

УСТРАНЕНИЕ ДЕФЕКТОВ В ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОМ ОБОРУДОВАНИИ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДА РАДИОТРЕЙСИНГ

Р.В. Дадашов, Н.В. Стецов

Томский политехнический университет,
ИШЭ, НОЦ И.Н. Бутакова, гр. 5091

Научный руководитель: к.т.н. Д.В. Гвоздяков, доцент НОЦ И.Н. Бутакова ИШЭ ТПУ

Актуальность проблемы

На сегодняшний день одной из многих проблем в эксплуатации тепломеханического оборудования является трата времени на остановы, что влечёт за собой дорогостоящий ремонт, потери в отпуске электроэнергии и провалах в энергосистеме. Многие энергетические компании РФ ставят задачу перед научным блоком страны в поиске и разработке системы предиктирования и обнаружения дефектов в работающем оборудовании. Генерирующие энергоблоки, которые часто цикличны от пуска до останова, подвергаются высокому риску утечек в трубах котлов, парогенераторах, вызванных термическим и химическим воздействием.

В настоящее время выделяют несколько видов дефектов и их причин возникновения, табл. 1.

Таблица 1. Причины появления дефектов

Виды дефектов	Причины возникновения
Коррозия	Окисление металла растворённым кислородом в воде
Эрозия	Удары капель с примесями и «утонение» слоёв металла со временем
Отсутствие предиктивной аналитики	Невозможность предсказать аварию
Качество сварки/сборки	Человеческий фактор при сборке, отсутствие контроля качества сборки
Заводские дефекты	Брак при изготовлении
Тяжёлые условия работы	Высокие параметры работы оборудования
Большие габариты оборудования	Сложность эксплуатации и большие временные затраты

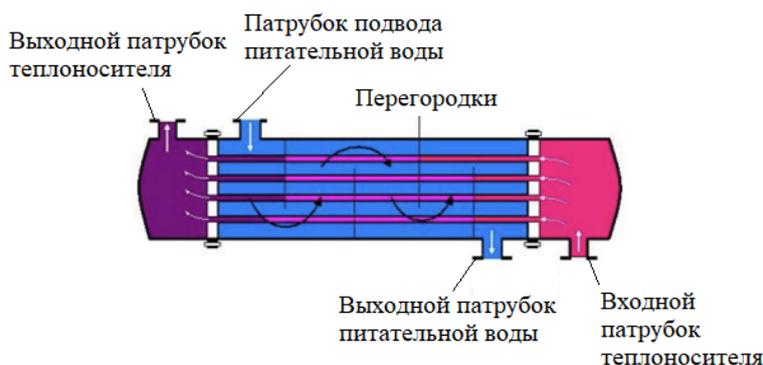


Рис. 1. Схема теплообменного агрегата

Радиотрейсинг

Исходя из анализа табл. 2 только радиотрейсинг имеет возможность измерений, предоставляя информацию в кратчайшие сроки и с максимальной точностью. Излучение является специфическим свойством радиоизотопа, на которое не влияют помехи от других материалов в системе. Гамма-излучение, испускаемое радиометчиками, проникает сквозь стенки теплообменников и предоставляет информацию об очень небольших утечках даже в тех случаях, когда прямой доступ к теплообменным трубам невозможен из-за ограждающих конструкций или других барьеров.

Таблица 2. Анализ методов поиска дефектов

Методы/ требования	Работа в экстре- мальных условиях	Чувстви- тельность	Компакт- ность	Безот- казность	Отсутствие зависимости от внешних условий
Тепловидение	1	2	2	2	1
<i>Пояснение:</i> Тепловизоры не приспособлены к работе при высоких температурах >200 °С, и в большинстве случаев имеют большие габариты, что является невозможным размещение их в корпусах теплообменных устройств.					
Акустический контроль	3	2	3	1	1
<i>Пояснение:</i> акустические приборы способны работать в экстремальных условиях, но акустические контроллеры имеют большую погрешность на посторонние шумы.					
Radiotracing	3	3	3	3	3
<i>Пояснение:</i> датчики могут работать в экстремальных условиях, сверхчувствительный метод, практически не зависит от внешних условий. Суперкомпактное оборудование.					
Вибро-диагностика	1	2	3	1	1
<i>Пояснение:</i> особые требования к способу крепления, зависимость параметров вибрации от большого количества факторов и сложность выделения вибросигнала.					
Магнитная память металла	1	3	1	1	1
<i>Пояснение:</i> не подходит из условий параметров среды и габаритов установки					
Масс-спек-р	3	2	2	1	1
<i>Пояснение:</i> недостаточная точность метода, зависимость от условий внешней среды, высокая частота отказов					

Стоит отметить, что радиотрейсеры обладают высокой устойчивостью к суровым технологическим условиям теплообменников. Поскольку характеристики излучений отличаются от одного радиоизотопа к другому, при необходимости для обнаружения утечек можно использовать несколько радиотрейсеров и измерять их одновременно.

Принцип работы

При появлении дефекта (разрыве, трещине) датчик улавливает утечки изотопов из пространства, сведения о которых цифровизируются и отправляются диспетчеру на монитор с указанием места и скорости распространения.

Энергия гамма-излучения является достаточно высокой, для проникновения через стенки труб или сосудов. Кроме того, при выборе радиотрейсера следует учитывать следующие параметры:

- физико-химическое поведение индикатора должно быть таким же, как у отслеживаемой жидкости;
- период полураспада радиоизотопа должен быть сопоставим с продолжительностью эксперимента.

Требования к датчику

Высокотемпературные детекторы ядерного излучения на основе 4H-SiC ионно-легированных p+n-переходов (микророскопические детекторы излучения из карбида кремния) могут быть установлены в межтрубном пространстве или на стенке оборудования. Также может потребоваться дополнительное оборудование, включающее в себя обвязку, цифровые устройства.

Возможность работы датчиков в тяжелых условиях запылённости, высоких температур позволяет обслуживать его всего 1 раз в квартал [2].

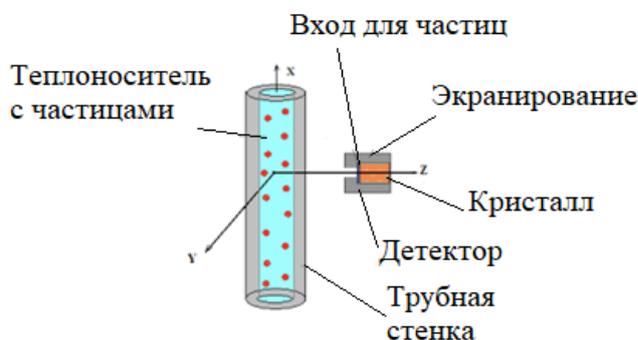


Рис. 2. Принцип работы детектора

Впрыск изотопов в среду происходит с помощью инъекционных устройств, которые контролируют время и объём подачи изотопов.

Стоит отметить экологичность метода. Малый период полураспада изотопа брома и малое значение выбросов в атмосферу, которые не превышают гостированные значения абсолютно не загрязняют окружающую среду.

Пример расчёта

Необходимая активность препарата для обнаружения утечки в кожух трубном теплообменнике, который имеет следующие параметры:

Объём корпуса теплообменника $V = 10 \text{ м}^3$, бьёмный расход теплоносителя $Q = 0,1 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$, пусть величина утечки составляет 1 % от основного расхода.

Минимальная активность, необходимая для обнаружения утечки в кожухотрубном теплообменнике, составляет:

$$A_m = 18 \cdot \frac{(N \cdot V \cdot Q)^{1/2}}{k \cdot L_m}, \text{ Бк}$$

Объём (V) и объёмный расход (Q) известны из конструкции теплообменника, минимальная скорость утечки (L_m) может быть указана инженерами в качестве ожидаемой оценки утечки. Скорость подсчета фона (N) измеряется, в то время как эффективность обнаружения (k) получается в лаборатории или рассчитывается с помощью программного моделирования. Зная эти параметры, можно легко рассчитать минимальную активность, необходимую для обнаружения утечки, используя приведенное выше уравнение.

Тогда эффективность обнаружения $k = 8,7 \cdot 10^{-5} \frac{\text{имп} \cdot \text{м}^3}{\text{Бк}}$. В качестве радиотрейсера используется $^{82}\text{Вг}$. Фоновая скорость счёта $N=100$ имп/с. Тогда, $A_m = 20,68 \cdot 10^7$ Бк, что является минимальной активностью радиотрейсера [2].

На практике рекомендуется применять активность выше для повышения точности, особенно при расчете расхода при утечке. Тем не менее, рекомендуется провести валидацию этого подхода перед реальным испытанием радиотрейсера на предприятии.

Технология, несомненно, отвечает вызовам в уменьшении простоев оборудования и согласованной работе всей энергосистемы, с предприятиями которой связан наш объект. Данная технология, исходя из её характеристик, рассмотренных в работе, может быть применена на тепломеханическом оборудовании ТЭС, АЭС, трубопроводах большого диаметра (теплосетей).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Герасимова А.Г., Качан С.А. Контроль и диагностика тепломеханического оборудования ТЭС. Электронный учебно-методический комплекс по учебной дисциплине. – Белорусский национальный технический университет.
2. Leak detection in heat exchangers and underground pipelines using radiotracers. Material for education and on-the-job training for practitioners of radiotracer technology. International Atomic Energy Agency. Vienna 2009.