

## Лекция 9

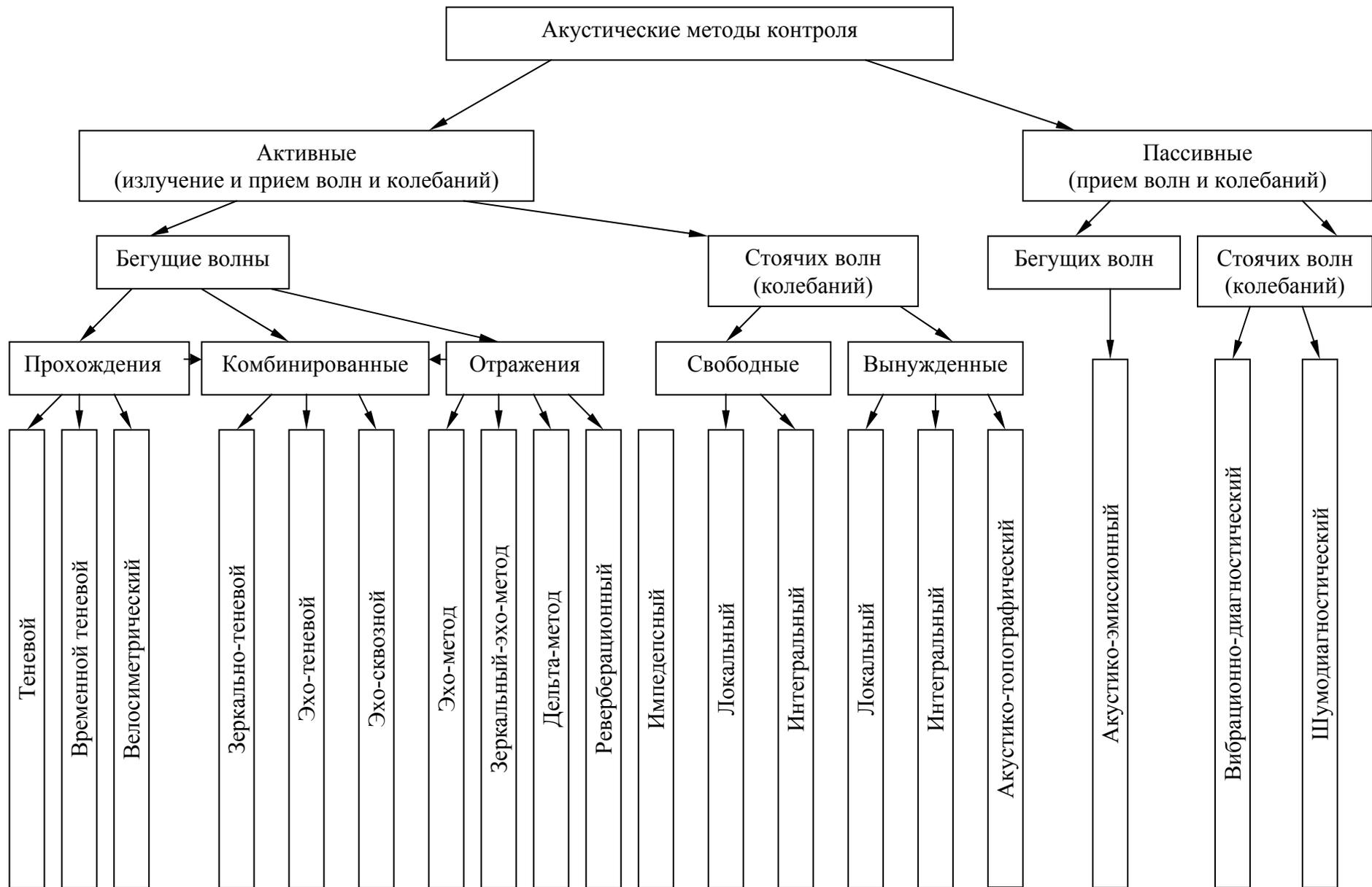
### КЛАССИФИКАЦИЯ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АКУСТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ

Акустические методы НК делятся на две большие группы:

1. *Активные*, основанные на использовании излучения и приема акустических волн.
2. *Пассивные*, основанные только на приеме волн.

В свою очередь, в каждой из этих групп можно выделить методы, которые основаны на возникновении в объекте контроля

- бегущих волн,
- стоящих волн (или колебаний).



Классификация акустических методов контроля

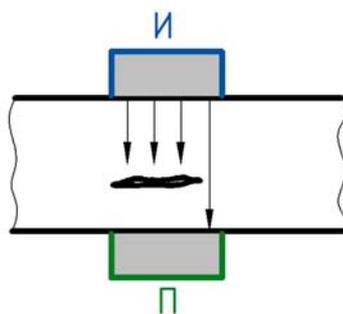
## 1. Активные методы контроля

1.1. Активные методы, в которых применяют бегущие волны, — методы прозвучивания, делятся на три группы:

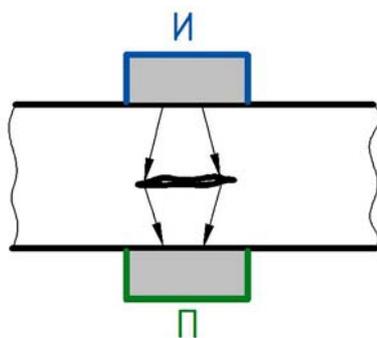
1.1.1. **Методы прохождения** — предполагают наличие двух преобразователей — излучающего и приемного, расположенных по разные стороны объекта контроля или контролируемого участка.

К этой группе методов относятся:

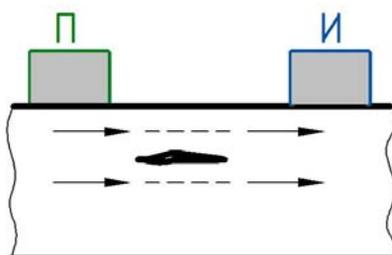
– *теневого метод*, основанный на измерении уменьшения амплитуды прошедшей волны имеющимся дефектом;



– *временной теневого метод*, основанный на измерении запаздывания акустического импульса, связанного с огибанием дефекта;



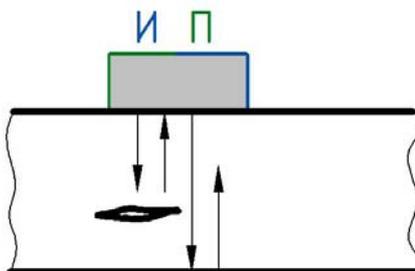
– *велосиметрический метод*, основанный на измерении уменьшения скорости упругих волн при наличии дефекта. Оно определяется по сдвигу фазы прошедшей волны.



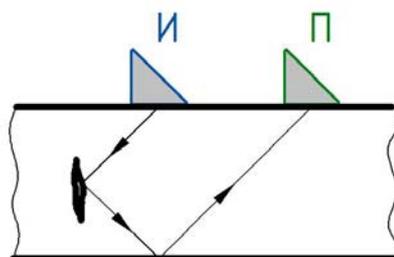
1.1.2. **Методы отражения** — основаны на использовании как одного, так и двух преобразователей. При этом, как правило, применяется импульсное возбуждение акустических волн.

К этой группе методов относятся:

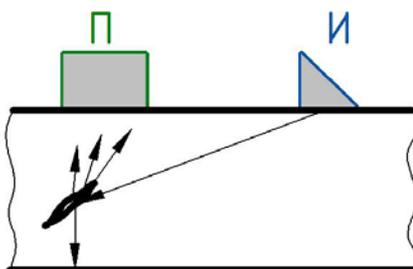
– *эхо-метод*, при котором регистрируются параметры сигналов, отраженных от дефекта;



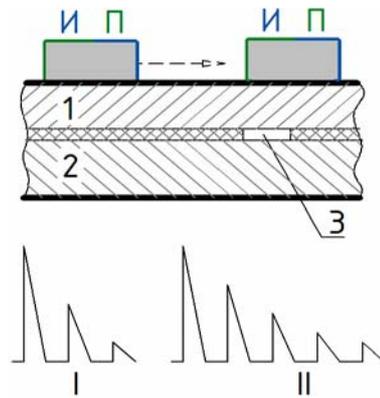
– *зеркальный эхо-метод*, при котором регистрируются параметры зеркально отраженных от дефектов импульсов. Дефекты ориентированы нормально к поверхности, с которой ведется контроль. При этом излучатель и приемник волн могут располагаться в разных поверхностях объекта контроля;



– *дельта-метод*, основанный на регистрации параметров волн, дифрагирующих на дефектах. Часть акустической волны отражается зеркально от дефекта, другая часть дифрагирует, при этом, частично трансформируясь, и попадает на приемник;



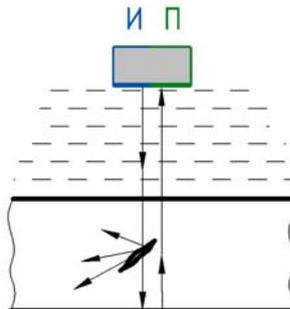
– *реверберационный метод*, основан на анализе времени реверберации — затухания волн в контролируемом объекте. Если соединение слоев 1 и 2 качественно, то при переходе из первого слоя во второй импульс затухает сравнительно быстро. Если имеется дефект, то время затухания импульса больше, так как волна многократно отражается от дефекта.



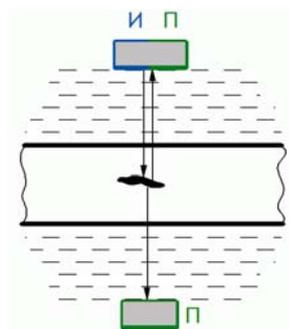
1.1.3. **Комбинированные методы** — при их применении используются принципы анализа как прошедших, так и отраженных акустических волн.

К этой группе методов относятся:

– *зеркально-теневой метод* — основан на измерении ослабления донного сигнала, прошедшего через контролируемую область. По технике — регистрируют отраженный сигнал, этот метод относится к методам отражения, а по физической сущности — он близок к теневому методу, поскольку измеряют ослабление сигнала, дважды прошедшего через контролируемый объект в зоне дефекта;

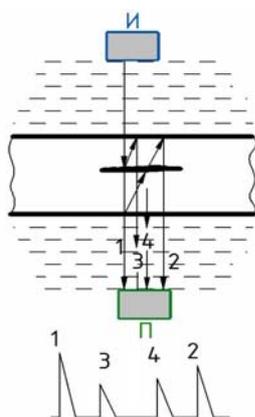


– *эхо-теневой метод* — основан на анализе параметров как прошедших, так и отраженных волн;

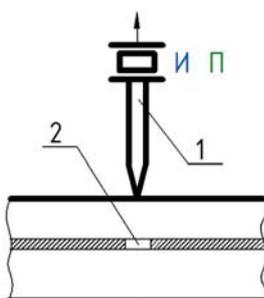


– *эхо-сквозной метод* — регистрируют сквозной сигнал 1, отраженный сигнал, дважды прошедший через зону контроля, а в случае полупрозрачного дефекта регистрируют и эхо-сквозные сигналы 3, 4. Большой непрозрачный дефект обнаруживается по исчезнове-

нию или сильному уменьшению сигналов 1 и 2, то есть теньвым методом. Полупрозрачные дефекты обнаруживаются по появлению сигналов 3 и 4.



*Импедансный метод* отличается от методов прохождения и отражения. Он основан на анализе механического импеданса участка поверхности контролируемого объекта, с которым взаимодействует преобразователь. Если существует дефект, например расслоение, то участок поверхности под ним становится более гибким, то есть изменяется контактный импеданс. Это фиксируется либо по изменению частоты колебаний стержня, либо по изменению амплитуды акустического сигнала.



Кратка сравнительная характеристика методов прозвучивания представлена в таблице.

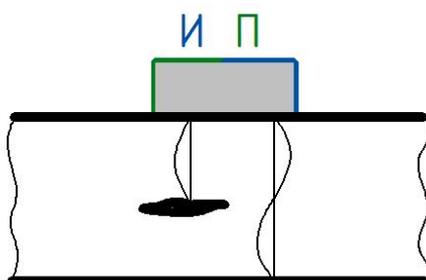
### Кратка сравнительная характеристика методов прозвучивания УЗ-методов

Метод	Особенность метода	Положительные качества	Особенность применения
Эхо-метод	Базовый, основной метод	Односторонний доступ к изделию	Контроль литья, сварных соединений, неметаллических материалов, геометрические размеры и физико-механические свойства
Зеркально-теневогой	Дополнение к эхо-методу	Выявление слабо отражающих в направлении совмещенного преобразования дефектов перпендикулярно к поверхности контроля (вертикальные трещины)	Контроль литья, металла
Зеркальный эхо-метод	Дополнение к эхо-методу	Выявление дефектов перпендикулярно к поверхности контроля более мелких, чем зеркально-теневогой методом	Контроль литья, металла
Дельта-метод	Дополнение к эхо-методу	Получение дополнительной информации о дефектах сварных соединений, определение геометрии дефекта.	Контроль сварных соединений
Эхо-теневогой	Дополнение к эхо-методу	Обнаружение слабо отражающих дефектов	Автоматизированный контроль сварных соединений
Теневогой, эхо-сквозной	Необходим двусторонний доступ к поверхности изделия; меньшая чувствительность, чем у эхо-метода	Возможность контроля изделий с большим уровнем реверберационных помех	Автоматизированный контроль тонких металлических изделий простой формы (листовой прокат), контроль физико-механических свойств неметаллических материалов с большим затуханием (бетон)

1.2. **Активные методы** с использованием *стоячих волн* основаны на возбуждении и регистрации параметров *свободных* или *вынужденных* колебаний во всем объекте контроля — *объемные* колебания, либо возбуждении и регистрации указанных колебаний в отдельной зоне объекта — *локальные* колебания:

– *свободные* колебания возбуждаются, как правило, ударом или иным импульсным воздействием, после чего объект колеблется свободно;

– *вынужденные* колебания возбуждаются излучателем с помощью генератора переменной частоты.



В качестве *информативных параметров* используются:

- значения собственных и резонансных частот;
- амплитуда колебаний;
- характеристики затухания колебаний:
  - внутреннее трение;
  - добротность.

При использовании метода свободных колебаний анализируется частотный спектр, который в дефектных изделиях смещается в низкочастотную область.

При использовании вынужденных колебаний измеряют резонансные частоты. Наличие дефекта, например, в виде несплошности — поры или трещины, приводит к уменьшению частот. Дефект в виде уменьшения размеров, например толщины стенки контролируемого объекта в результате коррозии, приводит к увеличению резонансной частоты.

*Акустико-топографический метод*, основан на регистрации распределения амплитуды упругих колебаний на поверхности контролируемого объекта. Способы регистрации распределения амплитуды могут быть различными — голографический, порошковый (фигуры Хладни) и др. Наличие дефекта приводит к искажению картины амплитудного распределения на поверхности по сравнению с бездефектным объектом.

## 2. Пассивные методы контроля

К пассивным акустическим методам относятся:

2.1. Методы, основанные на использовании бегущих волн:

– акустико-эмиссионный, основан на анализе параметров упругих волн, возникающих в результате динамической локальной или объемной (фазовые переходы) структурной перестройки в объекте контроля.

Рост трещин, аллотропические переходы, коррозия и другие процессы в материале служат источниками акустической эмиссии. Регистрируя акустические сигналы с помощью нескольких преобразователей можно определить координаты источника акустической эмиссии и определить зону, в которой развивается очаг повреждения.

2.2. Методы, основанные на использовании стоячих волн или колебаний:

– *вибрационно-диагностический* — анализируются параметры вибраций конструкции или отдельно узла установки, механизма с помощью приемников контактного типа, на основании которых делается заключение о состоянии контролируемого объекта;

– *шумо-диагностический* – изучают спектр шумов работающего механизма на слух или с помощью микрофонных приемников.

По частотному признаку все акустические методы делятся:

1. *Низкочастотные* – звуковой и низкочастотный ультразвуковой диапазон — верхняя граница несколько сотен кГц;

2. *Высокочастотные* — от нескольких сотен кГц до нескольких десятков МГц.

Для контроля металлов обычно используются высокочастотные УЗ-методы, причем наибольшее применение находит эхо-метод – им контролируется до 90% всех испытываемых объектов.