

## ***Анализ результатов технического диагностирования трубчатых печей***

*Сафиуллин И.Ф. - заместитель директора филиала;  
Фарукишин Р.М. - заместитель директора филиала - главный инженер;  
Сираев Р.Ф. - руководитель лаборатории неразрушающего контроля;  
Самигуллин А. Ф. - ведущий специалист;  
Тухватуллин Р.Ф. - ведущий специалист  
Казанский филиал ФГУП ВО «Безопасность»  
420073, РТ, г. Казань, ул. Гвардейская, 15*

*В статье рассмотрены результаты технического диагностирования и экспертизы промышленной безопасности трубчатых печей, методы оценки и определения скорости коррозии в зависимости от условий эксплуатации (температура, давление, среда) и материального исполнения в процессе проведения технического диагностирования оборудования для обеспечения промышленной безопасности. Рассмотрены некоторые особенности видов коррозионного разрушения основного металла и сварных соединений.*

***Ключевые слова:*** *техническое диагностирование, трубчатые печи, промышленная безопасность, нефтехимия, нефтепереработка, скорость коррозии, методика оценки, эксплуатация.*

Различие в характере разнообразных процессов переработки сырья позволяет рассматривать лишь общие вопросы пуска, эксплуатации и остановки трубчатых печей.

Продолжительность межремонтного пробега всех печей зависит от следующих условий:

- производительность;
- качества и постоянства состава сырья;
- строгого соблюдения рабочих параметров процесса (давления, температуры) в каждой зоне печи.

Кроме того, важную роль играет также состояние материальной части печи степень износа змеевиков, сырьевых и топливных насосов, горелок, обмуровки (футеровки), приборов контроля и регулирования режима эксплуатации и др.

Наиболее ответственной частью печи является змеевик. Он собирается из бесшовных печных труб, калачей и ретурбендов, изготовленных из сталей 15Х5М и 15Х9М, обладающих необходимой теплоустойчивостью и мало подверженных коррозии.

Также часто встречаются печи импортного производства (Германия, Япония), змеевики труб которых изготовлены из импортной стали, например STB 42. В справочниках по материаловедению аналогом японской стали STB 42 указана российская сталь 20. Однако, при рассмотрении рабочих характеристик видно, что сталь 20 сохраняет свои физико-химические и механические свойства в температурный пределе от – 50 градусов Цельсия до +420 градусов Цельсия. Практически температура горения газа в отопительных каналах печей достигает 800 градусов Цельсия. Представленные данные говорят о том что, не целесообразно применять змеевики труб для печи из материала Сталь 20.

Практический опыт показывает что, после полной замены изношенных змеевиков Печи типа ВС (узкокамерные секционные с верхним отводом дымовых газов и вертикальными трубами змеевика), с применением змеевиков и калачей из материала сталь 20, утонение стенок змеевиков составила 2-2,5 мм/год. В итоге с учетом прибавки на коррозию 3 мм в течении года толщина змеевиков превысила отбраковочный уровень.

Продолжительность межремонтного пробега нагревательной печи, являющаяся наряду с КПД основным показателем эффективности, определяется главным образом надежностью трубчатого змеевика. Выход из строя змеевика ("отказ") возможен в

результате образования отложений, прогара и предельного износа труб. Наибольшее число отказов трубчатого змеевика связано с появлением отдулин и сетки трещин в результате коксования и пережогов.

Характер и динамика износа печных труб и двойников, т. е. наиболее ответственных элементов трубчатых печей, зависят прежде всего от свойств проходящего по змеевику продукта и его температуры.

Эрозионный износ усиливается при увеличении плотности вещества движущегося потока, скорости движения ударяющихся о стенку частиц, шероховатости поверхности стенки и т. п. Особенно интенсивно эрозия протекает при наличии в движущемся потоке жидкости или газа взвешенных твердых частиц. В связи с этим эрозионному износу больше подвержены стенки аппаратов и трубопроводов в местах изменения направления движения потока (места ввода начальной смеси и шлемовые трубы ректификационных колонн, калачи и ретурбенды змеевиков трубчатых печей, повороты трубопроводов).

Характерной особенностью теплового режима работы трубчатых печей гидроочистки и риформинга являются высокие начальные температуры газосырьевых потоков, поступающих на нагрев. В зависимости от степени использования тепла катализата в сырьевых теплообменниках температуры продуктов на входе колеблются в пределах от 350 до 450° С для змеевиков сырьевых печей и повышаются до 470—515° С — для змеевиков промежуточных печей процессов риформинга. Высокие температуры на входе в печи обуславливают в свою очередь повышение температуры уходящих газов, повышение потерь тепла и соответственно снижение коэффициента полезного действия трубчатых печей. Помимо перерасхода топлива, высокие температуры уходящих газов способствуют также износу дымовых труб.

Одной из важных особенностей трубчатых печей является то, что их тепловая нагрузка не имеет точных ограничений, как у другого оборудования, например, насосов, компрессоров, колонн и т. п. При увеличенном подводе топлива и интенсификации процесса горения тепловая нагрузка может значительно возрасти и превысить допустимую величину, что приводит не только к снижению к. п. д. печи, но и к существенному износу основных узлов печи (трубчатого змеевика, подвесок, обмуровки и др.) и сокращению межремонтного периода работы.

Ремонт змеевиков трубчатых печей заключается в чистке их внутренних поверхностей от отложившегося кокса, наружных поверхностей труб от налета золы, а также в смене износившихся элементов (труб и ретурбендов). Все операции, связанные с ремонтом змеевиков, довольно трудоемки.

В практике эксплуатации печей нефтеперерабатывающих заводов встречаются следующие дефекты трубчатых змеевиков:

- износ труб (особенно в концах) по внутренней поверхности;
- хрупкое разрушение труб.

В трубчатых печах наибольшему износу подвержены трубные змеевики, трубные опоры, обмуровка печи и горелки.

Износ печных труб по концам — часто встречающийся дефект на нефтеперерабатывающих заводах. Так, по данным заводов из-за износа за год заменяется около 25—40% от общего числа замененных труб. Наибольший износ наблюдается в печах термического крекинга.

Качество сырья (большое содержание сероводорода и других производных серы), большие скорости потоков в трубчатых змеевиках и изменение направления их движения в двойниках, высокое тепловое напряжение и отсутствие в первоначальный период защитной пленки кокса — все это приводит к большому износу печных труб в двойниках и в непосредственной близости от них.

Особенно велик износ в нагревательной секции (первая сторона) печи глубокого крекинга (легкое сырье), где почти отсутствует пленка кокса и выделяется большое количество сероводорода. В среднем за год износ стенки трубы по толщине в подовом экране нагревательной секции этой печи составляет 2—2,5 мм. Несколько меньше износ печных труб по концам в печи легкого крекинга (тяжелое сырье), однако и он весьма значителен (1,5—2 мм в год). Скорость износа стенки по длине труб, по мере удаления от двойников, в радиантной секции уменьшается. Почти вдвое меньше она в средней части труб.

Большие значения скоростей (2—2,5 м/сек) приводят к увеличению гидравлических сопротивлений, к перерасходу энергии на прокачку, сырье начинает испаряться в трубчатом змеевике печи лишь при значительном перегреве, т. е. тогда, когда температура сырья в определенных секциях печи оказывается значительно выше, чем на выходе из печи. Этот перегрев приводит к усиленному износу труб.

**Выводы:** От состояния и долговечности трубчатых змеевиков зависит продолжительность непрерывной работы печи, а в большинстве случаев и технологической установки в целом. Поэтому выявлению причин износа трубчатых змеевиков следует уделять особенно большое внимание.

На многих нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятиях для проведения различных процессов в течение многих лет сооружались в основном типовые одно- и двухскатные печи радиантно-конвективного типа. Получившие широкое распространение, эти печи за длительный период эксплуатации неоднократно модернизировались: улучшена конструкция для сжигания топлива, повышена надежность работы трубчатых змеевиков (применением новых материалов, уменьшением износа стенок, снижением образования отложений, уменьшены потери тепла в окружающую среду благодаря лучшей герметизации печей, улучшено использование тепла уходящих топочных газов в воздухоподогревателях и котлах-утилизаторах, снижена трудоемкость отдельных ремонтных работ.

Большой экономический эффект дает модернизация, направленная на повышение теплопроизводительности печей и их мощности по сырью, а также на выравнивание степени облученности радиантных экранов и, как следствие, на увеличение теплонапряженности печных труб и повышение КПД печей.

### **Литература:**

1. Ибрагимов И.Г., Хабиев Р.Х., Затолокин С.В. Исследование влияния нестационарности температурного поля в трубчатой печи на износ трубчатого змеевика// Роль технической диагностики в обеспечении промышленной и экологической безопасности на объектах нефтегазохимического комплекса. -Уфа, 1995. -С.30;
2. Гуляев А.П. Металловедение. Учебник для вузов. 6-е изд., переработка. и доп. М.: Металлургия, 1986. 544 с;
3. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов Издание 2 (1980) [ с.182 ].