

# ГИДРОРАЗРЫВ ПЛАСТА

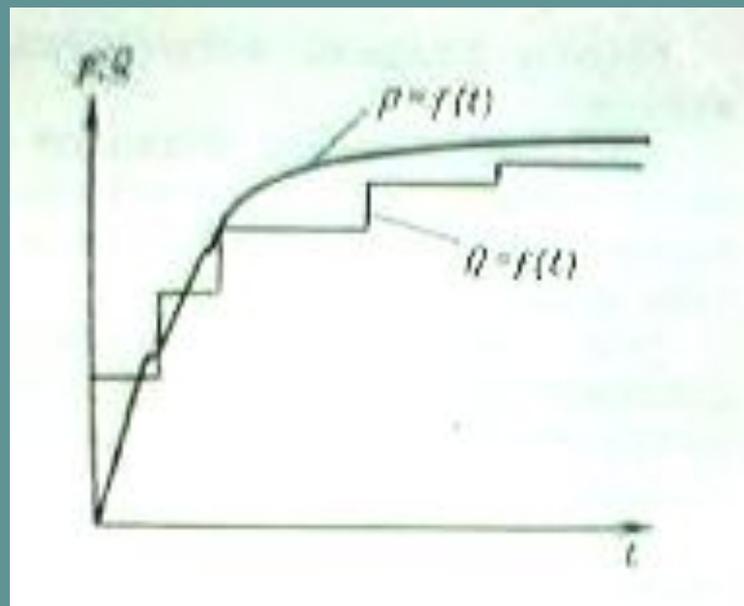
Основной курс

# Введение

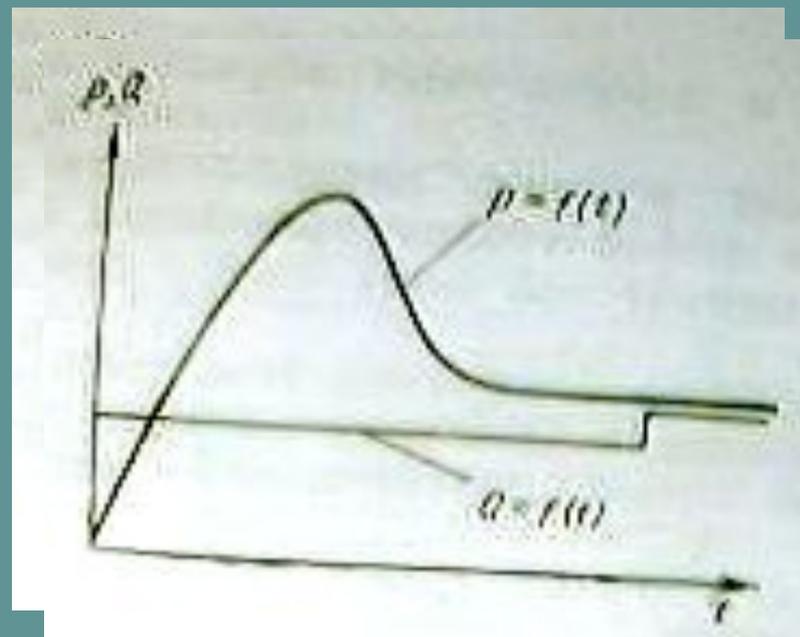
- ◆ Раскрытие естественных трещин
- ◆ Образование искусственных трещин
- ◆ Расклинивание образованных трещин

1940 г. – начало производства ГРП

# Образование трещин



Изменение расхода и давления при раскрытии естественных трещин



Изменение расхода и давления при образовании искусственных трещин

# Применение ГРП

- ◆ Высокопроницаемые коллектора
- ◆ Низкопроницаемые коллектора

## Цели ГРП

- ◆ Увеличение продуктивности
- ◆ Преодоление загрязненной зоны
- ◆ Обеспечение максимального дебита

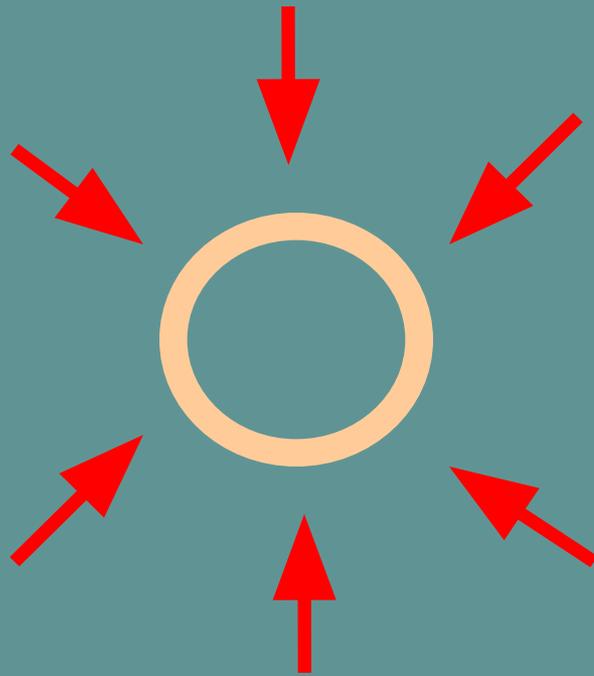
# ГРП в коллекторах с низкой проницаемостью

- увеличение добычи или приемистости созданием каналов с высокой продуктивностью,
- улучшение сообщаемости флюидов между скважиной и пластом.

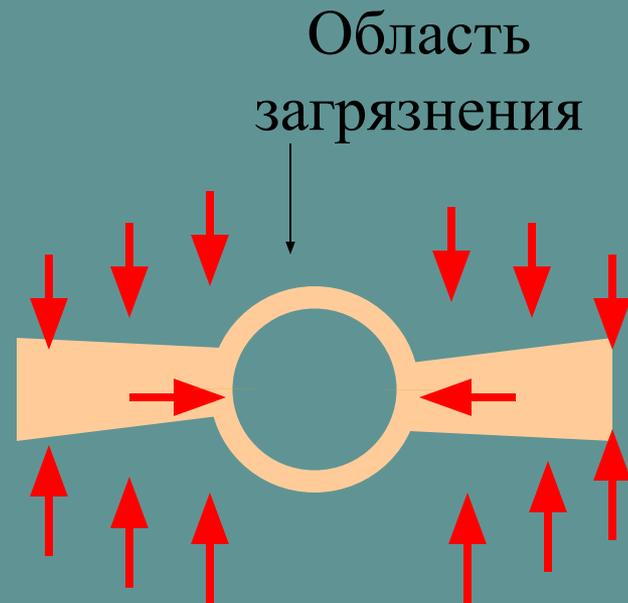
# ГРП в коллекторах с высокой проницаемостью

- ◆ Изменение радиального характера притока жидкости из пласта к забою скважины на линейный или билинейный.
- ◆ Решение проблемы снижения проницаемости призабойной зоны скважины.

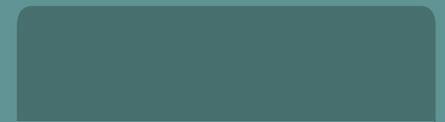
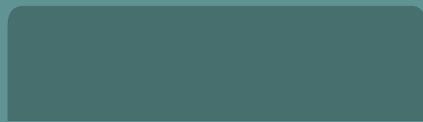
# Режимы притока



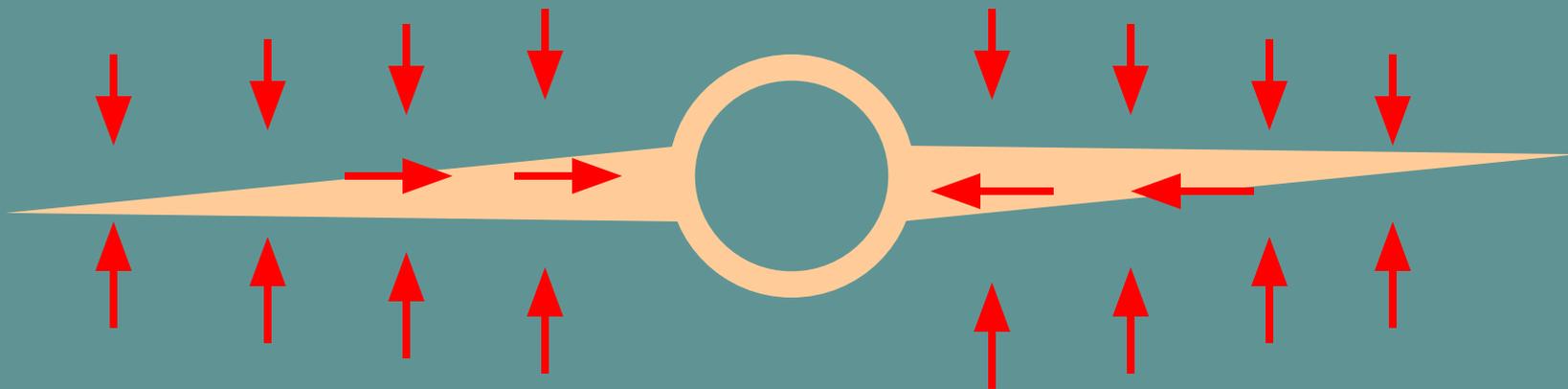
Скважина до ГРП.  
Радиальный приток



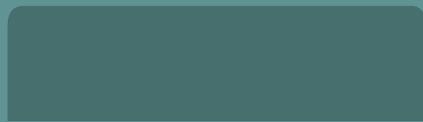
Скважина после ГРП (высокая  
проницаемость, линейный  
приток)



# Режимы притока



Билинейный приток , низкая проницаемость



# Технология концевое экранирования ( TSO )

- ◆ ГРП в высокопроницаемых пропластках.
- ◆ Создание широких и коротких трещин, проникающих за пределы зоны загрязнения.
- ◆ Длина трещин примерно 50 м.

# Формирование трещин при TSO



- Рост трещины до запланированной длины.
- Образование перемычки пропантa.

# Формирование трещин при TSO



- ◆ Повышение внутреннего эффективного давления в трещине
- ◆ Расширение трещины

# Формирование трещин при TSO



- ◆ Образование проппантной упаковки.
- ◆ Заполнение трещины.

# Безразмерная гидравлическая проводимость трещины

$$C = (W * k_{prop}) / (x * k_{form})$$

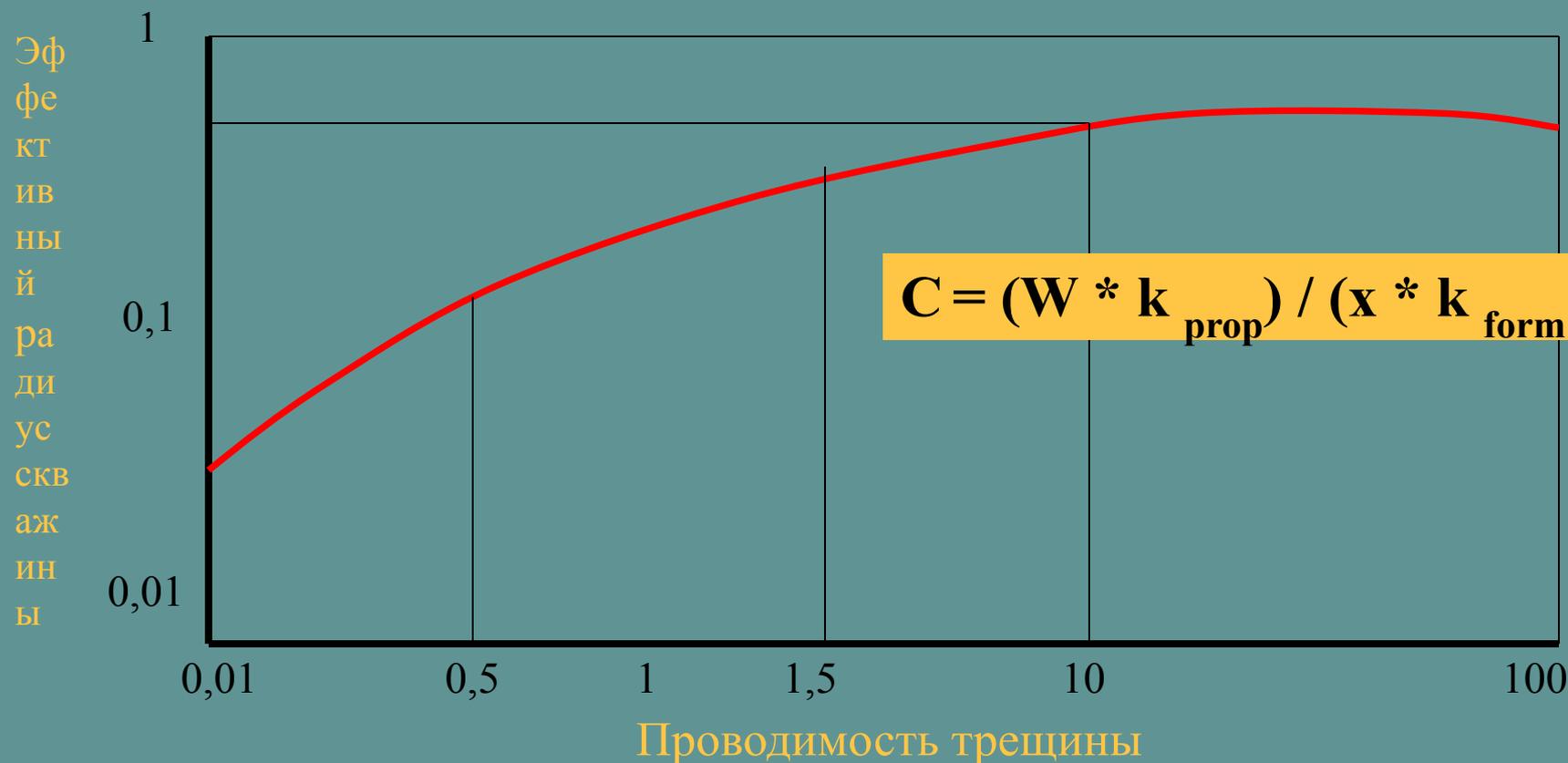
$W$  – раскрытие трещины ,

$k_{prop}$  – проницаемость пропантной набивки ,

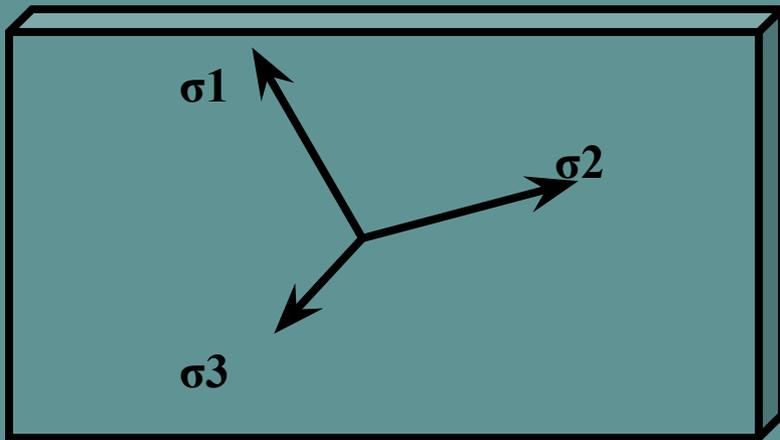
$x$  – полудлина трещины ,

$k_{form}$  – проницаемость пласта .

# Увеличение эффективного радиуса скважины в зависимости от проводимости трещины



# Образование трещин гидроразрыва

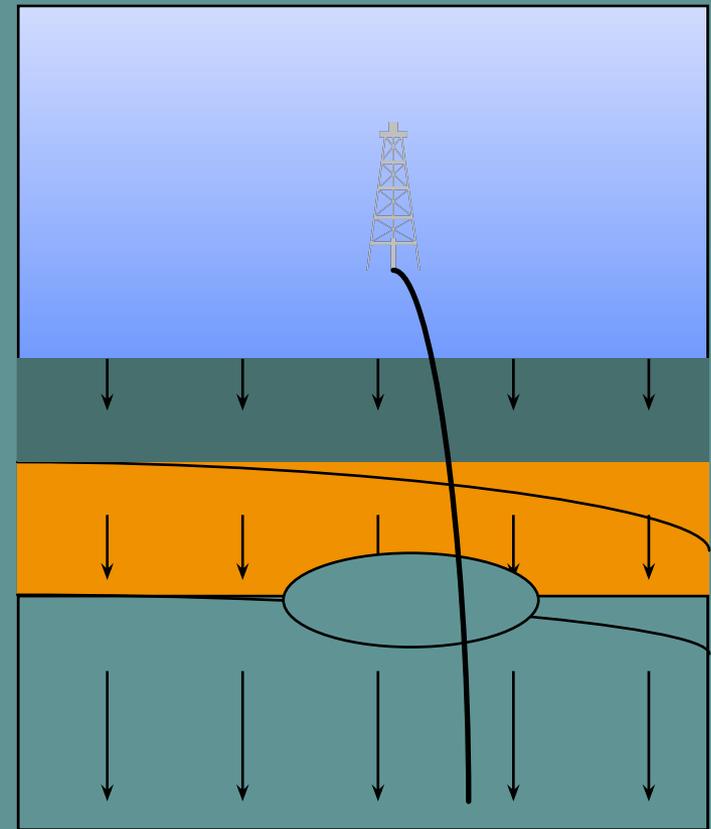


$$\sigma_1 = \rho g H$$

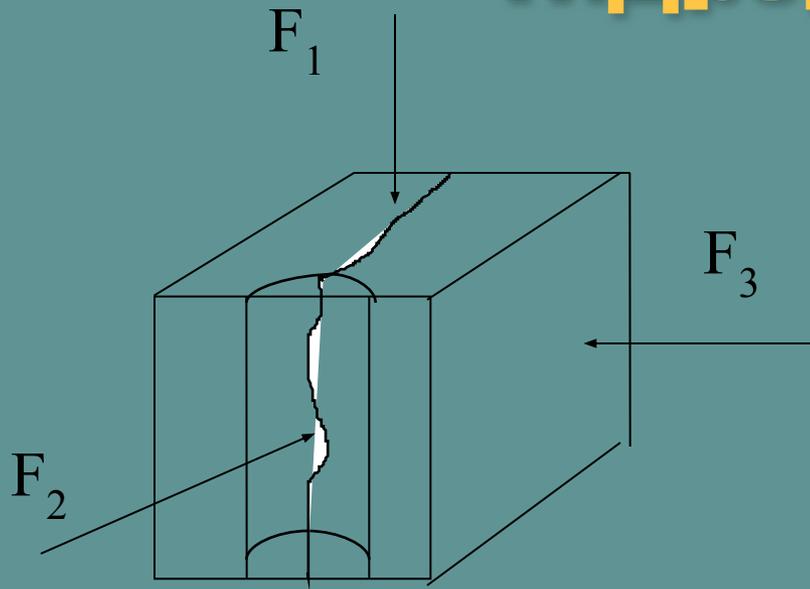
$$\sigma_2 = \sigma_3 = \lambda \rho g H$$

$\lambda$  - коэфф. бокового распора

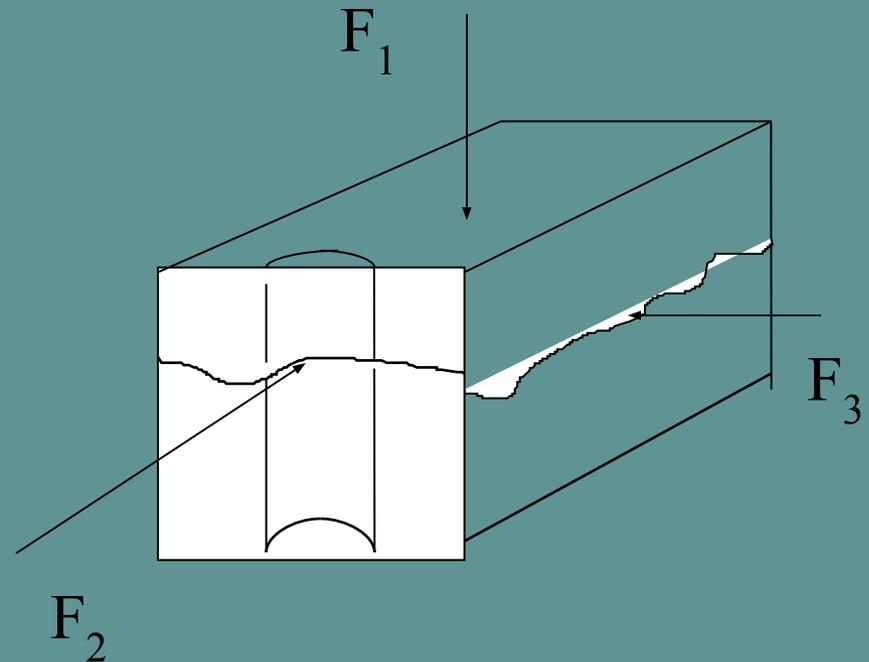
$$\lambda = \nu / (1 - \nu)$$



# Образование трещин гидроразрыва



Вертикальная трещина  
 $F_1 > F_2 > F_3$



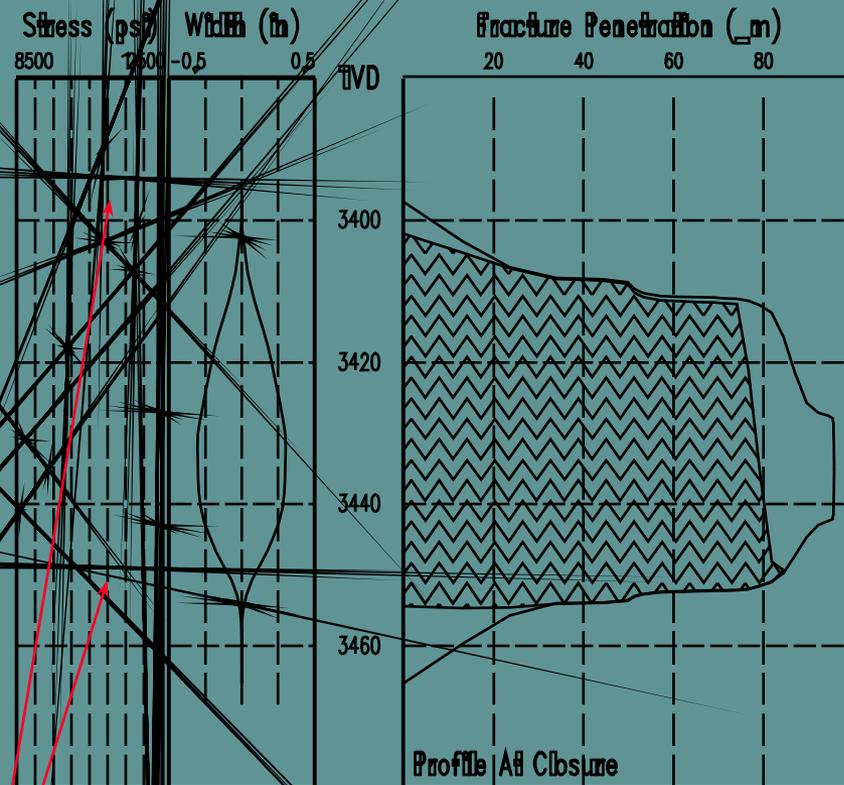
Горизонтальная трещина  
 $F_2 > F_1 > F_3$

# Образование трещин гидроразрыва

Факторы, сдерживающие рост трещины по вертикали :

- Свойства жидкости.
- Скорость закачки.
- Давление закачки.
- Механические свойства обрабатываемого и смежного с ним пластов.

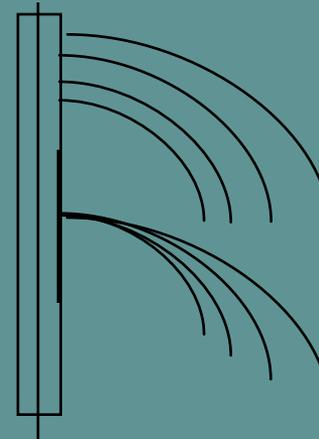
Перемычки



# Образование трещин гидроразрыва

## Радиальные трещины

- ◆ Контраст напряжений недостаточен: трещина развивается радиально
- ◆ Диаметр = высота = полудлина.
- ◆ Центр у скважины.
- ◆ Давление закачки увеличивается или почти стабилизируется



Перемычка

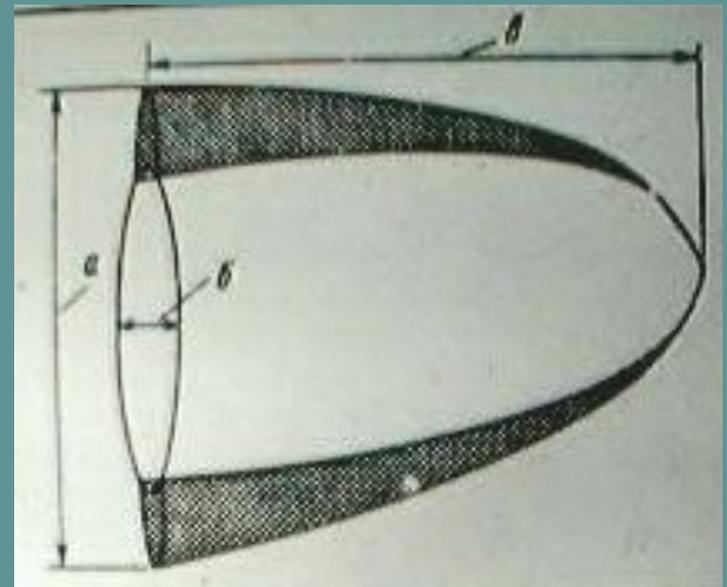


# Образование трещин гидроразрыва

Сопротивление течению жидкости ГРП возникает в узких зонах у верхнего и нижнего краев трещины.

Жидкость не проникает в верхние и нижние забитые пропантом края трещины.

Происходит формирование барьеров, ограничивающих развитие трещины по вертикали.



# Давление гидроразрыва

Давление гидроразрыва определяется из условия создания гидростатического напора на забое скважины, который должен преодолеть давление вышележащей толщи пород и предел прочности продуктивной породы на разрыв .

$$p_c = q + \sigma_p ,$$

$p_c$  – забойное давление разрыва пласта ,

$q$  – горное давление ,

$\sigma_p$  – прочность породы на разрыв .

# Давление гидроразрыва

Избыточное давление должно обеспечивать три этапа роста трещины :

1. Увеличение трещины до достижения барьеров .
2. Рост трещины в длину в рамках барьеров , ограничивающих вертикальный рост .
3. Рост трещины по высоте , когда давление достигает предела разрыва.

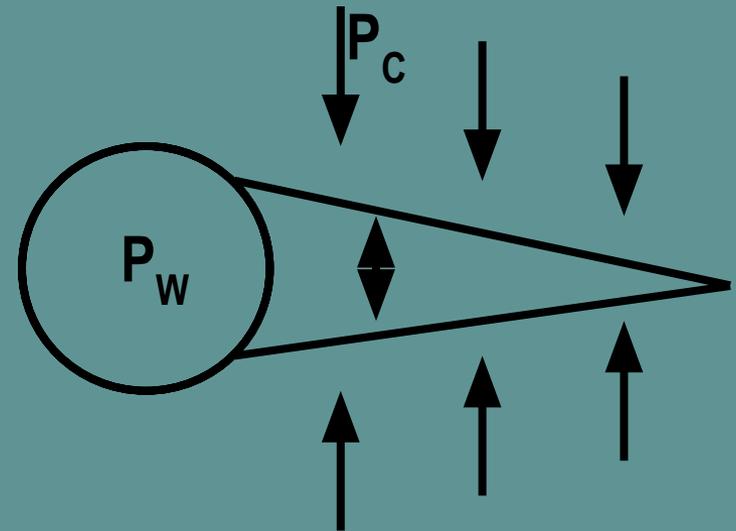
# Чистое давление

$P_C$  – давление смыкания

$P_W$  – избыточное давление

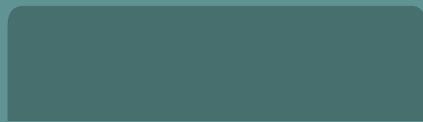
Чистое давление :

$$P_{NET} = P_W - P_C$$



$P_{NET} < 0$     Трещина будет закрываться

$P_{NET} > 0$     Трещина будет оставаться открытой



# Требования к жидкостям разрыва

- хорошие очищающие свойства ,
- слабая фильтруемость ,
- высокая вязкость,
- низкое давление трения ,
- доступность и невысокая стоимость,
- высокая плотность ,
- способность к утилизации.

# Типы жидкостей гидроразрыва

- На водной основе (линейные гели, сшитые гели).
- На нефтяной основе.
- Многофазные или пенистые жидкости (пены,  $\text{CO}_2$ , бинарные пены).
- Вискоэластичные сурфактанты.

# Жидкости ГРП на водной основе

Основные компоненты :

- Вода.
- Загеливающий агент (гуар).
- Сшивающий реагент.
- Брейкер.
- Пеногасители.
- Бактерициды.
- ПАВ.

# Расклинивающий агент

- ◆ Предотвращение смыкания трещины после окончания закачки
- ◆ Сохранение хорошо раскрытой трещины
- ◆ Поддержание высокой проницаемости прохода

# Расклинивающий агент

Пропускная способность характеризует возможность трещины транспортировать жидкость к забою скважины.

$$S = kw$$

$k$  – проницаемость ( мД ),

$w$  – ширина трещины ( мм ).

Свойства проппанта определяют проницаемость трещины  $k$ .

Ширина трещины определена выбором дизайна ГРП



# Расклинивающий агент

Вынос проппанта происходит если ширина трещины в 5,5 раз превышает диаметр частиц расклинивающего агента.

Предотвращение выноса проппанта

- Применение технологии TSA
- Применение PropNET



## Виды проппанта

- ◆ Кварцевый песок ( плотность до  $2,65 \text{ г/м}^3$ )
- ◆ Песок со смоляным покрытием
- ◆ Проппант средней прочности ( $2,7-3,3 \text{ г/м}^3$ )
- ◆ Проппант высокой прочности ( $3,2-3,8 \text{ г/м}^3$ )

## На степень вдавливания проппанта влияют :

- Прочность проппанта
- Размер частиц проппанта
- Твердость проппанта
- Напряжение закрытия трещины

# Свойства проппанта

- ◆ Округлость и сферичность
- ◆ Плотность
- ◆ Объемная плотность
- ◆ Растворимость в кислоте
- ◆ Примеси мелкозернистых частиц
- ◆ Сопротивляемость раздавливанию
- ◆ Сцепляемость

# Движение проппанта

- ◆ Через устьевое оборудование
- ◆ Через колонну НКТ
- ◆ Через перфорационные отверстия
- ◆ В трещине

Характер движения проппанта определяется горизонтальной или вертикальной формой трещины.

Скорость движения проппанта :

- \* горизонтальная
- \* вертикальная (оседание частиц)



# Пласт проппанта

- ◆ Оседание проппанта на поверхности породы
- ◆ Увеличение толщины слоя
- ◆ Частицы проппанта не продвигаются дальше в пласт
- ◆ Образуется устойчивый пласт проппанта

# Факторы, влияющие на рост пласта проппанта

- ◆ Увеличение ширины трещины->уменьшение скорости->сокращение горизонтального расстояния прохождения проппанта.
- ◆ Повышение  $t^0$  жидкости->снижение вязкости.
- ◆ Флюидные потери->взаимное влияние частиц проппанта->уменьшение  $V$  оседания.
- ◆ Охлаждение стенок трещины->увеличение вязкости->"задержанное оседание"

# Назначение пакера ГРП

Применение пакера ГРП обеспечивает изоляцию между пластом и затрубным пространством над пакером. Пакер спускается в скважину на 89 мм НКТ и защищает эксплуатационную колонну от воздействия высокого давления при производстве ГРП.

Виды пакеров :

- Positrieve J
- CTST



# Подготовка к спуску пакера

- ◆ Геофизические работы для оценки состояния ЭК.
- ◆ АКЦ для оценки состояния цемента.
- ◆ Каротаж водонасыщенности RST.
- ◆ Скребкование интервала установки пакера.
- ◆ Шаблонировка ЭК.
- ◆ Промывка забоя скважины.
- ◆ Повторная перфорация.



# Технология спуска пакера

- ◆ Сборка пакера и работы с ним – оператор по пакерам.
- ◆ Спуск пакера на 89 мм НКТ.
- ◆ Скорость спуска не более 300 м/час.
- ◆ Замер и отбраковка НКТ.
- ◆ Очистка и смазка резьб НКТ.
- ◆ Пробная посадка пакера после спуска 300 м НКТ и опрессовка до 120 Атм.

# Посадка пакера

- ◆ Индикатор веса – вес НКТ.
- ◆ Приподнять подвеску.
- ◆ Провернуть по часовой стрелке на  $\frac{1}{4}$  оборота.
- ◆ Опустить НКТ , проверить снижение веса.
- ◆ Установить и затянуть фланцевые болты.
- ◆ Нагрузка на пакер не более 7,5 тонн.

# Причины неудачной посадки пакера

- ◆ Неправильный подбор наружного диаметра посадочного бокса пакера.
- ◆ Слабые или изношенные плашки пакера.
- ◆ Заклинивание позиционера песком.
- ◆ Недостаточно хорошо закреплены трубы.
- ◆ Плохо проработан участок посадки пакера в эксплуатационной колонне.

# Методы устранения проблем

- ◆ Спуск пакера соответствующего диаметра
- ◆ Проверить состояние сухарей
- ◆ Проверить состояние и качество пружин
- ◆ Проработать ЭК скрепером и промыть

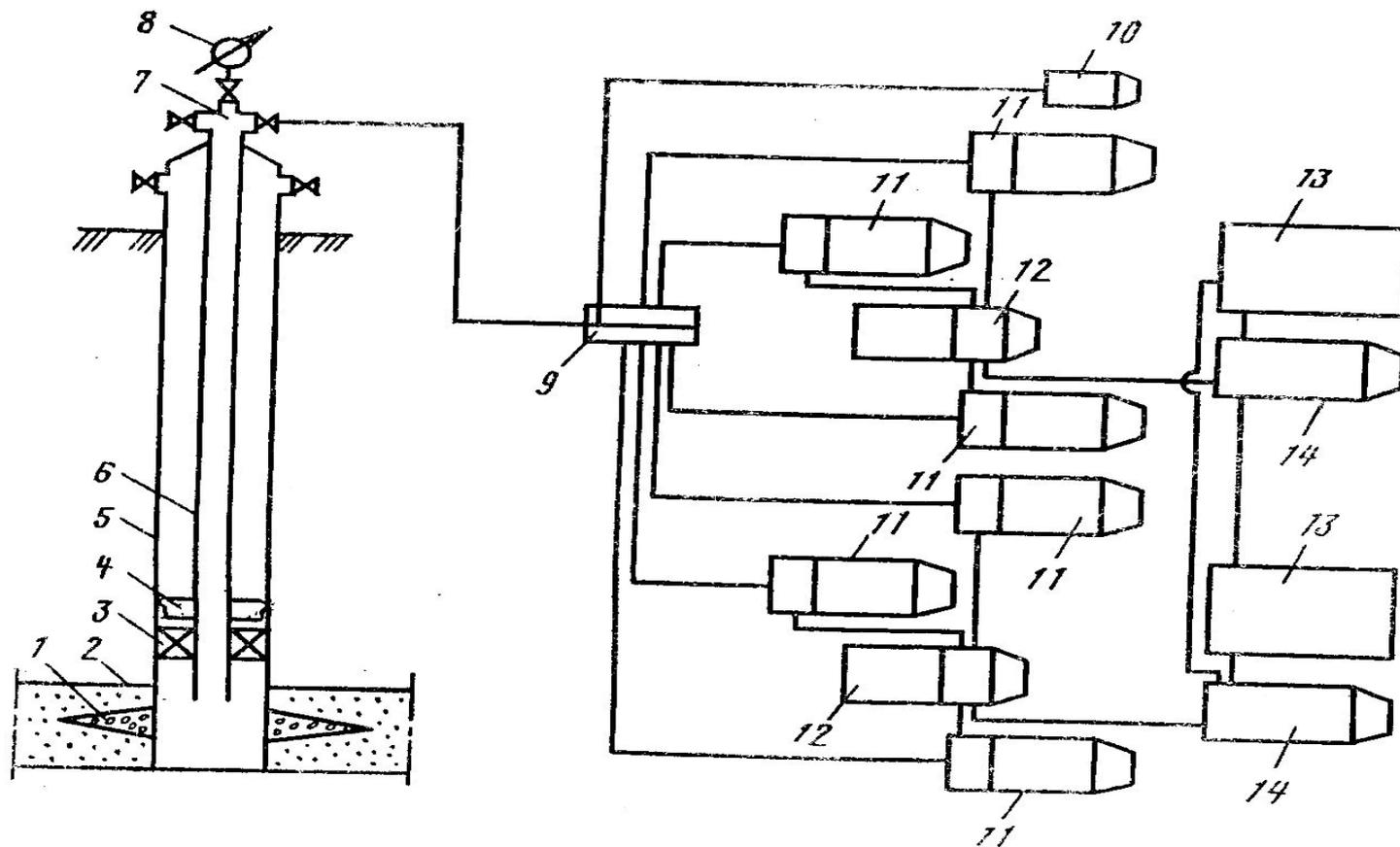
## При подъеме пакера необходимо

- ◆ Контролировать вес колонны НКТ.
- ◆ Не превышать максимально допустимую нагрузку на НКТ 89 мм.
- ◆ Не превышать 80 % загрузки подъемника.

# Промывка песчаной пробки

- ◆ Спуск 33 и 48 мм НКТ в 89 мм НКТ.
- ◆ Периодическая промывка.
- ◆ Определение верха песчаной пробки.
- ◆ Установка промывочного оборудования.
- ◆ Обратная промывка.
- ◆ Промывка скважины под пакером.
- ◆ Подъем 33 и 48 мм.

# Технологическая схема ГРП



Технологическая схема гидравлического разрыва пласта:

1 — трещина разрыва; 2 — продуктивный пласт; 3 — пакер; 4 — якорь; 5 — обсадная колонна; 6 — насосно-компрессорные трубы; 7 — арматура устья; 8 — манометр; 9 — блок манифольдов; 10 — станция контроля и управления процессом; 11 — насосные агрегаты; 12 — пескосмесители; 13 — емкости с технологическими жидкостями; 14 — насосные агрегаты

# Техника ГРП

1. ЦА-320.
2. Пожарная машина.
3. Кенворд песковоз.
4. Кенворд хим.фургон.
5. Кенворд блендер.
6. Кенворд насосная установка.
7. Кенворд цемент агрегат.
8. Кенворд-трубовоз.
9. Форд-350 лаборатория.
10. Санитарный фургон.
11. Вакуумная установка.

# Мощность гидроразрыва

- ◆  $NHP = ( Q * P ) / 0,44$
- ◆ Q – скорость закачки , м<sup>3</sup> / мин
- ◆ P – давление закачки , Атм

Мощность ГРП => количество насосных агрегатов