

# Ультразвуковая эхография (B-Scan)



Физика

Акустика

Ультразвук

Биология

Современные методы обработки изображений

Прикладные науки

Инженерные  
специальностиНеразрушающий  
контроль (НРА)Ультразвуковое  
исследование

Прикладные науки

Медицина

Радиология и ультразвуковая  
диагностика

Ультразвуковая томография



Уровень сложности

тяжелый



Кол-во учеников

2



Время подготовки

10 Минут



Время выполнения

45+ Минут

This content can also be found online at:


<http://localhost:1337/c/5f7e031f2c24d60003b4625d>



## Общая информация

### Описание



Рис. 1: Оборудование для ультразвуковой эхографии, экспериментальная установка

Ультрасонография или В-сканирование является важным вспомогательным средством для клинической оценки различных заболеваний глаз. Зная показания к ультразвуковому исследованию и правильную технику обследования, можно собрать огромный объем информации, который невозможно получить только при клиническом обследовании.

## Дополнительная информация (1/3)



### предварительные знания



### Научный принцип



Ультразвук - это звуковые волны с частотами, которые выше, чем те, которые слышит человек ( $> 20\,000$  Гц). Ультразвуковые изображения, также известные как сонограммы, создаются путем отправки импульсов ультразвука в ткань с помощью зонда. Ультразвуковые импульсы отражаются от тканей с различными отражательными свойствами и записываются и отображаются в виде изображения.

Основные принципы создания ультразвуковых изображений В-сканирования (яркое представление амплитуд отражения) демонстрируются с помощью простого исследуемого блока. Эксперимент выполняется с помощью ультразвукового эхоскопа в эхо-импульсном режиме, а сканирование объекта производится вручную. Затем оценивается качество изображения и наиболее важные дефекты изображения.

## Дополнительная информация (2/3)



### Цель обучения



Учащиеся должны узнать о распространении ультразвуковых волн, времени пролета, амплитуде эхо-сигнала, коэффициенте отражения, А-сканировании, обнаружении дефектов, неразрушающем контроле (NDT), ультразвуковом приемопередатчике

### Примечание

Обратите внимание на инструкции по эксплуатации и технике безопасности, приведенные в руководстве по эксплуатации ультразвукового эхоскопа.

## Дополнительная информация (3/3)



### Задачи



1. Измерьте штангенциркулем 3 длины кромки исследуемого блока и определите время распространения звука для различных длин кромок блока с помощью программного обеспечения для измерения.
2. Рассчитайте скорость звука в материале исследуемого блока и переключите программное обеспечение для измерения (режим А-сканирования) на измерение глубины
3. С помощью программного обеспечения для измерений (режим В-сканирования) выполните два В-сканирования, одно с зондом на 1 МГц, другое с зондом 2 МГц.
4. Измерьте глубину и ширину эхо-сигналов на полученных изображениях.
5. Охарактеризуйте качество изображений с точки зрения их разрешения и дефектов.

## Инструкции по технике безопасности



- Для этого эксперимента применяются общие инструкции по безопасному проведению экспериментов при преподавании естественных наук.
- Перед запуском установки внимательно прочтите прилагаемую инструкцию по эксплуатации. Убедитесь, что все инструкции по технике безопасности, перечисленные в инструкции по эксплуатации, строго выполняются при запуске устройства.
- Используйте устройство только по прямому назначению.
- Беременные женщины, а также люди с кардиостимуляторами должны находиться на расстоянии не менее 1 м от магнита.

## Теория (1/4)

Известная длина ( $s$ ) материала и измеренное время прохождения ( $t$ ) ультразвуковой волны могут быть использованы для определения скорости звука  $c$  с помощью уравнения (1):

$$c = \frac{2s}{t} \quad (\text{двойная длина в случае измерения отражения}) \quad (1)$$

Большинство ультразвуковых зондов имеют соединительный и защитный слой (согласующий слой) перед пьезокерамическим элементом. Этот слой приводит к ошибке измерения при определении скорости звука. Это означает, что измеренное время прохождения ( $t$ ) включает время прохождения в связующем слое  $t_L$ , а также в образце  $t_s$ .

Эту погрешность можно устранить, используя разность между двумя измерениями одного и того же материала с разной длиной  $s_1$  и  $s_2$  (уравнение (2)).

## Теория (2/4)

$$c = \frac{2(s_1 - s_2)}{t_1 - t_2} = \frac{2(s_1 - s_2)}{(t_{s_1} + t_L) - (t_{s_2} + t_L)} = \frac{2(s_1 - s_2)}{t_{s_1} - t_{s_2}} \quad (2)$$

На частичном ультразвуковом изображении (В-сканирование) амплитуда эхо-сигнала отображается как значение шкалы серого, а время прохождения - как глубина проникновения. Стока из нескольких смежных линий глубины приводит к изображению сечения. Для этого зонд необходимо перемещать в продольном направлении по области исследования. Локальное разрешение вдоль этой линии сканирования зависит от положения зонда или скорости его движения. Простой способ получить изображение в разрезе - медленно перемещать зонд вручную. Однако в этом случае точное поперечное разрешение возможно только с помощью дополнительных систем сбора координат, таких как линейные сканеры. С другой стороны, благодаря низкой скорости сканирования можно получать высококачественные изображения на расширенных участках исследования.

## Теория (3/4)



Качество изображения определяется следующими параметрами:

- Точная передача точек изображения на основе координат (система сканирования)
- Осевое разрешение (частота ультразвука)
- Боковое разрешение (частота звука, геометрия звукового поля и фокус)
- Разрешение по шкале серого (мощность передачи, коэффициент усиления и ТГК).
- Количество строк (скорость сканирования)
- Аберрации (акустические тени, множественные отражения и артефакты движения).

## Теория (4/4)



Фокусная область зонда  $x$  поршневого типа определяется геометрией зонда (радиус  $R$ ) и длиной волны ультразвуковой волны  $\lambda$  в материале со скоростью звука  $c$  на частоте волны  $f$ :

$$x = \frac{R^2}{\lambda} (4) \lambda = \frac{c}{f} \quad (3)$$

## Оборудование

Позиция	Материал	Пункт №.	Количество
1	Базовый набор "Ультразвуковая эхография II "	13924-99	1
2	Штангенциркуль с нониусом	03010-00	1
3	Линейка, пластмассовая, 200 мм	09937-01	1



# Подготовка и выполнение работы

## Подготовка и выполнение работы (1/14)

Базовый комплект "Ультразвуковой эхоскоп II" состоит из контроллера ультразвукового эхоскопа, который подключается к компьютеру через интерфейс USB, ультразвуковых зондов (1 МГц и 2 МГц), ультразвукового исследуемого блока, набора ультразвуковых цилиндров, ультразвуковых текстовых пластин, геля для ультразвуковой эхоскопии и программного обеспечения для эхоскопии для Windows.

На рисунке 1 показана схема проведения эксперимента.

### Блок УЗИ:

На следующем рисунке (рис. 2) показан технический чертеж ультразвукового исследуемого блока с его номинальными размерами.

Для облегчения связи на рисунке 3 указаны номера отдельных дефектов (отверстий) и обозначения расстояний измерения:

## Подготовка и выполнение работы (2/14)

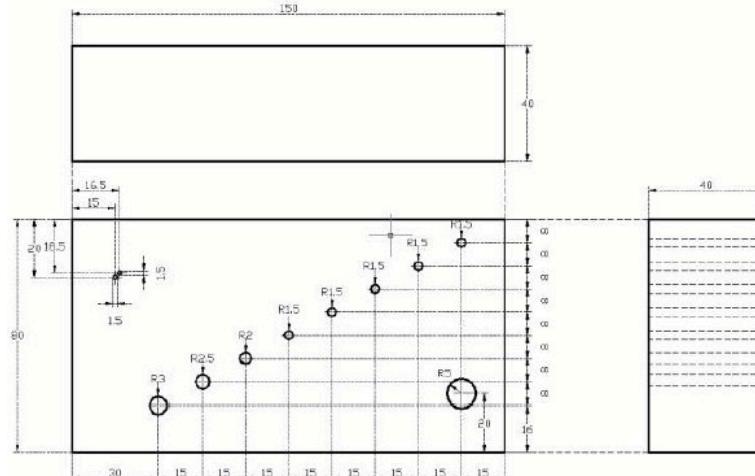


Рис. 2: Технический чертеж исследуемого блока ультразвукового контроля

## Подготовка и выполнение работы (3/14)

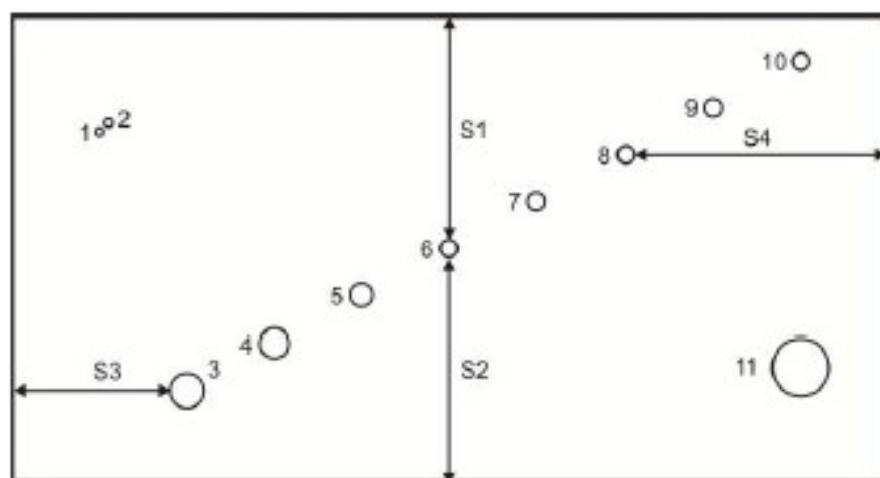


Рис.3: Названия дефектов (отверстий) и расстояния измерения

## Подготовка и выполнение работы (4/14)



### Рекомендации по применению геля для УЗИ:

Несмотря на то, что гель для ультразвука очень эффективен в этом эксперименте, мы рекомендуем использовать вместо него воду, поскольку её легче использовать во время эксперимента и удалять после него. Нанесите водяную пленку на поверхность исследуемого блока. Это даже полезно при проведении сканирования (т.е. если зонд должен постоянно перемещаться по поверхности блока).

**Внимание:** Если Вы предпочитаете работать с гелем для УЗИ, протрите ультразвуковой исследуемый блок и ультразвуковые зонды сразу после их использования в комбинации с гелем. Затем промойте их водой или мыльным раствором. Для очистки оборудования не используйте спирт или жидкости с растворителями. Избегайте механических повреждений поверхности (царапин и т.д.), так как это может негативно сказаться на контакте.

Пожалуйста, действуйте следующим образом:

## Подготовка и выполнение работы (5/14)



### Подключение оборудования

Подключите ультразвуковой эхоскоп к свободному USB-порту вашего компьютера с помощью USB-кабеля. Если программное обеспечение установлено правильно, устройство будет автоматически идентифицировано.

Подключите ультразвуковые зонды (1 МГц или 2 МГц) ко входу "Отражение". Для импульсных эхомерений переключатель должен быть установлен в положение "Отражение".

Нанесите на исследуемый блок тонкую водяную пленку.

**Внимание:** Не используйте слишком много воды для соединения, так как она может протечь под блок и изменить сигнал отражения нижнего эха (звук будет выведен на поверхность под блоком) (таблица).

## Подготовка и выполнение работы (6/14)



### Программное обеспечение

Программное обеспечение используется для записи, отображения и оценки данных. После запуска программного обеспечения устройство и интерфейс будут идентифицированы автоматически. Отобразится главный экран с сигналом А-сканирования в верхней части и TGC в нижней части. Также будут отображаться частота приемника и настройки устройства (усиление, мощность передачи, отражение / передача). Курсоры измерения можно перемещать с помощью мыши, после чего можно считывать амплитуду и время прохождения. Все остальные настройки доступны через меню или с помощью кнопок в интерфейсе программы.

**Внимание:** Соблюдайте, пожалуйста, специальные инструкции по эксплуатации и технике безопасности, содержащиеся в инструкциях по эксплуатации ультразвукового эхоскопа.

## Подготовка и выполнение работы (7/14)



### Проведение эксперимента

Чтобы определить скорость звука в материале исследуемого блока, необходимо измерить длину всех кромок штангенциркулем. Затем подведите ультразвуковой зонд к блоку с помощью небольшого количества воды или геля для ультразвука. Сделайте это в месте с как можно меньшим количеством дефектов (отверстий). Определите время прохождения до противоположной поверхности объекта в режиме А-сканирования. Установите усиление, включая TGC и мощность передачи, чтобы эхо можно было обнаружить без проблем (см. Рис. 4-6). На больших расстояниях следует выбирать более высокое усиление из-за сильного затухания. Во время измерения длинной стороны А-сканирование всегда будет включать в себя эхо-сигналы от отверстий (рис. 6). Нижний эхо-сигнал (отражение на противоположной стороне) можно легко идентифицировать, перемещая зонд, поскольку он сохраняет свое положение при А-сканировании.

## Подготовка и выполнение работы (8/14)

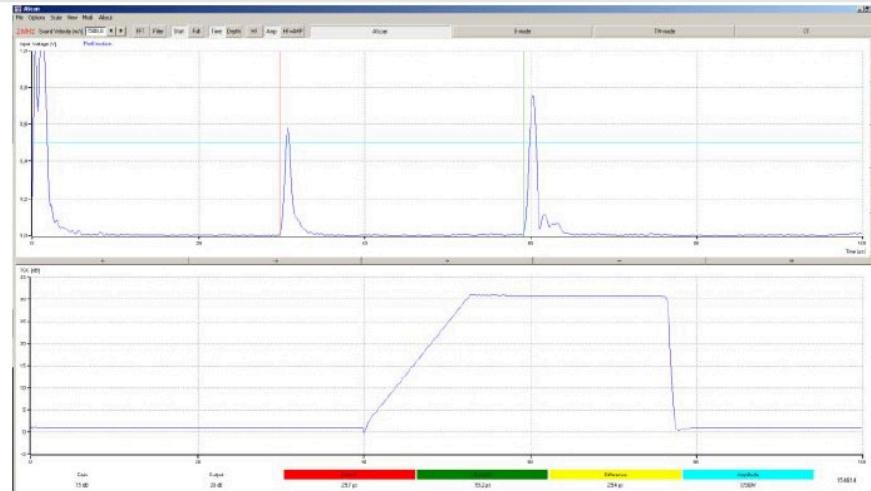


Рис.4: Сторона 1 с длиной кромки прибл. 40 мм

## Подготовка и выполнение работы (9/14)

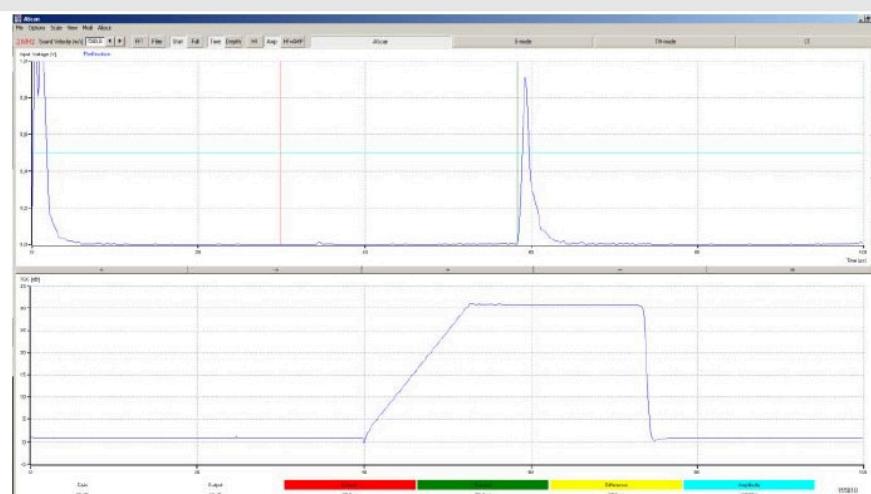


Рис. 5: Сторона 2 с длиной кромки прибл. 80 мм

## Подготовка и выполнение работы (10/14)

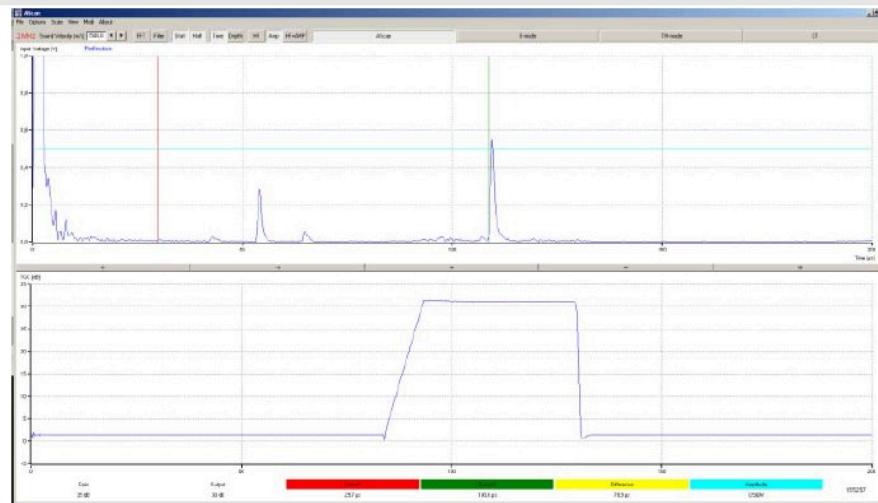


Рис. 6: Сторона 3 с длиной кромки прибл. 150 мм

## Подготовка и выполнение работы (11/14)

Время прохождения и длины кромок можно использовать в сочетании с уравнением (1) для определения скорости звука в материале исследуемого блока.

Введите это значение в поле "Скорость звука" и переключите программное обеспечение на измерение глубины ( "Глубина"). Настройки передачи и приема эхоскопа должны быть выбраны таким образом, чтобы амплитуда сигнала не превышала пределы даже в том случае, если объекты находятся вблизи поверхности. Для этого настройки TGC должны быть изменены (см. рис. 7).

## Подготовка и выполнение работы (12/14)

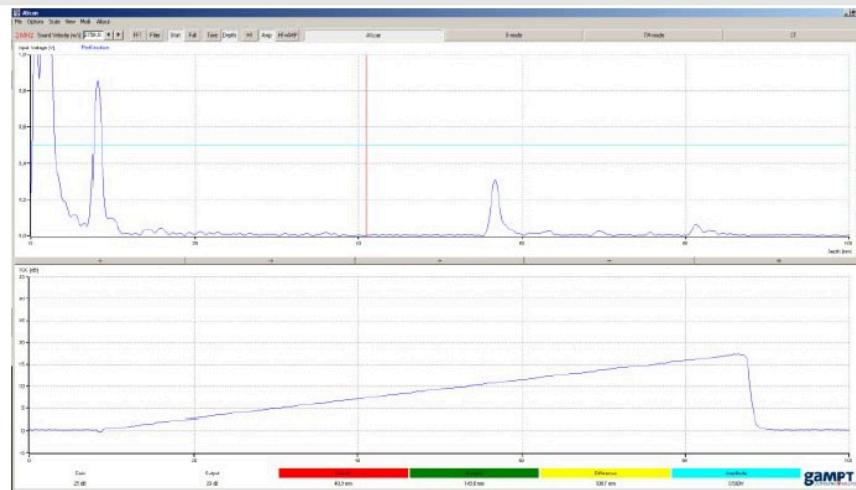


Рис. 7: Настройки программного обеспечения в режиме А-сканирования для ручной записи В-сканирования

## Подготовка и выполнение работы (13/14)

Затем нажмите кнопку "В-Режим", чтобы запустить программу для записи двухмерного изображения яркости (В-сканирование, яркость).

Поместите блок на его длинную сторону и поместите зонд 1 МГц к одному из краев исследуемого блока, смоченного небольшим количеством воды. Нажмите кнопку "Старт" в программном обеспечении и плавно перемещайте датчик по блоку.

Когда другой конец исследуемого блока будет достигнут, остановите программное обеспечение (кнопка "Стоп"). Контрастность и яркость записанного В-сканированного изображения могут быть изменены с помощью функций обработки изображения. Расстояние между отверстиями и верхним краем может быть измерено на изображении с помощью курсора (компьютерной мыши).

Повторите измерение с помощью зонда на 2 МГц и сравните качество изображений.

## Подготовка и выполнение работы (14/14)



Рис.8: Экран В-режима до начала измерения (с текущим А-сканированием и TGC справа)

## Оценка (1/12)

### Результаты

В таблице 1 показаны длины кромок, измеренные штангенциркулем, и время прохождения, измеренное с помощью эхоскопа (рис. 4-6).

С помощью этих значений можно использовать уравнение (2) для определения скорости звука в материале.

На основании этих расчетов скорость звука в исследуемом блоке из акрилового стекла составляет 2754 м/с, и это значение принимается во внимание при В-сканировании. В результате с помощью курсора можно измерить отверстия прямо на изображении. В таблице 3 показаны расстояния, измеренные при В-сканировании, в сравнении со значениями, измеренными с помощью штангенциркуля.

**Оценка (2/12)**

	Длина	Время пролета
	[ мм ]	[ мкс ]
$s_1$	40.6	29.5
$s_2$	80.0	58.4
$s_3$	149.2	108.9

Таблица 1: Длины кромок исследуемых объектов и времяпр么ождения (пролета)

**Оценка (3/12)**

Измерение	Скорость звука
	[ м/с ]
$s_2 - s_1$	2,755
$s_3 - s_1$	2,753
Среднее значение	2,754

Таблица 2: Скорость звука в исследуемом блоке

## Оценка (4/12)

На основании этих расчетов скорость звука в блоке из акрилового стекла составляет 2754 м / с, и это значение принимается во внимание при В-сканировании. В результате можно измерять отверстия прямо на изображении с помощью курсора. В таблице 3 показаны расстояния, измеренные при В-сканировании, в сравнении со значениями, измеренными с помощью штангенциркуля.

Измерение штангенциркулем выполняется непосредственно у верхнего края отверстия. Эта точка слишком мала для ультразвуковой волны и поэтому измеряется средний сигнал поверхности отверстия. Осевое разрешение, улучшенное с увеличением частоты, очень хорошо видно. Значения, полученные с помощью зонда на 2 МГц намного ближе к значениям, определенным штангенциркулем.

Комбинированный сложный метод сканирования позволяет представить исследуемый блок с высоким качеством изображения. Поскольку зонд перемещается вручную, артефакты движения являются самой большой проблемой с точки зрения разрешения по горизонтали. На рисунках 9 и 10 показаны изображения В-сканирования, полученные с помощью зонда 1 МГц и зонда 2 МГц соответственно.

## Оценка (5/12)

Отверстие	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Глубина (2 МГц), мм	20.5	18.8	62.2	54.7	47.1	39.6	31.7	23.5	15.5	7.8	56
Глубина (2 МГц), мм	-	19.9	62.9	55.3	48	40.5	32.6	24.4	16.4	8.9	57.1
Глубина (штангенциркуль), мм	19.3	17.5	60.8	53.5	45.9	38.3	30.4	22.3	14.3	6.3	54.8

Таблица 3: Расстояния, измеренные при В-сканировании

## Оценка (6/12)

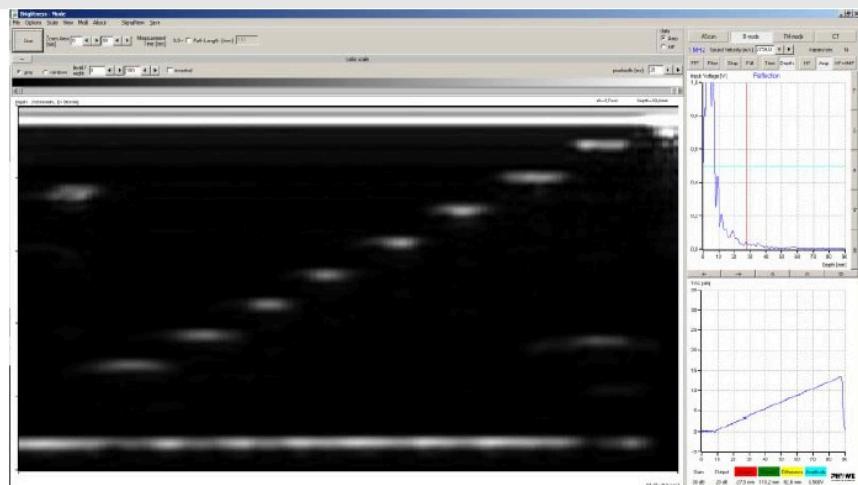


Рис. 9: Изображение В-сканирования, полученное с помощью зонда частотой 1 МГц, время измерения 10 секунд, изображение не обработано.

## Оценка (7/12)

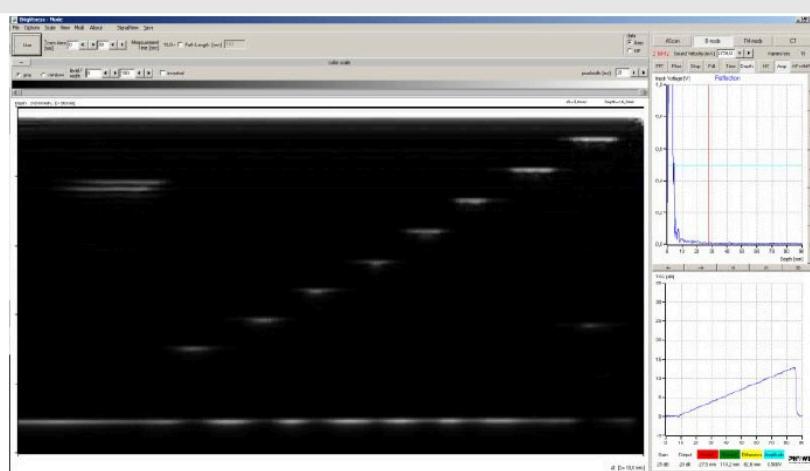


Рис. 10: Изображение В-сканирования, полученное с помощью зонда на 2 МГц, время измерения 10 секунд, изображение не обработано.

## Оценка (8/12)



Из 5 верхних отверстий наклонной группы (диаметр отверстия: 3 мм) третье отверстие сверху (отверстие № 8) отображается с наилучшим разрешением по горизонтали, поскольку зона фокусировки зонда с частотой 1 МГц находится примерно на 2,3 см. Зона фокусировки зонда с частотой 2 МГц находится немного глубже, так что в этом случае самое высокое разрешение по горизонтали можно найти в пятом отверстии сверху (отверстие № 6). В таблице 3 приведены несколько значений для оценки зоны фокусировки в соответствии с уравнением (3).

Два маленьких отверстия можно отличить только с помощью зонда на 2 МГц, так как он имеет значительно более высокое осевое разрешение.

## Оценка (9/12)



Датчик	Радиус [ мм ]	Частота [МГц]	Скорость звука [м/с ]	Длина волны [ мм ]	Зона фокусировки [см ]
1 МГц	8	1	2,754	2.75	2.3
2 МГц	8	2	2,754	1.38	4.6

Таблица 4: Зона фокусировки датчиков

## Оценка (10/12)

Светлое нижнее эхо прерывается несколькими более темными участками, так как дефекты, расположенные над ним, отбрасывают акустическую тень. Измерения, особенно под большим дефектом в правом нижнем углу невозможны.

На рис. 11 показано изображение В-сканирования с измененными настройками контраста. Тот же результат будет обеспечен усилителем с перегрузкой. Отверстие, которое находится ближе всего к поверхности (отверстие № 10), больше не может быть обнаружено в начальном эхо-сигнале зонда.

В случае ручного сканирования, устойчивость движения играет важную роль. Этот метод чувствителен к боковому разрешению и общим ошибкам измерения. На рис. 12 показаны измерения, выполненные с нерегулярной скоростью сканирования. Представление расстояний между отверстиями с правой стороны является неверным.

## Оценка (11/12)

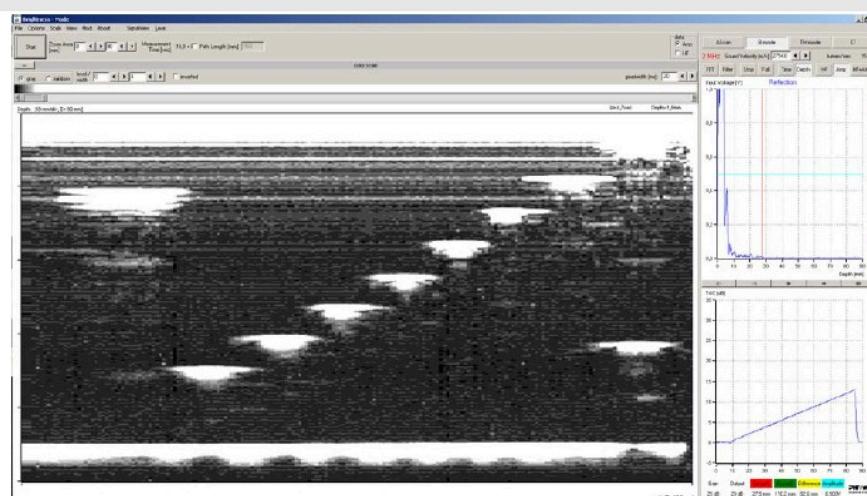


Рис. 11: Изображение В-сканирования с сильно превышающим сигналом

## Оценка (12/12)

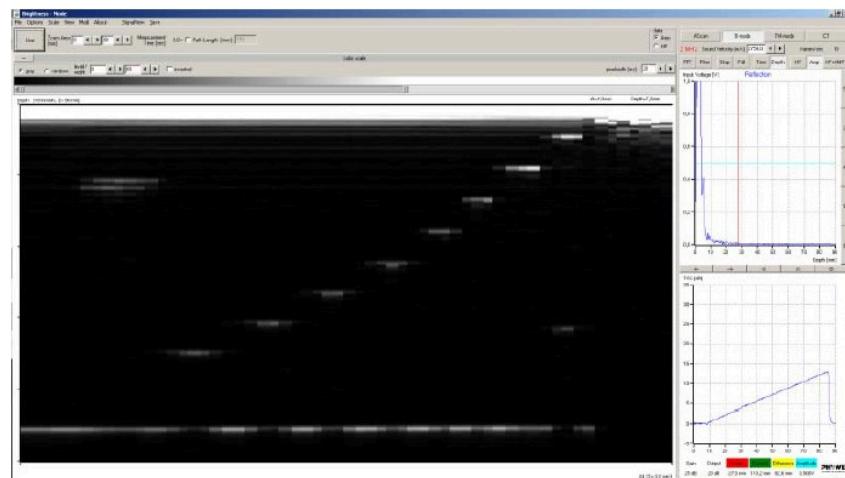


Рис. 12: В-сканированное изображение, полученное при нерегулярном движении датчика.

## Оценка (11/11)

Заполните пробелы в тексте

На частичном ультразвуковом изображении (В-сканирование)  отображается как значение шкалы серого, а время прохождения(пролета) - как  . Стока из нескольких смежных линий глубины приводит к изображению сечения. Для этого зонд необходимо перемещать  по области исследования.  вдоль этой линии сканирования зависит от положения зонда или скорости его движения.

Проверить

Слайд

Оценка / Всего

Слайд 39: B-Scan

0/4

Общий балл

0/4



Показать решения



Вспомнить

22/22