

Ультразвуковой контроль

Часть вторая



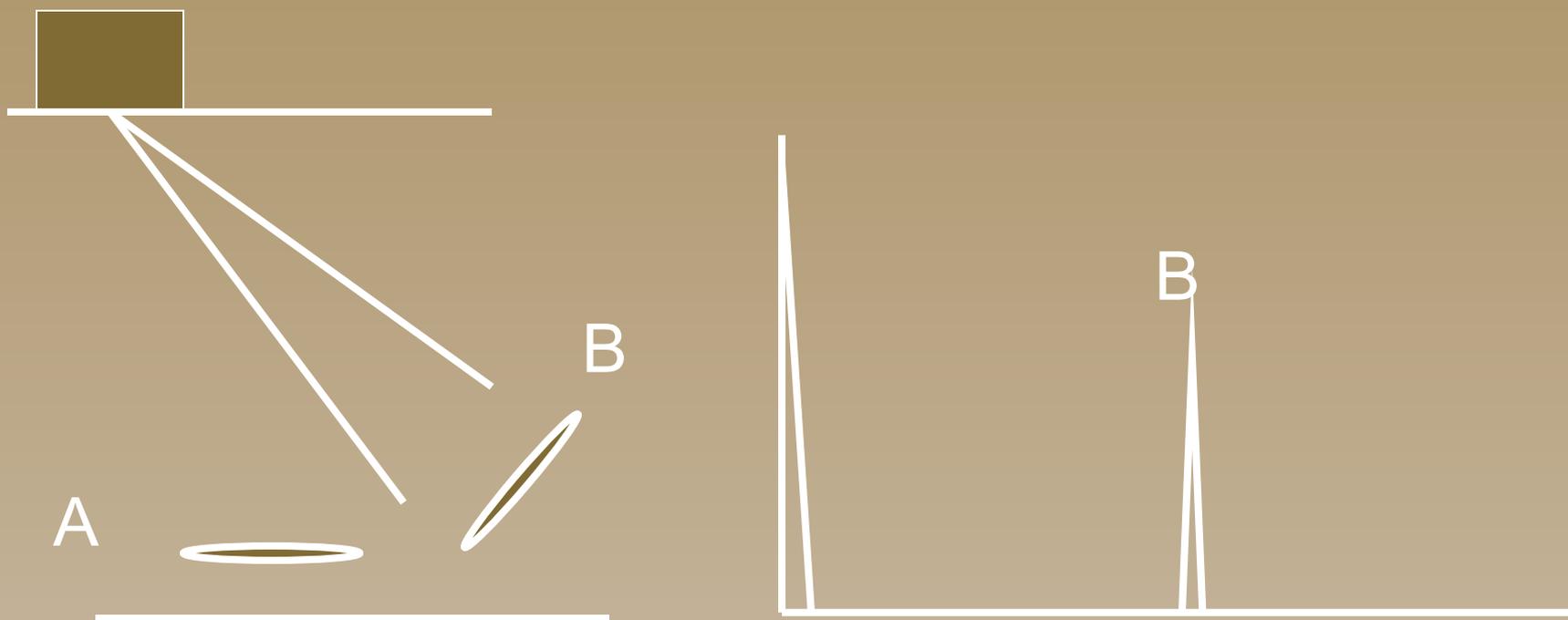
Методы Ультразвукового контроля

- ◆ Эхо-импульсный метод
- ◆ Теневой метод
- ◆ Зеркально-теневой метод

Эхо-импульсный метод

- ◆ Один и тот же преобразователь является как генератором так и приёмником колебаний
- ◆ Показывает информацию о глубине залегания и размере дефекта
- ◆ Безопасная работа

Координаты дефекта



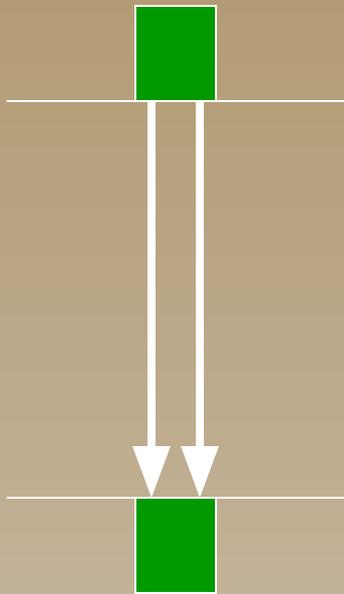
Нет сигнала от дефекта А (неправильная ориентация)

Теневой метод

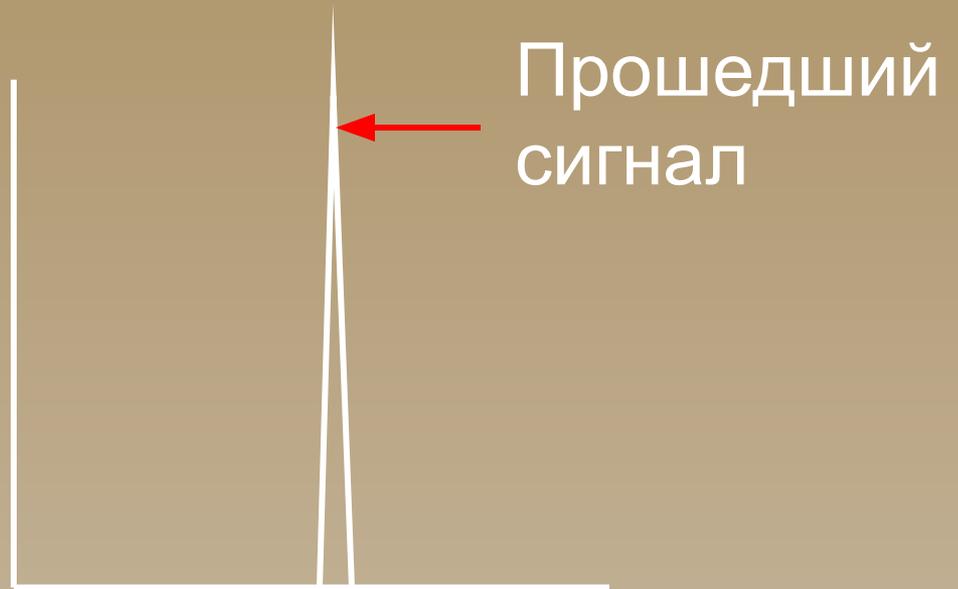
- ◆ Генератор и приёмник располагаются на противоположных сторонах образца
- ◆ Наличие дефекта определяется по уменьшению амплитуды прошедшего сигнала
- ◆ Невозможность определения координат дефекта

Теневогой метод

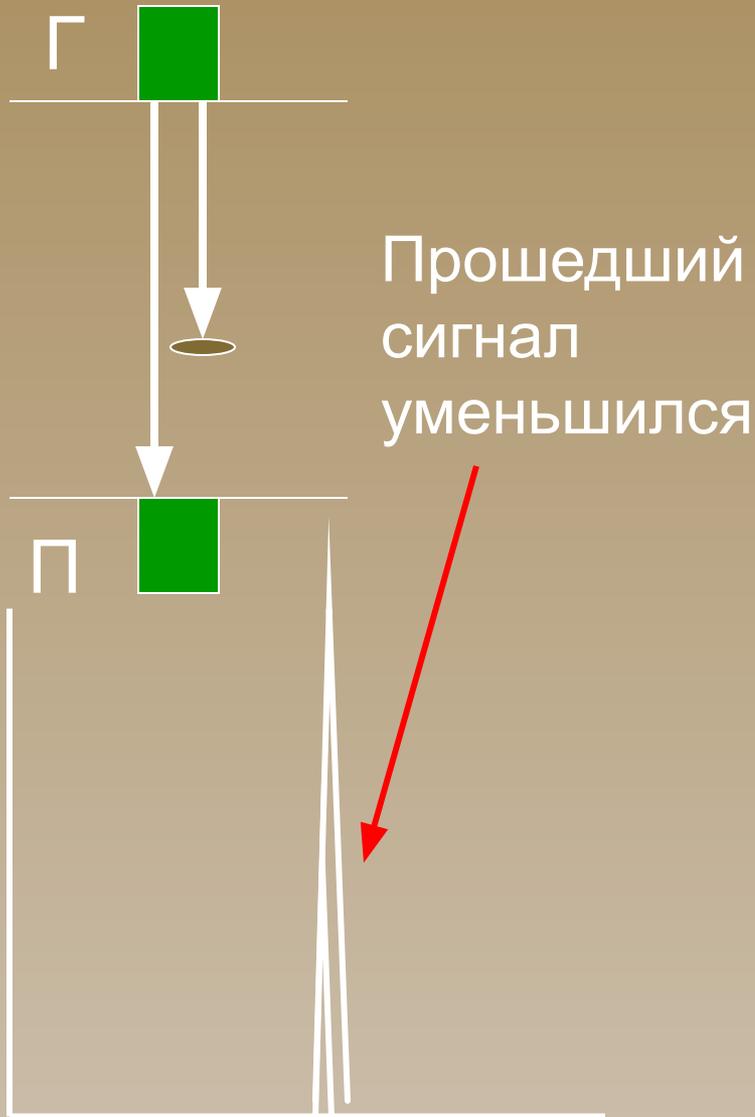
Генератор



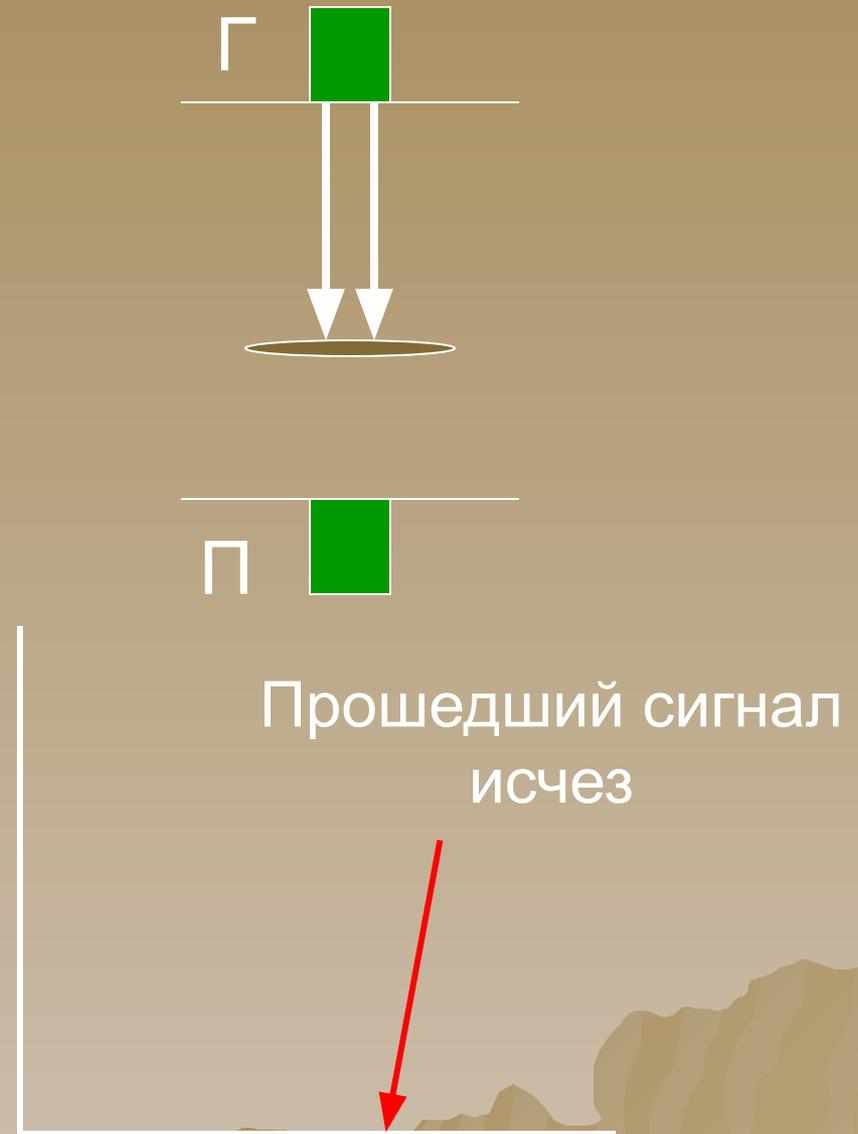
Приёмник



Незначительный дефект



Значительный дефект



Теневой метод

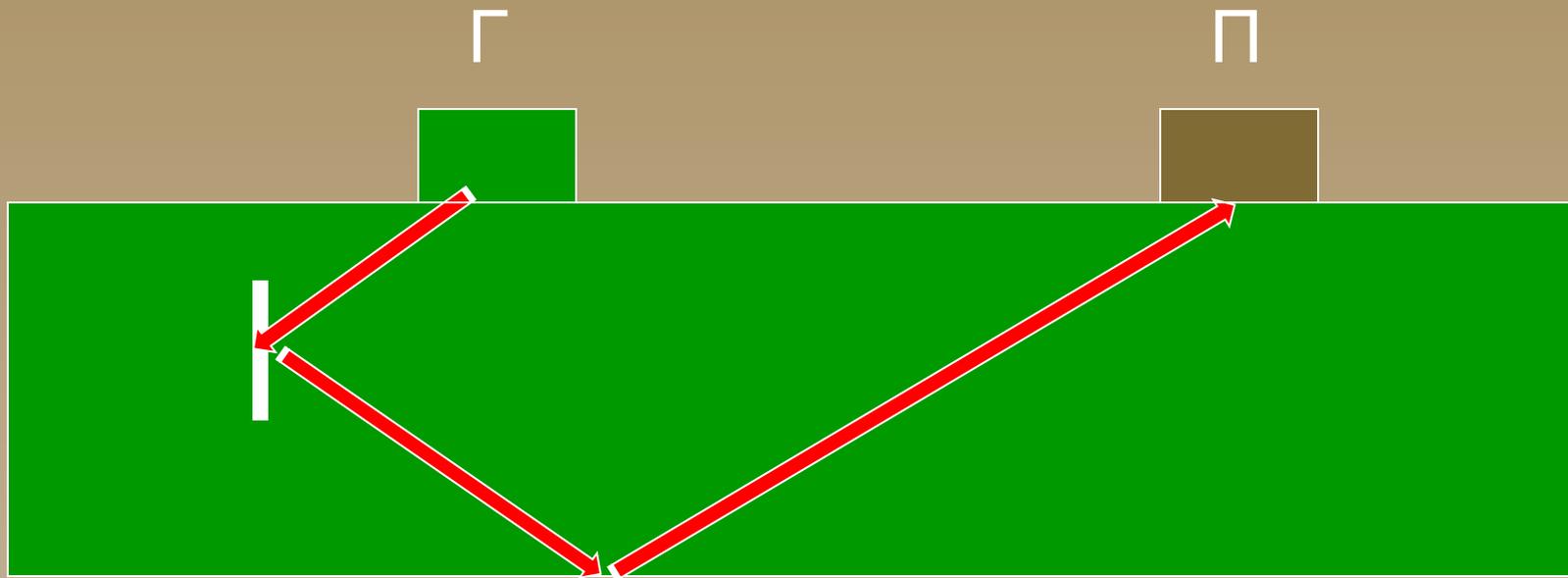
Преимущества

- ◆ Слабое затухание
- ◆ Нет износа
- ◆ Отсутствие мёртвой зоны
- ◆ Ориентация не имеет значения

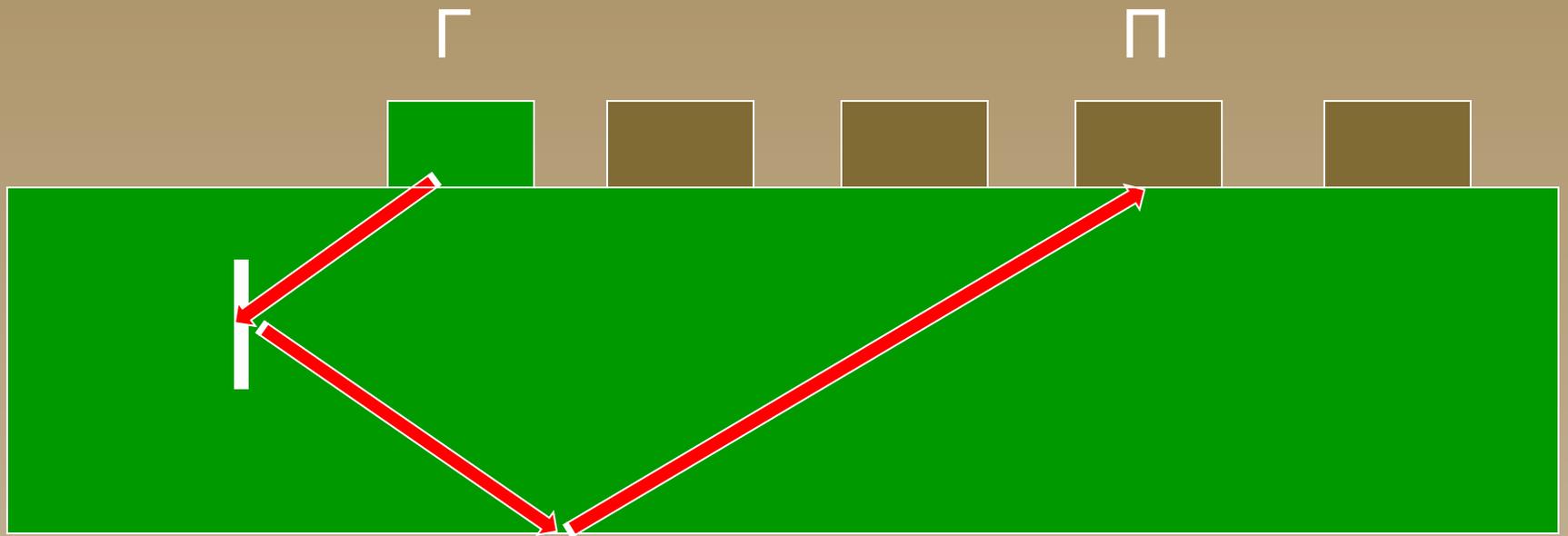
Недостатки

- ◆ Не определяются координаты дефекта
- ◆ Дефект не может быть идентифицирован
- ◆ Не выявляет вертикальных дефектов
- ◆ Требуется автоматизация контроля
- ◆ Необходим доступ к обоим поверхностям

Эхо-зеркальный метод

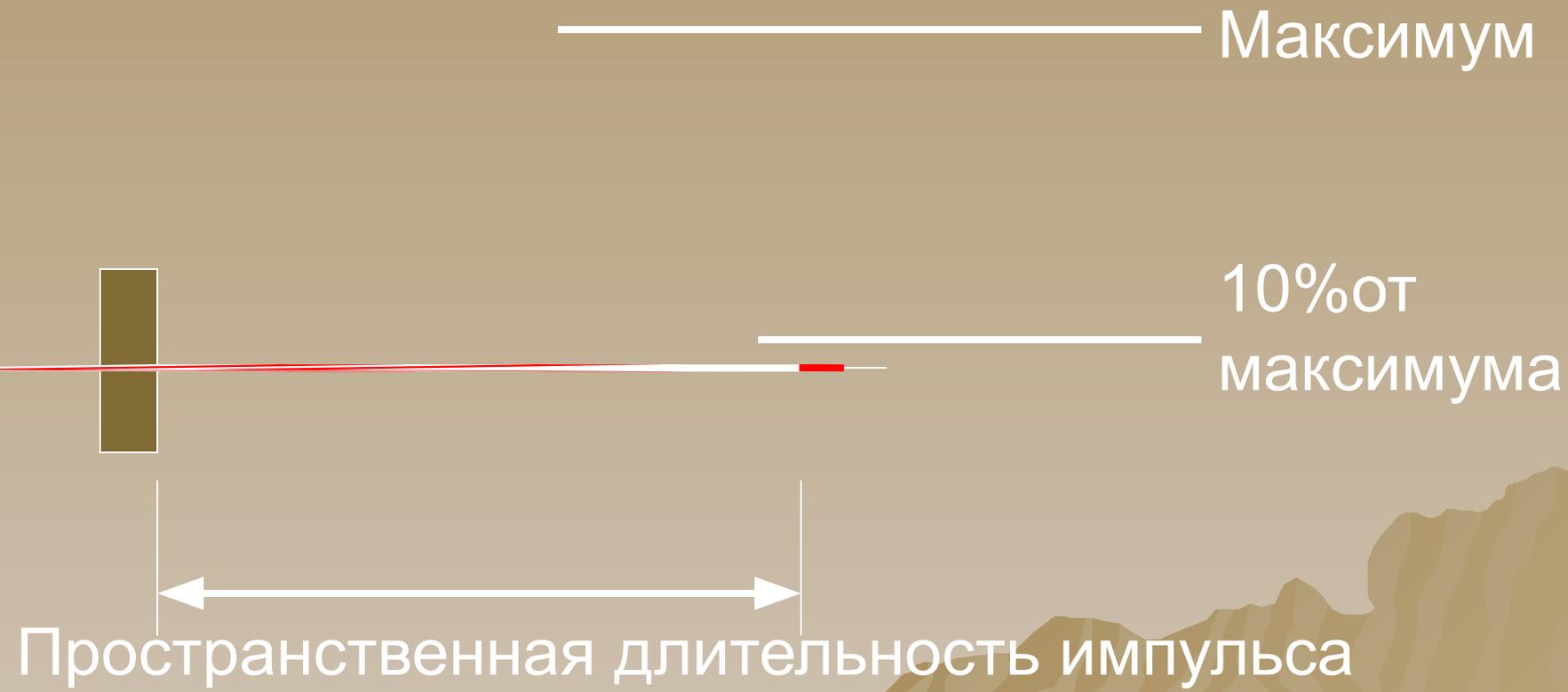


Эхо-зеркальный метод



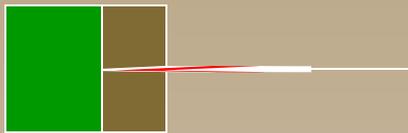
Длина импульса

- ◆ Высокочастотный электрический импульс возбуждает пьезоэлектрическую пластинку
- ◆ Колебания пластинки сначала возрастают до максимума амплитуды, а затем затухают



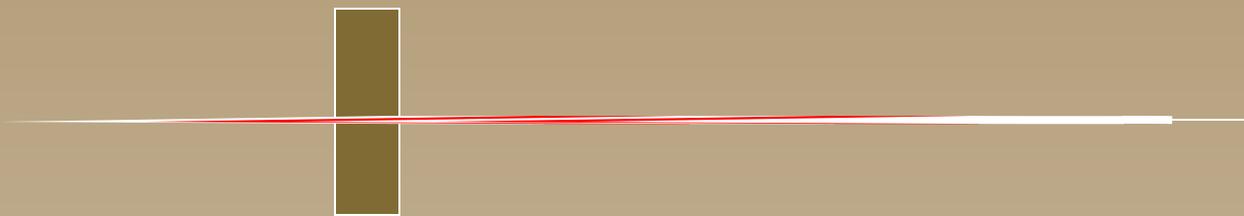
Длина импульса

- ◆ Чем длиннее импульс, тем больше проникающая способность звука
- ◆ Чем короче импульс, тем выше уровень чувствительности и разрешения



Короткий импульс, 1 или
2 цикла

Длина идеального импульса

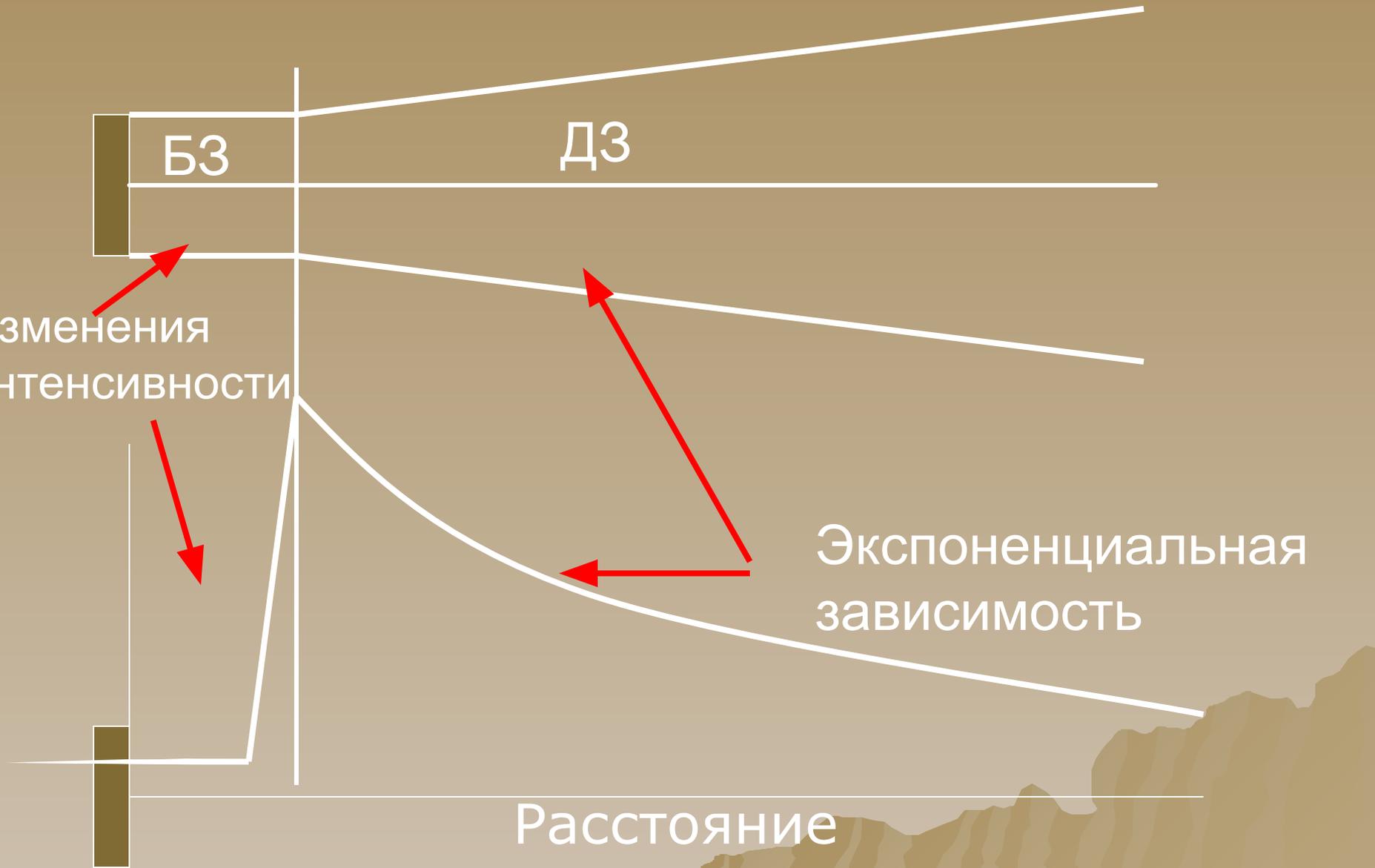


5 циклов для контроля сварки

Звуковой луч

- ◆ Мёртвая зона
- ◆ Ближняя зона или зона Френеля
- ◆ Дальняя зона или зона Фраунгофера

Звуковой луч



БЗ

ДЗ

Изменения
интенсивности

Экспоненциальная
зависимость

Расстояние

Звуковой луч

Ближняя зона

- ◆ Измерение толщины
- ◆ Обнаружение дефектов
- ◆ Определение размеров только крупных дефектов

Дальняя зона

- ◆ Измерение толщины
- ◆ Обнаружение дефектов
- ◆ Определение размеров любых дефектов

Ближняя зона

$$\text{Ближняя зона} = \frac{D^2}{4\lambda}$$

$$\lambda = \frac{V}{f}$$

$$\text{Ближняя зона} = \frac{D^2 f}{4V}$$

Ближняя зона

- ◆ Чему равна длина ближней зоны преобразователя продольных волн частотой 5МГц с диаметром пьезопластины = 10 мм в стали

$$\begin{aligned} \text{Ближняя зона} &= \frac{D^2 f}{4V} \\ &= \frac{10^2 \times 5,000,000}{4 \times 5,920,000} \\ &= 21.1 \text{ м} \end{aligned}$$

Ближняя зона

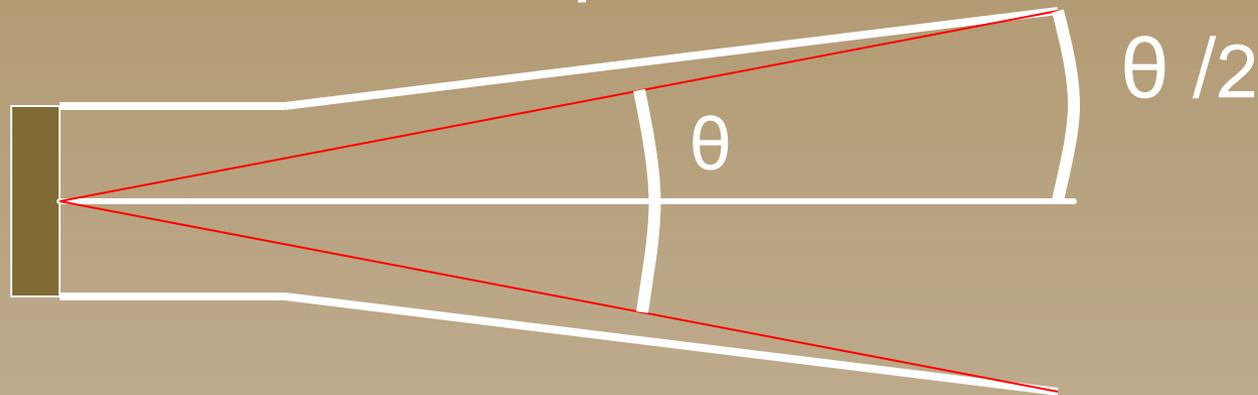
$$\text{Ближняя зона} = \frac{D^2}{4\lambda} = \frac{D^2 f}{4V}$$

- ◆ Чем больше диаметр пьезопластины , тем больше длина ближней зоны
- ◆ Чем больше частота, тем больше ближняя зона
- ◆ Чем меньше скорость , тем больше ближняя зона

Диаметр пьезопластинки увеличился, как при этом меняется частота колебания ?

Расширение пучка

- В дальней зоне звуковые импульсы расширяются по мере того как они удаляются от кристалла



$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{K\lambda}{D} \quad \text{или} \quad \frac{KV}{Df}$$

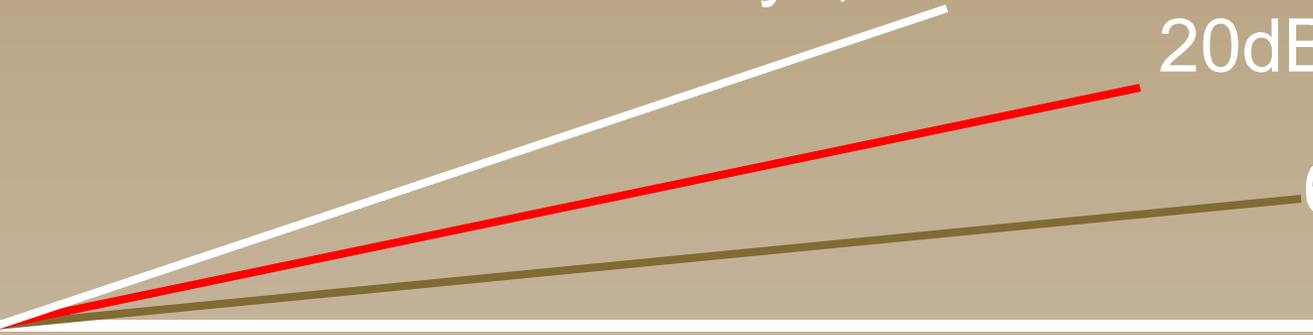
Расширение пучка

$$\text{Sin} \frac{\theta}{2} = \frac{K\lambda}{D} \quad \text{или} \quad \frac{KV}{Df}$$

Крайний
луч, $K=1.22$

20dB, $K=1.08$

6dB, $K=0.56$



Акустическая ось

Раскрытие луча

$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{K\lambda}{D} \quad \text{или} \quad \frac{KV}{Df}$$

- ◆ Чем больше диаметр, тем меньше раскрытие луча
- ◆ Чем выше частота, тем меньше раскрытие луча

Какой преобразователь имеет больше угол раскрытия, продольный или поперечный?

Раскрытие луча

- ◆ Какое раскрытие луча имеет преобразователь продольной волны с диаметром пьезопластины 10мм и частотой 5МГц

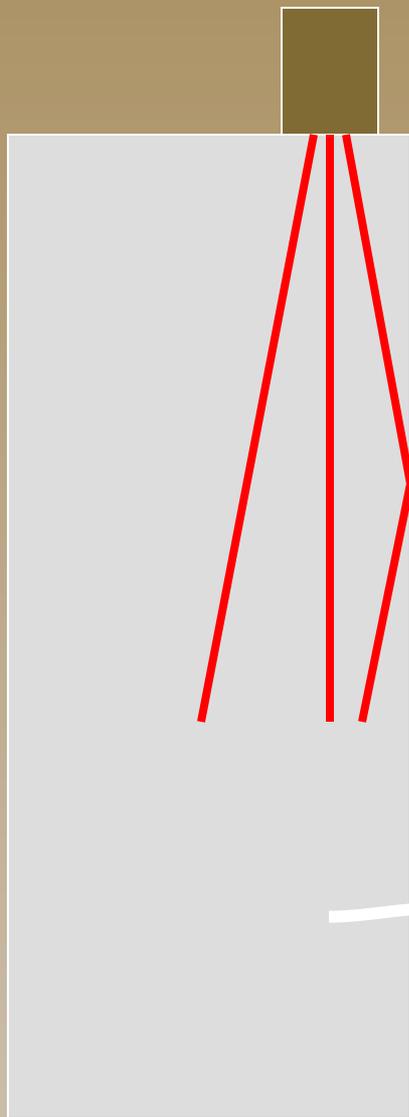
$$\sin \frac{\theta}{2} = \frac{KV}{Df}$$

$$= \frac{1.08 \times 5920}{5000 \times 10}$$

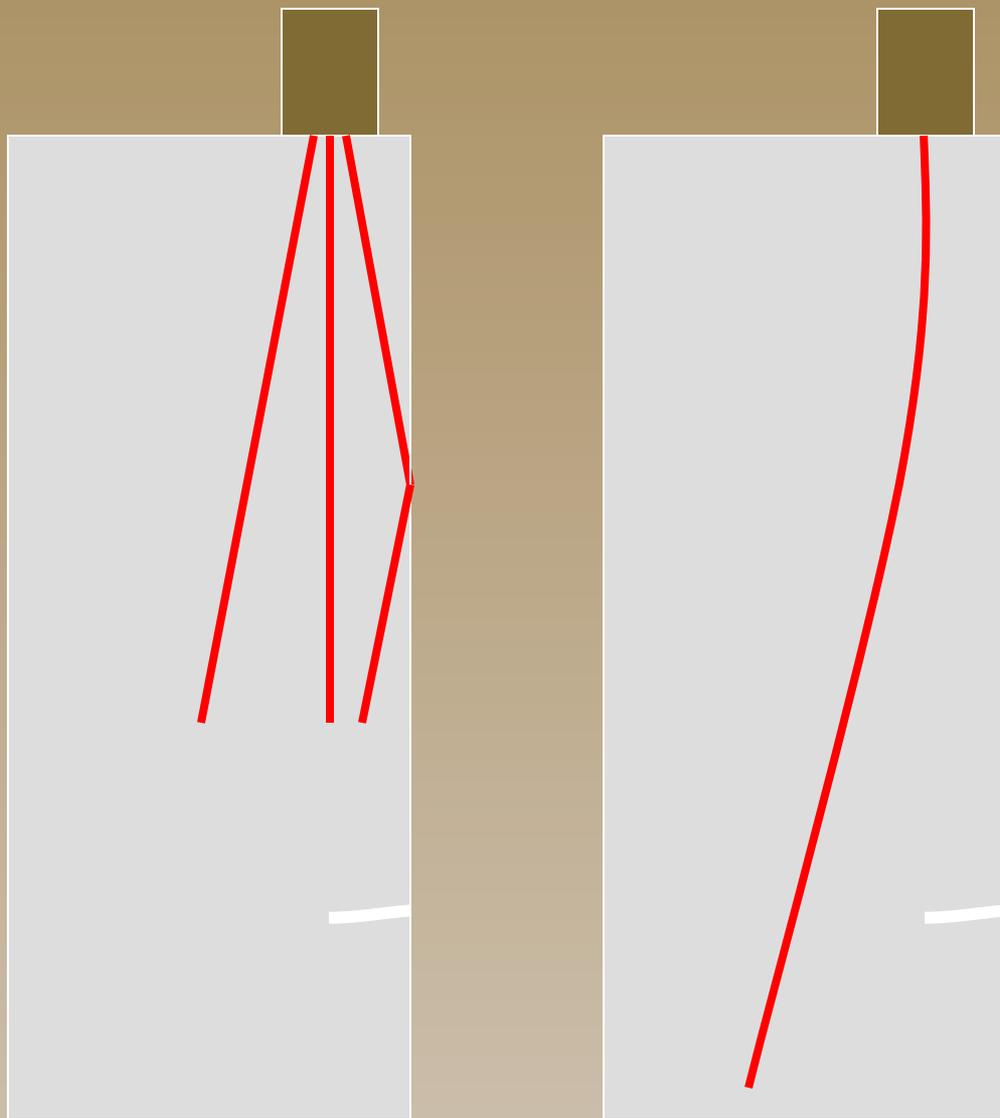
$$= 0.1278$$

$$= 7.35^\circ$$

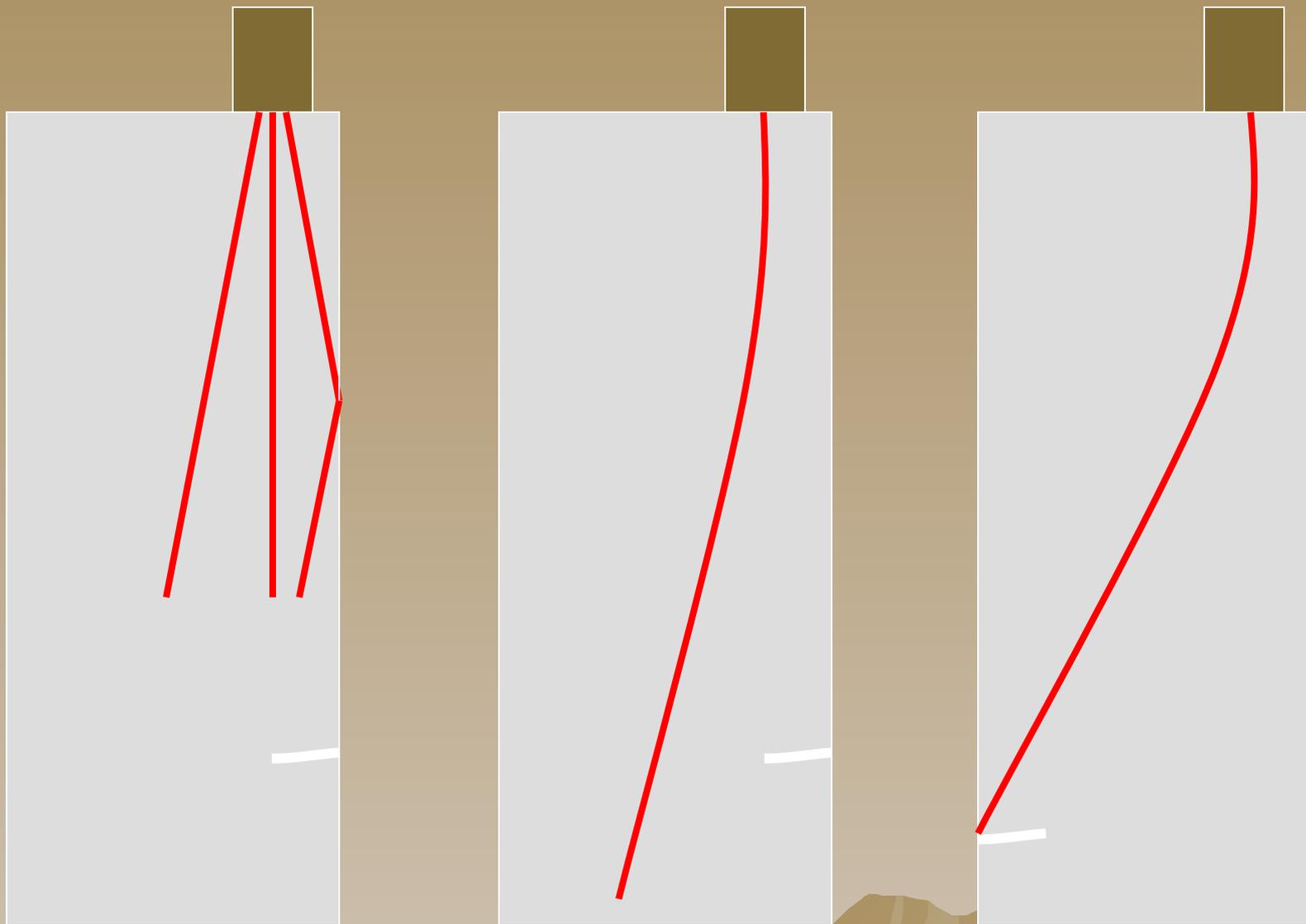
Контроль у поверхности



Контроль у поверхности



Контроль у поверхности



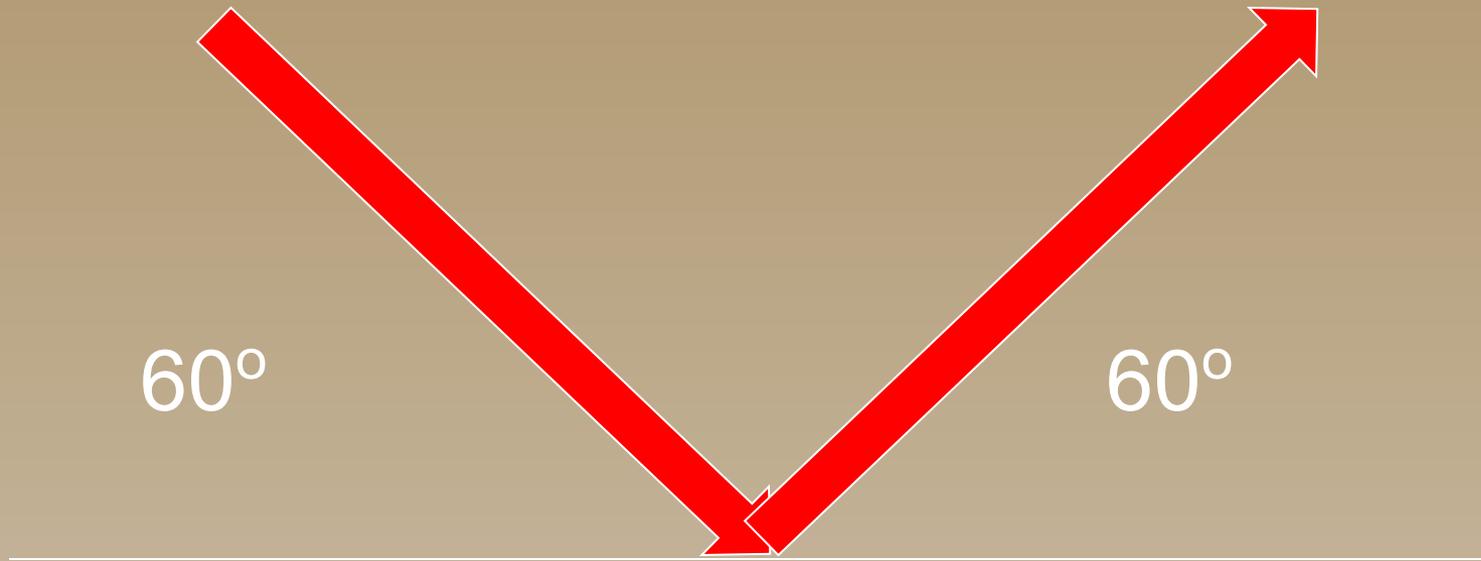
Звук на границе раздела

- ◆ Звук либо отразится, либо пройдёт во вторую среду

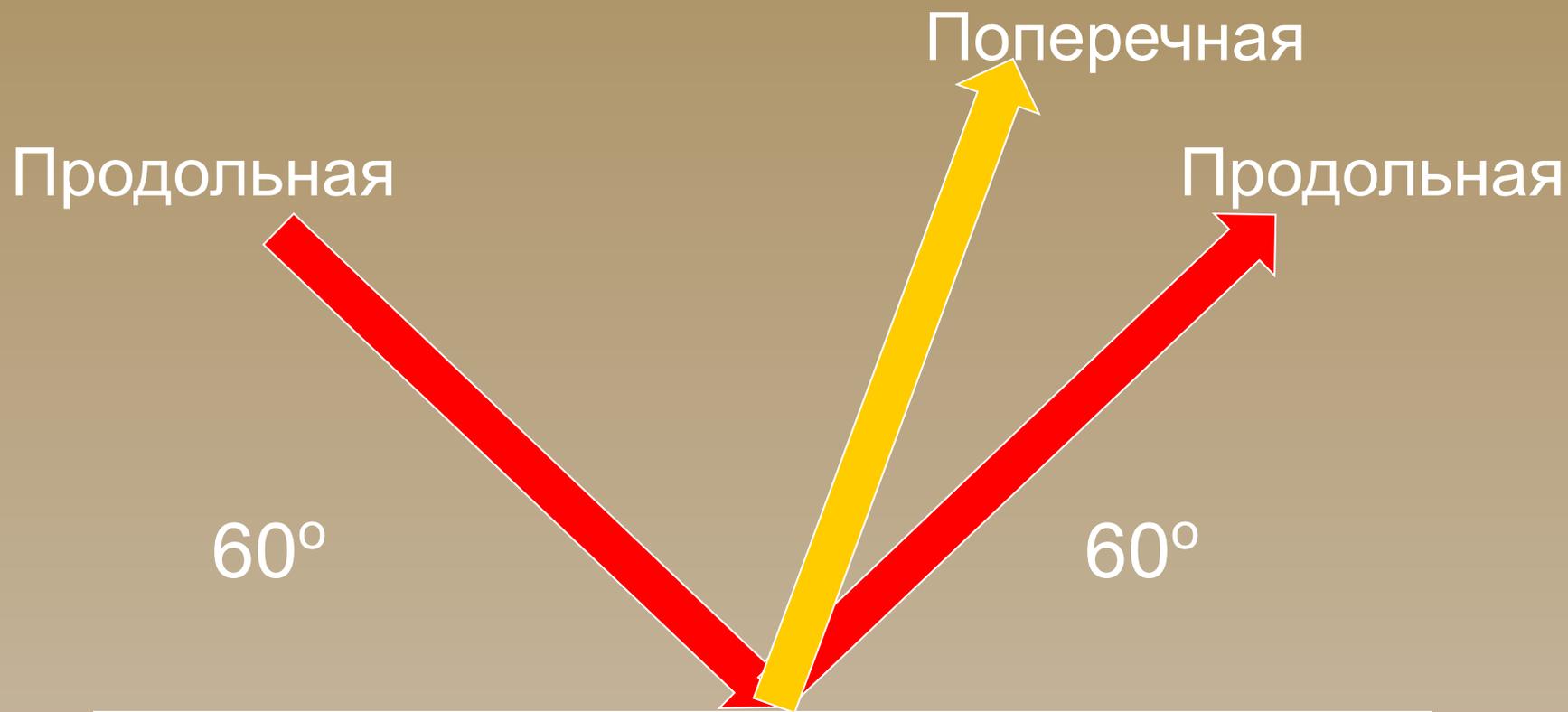


Падение не под прямым углом

- ◆ Угол отражения = углу падения



Падение не под прямым углом



Волновое преобразование

Падение не под прямым углом

Падающий луч



Прошедший луч

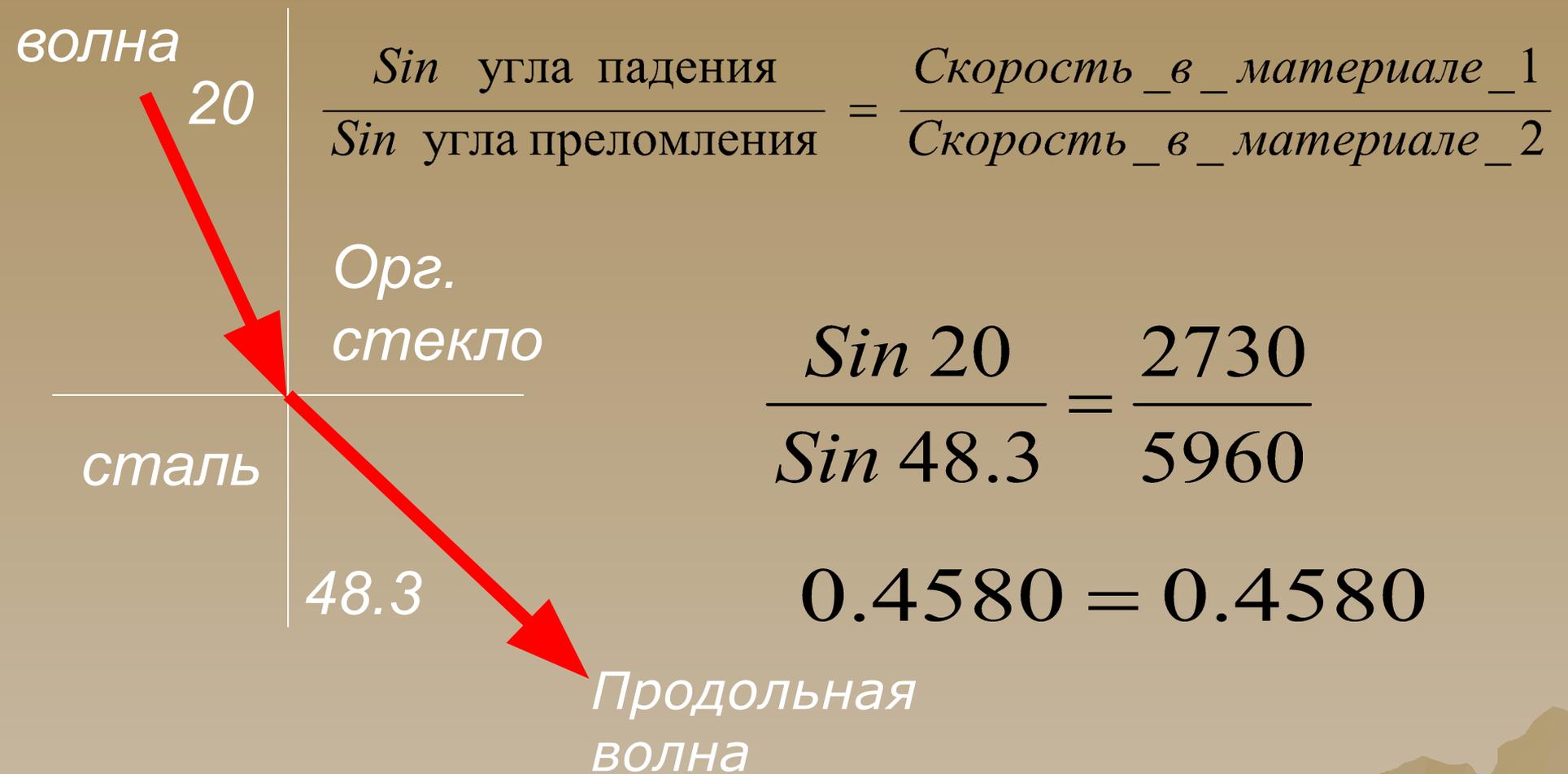
Звук преломляется из-за различных скоростей звука в двух материалах

Закон Снеллиуса



$$\frac{\sin \text{ угла падения}}{\sin \text{ угла преломления}} = \frac{\text{Скорость в материале 1}}{\text{Скорость в материале 2}}$$

Продольная волна Закон Снеллиуса



Закон Снеллиуса

$$\frac{\sin \text{ угла падения}}{\sin \text{ угла преломления}} = \frac{\text{Скорость в материале 1}}{\text{Скорость в материале 2}}$$



$$\frac{\sin 15}{\sin R} = \frac{2730}{5960}$$

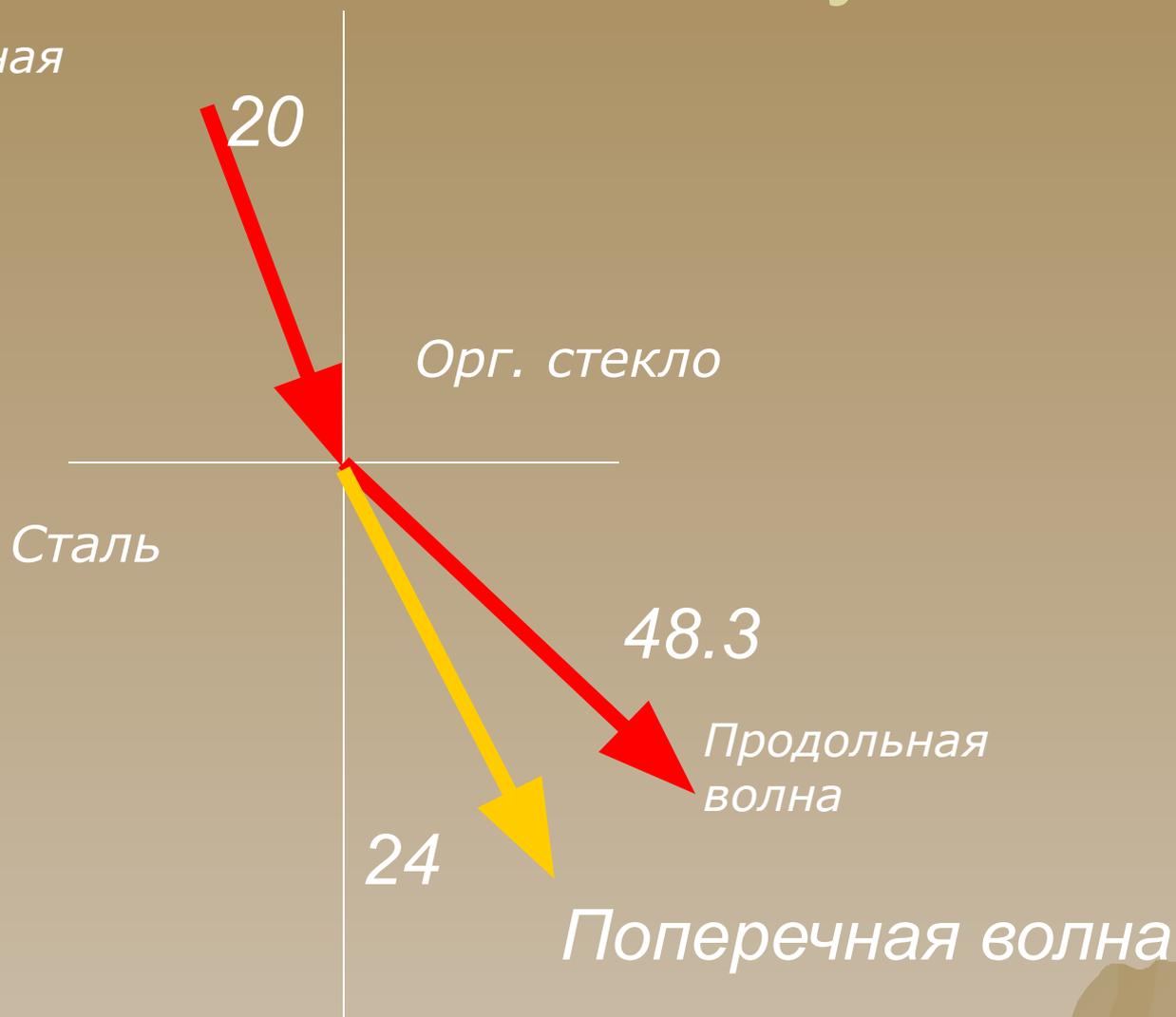
$$\sin R = \sin 15 \frac{5960}{2730}$$

$$\sin R = 0.565$$

$$R = 34.4$$

Закон Снеллиуса

Продольная волна

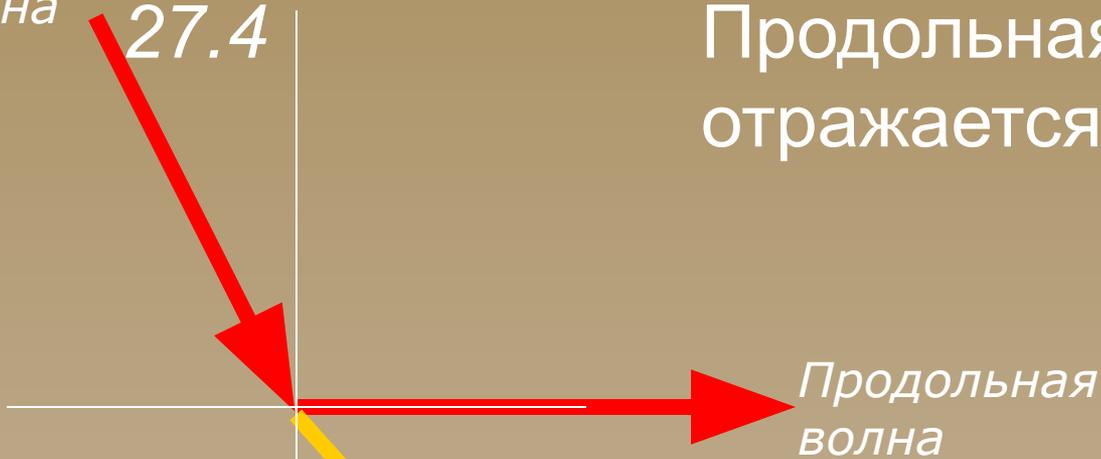


Первый критический угол

Продольная
волна

27.4

Продольная волна
отражается при 90 градусах

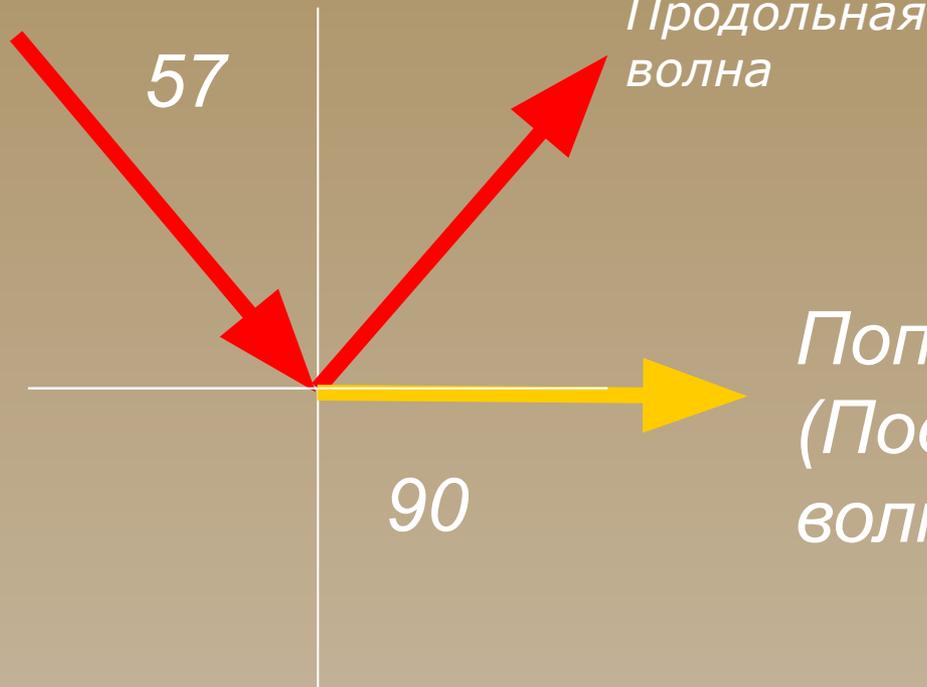


33

Поперечная волна

Второй критический угол

Продольная волна



Поперечная волна
(Поверхностная волна)

Поперечная волна преломленная при 90 градусах

Поперечная волна становится поверхностной

Расчёт первого критического угла

Продольная волна

27.2

Орг. стекло

Сталь

Продольная волна

Поперечная волна

$$\frac{\sin I}{\sin 90} = \frac{2730}{5960}$$

$$\sin 90 = 1$$

$$\sin I = \frac{2730}{5960}$$

$$\sin I = 0.458$$

$$I = 27.26$$

Расчёт второго критического угла

Продольная волна



Продольная волна

Орг. стекло Поперечная волна

Сталь

$$\frac{\sin I}{\sin 90} = \frac{2730}{3240}$$

$$\sin 90 = 1$$

$$\sin I = \frac{2730}{3240}$$

$$\sin I = 0.8425$$

$$I = 57.4$$

Краткое изложение

- ◆ Стандартный угол датчика между первым и вторым критическими углами (45,60,70)
- ◆ Угол ввода – угол преломления луча в стали
- ◆ Первый критический угол : продольная волна преломленная при 90 градусах
- ◆ Второй критический угол – угол, при котором поперечная волна преломляется под углом 90 градусов
- ◆ При втором критическом угле образуются критические волны

Закон Снеллиуса

- ◆ Расчёт первого критического угла для границы сред орг. стекло/медь
- ◆ Скорость продольной волны в орг. стекле: 2730м/сек
- ◆ Скорость продольной волны в меди: 4700m/sec

$$\sin I = \frac{2730}{4700} = 0.5808 = 35.5$$

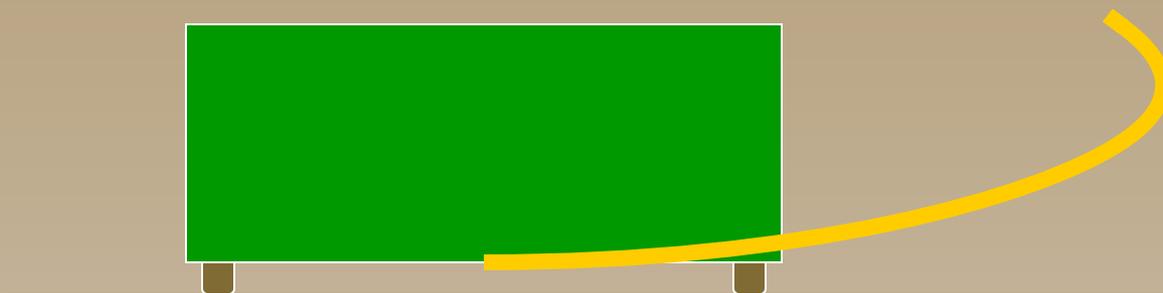
Автоматизированный контроль

- ◆ Эхо-импульсный
- ◆ Теневой
- ◆ Зеркально-теневой

- ◆ Контактный способ
- ◆ Щелевой способ
- ◆ Иммерсионный контроль

Щелевой способ

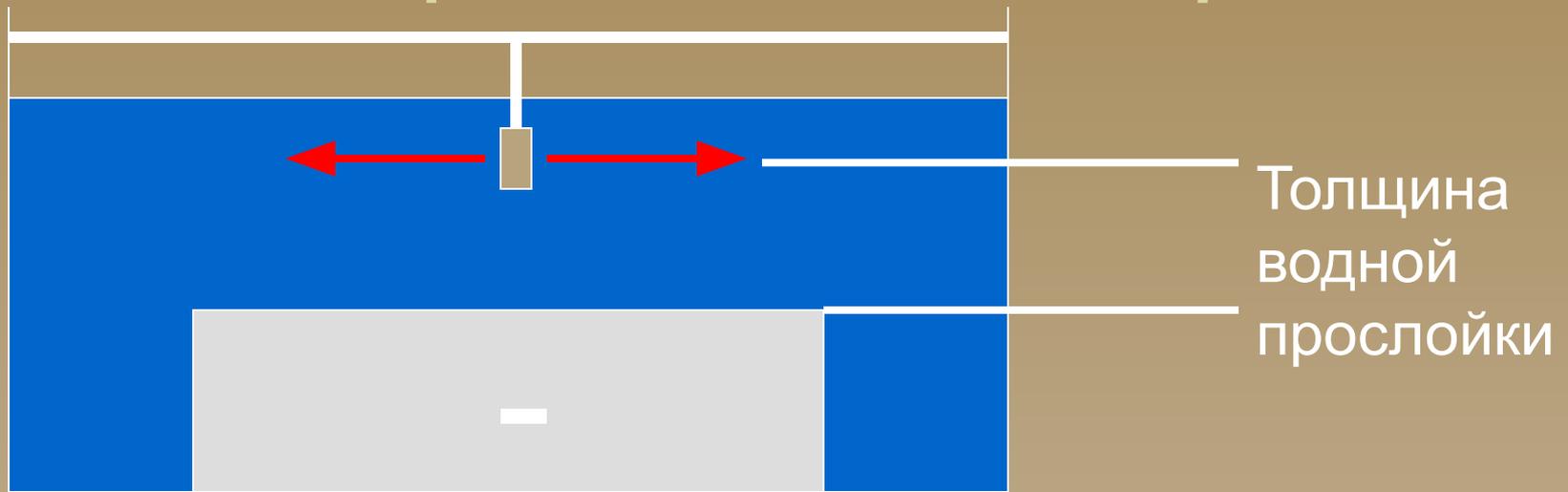
- ◆ Преобразователь устанавливается на определённом расстоянии от поверхности (1-2 мм)
- ◆ Контактная среда наполняет это пространство



Иммерсионный контроль

- ◆ Компоненты помещаются в ёмкость наполненную водой
- ◆ Деталь сканируется преобразователем на определённом расстоянии от поверхности

Иммерсионный контроль



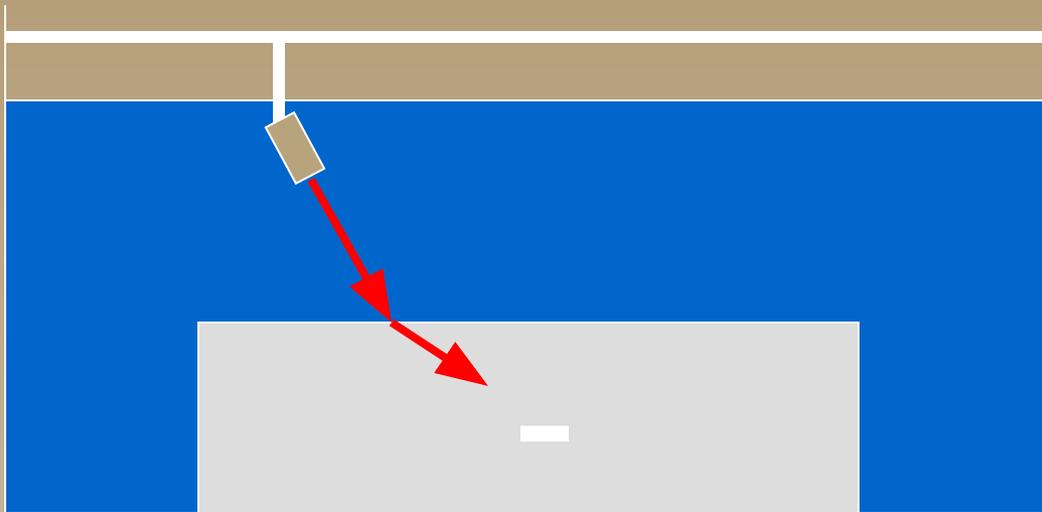
Верхняя грань

Нижняя грань

Сигнал от дефекта

Толщина водной прослойки

Иммерсионный контроль под углом



Виды развёрток

- ◆ А развёртка
- ◆ В развёртка
- ◆ С развёртка
- ◆ D развёртка