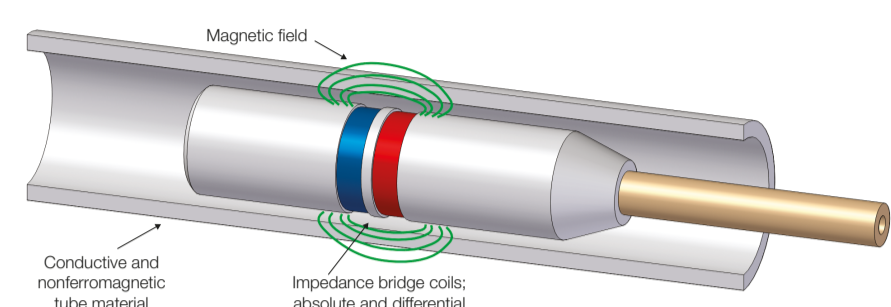
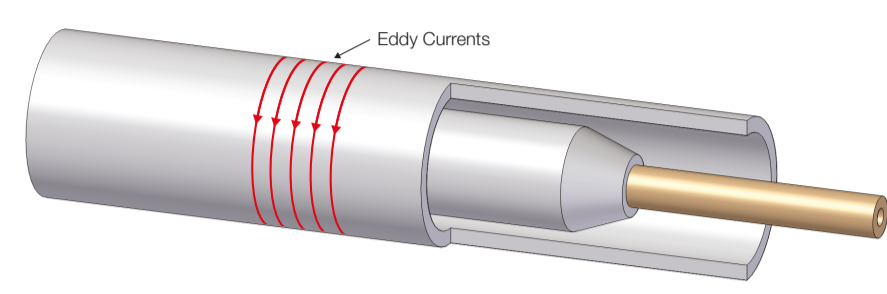


Основные методы контроля труб

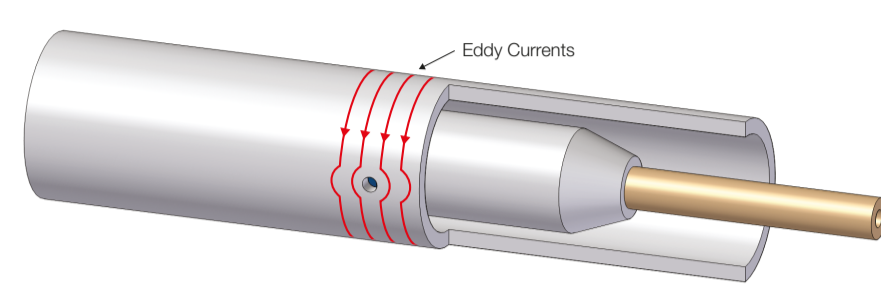
Вихретоковый контроль – Основные принципы



Обе катушки возбуждаются переменным током и создают магнитное поле.

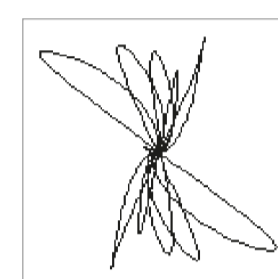
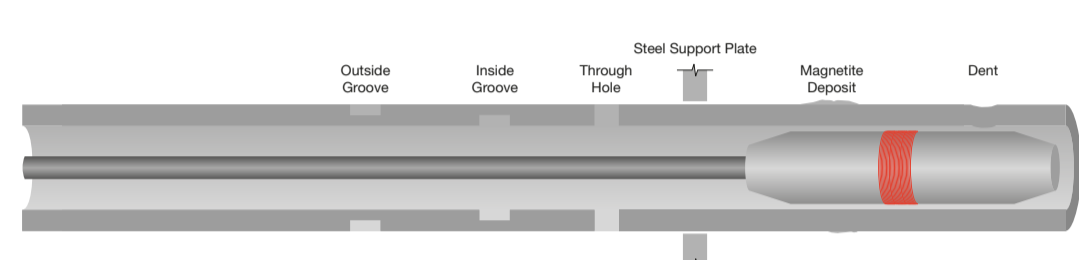


Магнитное поле проникает в стенку трубы и образует противоположно направленные потоки переменного тока в материале. Это и есть вихревые токи.

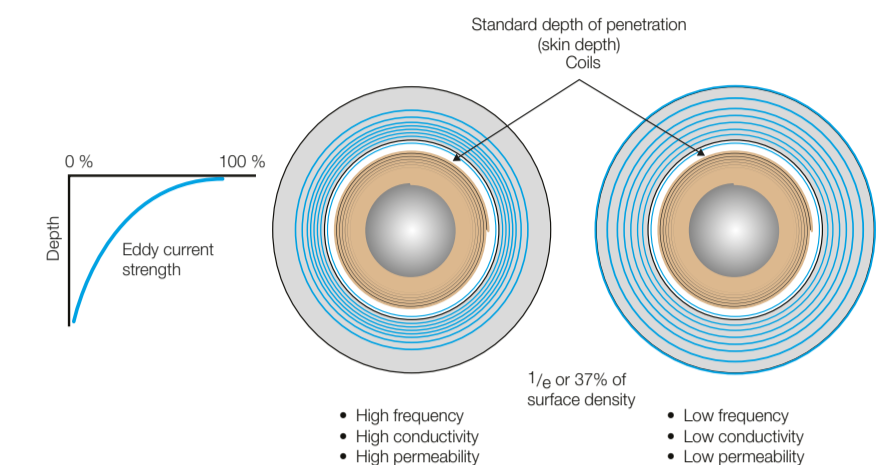


Дефекты препятствуют свободному течению вихревых токов и изменяют импеданс катушек в преобразователе. Изменения в импедансе измеряются для обнаружения дефектов.

Типичный сигнал от дефекта



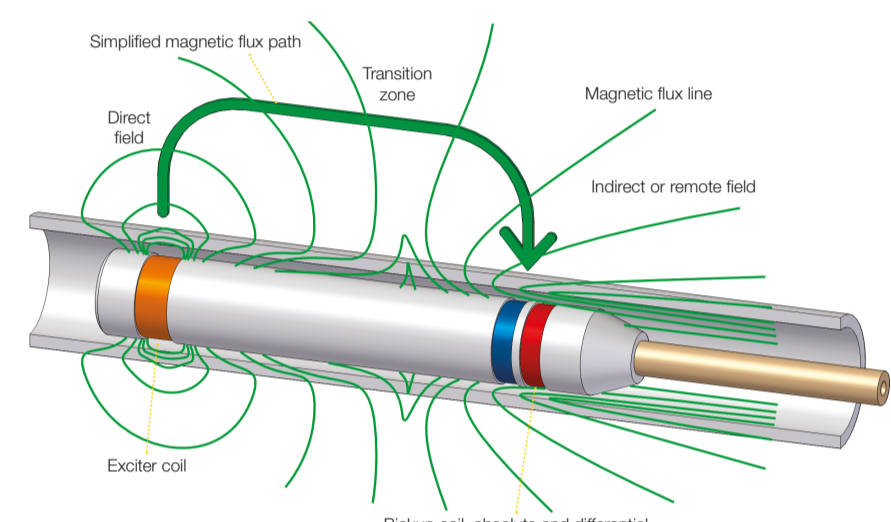
Скин-эффект



Плотность вихревых токов в материале непостоянна. Наибольшая плотность наблюдается вблизи катушки; по мере углубления в материал плотность уменьшается. Это называется скин-эффектом. Стандартная глубина проникновения – это глубина, на которой плотность вихревых токов составляет 37% величины на поверхности материала. Стандартная глубина проникновения зависит от следующих факторов:

- Частота
- Проводимость
- Проницаемость

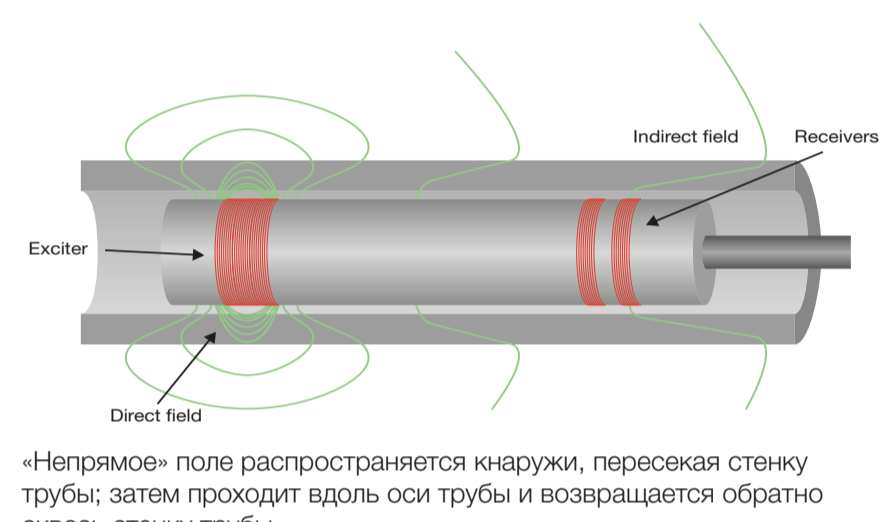
Метод удаленного поля



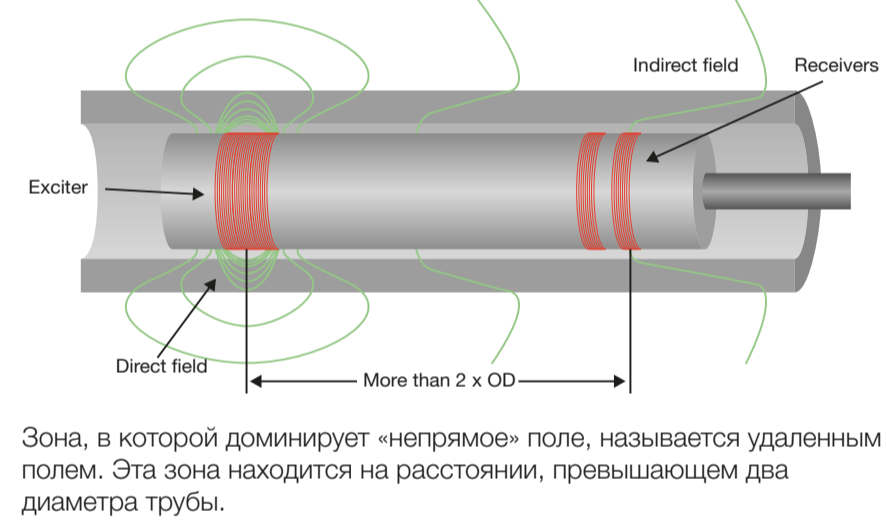
Метод удаленного поля (RFT) представляет собой метод сквозного прозвучивания, а преобразователи используются для контроля труб из ферромагнитных материалов (углеродистой стали).

Стандартный преобразователь состоит из одной возбуждающей катушки и двух измерительных (приемных) катушек. Присутствуют два магнитных поля – «прямое» (ближнее), вокруг возбуждающей катушки, и «непрямое» (удаленное) поле, которое распространяется вдоль оси трубы, а затем в обратном направлении, сквозь стенку трубы.

Зона, где доминирует «непрямое» поле, называется удаленным полем. Эта зона находится на расстоянии, превышающем два диаметра трубы.

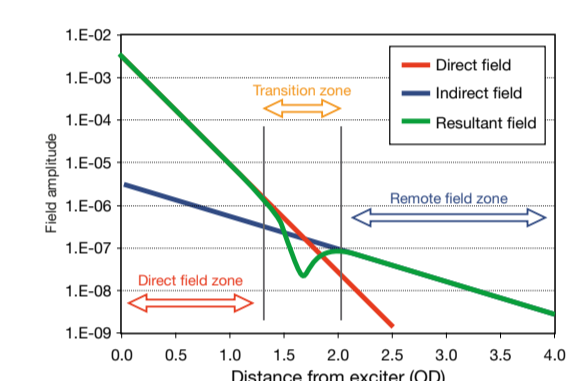
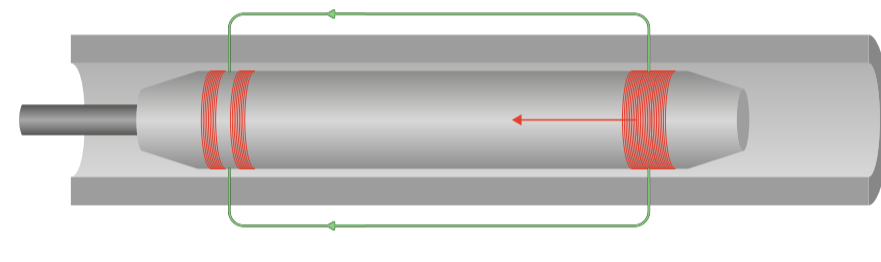


«Непрямое» поле распространяется наружу, пересекая стенку трубы; затем проходит вдоль оси трубы и возвращается обратно сквозь стенку трубы.



Зона, в которой доминирует «непрямое» поле, называется удаленным полем. Эта зона находится на расстоянии, превышающем два диаметра трубы.

Зона удаленного поля

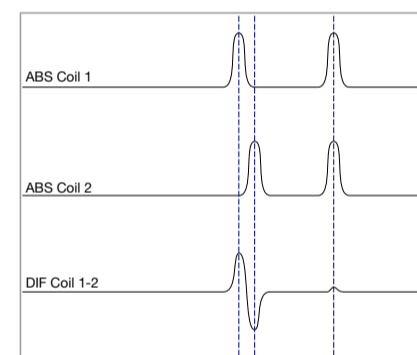


Типичный сигнал от дефекта

Когда преобразователь проходит в зоне дефекта, принимаемый сигнал является результатом двух эффектов:

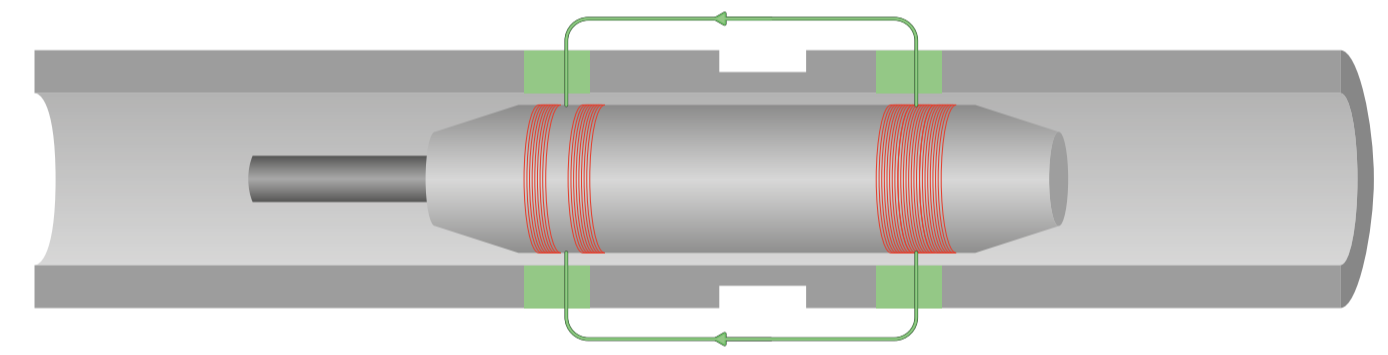
Эффект приемника

- Первый приемник генерирует сигнал при прохождении через дефект, сразу за ним следует аналогичный сигнал от второй приемной катушки.
- При вычитании этих двух сигналов приемника генерируется дифференциальный S-образный сигнал.

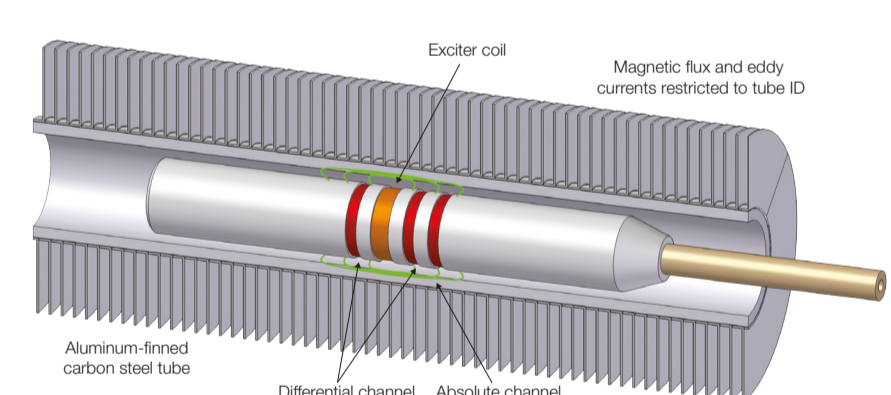


Эффект возбудителя

- Возбуждающая катушка при прохождении в зоне дефекта воздействует на поле, измеряемое приемниками.
- Обе приемные катушки измеряют воздействие излучающей катушки в одно и то же время и производят почти идентичные сигналы на абсолютном канале.

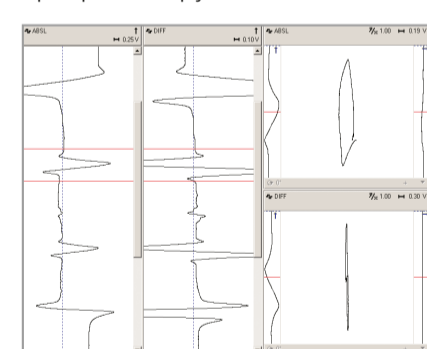


Метод ближнего поля

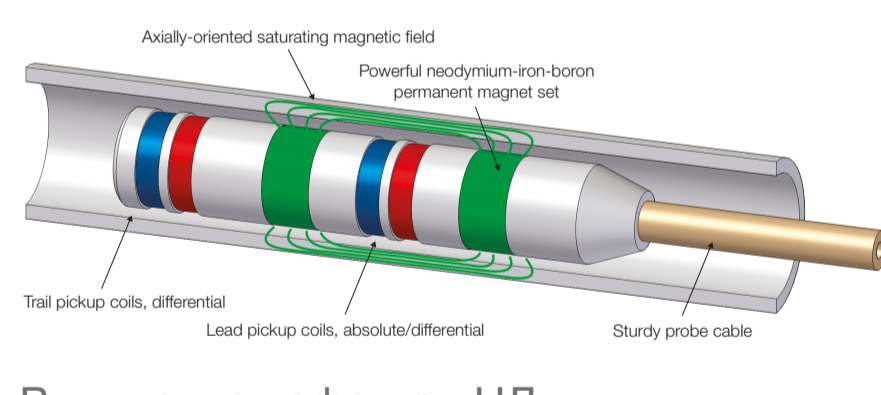


Метод ближнего поля для контроля оребренных труб использует обычный ВТ-преобразователь с возбуждающей и приемной катушками без наружной катушки опорного сигнала. Преобразователь генерирует простые для анализа сигналы. Преобразователь измеряет зазор или коэффициент заполнения и преобразует его в амплитудный сигнал.

Проникающая способность, ограниченная внутренней поверхностью трубы, делает преобразователь нечувствительным к наружному оребрению трубы.



Метод рассеяния магнитного потока



Два сильных постоянных магнита, установленные на стальной сердечник, генерируют магнитное поле, которое пронизывает стенку трубы. Абсолютная катушка (ABS) наматывается вокруг сердечника для измерения колебаний магнитного поля, вызванных утончением стенки. Рассеяние/утечка магнитного потока выявляется с помощью дифференциальной катушки (Lead), расположенной между магнитами. Последняя катушка (Trail) [в конце преобразователя], выявляет остаточную намагниченность от внутренних коррозионных язвин.

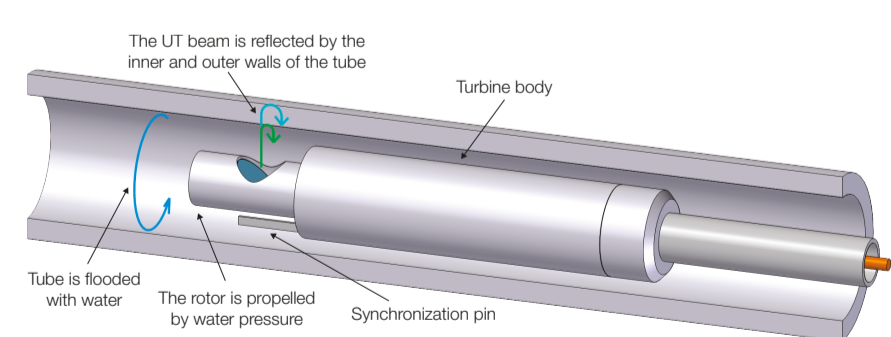
Выявление дефектов НД

- При наличии дефекта на наружной поверхности трубы:
- Линия магнитного потока искажается в воздухе не только снаружи, но и внутри трубы.
- Поскольку стенка трубы уже насыщена, искажения линий потока не могут находиться в остаточной стенке, образуется утечка магнитного потока на внутреннем диаметре (ВД) трубы.
- Эта утечка потока выявляется первой катушкой, расположенной между магнитами, в середине магнитной цепи.
- Последняя в направлении движения катушка, расположенная за пределами магнитной цепи, не выявляет дефект, поскольку внутри трубы нет утечки магнитного потока.

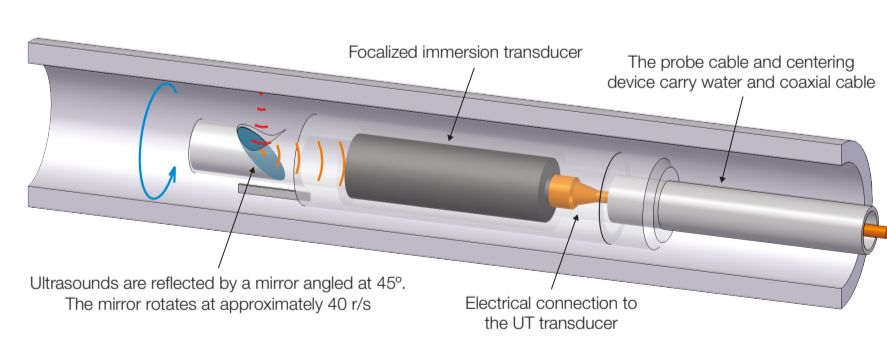
Выявление дефектов ВД

- При наличии дефекта на внутреннем диаметре трубы:
- Линия магнитного потока искажается в трубе, когда магнитная цепь проходит через дефект.
- В этой точке, первая катушка может обнаружить утечку магнитного потока.
- После прохождения магнитной цепи через дефект, часть намагниченности остается на дефекте.
- Последняя катушка выявляет остаточную намагниченность и генерирует выходной сигнал.

Система ультразвукового контроля внутренних поверхностей труб (IRIS)



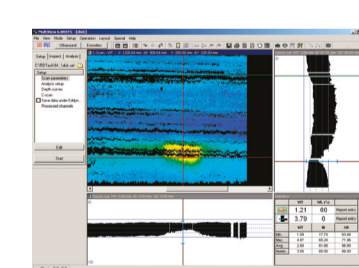
- Преобразователь, расположенный внутри турбины, генерирует ультразвуковой импульс вдоль оси трубы.
- Ультразвуковая волна отражается от зеркала, установленного под углом 45°, и направляется к стенке трубы.
- Ультразвуковая волна частично отражается от внутренней поверхности (ВД) трубы, затем проходит сквозь стенку и, наконец, отражается от наружной поверхности (НД) трубы.
- Скорость ультразвука в материале трубы позволяет рассчитать толщину стенки, используя разницу времени пролета между эхо-сигналами ВД и НД.



Эхо-импульсный метод УЗК

- Уровень обнаружения устанавливается на значении, которое позволяет определить синхронизирующий штифт, эхо-сигналы ВД и ОД.
- Первый эхо-сигнал называем Т0, а второй эхо-сигнал – Т1.
- Если Т0 выявляется в пределах строя синхронизации, на С-экране отображается новый оборот.
- Толщина стенки измеряется по следующей ниже формуле:

$$WT = v_{ul} \cdot \frac{(T1 - T0)}{2}$$



Путь УЗ-сигнала

- Преобразователь генерирует начальный импульс.
- Синхронизирующий штифт производит эхо-сигнал на каждый оборот.
- После индикации штифта генерируется эхо-сигнал ВД с высокой амплитудой.
- Сразу после него генерируется эхо-сигнал НД с существенно меньшей амплитудой (поскольку скорость звука в металле выше скорости звука в воде).

Типы преобразователей



- ECT**
 - Вихретоковый метод (ECT, ВТК) применяется для контроля качества немагнитных материалов, включая аустенитную нержавеющую сталь, латунь, медно-никелевые сплавы, титан, медь и др.
 - Вихретоковый метод НК используется в основном для обнаружения и измерения несплошностей в металлах (трубы).
 - Данный метод делает возможным выявление и измерение коррозии, эрозии, износа, поттинга, утончения стенок, растрескивания и зарубок.
 - Оборудование вихретокового контроля широко используется для контроля качества конденсаторных труб, подогревателей питательной воды и кондиционеров воздуха.
- RFT**
 - Метод удаленного поля (RFT) применяется для контроля труб из ферромагнитных материалов (углеродистой стали или ферритной нержавеющей стали).
 - Данный метод хорошо подходит для обнаружения и измерения утончения стенок в результате коррозии, эрозии, износа, поттинга, растрескивания и зарубок.
 - Оборудование RFT используется для контроля теплообменников, подогревателей питательной воды и бойлерных труб.
- NFT**
 - Метод ближнего поля (NFT) был специально разработан для контроля оребренных труб из ферромагнитных сталей.
 - Оребрение труб не влияет на ближнее поле.
 - NFT не требует использования уравнительной катушки или преобразователя.
- MFL**
 - Метод рассеяния/утечки магнитного потока (MFL) широко используется для контроля труб из углеродистой стали с аллюминиевым оребрением, поскольку оребрение почти не влияет на магнитное поле.
 - Данный метод контроля позволяет выявлять коррозию и эрозию.
 - Метод рассеяния магнитного потока также применяется для обнаружения кольцевых трещин (дефект, который невозможно выявить с помощью методов RFT и IRIS).
- IRIS**
 - Система ультразвукового контроля IRIS предназначена для обследования труб, используемых в нефтяной промышленности, а также для диагностики оборудования АЭС.
 - Технология IRIS является оптимальным решением для определения толщины стенок труб, степени утончения, ориентации дефектов труб в диапазоне от 12,7 до 76,2 мм ВД.
 - Оборудование IRIS предназначено для контроля кожухотрубных теплообменников, воздухоохладителей и бойлерных труб.