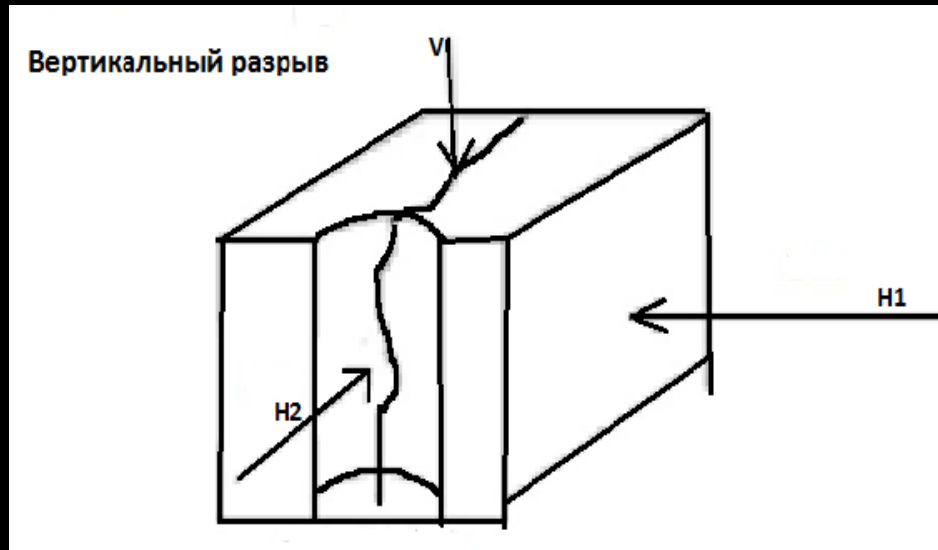


Особенности распространения дисковой трещины гидроразрыва в лабораторном эксперименте

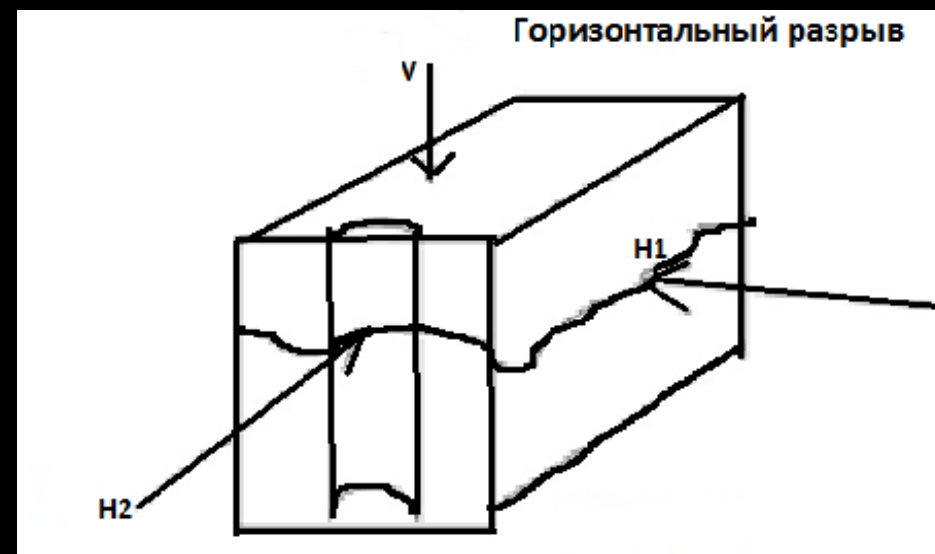
Дипломная работа на соискание степени магистра
Лукиной Анны Александровны

Научный руководитель: Зенченко Евгений Викторович

Гидравлический разрыв пласта



$$V > H2 > H1$$



$$H2 > V, H1 > V$$

Схема распространения трещин ГРП в зависимости от напряженно-деформированных состояний массива породы. Вертикальный и горизонтальный разрыв, где $H1, H2$ – горизонтальные напряжения, V – вертикальное.

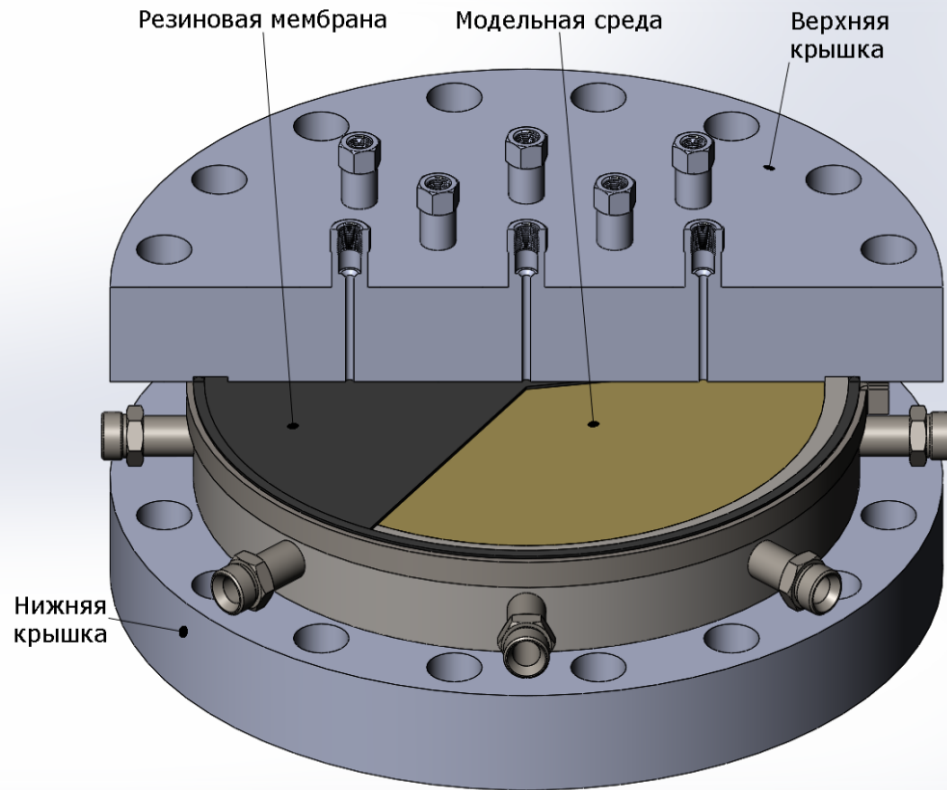
Цель

- Исследование распространения трещины гидроразрыва в различных условиях напряженно-деформированного состояния в условиях лабораторного эксперимента.

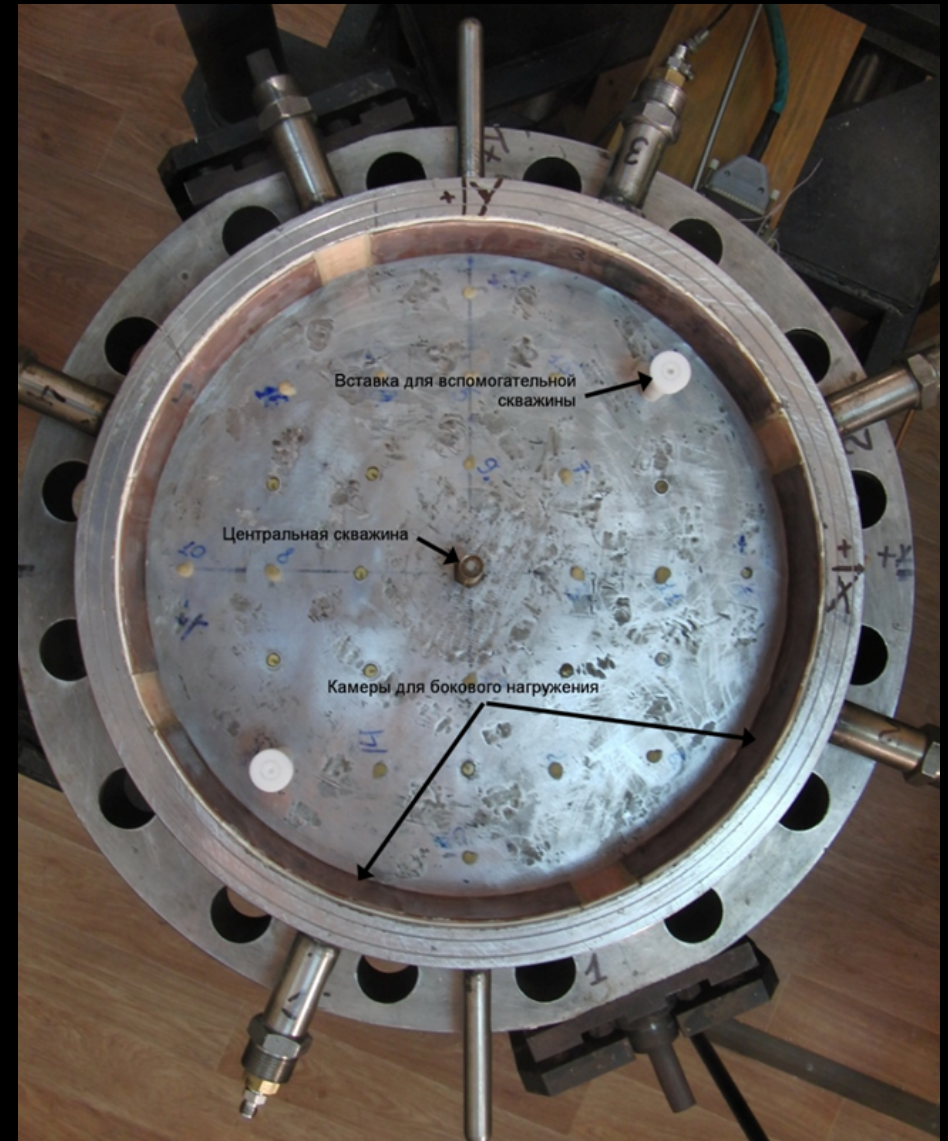
Задачи

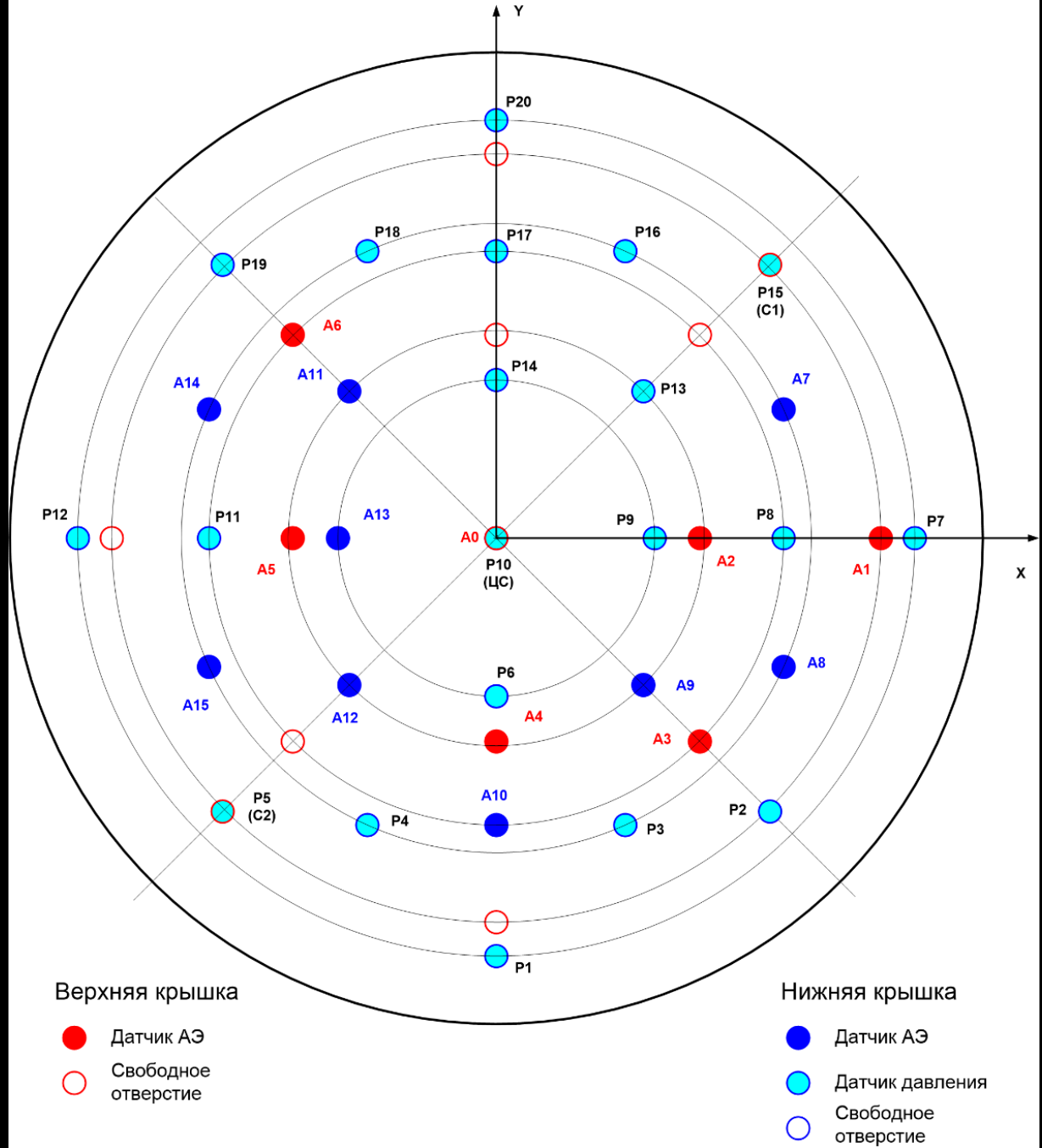
- Исследовать условия возникновения дисковой трещины гидроразрыва;
- Исследовать образование трещины повторного гидроразрыва при изменении напряженно-деформированного состояния;
- Локация источников акустической эмиссии при распространении трещины ГРП;
- Измерение скорости распространения трещины различными методами;
- Измерение скорости распространения фронта жидкости в трещине;

Экспериментальная установка



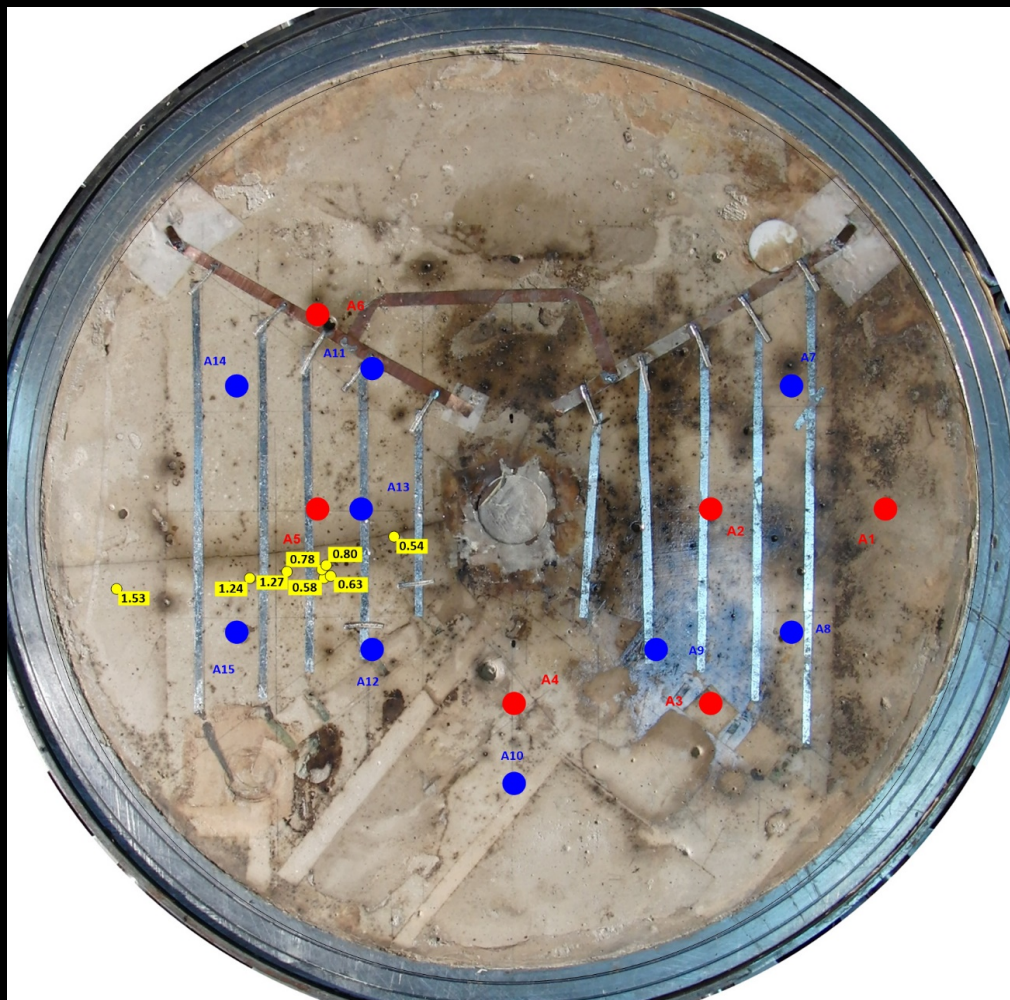
Параметры рабочей камеры:
диаметр - 430 мм, высота – 70 мм





Эксперимент №1

Фото образца после проведения эксперимента. Красные кружки обозначают приемники АЭ в верхней крышке установки, синие – в нижней. Жёлтыми кружками отмечены точки расположения источников акустической эмиссии в горизонтальной плоскости с указанием времени в секундах относительно момента образования трещины.



- Ширина полосок – 3 мм, толщина 3 мкм;
- В качестве затравки в образце были проделаны небольшие углубления в середине скважины, глубиной 3 мм, высотой 10 мм;
- Вертикальное давление на образец – 6.5 МПа;
- Горизонтальное давление:

Х – 1.8-2.2 МПа,

У – 0.6 МПа;

- Датчики АЭ: А4, А5, А12 и А15;

Эксперимент №1

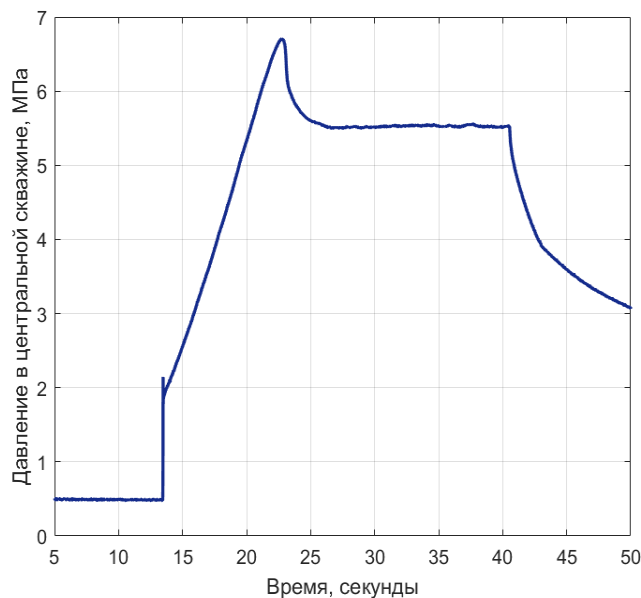
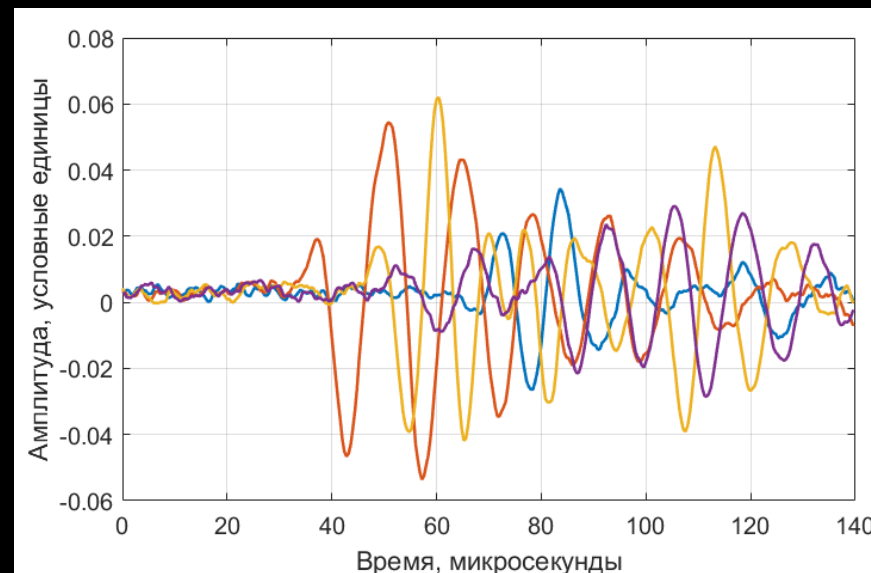
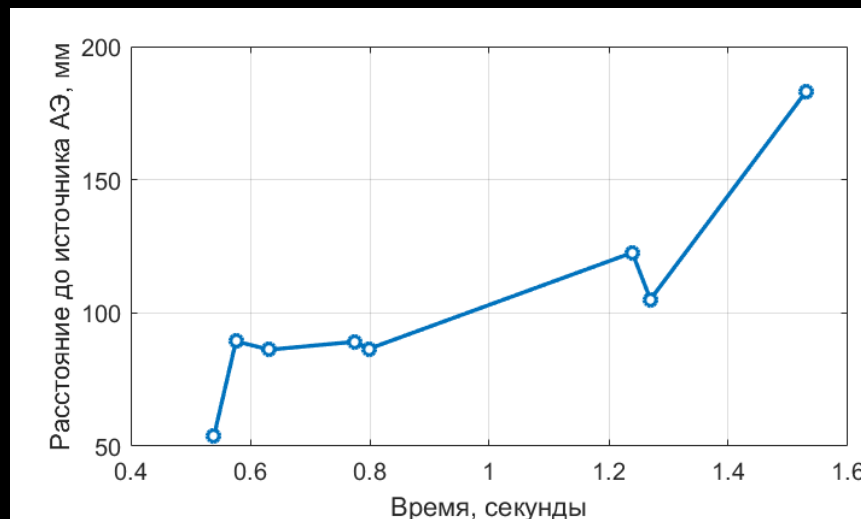


График давления в центральной скважине в процессе ГРП.



Пример записи одного зарегистрированного события АЭ на нескольких каналах.



Зависимость длины трещины ГРП от времени.

- Образование трещины произошло при давлении ≈ 6.7 МПа;
- Полоски не порвались в процессе эксперимента;
- Выбранной группой датчиков АЭ было зарегистрировано 13 событий, 8 из которых были надежно локализованы;
- Средняя скорость роста трещины по данным АЭ составляет в этом эксперименте 90 мм/с

Эксперимент №2



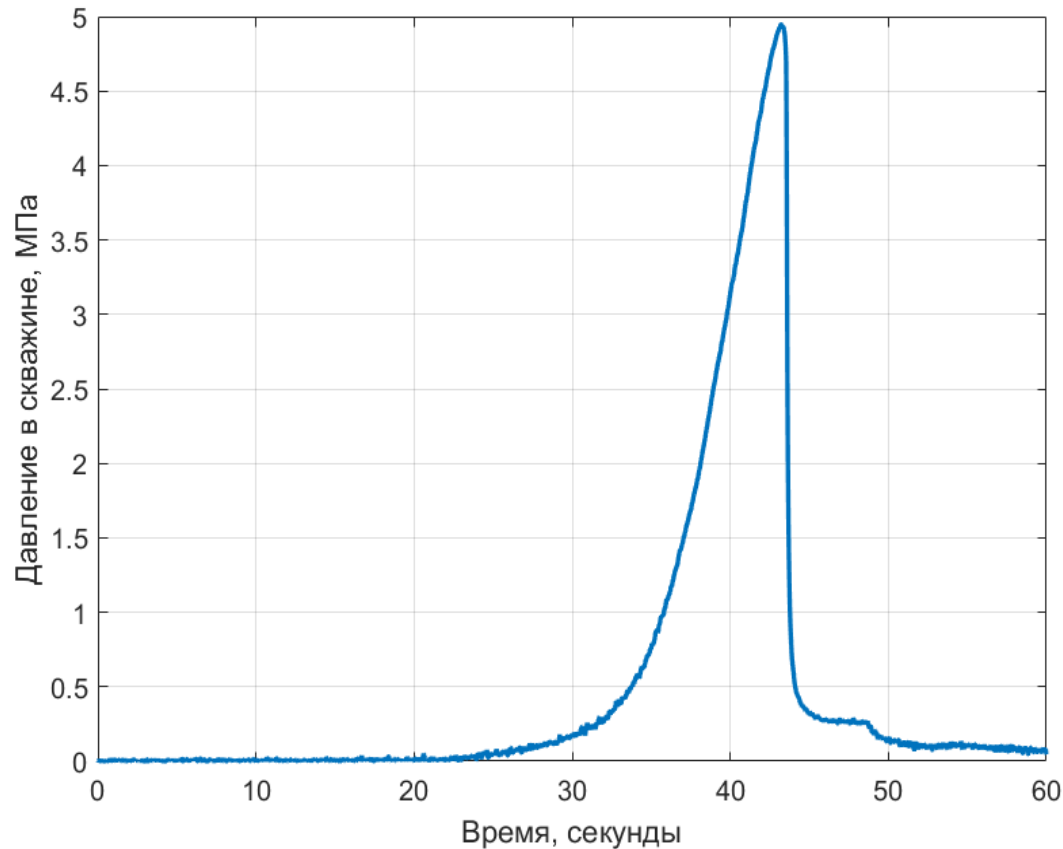
Вид гипсового образца после эксперимента.



Центральная скважина с затравкой для горизонтальной трещины ГРП

- При заливке образца была использована затравка для трещины;
- Параметры образца:
 - Диаметр – 105 мм
 - Высота – 60 мм
 - Диаметр затравки – 25 мм
- Давление на образец можно считать незначительным;

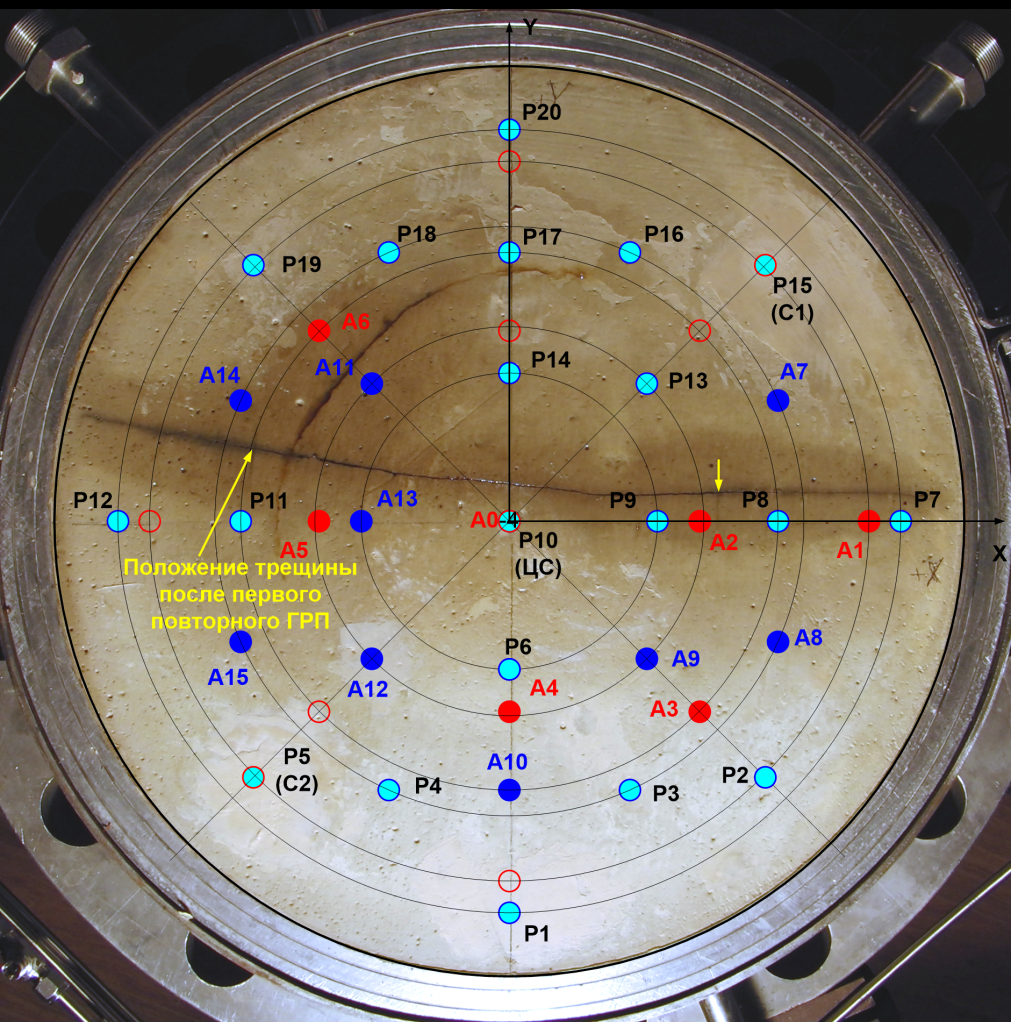
Эксперимент №2



- Максимальное давление в скважине ≈ 5 МПа;
- Трещина вышла на поверхность через 0.30 с после начала образования;
- Масло вышло на поверхность еще через 0.28 с после этого;
- Средняя скорость роста трещины 130 мм/с;
- Средняя скорость распространения фронта масла 70 мм/с.

Кривая давления в центральной скважине ГРП от времени.

Эксперимент № 3 (Горизонтальная трещина)



Верхняя крышка

- Датчик АЭ
- Свободное отверстие

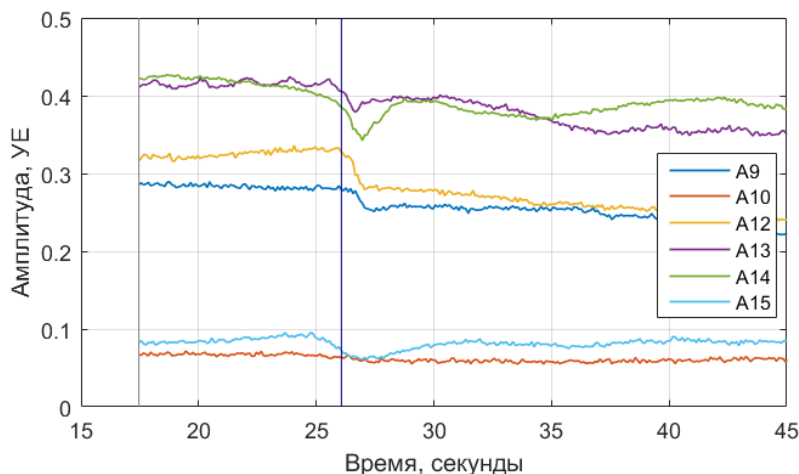
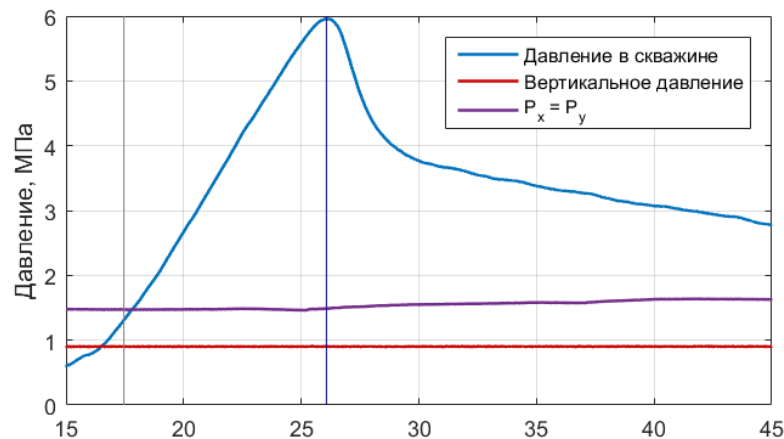
Нижняя крышка

- Датчик АЭ
- Датчик давления

Фото образца после первого и двух повторных ГРП с наложением схемы расположения акустических датчиков и датчиков давления.

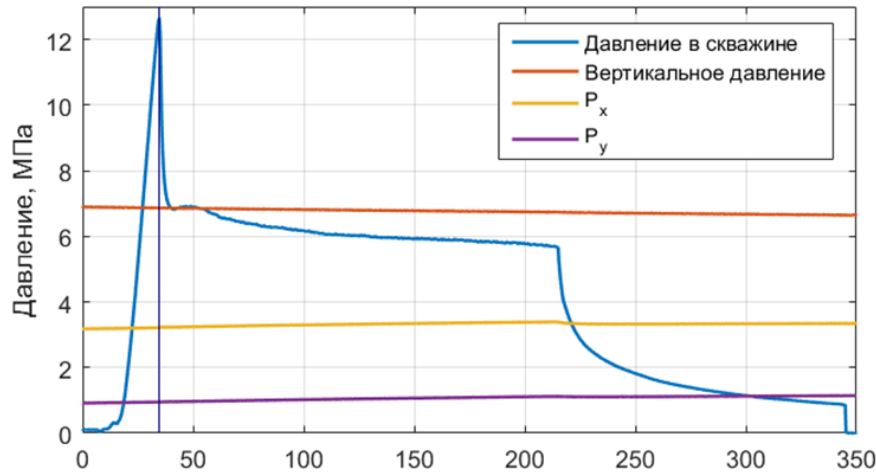
- Была использована затравка для создания обсаженной скважины;
- Вертикальное давление установлено на уровне 0.95 МПа;
- Горизонтальные давления ≈ 1.5 МПа;
- Акустический мониторинг: излучатель – А0, приемники А9, А10, А12, А13, А14, А15 [период повторения импульсов 0.1 с].

Эксперимент № 3 (Горизонтальная трещина)



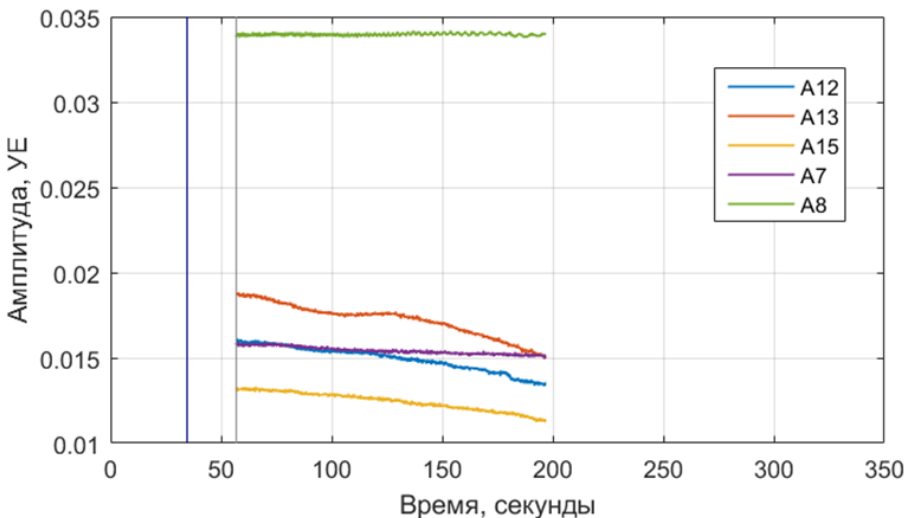
- Максимальное давление ≈ 6 МПа;
- Спад амплитуд – начало роста сухой трещины;
- Скачок амплитуд вверх – заполнение трещины жидкостью;
- Удалось оценить, что скорость заполнения трещины жидкостью ≈ 35 мм/с

Эксперимент № 3 (Повторный ГРП)



Верхняя панель – графики давления во время эксперимента. Вертикальная линия – момент достижения максимума давления.

- Вертикальное давление ≈ 6.2 МПа,
- Давление в горизонтальном направлении ≈ 2.5 МПа,
- Датчики для акустического мониторинга А3, А9, А10 и А12, излучатель – А4.
- Максимальное давление в скважине ≈ 12.5 МПа
- Скорость в этом эксперименте измерить не удалось.



Нижняя панель – изменение амплитуды импульсов с разных датчиков АЭ во время эксперимента



Заключение

- Установлено, что источники акустической эмиссии в проведенном эксперименте находятся в узкой окрестности трещины ГРП.
- По данным акустической эмиссии оценена величина скорости трещины ГРП (приблизительно 9 см/с).
- Измерена средняя скорость роста трещины (13 см/с) и распространения по ней фронта жидкости (7 см/с) в ненагруженном образце.
- Установлено, что сухая трещина начинает образовываться до достижения максимального давления в скважине.
- С помощью активной акустики определена средняя скорость распространения фронта жидкости ГРП по сухой трещине в нагруженном образце (3.5 см/с).
- Повторный ГРП в условиях существенного превышения вертикального давления над горизонтальным приводит к возникновению вертикальной трещины.

Благодарности

- Автор хочет выразить огромную благодарность своему научному руководителю Евгению Викторовичу Зенченко за неоценимую помощь в выполнении данной дипломной работы и поддержку в решении поставленной цели.
- Автор также выражает свою благодарность Сергею Борисовичу Турунтаеву и Владимиру Владимировичу Жмуру за поддержку исследовательской работы и предоставление шанса на ее выполнение.

Спасибо за внимание!