

К. В. БРУЦКИЙ-СТЕМПКОВСКИЙ

Филиал «Могилевские тепловые сети» РУП «Могилевэнерго» (МТС)
(Могилев, Беларусь)

ОСОБЕННОСТИ КОНТРОЛЯ ВНУТРИ БАРАБАНЫХ УСТРОЙСТВ ПАРОВЫХ КОТЛОВ ТП-35

Аннотация. В статье кратко изложен процесс парообразования и пароотделения в барабанах паровых котлов ТП-35, выпускавшихся в 1950-1970 годах на котельных заводах СССР. Приведены их характеристики, компоновка, этапы хода воды через котел и преобразования её в перегретый пар. Основной целью статьи является ознакомить читателя с условиями эксплуатации оборудования, элементами внутри барабанных устройств наиболее подверженных коррозионному износу и требующих дополнительного внимания со стороны дефектоскопистов. На основании производственного опыта контроля данного оборудования предложен на рассмотрение период замены внутри барабанных питательных труб через 15 лет эксплуатации без вывода котла из работы для обследования их технического состояния.

Ключевые слова: дефект, паровой котел, коллектор, коррозия, насыщенный пар, пароотделение, парообразование, перегретый пар, сепарация, техническое диагностирование, эксплуатация.

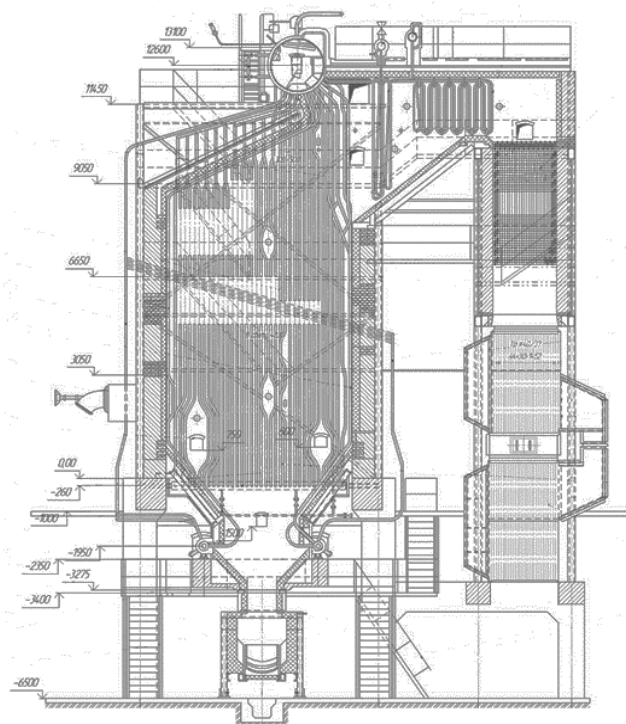
Паровые котлы типа ТП-35 (рис.1) выполненные по П-образной схеме для сжигания бурого угля и фрезерного торфа выпускались в 1950-1970-ых г. Таганрогским, Барнаульским, Подольским и Белгородским котельными заводами СССР. Котлы данного типа до сих пор применяются в энергетике на станциях среднего давления, которые после нескольких плановых этапов модернизации и реконструкции с начала были переведены на сжигание мазута (70-80х г.), а в дальнейшем природного газа (85-95х г.).

Паровой котел ТП-35 – однобарабанный, вертикально-водотрубный, с естественной циркуляцией, выполненный по П-образной схеме компоновки поверхностей нагрева, двухходовой по движению продуктов сгорания [3]. Оснащен 4-я горелками типа ГМ-10 по 2 на левый и правый боковые экраны. Каркас котла рассчитан на сейсмичность 6 баллов. При сейсмичности 7 баллов на каркасе ставятся дополнительные усилия. Обмуровка котла тяжелая [5].

Котлы снабжаются системой автоматического регулирования уровня воды в барабане котла, температуры перегретого пара, а также производительности котла в зависимости от потребляемой нагрузки [2].

Питательная вода котла температурой 145°C, отбираемая из питательных магистралей, проходит 2 ступени нагрева через водяной экономайзер Ø32x4 мм и собирается в верхнем коллекторе водяного экономайзера Ø273x24 мм. При этом температура питательной воды составляет уже 200-240°C, далее через питательный трубопровод Ø83x4 мм вода подводится на высоту барабана со стороны фронта котла. В обечайке барабана котла есть проходные штуцеры Ø70 мм, в которые вварены два ряда труб Ø60x4 мм по 4 штуки в каждом.

Через эти горизонтально расположенные трубы питательная вода и попадает в барабан котла (рис. 2) [6].



Параметры котла ТП-35:

Паропроизводительность – 35 т/ч, Расчетное рабочее давление – 3,9 МПа, Температура пара в барабане – 250°C, Температура пара на выходе – 435°C, Температура пит.воды – 145°C, Температура горячего воздуха – 380°C, Температура дымовых газов – 190°C, КПД котла – 91% (на газу), Способ сжигания топлива – камерный, Топливо – газ (мазут).

Рис. 1. Паровой котел ТП-35 общий вид



Рис. 2. Внутри барабанные питательные трубы Ø60x4 мм (сталь 20) котла ТП-35 (–А”) (после демонтажа сепарационных устройств)

Потом собираясь в сборном коллекторе (см. справа вверху на рис.2) вода через выходящий плавник распыляется в паровом объеме барабана котла. Барабан котла сделан из обечайки Ø1600x52 мм и двух днищ (сталь 22К). В барабане происходит две стадии: парообразование и пароотделение. Парообразование - свойство капельных жидкостей изменять своё агрегатное состояние и превращаться в пар. Пароотделение – отделение пузырьков пара от поверхности воды и его отвод из барабана в пароперепускные трубы Ø38x4 мм, при этом уровень воды в барабане должен оставаться неизменным. Проходя через пароперепускные трубы, насыщенный пар проходит 2 ступени пароперегревателя Ø38x4 и Ø42x3,5 мм, где его температура поднимается сначала до 350°C, а потом до 435°C (при давлении 3,9 МПа) [6]. Такой пар называется перегретым и по своим ключевым свойствам является абсолютно сухим. Именно такой пар подается на турбоагрегаты для последующей выработки электроэнергии. Перегретый пар не имеет мелких капель воды, присутствие которых могло бы повредить лопатки турбины на большой скорости [1].

Существенное влияние на надежность работы котла оказывает процесс кипения, под которым понимают процесс образования пара внутри объема жидкости. Условия кипения воды в котлах сложны и своеобразны [4].

Внутри барабанные питательные трубы котла ТП-35 конструктивно расположены ниже границы раздела сред вода/пар в водяном объеме, а гибы проходят через границу сред и выходят в паровой объем. На основании производственного опыта и практики контроля металла барабанов котлов типа ТП-35 можно сделать вывод, что данные трубы испытывают наибольшие коррозионно-эрозионные повреждения. Наиболее частыми видами повреждений таких труб являются утонение стенок труб и свищи на границе сварных соединений и основного металла в нижней половине трубы (рис.3).

Свищ – недопустимый дефект, выявляемый визуальным методом контроля, представляющий собой сквозное повреждение металла округлой формы. Данный дефект нарушает герметичность оборудования под давлением и требует незамедлительного ремонта. Технически правильным и надежным способом ремонта трубы с таким типом дефекта является вырезка поврежденного участка трубы с последующей вставкой и контролем стыковых сварных соединений неразрушающими методами контроля [7].

Несмотря на то, что дефекты типа свищей являются недопустимыми согласно «Правил по безопасной эксплуатации оборудования работающего под избыточным давлением», утв. Постановлением МЧС РФ от 27.12.2022, в данном случае они не оказывают какое-либо влияние на безопасную эксплуатацию котла, так как расположены уже в водяном объеме барабана котла. Через свищи питательная вода оказывается несколько раньше в барабане и как было сказано ранее минует процесс распыления на плавнике. Только при больших повреждениях питательных труб это может оказывать незначительное влияние на равномерность процесса парообразования. Также повреждения таких труб не

регистрируются приборами КИПиА и не вызывают значительные изменения параметров рабочих сред котла.



Рис. 3. Свищи, выявленные при контроле металла котла ТП-35 (–Б”) во время капитального ремонта (15 лет эксплуатации)

В результате проведения ультразвуковой толщинометрии в период технических диагностирований и капитальных ремонтов котлов ТП-35, наименьшая толщина внутри барабанных труб наблюдается в нижней половине трубы, расположенной в водяном объёме. Так за период эксплуатации котла 5 лет или $\approx 40\,000$ тыс. часов с учетом плановых остановов и текущих ремонтов, может наблюдаться уменьшение толщины стенки питательных внутри барабанных труб $\varnothing 60 \times 4$ мм на $\approx 15-25\%$. А за следующий пятилетний период эксплуатации на $\approx 35-45\%$, еще через 5 лет на $\approx 55-65\%$ и далее до сквозного повреждения (рис. 4).

Причинами образования таких дефектов являются: тяжелые условия эксплуатации труб при расположении через границу раздела сред вода/пар; разная температура сред – внутри вода температурой $200-240^\circ\text{C}$ (при $P \leq 5$ МПа), а снаружи пароводяная смесь температурой 250°C (при $P = 3,9$ МПа); высокий коррозионно-эрозионный износ за счет движения потоков среды.

Предложенные способы снижения износа внутри барабанных питательных труб: строгое соблюдение водно-химического режима котла, а лучше ужесточение требований по составу котловой воды (минералы и соли, растворенные в воде, могут действовать как абразив); увеличение номинальной толщины стенки внутри барабанных питательных труб до 5-6 мм (при оценке на перспективу позволяет отложить их замену, тем самым сэкономить материальные и человеческие ресурсы в следующие капитальные ремонты).



Рис. 4. Сквозное повреждение внутри барабанной трубы выявленное при контроле металла котла ТП-35 (–В”) во время кап. ремонта при наработке 25 лет

Таким образом, можно сделать вывод, что внутри барабанные питательные трубы $\text{Ø}60 \times 4$ мм (8 шт., сталь 20), отработав 15 лет, требуют замены, чтобы значительное утонение стенки и появляющиеся крупные дефекты (свищи) не нарушали процесс парообразования, заложенный проектировщиками. При этом в ходе каждого третьего капитального ремонта котла ТП-35 (~ одного раза в 15 лет) рекомендуется планировать замену данных труб без предварительного вывода котла из работы, демонтажа сепарационных устройств, перегородок соленых отсеков и обследования технического состояния данных труб.

Список литературы

1. Бойко Е.А. Котельные установки и парогенераторы, Красноярск, 2005. – 264 с.
2. Киселев Н.А. Котельные установки, Москва, 1979. – 192 с.
3. Мейкляр М.В. Паровые котлы с естественной циркуляцией, Москва, 1955. – 43 с.
4. Соколов Б.А. Котельные установки и их эксплуатация, Издательский центр «Академия», 2005. – 18 с.
5. Типовой паспорт котла ТП-35, 1953. – 12 с.
6. Типовое руководство по эксплуатации котла ТП-35, 1953. – 19 с.
7. Шастин В.Н. Справочник по ремонту котлов вспомогательного и котельного оборудования, Москва 1981. – 173 с.

Контакты:

kirillmrorangeonly@yadex.by (Бруцкий-Стемпковский Кирилл Владимирович)