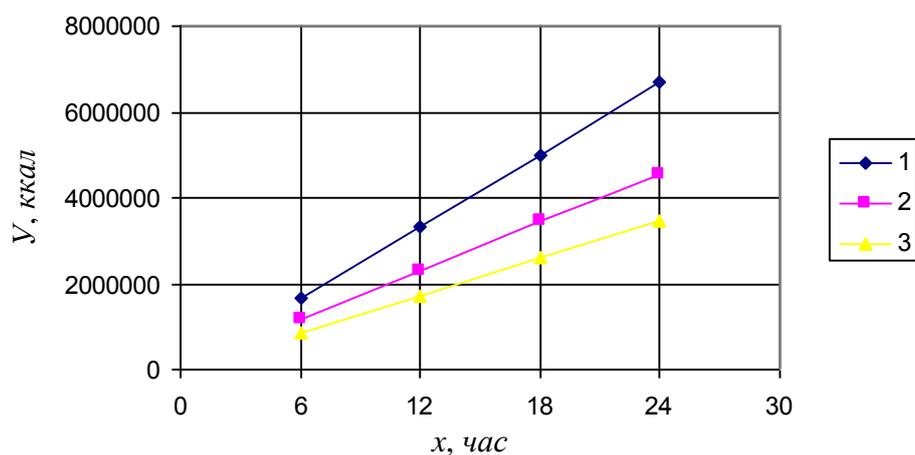


Рис. 2. Зависимость потерь тепла с уходящими газами от выбросов вредных газов:
 1 – потери теплоты при работе горелок ГМГ-2М;
 2 – потери теплоты при работе горелок "Weishaupt" при возможном снижении количества выбросов в 1,5 раза;
 3 – потери теплоты при работе горелок "Weishaupt" при возможном снижении количества выбросов в 2 раза

Основные результаты и выводы

Результаты расчётов и сравнительная характеристика горелок представлены в табл. 1.

Таблица 1

Тип горелок	Расход газа	Суммарные потери тепла	Потери тепла с уходящими газами	Потери электроэнергии	Расход электроэнергии и на 1 м ³
ГМГ-2М	317	986,4	877,6	323,5	1,021
"Weishaupt"	327,3	657,6	585,1	222,7	0,68

Несмотря на то, что изначально расход газа горелками "Weishaupt" больший, но за счёт сокращения потерь тепла, удастся добиться значительной экономии электроэнергии при эксплуатации таких горелок. Согласно расчётам, использование горелок "Weishaupt" позволяет за счёт снижения вредных выбросов в 1,5 раза сократить потери тепла с уходящими газами до 7,31 %, а потери электроэнергии – до 222,7 кВт и расход электроэнергии на 1 м³ – до 0,68. Кроме этого, за счет использования двухступенчатого метода сжигания топлива значительно снижается количество выбросов вредных газообразных веществ – продуктов неполного сгорания топлива.

Таким образом, установка современных малотоксичных горелок "Weishaupt" обеспечивает повышение надёжности и безопасности котлоагрегата (посредством применения современных систем автоматики) и уменьшение вредных выбросов в атмосферу, что приводит к уменьшению потерь тепла и электроэнергии.

Литература

1. [http://www. weishaupt.ru](http://www.weishaupt.ru).
2. **Эстеркин Р.И.** Котельные установки: учеб. пособие. Л.: Энергоатомиздат, 1999. 280 с.