

УДК 621.184.44

**НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ НАГРЕВА
LOW-TEMPERATURE HEATING SURFACES**

В.В. Бакалова, Н.Д. Самсонов

Научный руководитель – Н.В. Левшин, к.т.н., доцент
Белорусский национальный технический университет
г. Минск, Республика Беларусь
levshin@bntu.by

V. Bakalova, N. Samsonov

Supervisor – N. Levshin, Candidate of Technical Sciences, Docent
Belarusian national technical university, Minsk, Belarus

Аннотация: в данной статье подробно описаны низкотемпературные поверхности нагрева и их принцип работы. Отдельно рассмотрен принцип работы экономайзера и воздухоподогревателя. Особое же внимание уделяется методам предотвращения коррозии и абразивного износа поверхностей нагрева. В заключении делается вывод о значимости последних для эффективной работы электростанций.

Annotation: this article describes in detail the low-temperature heating surfaces and their principle of operation. The principle of operation of the economizer and the air heater is considered separately. Special attention is paid to methods of preventing corrosion and abrasive wear of heating surfaces. In conclusion, it is concluded that the latter are important for the efficient operation of power plants.

Ключевые слова: экономайзер, воздухоподогреватель, перетоки, уплотнения, экраны, коррозия, абразивный износ.

Key words: economizer, air heater, overflows, seals, screens, corrosion, abrasive wear.

Введение

Низкопотенциальные поверхности нагрева, основной задачей которых является повышение эффективности топливоиспользования, такие как экономайзер и воздухоподогреватель, играют ключевую роль при эксплуатации паровых и водогрейных котлов. Эти поверхности находятся в нижней части котла и являются последними рабочими поверхностями в тепловом процессе. Они работают при температурах от 400 до 120 °С, что делает их важными звеньями в обеспечении оптимальной работы котлоагрегата.

Основная часть

Экономайзеры. Экономайзеры с змеевиковой конструкцией, выполненные аналогично пароперегревателям, имеют широкий диапазон рабочих давлений и конструктивно определяют основной тип экономайзеров, который наиболее часто используется в конструкции котлов. Основные конструктивные параметры экономайзеров при проектировании и изготовлении в основном предопределяется видом используемого топлива. Наиболее сильным загрязнением поверхности нагрева подвергаются при использовании твердых видов топлива. Поэтому, с целью предотвращения загрязнения поверхности

нагрева, змеевики экономайзеров изготавливают со следующими параметрами: стальные трубы наружным 28 до 35 мм и толщиной стенки от 2,5 до 3,5 мм. Геометрия трубного пучка, как правило, имеет компоновку шахматного порядка поперечного омывания продуктами сгорания. С целью интенсификации процесса теплообмена змеевики труб располагаются как горизонтально, так и вертикально относительно котла. Входные и выходные коллектора, соединяющие концы змеевиков имеет как правило неразъемное соединение с помощью сварки. С целью исключения присосов воздуха коллекторы размещаются в теплоизолирующих камерах. Пакетирования стандартной высотой до 1 метра является типовым решением при проведении ремонтных работ и обслуживании экономайзеров.

В паровых котлах экраны экономайзеров размещаются с двух сторон, создавая симметричную форму. Их укладываются вдоль боковых стенок, что обеспечивает оптимальный теплообмен. В случае, когда температура выходящей воды не достигает необходимой температуры для обеспечения процесса испарения, экраны называют «некипящими». Если же на выходе образуется пар, экраны называют «кипящими». Уникальная конструкция экономайзеров позволяет им эффективно функционировать в обоих режимах, обеспечивая оптимальные условия для теплообмена.

Недостатки низкотемпературных поверхностей нагрева – высокая степень коррозии со стороны газового потока, загрязнение золой и износ металла. Для борьбы с этими проблемами разрабатываются компактные элементы. Особую сложность представляет кислородная коррозия и расслоение паровой смеси, вызванные пузырьками, образующимися из-за недостаточной скорости воды при нагреве. Для предотвращения этих проблем необходимо правильно подбирать скорость движения воды. Для некипящих экранов требуется скорость не менее $500 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$, а для кипящих – не менее $1000 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$. Увеличение скорости движения воды повышает надежность работы металла, однако параллельно увеличивает энергозатраты.

Следующий вид экономайзеров – мембранный. Эти устройства представляют собой змеевики, где гладкие трубы соединены с листами стали. Основным преимуществом данного типа экономайзеров по сравнению с традиционным гладкотрубным решением является более высокая надежность при эксплуатации и лучшие весогабаритные характеристики при их изготовлении.

Воздухоподогреватели. Различают следующие виды воздухоподогревателей:

1) *Рекуперативные воздухоподогреватели.* Уникальным аспектом здесь является использование неподвижной поверхности нагрева, обеспечивающей непрерывный теплообмен между продуктами сгорания и воздухом. Наибольшее распространение получили трубчатые воздухоподогреватели. Наиболее широкое применение получили трубчатые воздухоподогреватели, в которых стальные трубы расположены вертикально в шахматном порядке. В воздухоподогревателях данного типа продукты сгорания движутся по трубам, а в межтрубном пространстве нагреваемый воздух. Надежность и простота

компоновочных решений являются их основными преимуществами. Основным же недостатком применения данного типа воздухоподогревателей является их сравнительно слабая способность противостоять сквозной коррозии, что приводит к росту присосов, повышению объема продуктов сгорания и, как следствие, снижению экономичности работы котла за счет увеличения потери теплоты с уходящими газами q_2 .

2) *Регенеративные воздухоподогреватели.* Уникальность данного типа воздухоподогревателей состоит в возможности их размещения за пределами котла, а также конструктивном исполнении, которое основано на принципе аккумуляции теплоты гофрированными стальными пластинами при их поочередном перемещении в продукты сгорания и нагреваемый воздух. Вращающиеся регенеративные воздухоподогреватели получили наиболее широкое применение. Основным рабочим элементом РВП являются специальные стальные листовые гофрированные секции-набивки, образующие каналы диаметром от 8 до 9 мм для передачи тепла между продуктами сгорания и воздухом. Основным недостатком РВП является высокие присосы воздуха, что создает дополнительную нагрузку на тягодутьевые механизмы котла и снижает эффективность его работы за счет роста объемов продуктов сгорания. Для их исключения используют уплотнения следующих типов, в зависимости от места их размещения:

- 1) периферическое кольцевое (внешняя поверхность ротора);
- 2) внутреннее кольцевое (вокруг вала РВП);
- 3) радиальные (разделяют воздушные и газовые потоки).

Кроме того, для уменьшения присосов воздуха в качестве конструктивного решения на крупных РВП используются отсосы воздуха.

Условия работы низкотемпературных поверхностей нагрева

Способность противостоять разрушению металла поверхности воздухоподогревателя в следствии коррозии в области низких температур является основным определяющим фактором надежности его работы. Данный тип коррозии вызван взаимодействием металла и серной кислоты, если металлическая поверхность покрыта пленкой влаги. При сжигании топлив с содержанием серы образуется оксид SO_2 , который в последующем в зоне высоких температур доокисляется до SO_3 . Далее по мере снижения температуры происходит образование паров серной кислоты при взаимодействии SO_3 с водяными парами. Процесс завершается при достижении температуры равной $260\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Методы повышения коррозионной стойкости воздухоподогревателей:

- 1) обработка металла специальными материалами, замедляющими процесс коррозии;
- 2) использование специальных материалов при изготовлении;
- 3) снижение концентрации коррозионно активных веществ в продуктах сгорания;
- 4) предварительный подогрев воздуха.

Загрязнение и абразивный износ поверхностей. В зоне низких температур газового потока для поверхностей труб наиболее частой проблемой являются

сыпучие отложения. Они образуются преимущественно по направлению движения потока на тыльной стороне трубы и параллельно ухудшают процессы теплообмена.

Факторы, влияющие на загрязнение поверхностей нагрева:

1) вид топлива. Так, например, при сжигании антрацитов поверхности нагрева загрязняются быстрее, нежели при сжигании другого вида топлива. Это обусловлено тем, что антрациты размалывают до более тонкого помола в отличие от других видов топлива;

2) тип пучка труб. При равных условиях коридорный пучок загрязняется в 2-3 раза сильнее, нежели шахматный;

3) скорость газов. При низкой скорости (3-4 м/с и меньше) степень загрязнения увеличивается.

Суть абразивного износа в том, что крупные твердые и/или острые частицы золы, ударяясь о стенки труб, постоянно стесывают с их поверхности слои металла. В силу чего в этом месте наблюдается уменьшение толщины стенки трубы.

Заключение

Хотя процессы, протекающие в экономайзере и воздухоподогревателе, отличны друг от друга, имеет место быть взаимосвязь тепловой работы вышеуказанных поверхностей нагрева. В заключении можно отметить, что низкопотенциальные поверхности нагрева существенно повышают экономичность топливоиспользования, интенсифицируют процесс воспламенения и горения топлива, имеют умеренные весогабаритные и стоимостные характеристики.

Литература

1. Котельные установки электростанций [Электронный ресурс] / Котельные установки электростанций. – Режим доступа: <https://teplota.org.ua/2013-08-30-reznikov-lipov-parovye-kotly-teplovux-elektrostancii.html> /. – Дата доступа: 20.03.2024.

2. Комплексное исследование труб змеевика экономайзера котла [Электронный ресурс] / Комплексное исследование труб змеевика экономайзера котла. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/kompleksnoe-issledovanie-trub-zmeevika-ekonomayzera-kotla-de-25-24-250gm-0/viewer> /. – Дата доступа: 25.03.2024.