

**Резюме проекта, выполняемого в рамках ФЦП
«Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития
научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»
по этапу №1**

Номер Соглашения о предоставлении субсидии: №14.576.21.0085

Тема: «Разработка методов оценки технического состояния и повышения эксплуатационной надежности котлов ТЭС на основе исследования влияния режимов их эксплуатации на эволюцию структурных превращений в металле пароперегревателей из аустенитных сталей»

Приоритетное направление: Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

Критическая технология: Технологии энергоэффективного производства и преобразования энергии на органическом топливе

Период выполнения: 28.11.2014 г. – 30.06.2014 г.

Плановое финансирование проекта: 8,78 млн. руб.

Бюджетные средства 7 млн. руб.,

Внебюджетные средства 1,78 млн. руб.

Получатель/Исполнитель: Открытое акционерное общество «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»)

Индустриальный партнер: Общество с ограниченной ответственностью «Безопасность в промышленности»

Ключевые слова: Котел, пароперегреватель, аустенитная хромомарганцевая сталь, относительная деформация ползучести, время до разрушения, предел длительной прочности

1. Цель проекта

Пароперегреватели – самые теплонапряженные поверхности нагрева котлов ТЭС. На пароперегревательный тракт приходится 58,6% повреждений. Один пароперегреватель повреждается в среднем 2 – 3 раза в год. Надежность пароперегревателей снижается по мере увеличения температуры и времени эксплуатации. Основная причина повреждений – превышение расчетной или допустимой температуры эксплуатации, обусловленное конструктивной нетождественностью змеевиков, неравномерным распределением расхода теплоносителя, неоднородным полем скорости и температуры дымовых газов. Эти факторы вызывают перегрев и неравномерное разупрочнение металла. Практика показала, что применяемые методы контроля металла поверхностей нагрева необъективны и имеют существенные недостатки. В этой связи возникает необходимость в создании новых методов оценки технического состояния металла пароперегревателей для повышения эксплуатационной надёжности котлов ТЭС.

Целью реализуемого проекта является повышение эксплуатационной надёжности пароперегревателей из аустенитных сталей котлов ТЭС путем разработки новых методов оценки состояния металла. Разрабатываемые методы позволят ре-

шать принципиально новую задачу оценки технического состояния пароперегревателей и будут применяться при диагностике котлов ТЭС.

2. Основные результаты проекта

При выполнении этапа № 1 ПНИ получены следующие результаты:

а) выполнен аналитический обзор современной научно-технической, нормативной, методической литературы по 36 источникам затрагивающих методы оценки технического состояния и структурные превращения в металле пароперегревателей из аустенитных сталей котлов ТЭС при эксплуатации. Аналитический обзор информационных источников позволяет заключить следующее:

1) существующие методы контроля металла пароперегревателей имеют существенные недостатки, такие как значительные погрешности в измерениях, недостаточной чувствительности метода и ограниченное применение; 2) вклад условий эксплуатации в структурные превращения в аустенитных сталях однозначно характеризует концентрация выделившихся вторичных фаз;

3) наиболее перспективным является метод определения тепловой неравномерности и развернутых труб из аустенитных сталей по толщине изменённого слоя (содержанию ферритной фазы) в трубах с помощью магнитного ферритометра типа МФ-51НЦ АКASKAN;

4) закономерности развития изменённого слоя в сталях марок 12X18H12T, ДИ59 и ЭП184 во времени не изучались.

б) выбраны направления исследований о связи режимов эксплуатации со структурными превращениями в поверхностных слоях металла змеевиков пароперегревателей из аустенитных сталей котлов ТЭС:

1) для изучения связи режимов эксплуатации со структурными превращениями в поверхностных слоях металла змеевиков пароперегревателей из аустенитных сталей выбрано теоретическое и экспериментальное исследование;

2) выбор теоретического направления исследования обоснован установлением порядка связи толщины изменённого слоя со временем окисления, коэффициентами диффузии окислителя и окисленного металла, начальными концентрациями диффундирующих окислителя и металла, молекулярными массами оксида, окислителя и металла в оксиде, плотностями оксида и окисленного металла;

3) выбор экспериментального направления исследования обоснован измерением толщины изменённого слоя (содержания ферритной фазы) и определением значений предэкспоненциального множителя и энергии активации диффузии в уравнении Аррениуса;

4) эксперименты должны быть проведены со сталями марок 12X18H12T, 10X13Г12БС2Н2Д2 и 10X16H16B2МБР при окислении воздухом и синтетической золой из Na₂SO₄ и V₂O₅ в диапазоне температур от 600 до 700°С в течение приблизительно 8000 ч.

в) выполнены патентные исследования в соответствии с ГОСТ 15.011-96 по России, ведущим зарубежным странам и заявкам Международного и Европейского патентных ведомств;

г) анализ статистических данных по повреждаемости змеевиков конвективных пароперегревателей высокого и низкого давления современных котлов сверхкритического давления показал, что повреждения труб инициированы преимущественно тепловой неравномерностью пароперегревателей и, как следствие, перегревами выше расчётной или даже предельной температуры эксплуатации.

Основные характеристики созданной научной научно-технической продукции удовлетворяют требованиям технического задания и позволяют конкретизировать направление и объем дальнейших исследований, проводимых в соответствии с Техническим заданием и календарным планом, с целью решения основных задач по работе в целом.

Из анализа литературных источников, а также проведенных патентных исследований следует, что аналогов, разрабатываемой методики оценки технического состояния пароперегревателей из аустенитных сталей котлов ТЭС с помощью магнитного ферритометра, не существует.

3. Охраноспособные результаты интеллектуальной деятельности (РИД), полученные в рамках прикладного научного исследования и экспериментальной разработки

При выполнении этапа №1 ПНИ созданные охраняемые результаты интеллектуальной деятельности отсутствуют.

4. Назначение и область применения результатов проекта

Аналитический обзор научно-технической литературы, анализ патентных исследований позволил осуществить обоснование выбора направлений исследований.

Разработанные методы оценки технического состояния пароперегревателей котлов будут использоваться специалистами специализированных организаций и лабораториями металла и сварки ТЭС для отбраковки перегретых змеевиков, оценки остаточного ресурса пароперегревателей и снижения числа остановов энергоблоков по причине повреждения поверхностей нагрева. Методика не будет требовать специальной подготовки поверхностей нагрева (очистки от отложений и окалин) для измерения содержания ферритной фазы, будет ориентирован на специалистов по традиционному магнитному (магнитопорошковому) контролю.

5. Эффекты от внедрения результатов проекта

Реализация разрабатываемой методики оценки технического состояния должна привести к снижению повреждаемости пароперегревателей из аустенитных сталей котлов ТЭС а, следовательно, сокращению количества аварийных остановов энергооборудования и снижению экономических потерь.

6. Формы и объемы коммерциализации результатов проекта

Коммерциализация результатов ПНИ предусмотрена Индустриальным партнером в виде обучения и аттестации специалистов по методике оценки технического состояния пароперегревателей из аустенитных сталей котлов ТЭС.

7. Наличие соисполнителей

При выполнении этапа №1 ПНИ соисполнители не привлекались.

Открытое акционерное общество «Всероссийский дважды ордена Трудового Красного Знамени Теплотехнический научно-исследовательский институт» (ОАО «ВТИ»)



Генеральный директор ОАО «ВТИ»

Б.Ф. Реутов

Заместитель генерального директора по научной работе, руководитель работ по проекту

Е.А. Гринь