

Линейная горелка Терморобот — это угольная топка нового типа

Тип горелочного устройства определяет основные характеристики угольного котла: КПД, требования к углю, диапазон регулирования мощности, экологические показатели. В автоматизированных угольных котлах малой мощности (десятки-сотни киловатт) применяется три основных вида топок: **барабанная колосниковая решетка** (Carborobot, Венгрия); **ретортная горелка** различных модификаций (SAS, Defro и другие польские производители) и варианты **колосниковой решетки с шурующей планкой**. Разработанная в 2009-м году **линейная горелка Терморобот** мощностью 60–800 кВт является существенно новым типом топки, представленным на рынке. Использование котлов с такой горелкой обеспечивает высокие потребительские качества автоматических угольных котельных Терморобот.

Применение технологии сжигания угля в кипящем слое

Если сравнивать линейную горелку Терморобот с «классическими» топками, она имеет некоторые общие черты со слоевой топкой с цепной механической решеткой, но есть важные отличия, которые позволяют рассматривать ее как новый тип горелочного устройства, сжигающего уголь в режиме, близком к сжиганию топлива в «кипящем слое».

Рассмотрим конструкцию горелки. Она состоит из стального ложа с форсунками подачи первичного воздуха, и шнека, который является неотъемлемой частью горелки (в отличие от других угольных котлов, где шнек используется только для подачи угля из бункера в топку [винтовой питатель], но не участвует в процессе сжигания угля в топке).

При работе котла шнек почти непрерывно ворошит и передвигает горящий уголь, поэтому здесь одновременно горят **все** куски угля, в отличие от слоевых топок с покоящимся углем, где куски угля горят по очереди, слой за слоем (на цепной решетке и колосниковом барабане пласт угля перемещается как целое). Одновременное горение всей массы угля определяет высокую удельную мощность горелки. За счет механизированного ворошения куски угля очищаются от золы и образующегося шлака, что обеспечивает постоянный доступ кислорода к их горячей поверхности. Шнек непрерывно сталкивает шлак в зольник, не давая ему скапливаться в зоне горения, поэтому горелка мало чув-

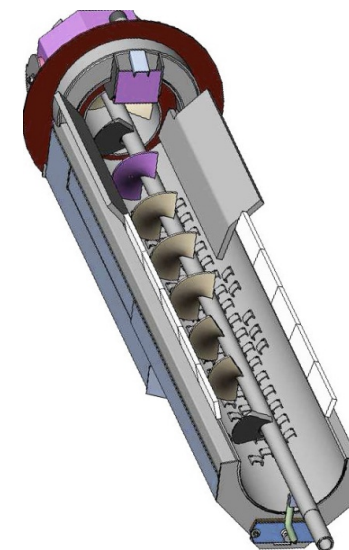
ствительна к качеству топлива (стабильно горит уголь даже с высокой зольностью).

Такой режим горения твердого топлива характерен для «кипящего слоя».

Горелка и шнек водоохлаждаемые, они включены в общую систему циркуляции теплоносителя; вода прокачивается сквозь осевую трубу и пустотелые стальные лопасти шнека. Проток теплоносителя выбран таким, чтобы в зоне горения установилась температура 850–1150°C. Непрерывное ворошение горящего угля исключает возникновение в нем локальных зон перегрева и остывания, в отличие от других видов топок, в которых отдельные прозоры колосника могут зашлаковаться, что приводит к неравномерной подаче первичного воздуха к угольному слою. *Такой тепловой режим также характерен для горения угля в низкотемпературном «кипящем слое».*

Указанная температура выбрана не случайно: она достаточна для сжигания углерода, но шлакования, спекания золы в конгломераты еще не происходит; зола получается мелкой, сыпучей, заполняющей без пустот весь объем зольника. Низкотемпературное сжигание угля улучшает и экологические показатели котла, так как при этой температуре еще почти не образуются окислы азота.

Водоохлаждаемые поверхности (тело горелки и шнек), находящиеся в массе горящего угля, выступают в качестве теплообменника. Такой способ отбора тепла из зоны горения чрезвычайно эффективен, так как тепло передается теплоносителю не за счет конвекционных потоков газа, а за счет теплопроводности, прямого контакта горящего топлива с металлом. *В топках с «кипящим слоем» применяют именно такой способ теплосъема.* Теплообменник, погруженный в «кипящий слой», отбирает 250 Вт / (м²×К). В *линейной горелке* этот показатель выше, так как насыпная плотность горящего угля больше, чем объемная плотность теплопереносящих частиц в классическом «кипящем слое».



В котлах ТР горелка и шнек передают теплоносителю значительную долю выработанного тепла.

Постоянное вращение шнека в раскаленном угле приводит к абразивному износу и коррозии металла, поэтому шнек (как и любая колосниковая система) является быстроизнашиваемым узлом и требует периодической замены (срок эксплуатации шнека — 2–3 года).

Угольная топка с высоким КПД (на примере котла ТР-600)

Для определения фактических показателей котлов ТР специалисты Сибирского теплотехнического НИИ («СибВТИ», г. Красноярск) провели независимое измерение КПД, основные результаты указаны ниже.

По уравнению обратного баланса **КПД-брутто котла (%) = 100 – (q₂+q₃+q₄+q₅+q₆)**, где q₂–q₆ — величина основных видов потерь тепла. Конструкция линейной горелки, примененной в автоматических котлах ТР, позволяет **минимизировать следующие потери тепла:**

– **q₂ (с уходящими газами)**. Количество тепла, уносимого дымовыми газами, зависит от их температуры и массы. Эффективный 5-ходовый теплообменник котлов ТР снижает температуру дымовых газов почти до минимально возможной (130°C при работе на 600 кВт), поэтому уменьшить потери тепла можно только снижая избыток воздуха во всех режимах работы котла.

Достигается это путем зонирования подачи первичного воздуха в топку. При работе на полной мощности горелка почти по всей площади заполнена горящим углем, но в ее начале (куда подается уголь) воздуха требуется больше, а в конце горелки (где горючие вещества угля уже почти выгорели) — меньше. Такое распределение воздуха достигается заслонкой, снижающей подачу воздуха во вторую половину горелки. На малой мощности, когда уголь горит только в первой половине горелки, часть форсунок можно отключить полностью, прекратив подачу воздуха мимо зоны горения. Такая схема даже на 15–20% мощности позволяет работать без подачи в топку избыточного воздуха.

Потери тепла с уходящими газами = 6,7%

– **q₃ (химический недожог горючих газов)**. Полное сгорание горючих газов в топке достигается так. Контроллер котла вычисляет количество воздуха, которое нужно подать в топку (оно пропорционально количеству подаваемого угля, то есть, текущей мощности котла) и с

помощью частотных регуляторов меняет производительность тягодутьевых машин, подача воздуха всегда оптимальна. Уголь в зону горения подается маленькими порциями (шнек вращается медленно), это позволяет равномерно и в нужном соотношении смешивать в топке пиролизные газы с воздухом. Оптимальное соотношение зависит от марки сжигаемого угля. Так, бурые угли содержат около 50% летучих веществ, а каменные угли СС, ТС — около 25%. Заслонка позволяет менять соотношение первичного и вторичного воздуха, настраивая топку на **полное сжигание различных углей**. Дожигание горючих газов происходит в футерованной топке котла, где поддерживается высокая температура, а большой объем топки обеспечивает достаточное время горения газов.



Потери тепла от химической неполноты сгорания = 0,1%

– **q₄ (механический недожог)**. Ложе горелки не имеет прозоров, а первичный воздух подается в топку через 50–80 форсунок. Это исключает просыпание угольной пыли, **штыв в топке выгорает полностью** (в отличие от топок других типов), можно применять фракцию 0–50 мм.

Потери от механического недожога (включая золу уноса) = 3,3%

– **q₄ (наружное охлаждение)**. Эффективное утепление, оптимальная форма и компактность котла минимизируют наружное охлаждение.

Потери тепла от наружного охлаждения = 0,5% (3 кВт)

– **q₆ (унос тепла со шлаками)**. В процессе работы шлак передвигается из зоны горения к концу горелки, где он ссыпается во внешний зольник. При этом водоохлаждаемый шнек и ложе горелки выступают как эффективный теплообменник, поэтому шлак ссыпается в зольник уже остывшим, то есть, тепло шлака полностью утилизируется.

Потери тепла от уноса со шлаками = 0,0% (менее 0,1%)

Таким способом в **линейной горелке Терморобот минимизированы все виды потерь тепла, КПД-брутто котлов ТР-600 = 89,4%**.