

# Отраслевой доклад

**LOOS**  
INTERNATIONAL  
КОТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

## Какой паровой котёл для какой потребности

Dipl.-Ing. Jochen Loos, LOOS INTERNATIONAL

### Прямоточный паровой котёл или паровой котёл с большим водяным объёмом

При приобретении паровых котлов встаёт вопрос, какому конструкционному принципу отдать предпочтение. В следующей статье мы

попытаемся установить какие преимущества и недостатки каждой из конструкций окажут влияние при последующей эксплуатации.

#### 1. Конструкционные особенности

##### Прямоточный паровой котёл

Работа прямоточного парового котла основана на водотрубном принципе: подаваемая питательная вода за один проход по трубам нагревается и превращается в пар. Благодаря водотрубному исполнению без выделенного парового пространства, требуется относительно небольшое количество воды. Вода быстро превращается в пар (Рис.1).

Котёл с большим водяным объёмом  
В котле с большим водяным

объёмом жаровые поверхности и поверхности нагрева топочными газами с наружной стороны омываются водой. Благодаря этой естественной внутренней циркуляции вода превращается в пар на поверхностях нагрева. Пузырьки пара поднимаются вверх и собираются в паровом объёме для отбора пара (Рис.2).

Конструкция таких котлов основывается на трёхходовом или двухходовом принципе и состоит из жаровой трубы и труб хода дымовых газов. Поэтому такой тип котла называется также жаротрубно-дымогарный котёл.

#### 2. Цены

Закупочные цены, в сравнении между прямоточным паровым и жаротрубно-дымогарным котлом, выгодно отличаются в пользу прямоточного парового котла. Так прямоточный паровой котёл, в зависимости от паропроизводительности и давления на 25-40% дешевле чем жаротрубно-дымогарный котёл сопоставимой мощности. При этом наибольшая разница проявляется при минимальной паропроизводительности с возрастанием параметра давления.

#### 3. Техническая оценка

Жаротрубно-дымогарный котёл предлагает на основе своего типа конструкции идеальные физические условия для процессов теплопередачи и аккумуляции пара. Благодаря этому достигается оптимальное качество и постоянство давления пара. Посредством чёткого разделения водяного и парового пространства производится насыщенный пар высокого качества, при этом основная часть воды, содержащейся в паре, остаётся в котле. Контроль недостаточного количества воды является простым и непосредственным с помощью высококачественных устройств регулирования и контроля уровня воды на основе измерительных

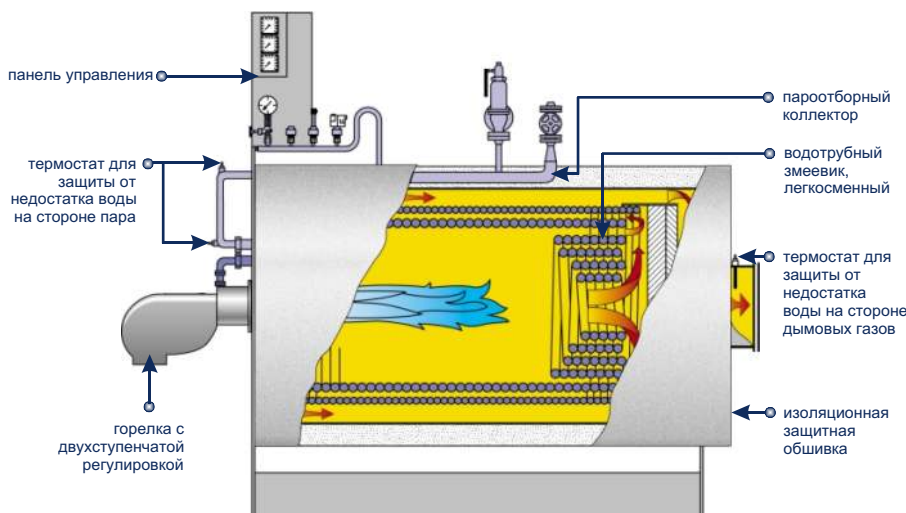


Рисунок 1: Разрез прямоточного водотрубного парового котла.

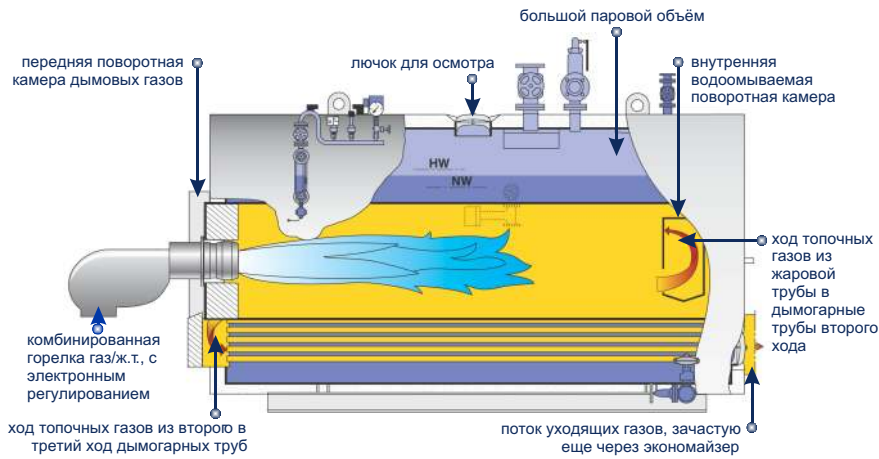


Рисунок 2: Разрез жаротрубно-дымогарного парового котла с большим водяным объемом

котёл пришлось бы поддерживать длительное время без необходимости в нагретом состоянии.

Котлы, которые не требуются для ежедневной эксплуатации, имеют тем выше потери при простое, чем больше их водяной объем. Основное правило: при регулярном простое более чем 36 часов преимуществом является использование прямоточного парового котла. Точное определение времени простоя зависит в каждом специальном случае от большого числа параметров.

Прямоточные паровые котлы требуют жесткого соответствия между выработкой пара и подачей топлива.

электродов. Таким образом повреждения котла, связанные с недостатком воды, практически исключены. Благодаря большому объёму воды по отношению к мощности, жаротрубно-дымогарный котёл является устойчивым против колебаний при отборе пара и поставляет из большого парового пространства также ещё относительно сухой пар, когда котёл кратковременно превышает свою паропроизводительность.

Большой водяной объём и смешивание подаваемой питательной воды с горячей котловой водой на обширном пространстве, значительная площадь омываемой поверхности нагрева- это всё делает жаротрубно-дымогарный котёл нечувствительным к вбросам жесткой воды, а также коррозионноустойчивым на водяной стороне. Конденсационная коррозия в пределах котла может быть исключена на жаротрубно-дымогарных котлах высокого давления.

Очистка на стороне хода дымовых газов проводится просто и эффективно. За счёт этого снижается расход топлива, также как и затраты на обслуживание.

Для жаротрубно-дымогарного котла принимается во внимание: стоимость приобретения, потребность в большом помещении и значительные установочные условия.

Прямоточный паровой котёл не требует особенной конструкции котельного помещения и зачастую снижены требования по эксплуатационному контролю и периодическому техническому надзору.

Преимуществом прямоточного парового котла является его быстрая готовность к работе с укороченным временем нагрева. Это особенно важно там где котёл используется как находящийся в резерве или как котёл для пиковых нагрузок. В таких целях жаротрубно-дымогарный

Поэтому следует использовать прямоточные паровые котлы, которые работают при малой мощности по 2-х ступенчатой схеме, так что подача топлива и воды регулируется автоматически по отбору пара.

Таким образом сокращается частота включений горелки при меняющихся нагрузках.

Высокая частота включений является недостатком прямоточных паровых котлов по сравнению с жаротрубно-дымогарными котлами.

Прямоточные паровые котлы не имеют аккумулирующих паровых и водяных объёмов и этот недостаток должен быть компенсирован за счёт регулирования подачи топлива. Это приводит к частому включению-выключению котла т.е. к работе в режиме полная-неполная нагрузка. Устройства управления и регулирования подвергаются в этом случае

- Кривая расхода пара (типичный процесс из практики)
- Регулирование горелки на жаротрубно-дымогарном котле
- Регулирование горелки на прямоточном паровом котле.

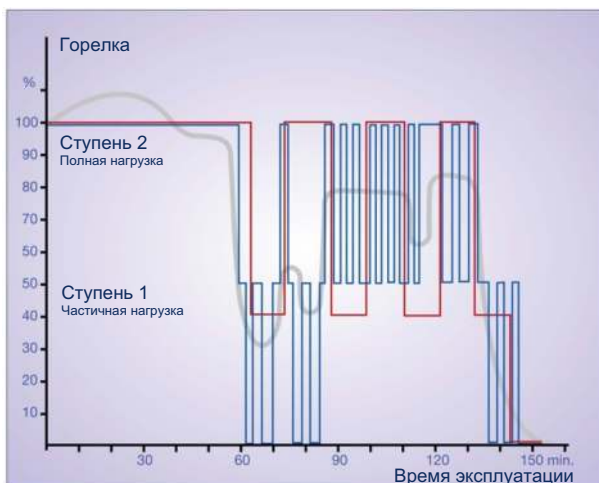


Рисунок 3: Кривая расхода пара(серая)показывает типичный процесс из практики.

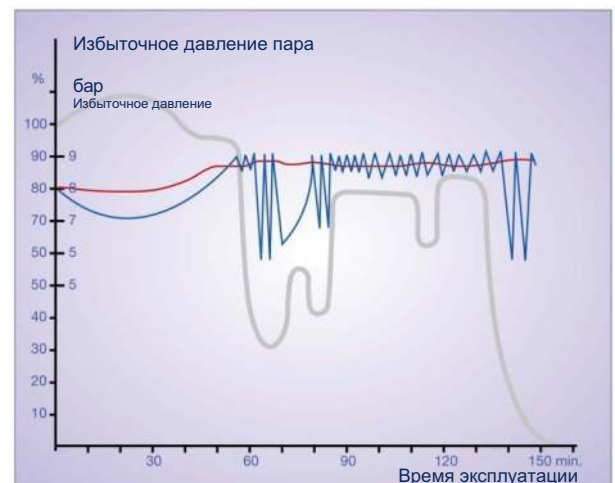


Рисунок 4: Кривая расхода пара (серая)показывает типичный процесс из практики.

существенно более высокому износу.

В дальнейшем каждый розжиг сопровождается небольшим отложением сажи, который приводит к сокращению временных периодов между очистками поверхностей нагрева по сравнению с жаротрубно-дымогарными котлами.

Частое включение-выключение горелки является причиной повышенного расхода топлива: при каждом новом розжиге горелки топочная камера должна быть проветрена свежим воздухом по причине опасности возникновения вспышки. Таким образом нагретый воздух теряется через дымовую трубу.

#### 4. Эксплуатационные особенности

Обе диаграммы на следующей странице демонстрируют существенную разницу между жаротрубно-дымогарным паровым котлом и прямоточным паровым котлом.

Кривая красного цвета показывает эксплуатационные свойства жаротрубно-дымогарного парового котла с двухступенчатым регулированием горелки. Мощность горелки колеблется между ступенью 1 и ступенью 2 и выключение горелки происходит только в случае ощутимого снижения расхода пара.

Кривая синего цвета демонстрирует эксплуатационные свойства прямо-

точного парового котла с двухступенчатым регулированием горелки. Чётко выражено большое число интервалов включения-выключения. При снижении расхода пара ниже 40%, происходит выключение горелки и затем последующее включение с повышенным расходом топлива. Как уже указывалось, при каждом новом розжиге горелки происходит вентилирование топочной камеры свежим воздухом, сопровождаемое охлаждением горячего нагревательного змеевика.

Красная кривая показывает очень незначительное колебание давления пара на жаротрубно-дымогарном паровом котле.

Синяя кривая показывает колеблющееся давление пара на прямоточном паровом котле между значениями 5,5...9 bar

Наряду с недостатком в области постоянства давления пара прямоточных паровых котлов по сравнению с котлами с большим водяным объёмом, необходимо назвать еще один дальнейший недостаток нагрева с принудительной циркуляцией, в ситуации когда два котла или более работают на одну выделенную паровую сеть.

При этом в определённой мере можно констатировать, что несколько котлов, в большинстве случаев, так управляются и регулируются на стороне пара, что свободная подача пара от котла в линию может происходить до тех пор, пока происходит горение. В случае, если

один котёл с более высоким давлением, становится ведущим, то другой котёл с более низким давлением, может только тогда производить полностью подачу пара в линию, когда уровень давления пара от котла превысит величину давления в общей паровой сети. До момента превышения давления, подаваемого от котла пара, над давлением в общей паровой сети может произойти перегрев прямоточного парового котла, что приводит к уменьшению срока его службы. Подобная ситуация не представляет никакой опасности для котлов с большим водяным объёмом.

#### 5. Заключительные выводы

Прямоточные паровые котлы должны использоваться в тех случаях, когда не требуется высокое качество пара (влажность), постоянство величины давления (температуры) и резервный запас пара. Для котлов мощностью более чем 2000 кг/ч или для постоянной длительной эксплуатации предпочтение должно отдаваться паровым котлам с большим водяным объёмом (жаротрубно-дымогарные котлы), на основании их экономичности в процессе эксплуатации и более длительного срока службы.

### Сравнительный обзор прямоточных паровых котлов и паровых котлов с большим водяным объёмом

#### Прямоточные паровые котлы

##### Преимущества:

- Стоимость
- Габаритные размеры
- Установка (необходимая площадь)
- Разрешение
- Надзор
- Простая и недорогая замена частей находящихся под давлением
- Короткое время разогрева
- Незначительные потери тепла при выводе из эксплуатации через несколько дней
- Полностью автоматизированный пуск и останов котла с системой АВА-DF

##### Недостатки:

- Влажность пара
- Колебания давления
- Поршневые питательные насосы (каждые 500 часов смена масла и прил. каждые 2500 часов необходима замена уплотнительных манжетов)
- Высокая частота включений; повышенный износ деталей горелки и устройств включения/выключения
- Большие потери при пуске по причине частого вентилирования в связи с использованием воспламенительного пламени
- Быстрое известкование при недостаточной водоподготовке
- Преждевременный коррозионный износ при недостаточной водоподготовке
- Необходима жёсткая взаимосвязь между расходом воды и топлива
- Защита от недостаточного количества воды отчасти только косвенно, через замер температуры возникающего перегрева, частично посредством контроля давления или потока
- Требуется хорошо обученный обслуживающий персонал
- Проблематичное подключение нескольких котельных установок в одну общую паровую сеть

#### Котёл с большим водяным объёмом в жаротрубно-дымогарном исполнении

##### Преимущества

- Сухой пар
- Постоянное давление
- Надёжные питательные насосы
- Аккумулирующая способность
- Свободная возможность регулировки как частичной мощности горелки так и общей мощности
- Надёжная защита от недостатка воды
- Незначительные отложения сажи благодаря небольшому количеству розжигов
- Нечувствителен к возможным ошибкам персонала при эксплуатации
- Возможность простого шламоудаления и обессоливания (также автоматизированное)
- Низкие эксплуатационные расходы и затраты на обслуживание
- Свободное подключение одного или нескольких котлов в собственную или общую паровую сеть с другими паровыми установками

##### Недостатки

- Стоимость
- Габаритные размеры
- Установочные требования
- Разрешение
- Надзор
- Повышенные затраты на ремонт при повреждениях на теле котла
- Длительное время нагрева
- Повышенные тепловые потери при выводе из эксплуатации более чем через 1 ½ дня
- Пуск котла только под наблюдением