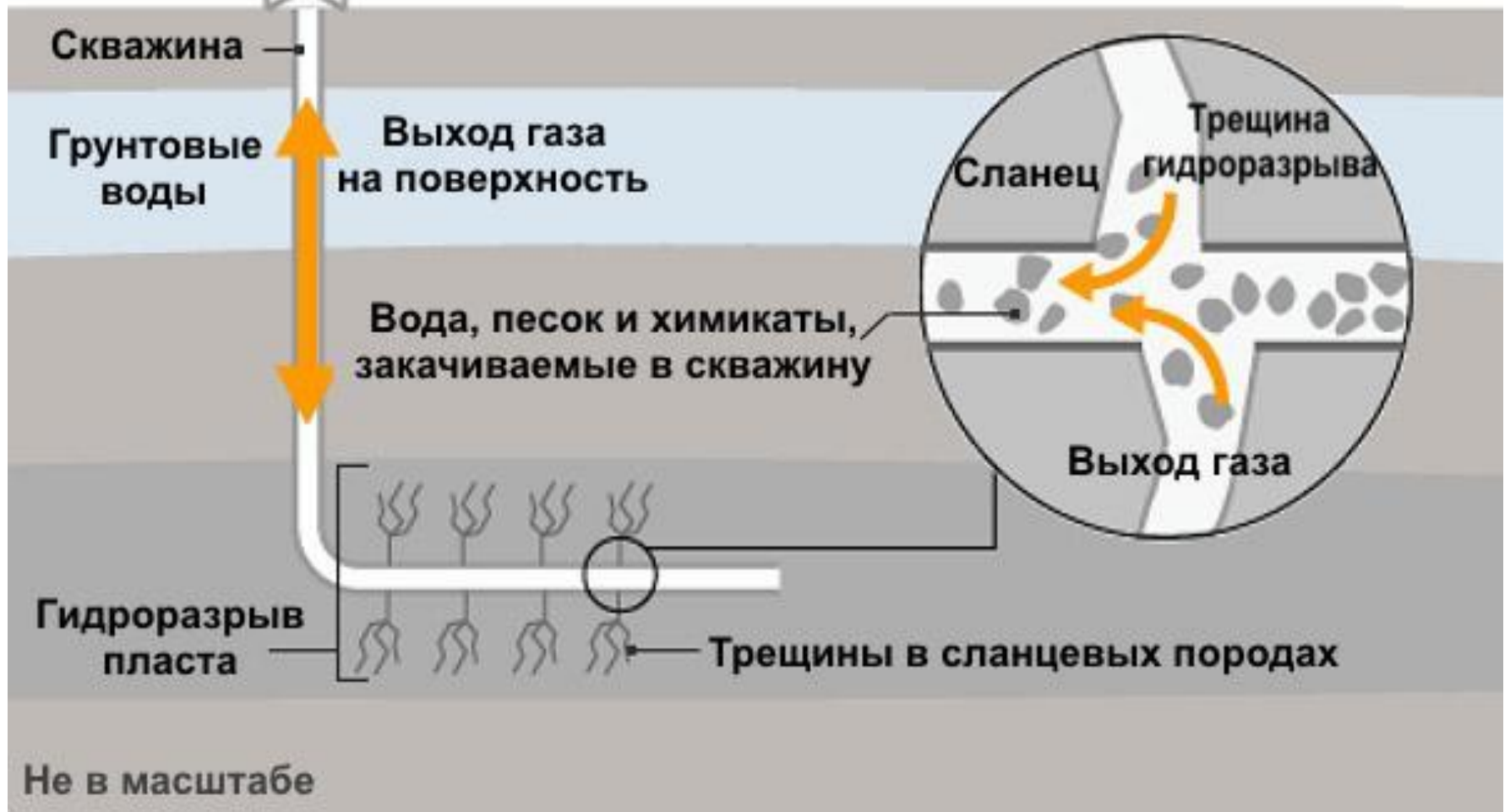


Орындаған: Нұрмұхамбетова А
Баймұратова А
Тексерген: Нүсіпқожаев А

Гидрожару – жаңа жарықшақтарды жасау және бар жарықшақтарды кеңейту үшін қабатқа үлкен қысыммен сұйықтықты айдау арқылы ұңғы өнімділігін арттыру

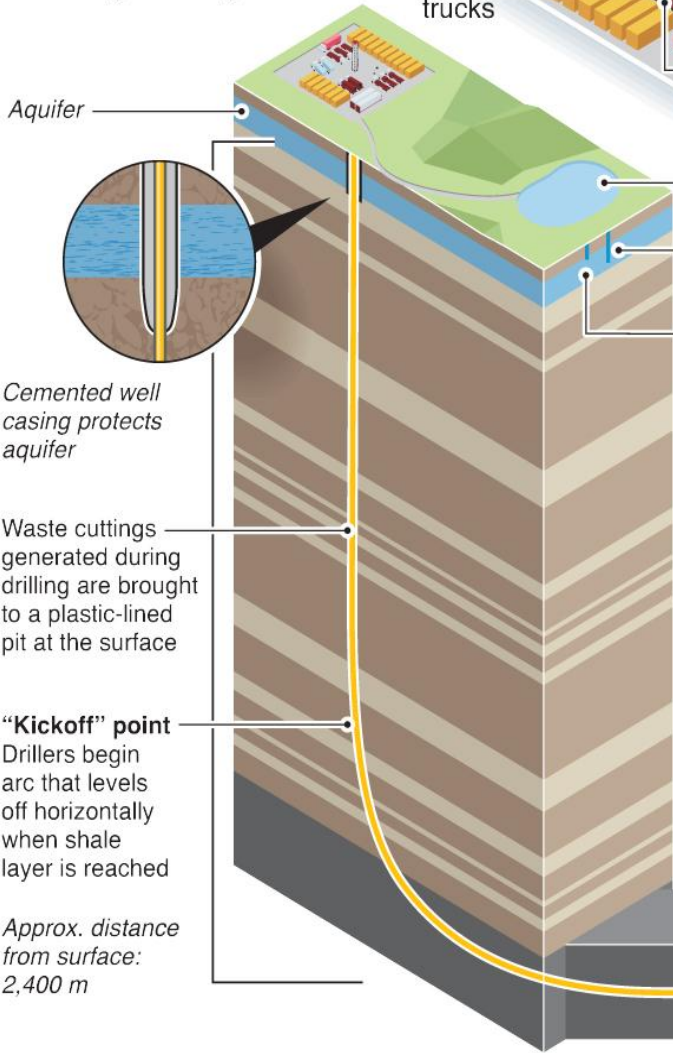
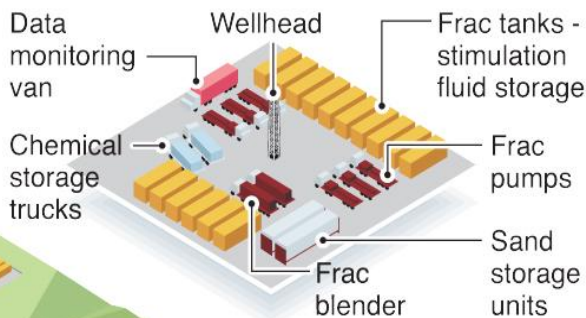


HYDRAULIC FRACTURING - ITS GROWTH AND RISKS

THE PROCESS

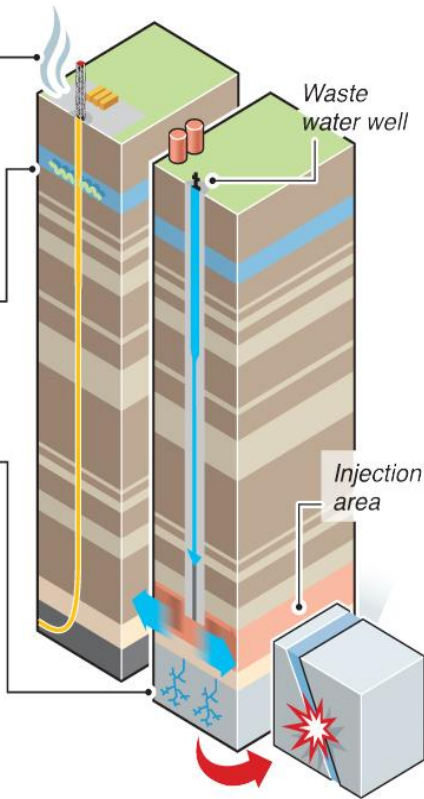
Hydraulic fracturing, commonly known as fracking, is the creation of fractures in rock formations in the earth using pressurised fluid, generally for the purpose of extracting natural gas

Common Fracturing Equipment



RISKS

- Air emissions**
Methane gas associated with natural gas extraction can leak into air
- Drinking water**
Chemicals used in fracking process have the potential to contaminate aquifers
- Earthquakes**
The disposal of waste fluid from the fracking process is cited as a cause of earthquakes. Disposed fluids migrate below the injection area, destabilising the natural fractures in the rock formation



Horizontal Drilling

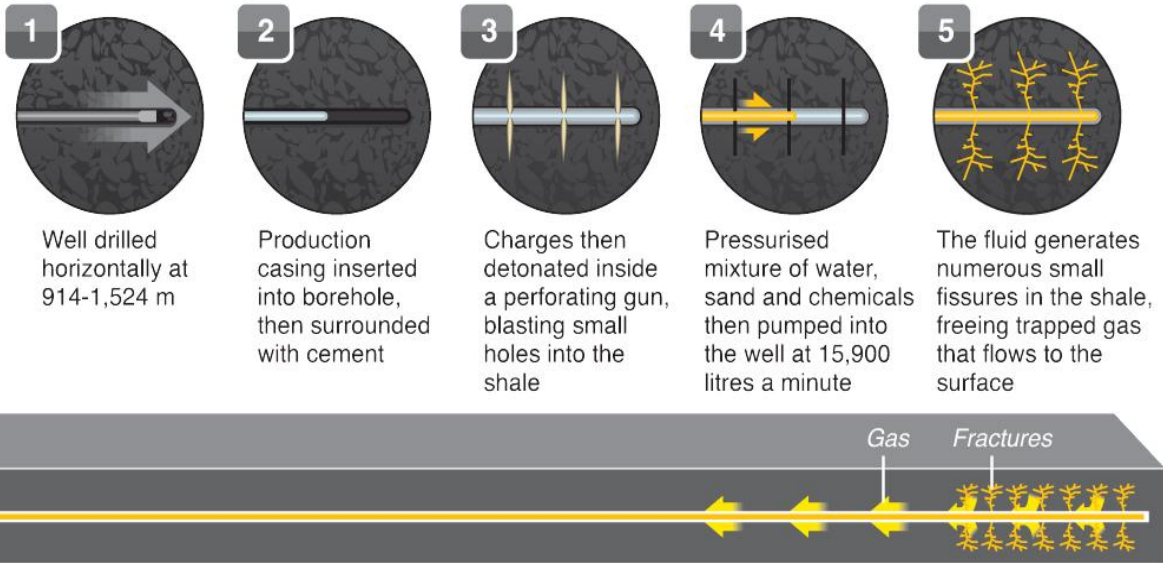


Illustration not to scale

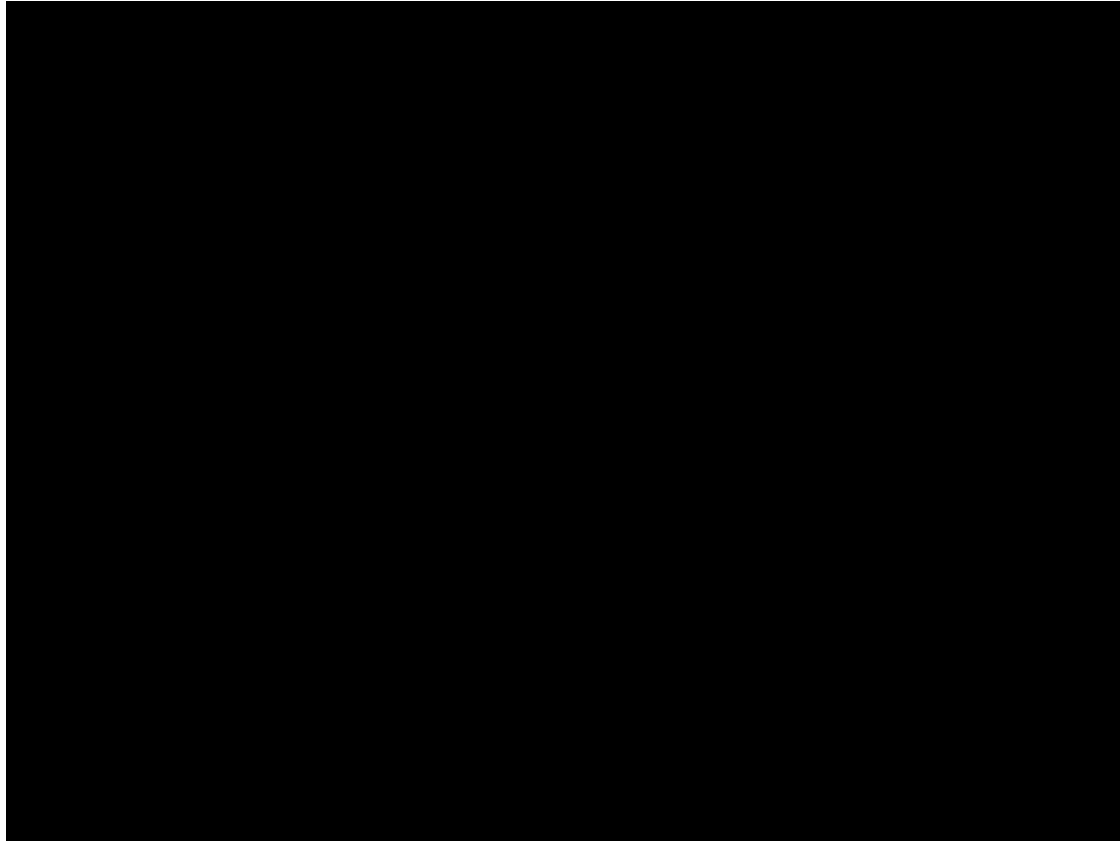


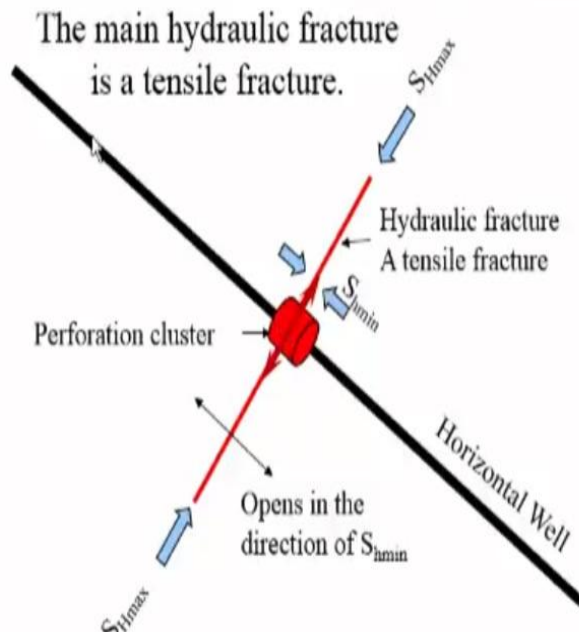
Table 3–2 Approximate Ranges of Proppant Properties

Mesh size	Diameter, inches	Pack permeability	Crushing strength
20/40	0.033–0.016	120	10–12,000
10/20	0.079–0.033	200	8–10,000
8/12	0.094–0.066	1,500	4–6,000



Аталған ерітінділерге келесідей талаптар қойылады:

- Айдалынатын ерітінділер ұңғы түп маңы аймағының өткізгіштігін азайтпауы тиіс;
- Айдау ерітінділерінің тау жынысымен жанасуы барысында ешқандай кері әсерлер орын алмауы тиіс;
- Ерітінділердің құрамында бөгде механикалық түйіршіктер болмауы тиіс;
- Ерітінділердің тұтқырлығы тұрақты және төмен температураларға шыдамды болуы тиіс;
- Ерітіндіде қолданылатын компоненттер қолжетімді, қымбат емес болғаны жөн.



- тік $\sigma_T = P_T$, жоғарыдан басып тұрған тау жыныстарының салмағымен анықталады

$$\sigma_T = P_T = \rho_T g H$$

- көлденең

$$\sigma_K = P_{KT} \quad \sigma_K = P_{KT} = \lambda \rho_T g H$$

мұндағы,

$\rho_T g$ - жоғарыдан басып тұрған тау жыныстарының тығыздығы;

H – кернеуі есептеліп жатқан горизонттың тереңдігі;

λ – бүйірлік керу коэффициенті.

Ол келесі формуламен анықталады:

$\lambda = \nu / (1 - \nu)$ – Пуассон коэффициенті, тау жынысының ұзына бойлы және көлденең деформациясына тәуелді.

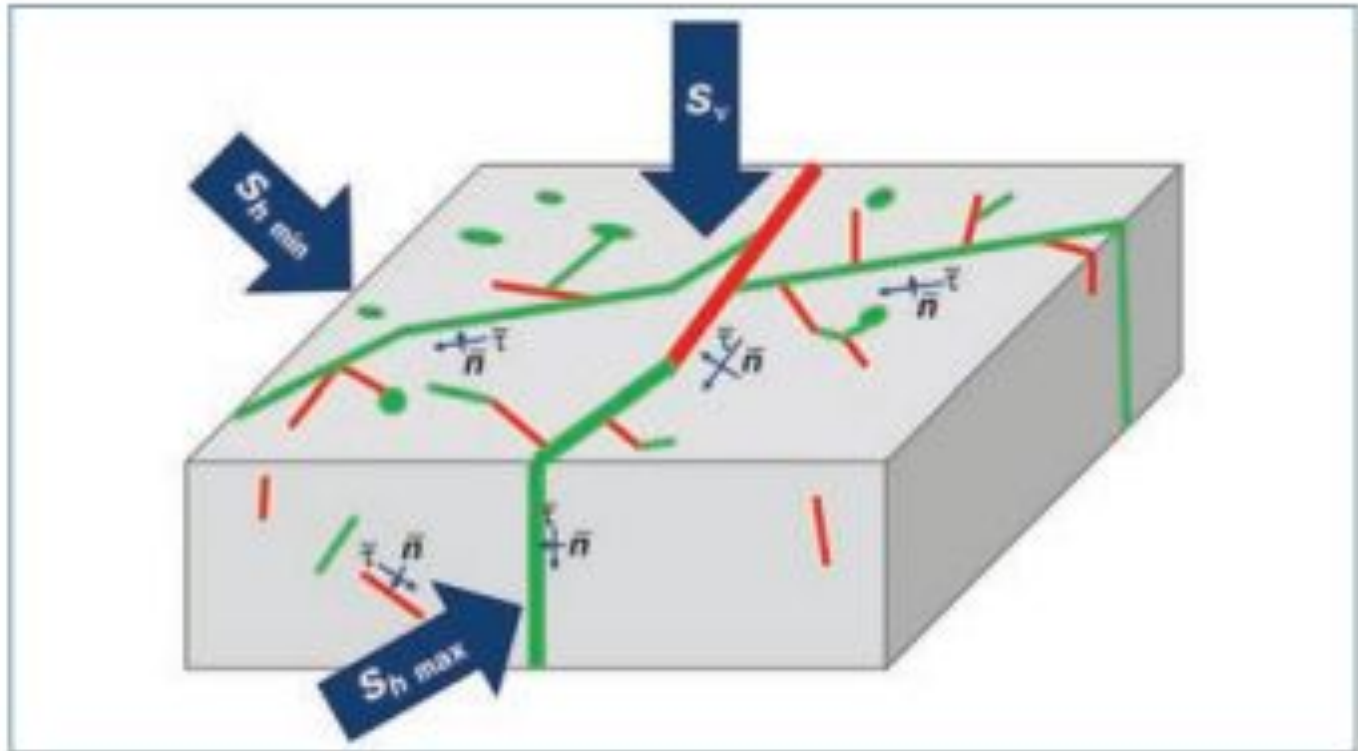


Рис. 6. Схематическое представление фильтрационно-емкостных свойств коллектора:

σ , τ – соответственно нормальные и тангенциальные напряжения, действующие на каждую трещину; $S_{H \min}$, S_v – соответственно горизонтальное и вертикальное напряжение

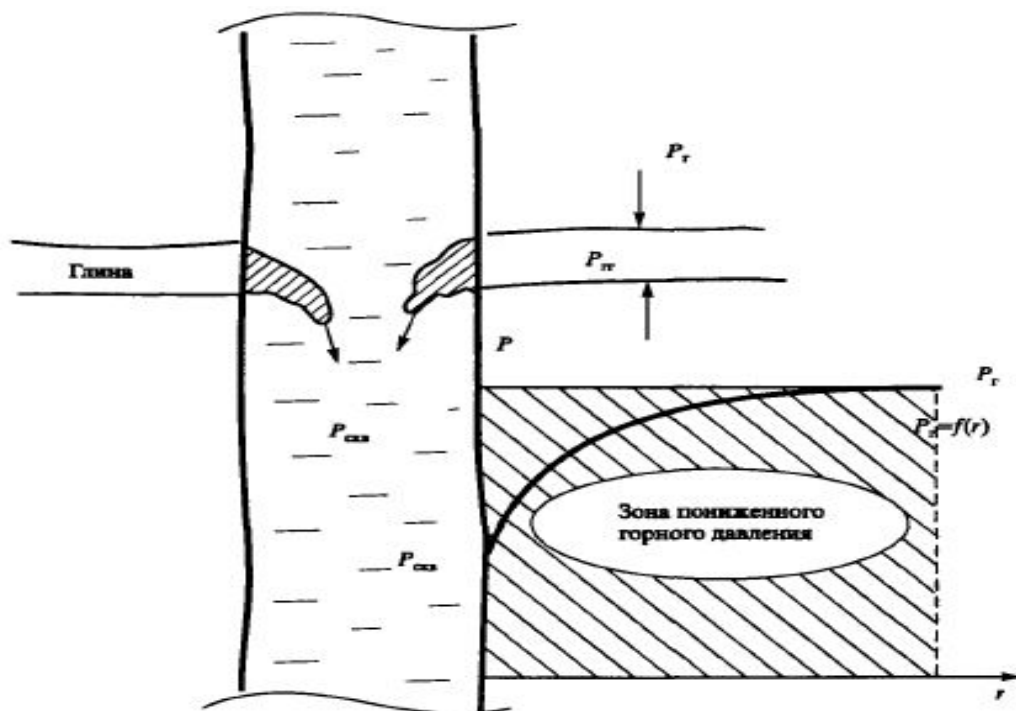


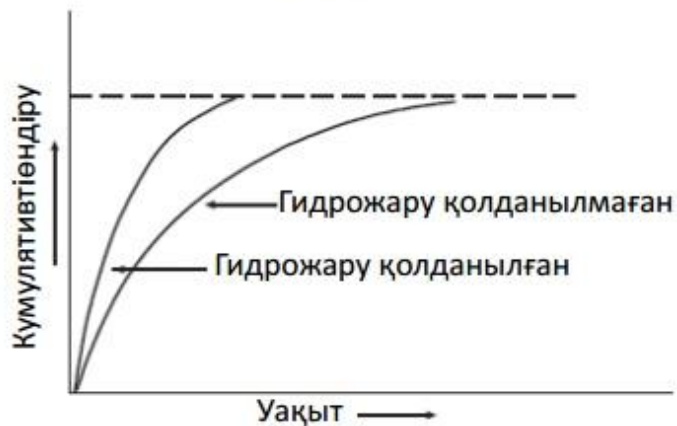
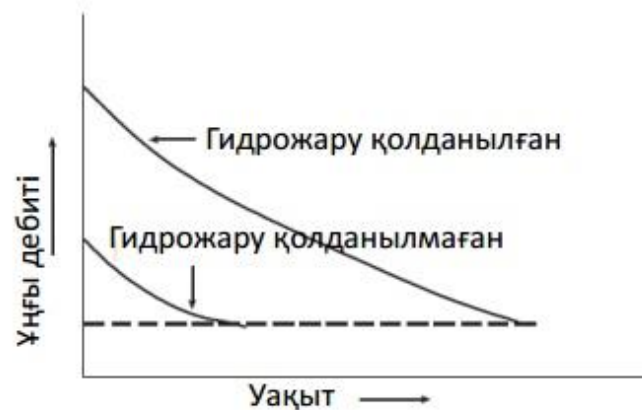
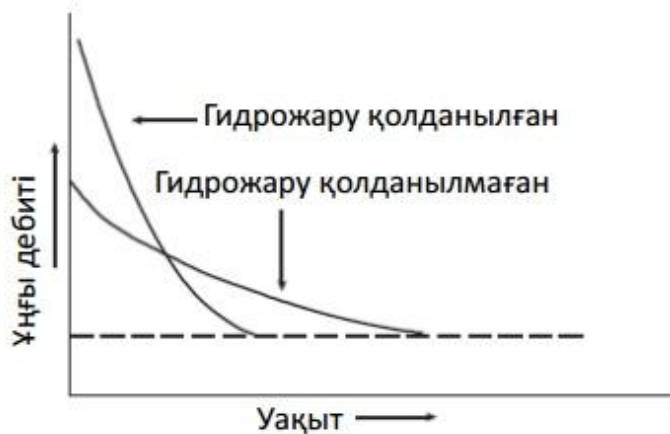
Рис. 5.3. К образованию зоны пониженного горного давления в разрезе скважины

Гидрожару барысында жару қысымы ($P_{ГЖ}$) мен тау қысымының (P_T) ара қатынасы келесідей болуы тиіс:

$$P_{ГЖ} > P_T$$

Ргж тәуелді:

- тау қысымына P_T ;
- түп маңы аймағының өткізгіштігі мен ондағы жарықшақтардың болуына;
- тау жыныстарының беріктігі мен серпімділік қасиеттеріне;
- кеуек қуыстардың құрылымына;
- жару сұйықтығының қасиеттеріне;
- гидрожаруды жүзеге асыру технологиясына



Сурет 1. Өткізгіштігі жоғары қабаттардан мұнай өндіріс

Сурет 2. Өткізгіштігі төмен қабаттардан мұнай өндіріс

Проводимость трещин

$$F_{CD} = \frac{k_F W_F}{k_E L_{XF}}$$

проводимость трещины

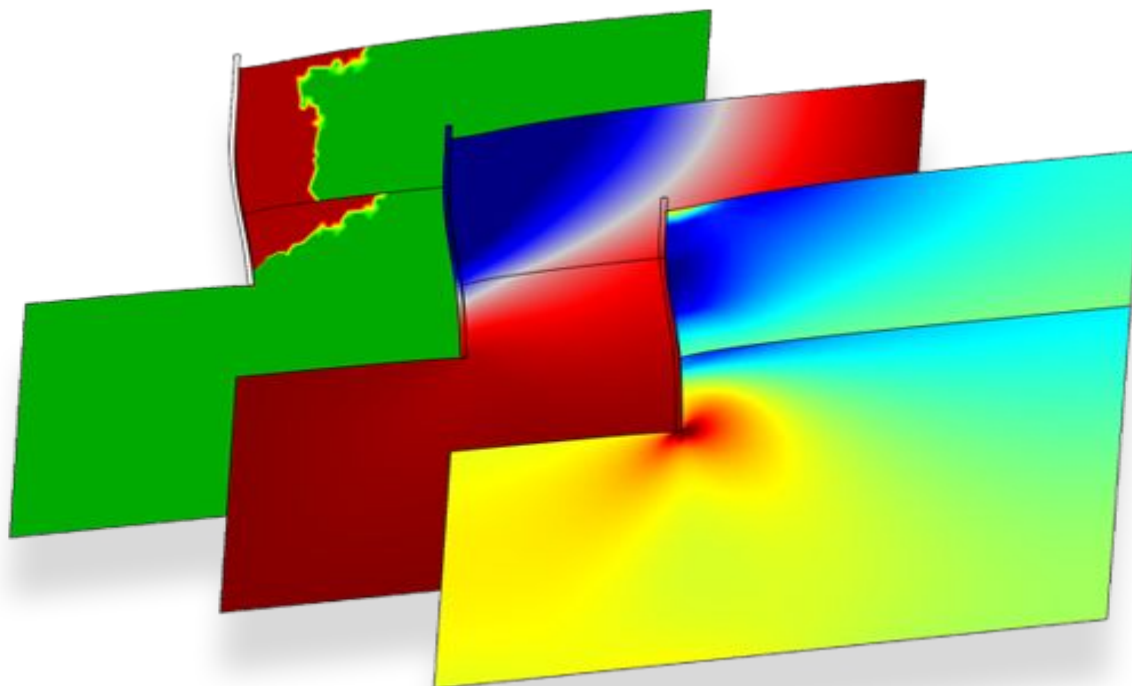
проводимость пласта.

- Оптимальный F_{CD} находится в пределах 2 до 10.
- Для длинных трещин в низкопроницаемых пластах безразмерная проводимость должна быть выше.
- Для коротких трещин в высокопроницаемых пластах - меньше.

Трещина может быть трех видов:

- KGD (полдлины < высота, высота = const),
- PKN (полдлины > высота, высота = const)
- радиальная модель (полдлины = высота).

Таужыныстардың геомеханика



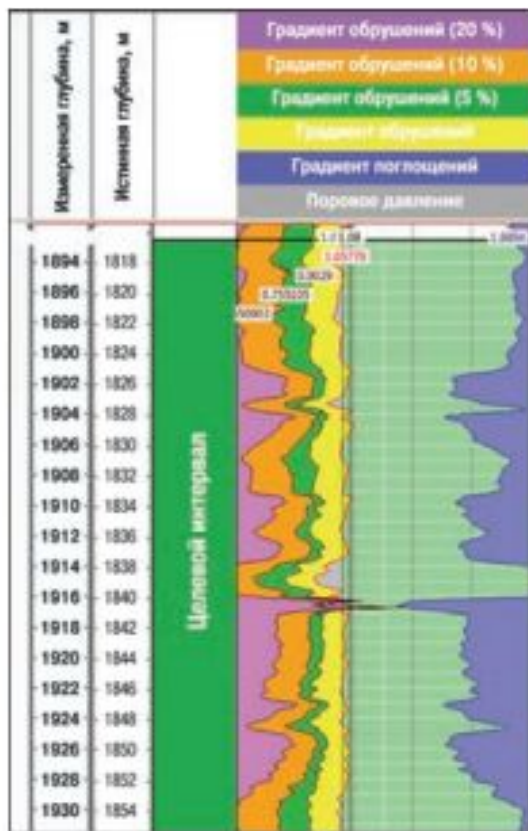


Рис. 2. Результаты расчетов различной степени обрушения стенок ствола скважины (5, 10, 20 % радиуса) для горизонтальных скважин, ориентированных вдоль максимального стресса (150°)

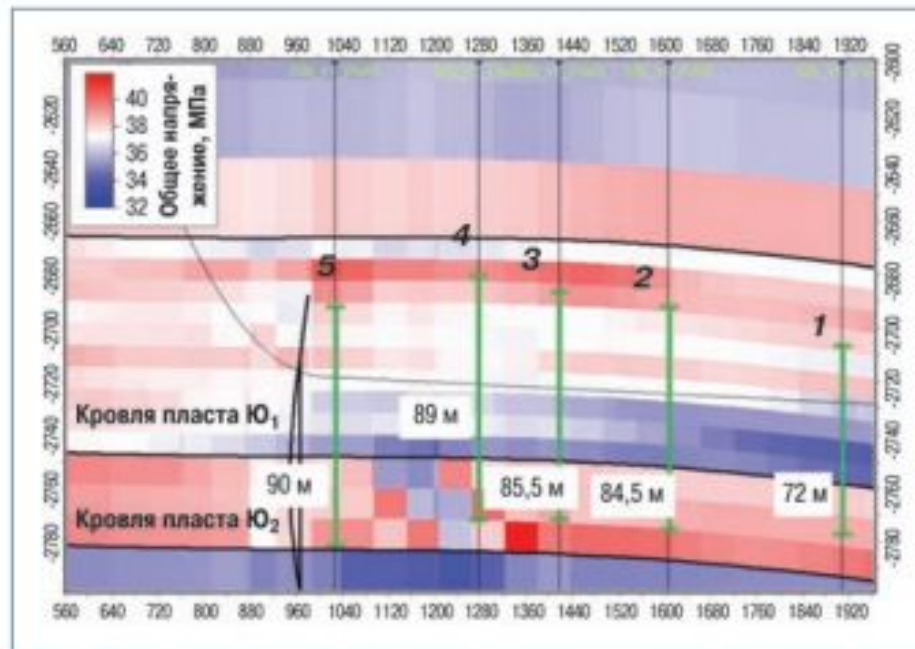


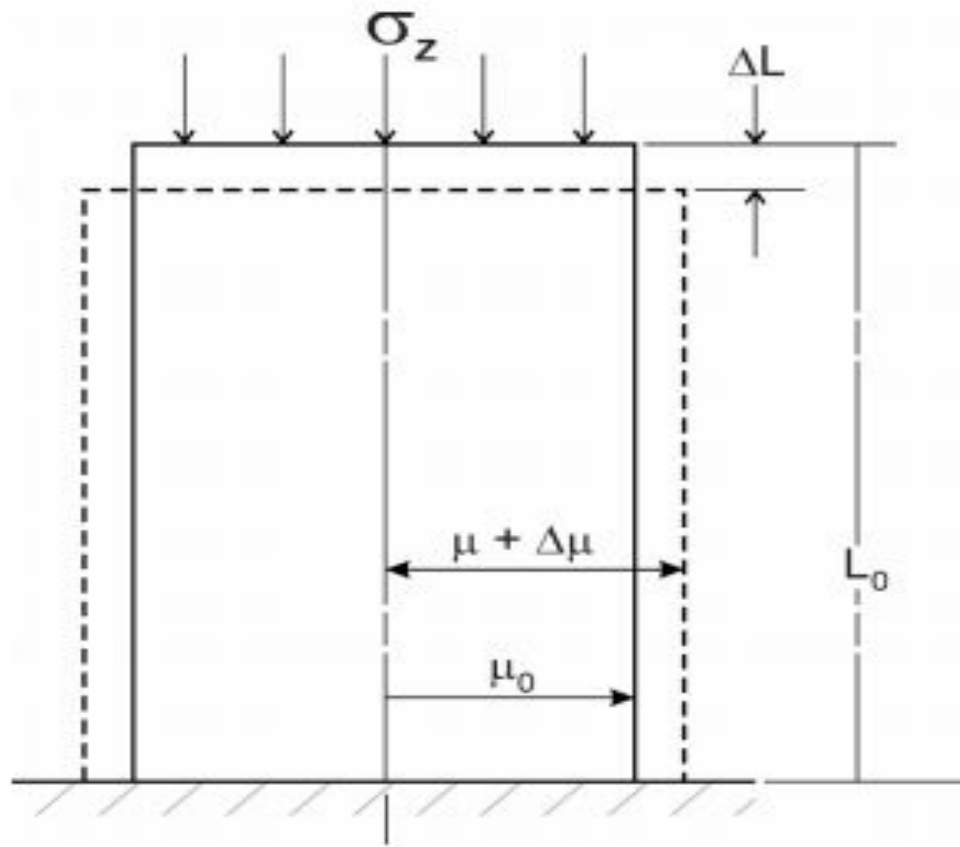
Рис. 4. Оценка высоты трещин ГРП в зависимости от точек инициации (1-5) с учетом распределения напряжений в пространстве

Модуль упругости Юнга (E)

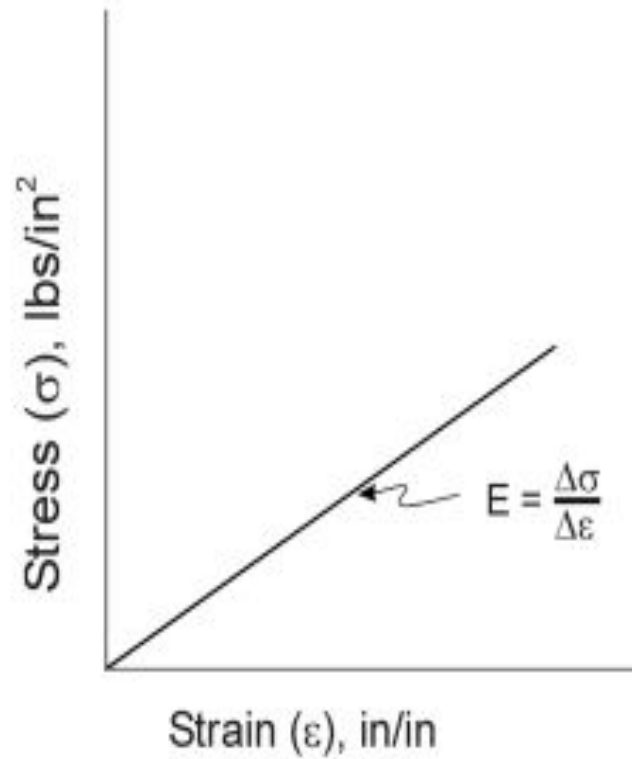
$$\text{Young's Modulus} = \frac{\text{Stress}(\sigma)}{\text{Strain}(\epsilon)} = \frac{F / A}{\Delta r / r_0} \left[\frac{\text{lbs} / \text{in}^2}{\text{in} / \text{in}} \right]$$

$$\text{Hooke's Law} \quad \frac{F}{A}(\sigma) = (E) \frac{\Delta r}{r_0}(\epsilon)$$

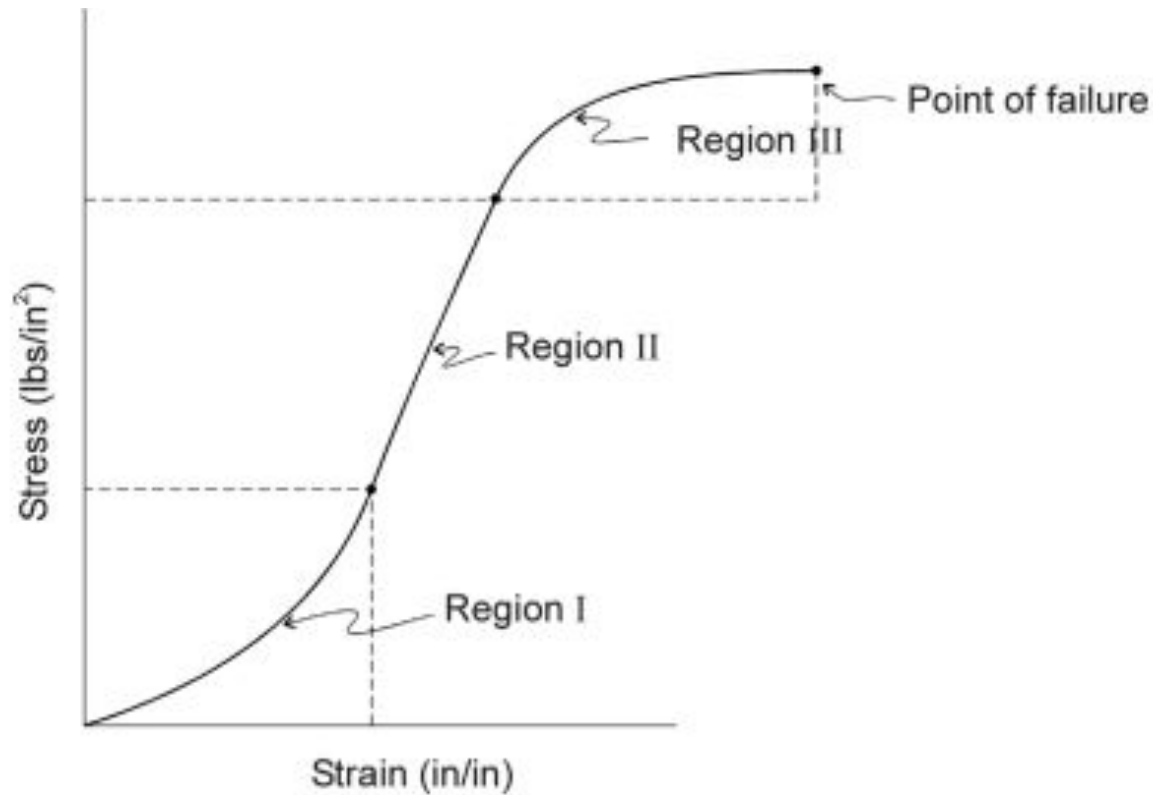
Эластичное тело будет деформироваться, когда его движение в пространстве ограничено в то время как к нему применяется сила. Сжимающее усилие имеет тенденцию к сглаживанию или твист, тело, в то время как растягивающая сила вызывает растяжение или удлинение.



Эластичный цилиндр без ограничения бокового напряжения, опирающийся на плоскую поверхность и подвергают вертикальному сжимающему напряжению (lbs./in²).



Закон Гука. Стресс пропорционален деформации. Наклон линия равна модулю Юнга упругости.



Стресс-деформация связи породы. Регион I: пластическая деформация вызванных закрытием микроразрушений. Регион II: Упругое сжатие материал рок-матрицы. Регион III: Пластическая деформация, вызванная микроразрушением в ответ на приложенное напряжение до тех пор, пока не произойдет сбой.

Коэффициент Пуассона (ν)

Отношение поперечной к осевой деформации - коэффициент Пуассона:

$$\nu = -\frac{\epsilon_{\text{lateral}}}{\epsilon_{\text{axial}}} = -\frac{\Delta d / d_0}{\Delta L / L_0} \left[\frac{\text{in / in}}{\text{in / in}} \right]$$

Table 3–1 Approximate Values of Poisson’s Ratio for Sedimentary Rocks

Hardness	Sandstone	Dolomite	Limestone
Hard	0.15	0.25	0.23
Medium	0.17	0.27	0.25
Soft	0.20	0.30	0.28

Массовый модуль (КВ)

Объемный модуль определяется таким образом:

$$K_B = \frac{F/A}{\Delta V/V_0} \left[\frac{\text{lbs/in}^2}{\text{in}^3/\text{in}^3} \right] = \frac{E}{3(1-2\nu)}$$

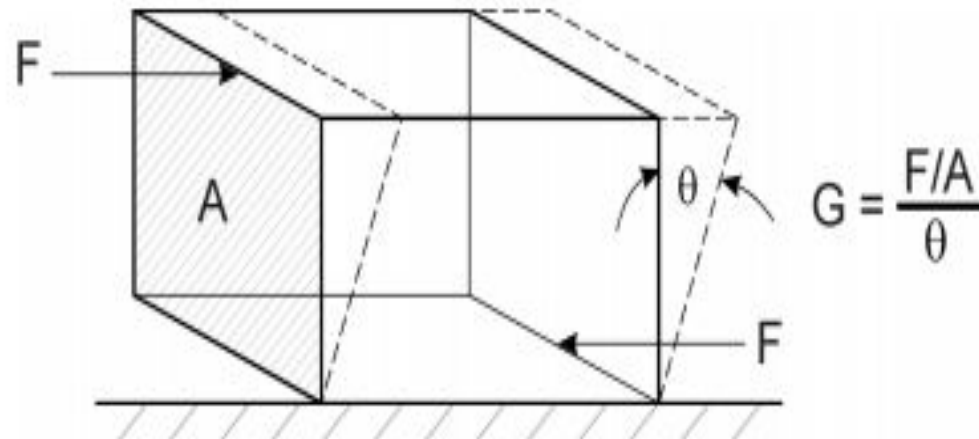
Массовый модуль является обратной величиной сжимаемости тела:

$$C_b = -\frac{1}{V_b} \left(\frac{\delta V}{\delta P} \right) = \frac{1}{K_B}$$

Модуль сдвига (G)

$$G = \frac{\text{shear stress}}{\text{Angle of deformation}} = \frac{F / A}{\theta} \left[\frac{\text{lbs / in}^2}{\text{radians}} \right] = \frac{E}{2(1 + \nu)}$$

radian = 57.3 degrees



Модуль сдвига представляет собой отношение напряжения сдвига к углу деформации (θ , выраженной в радианах).

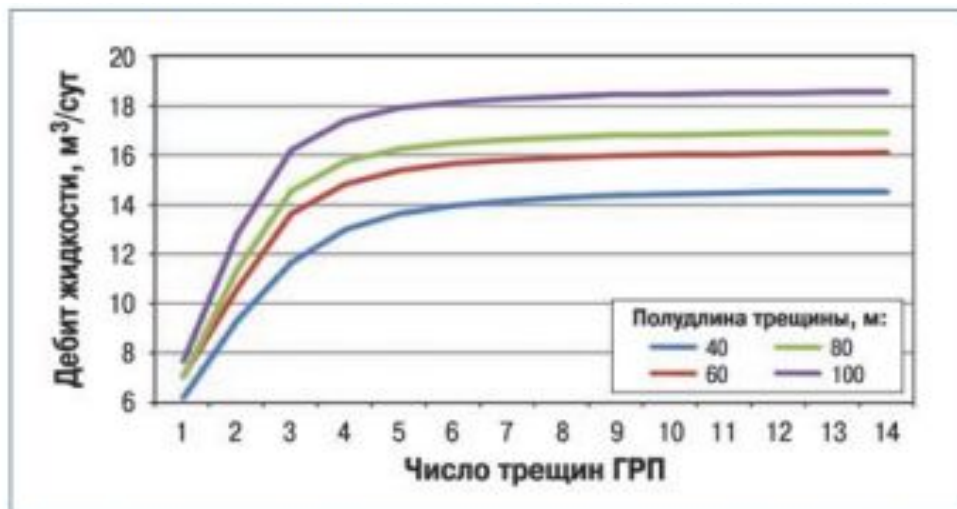


Рис. 6. Зависимости дебита жидкости от числа трещин ГРП для их различных полудлин

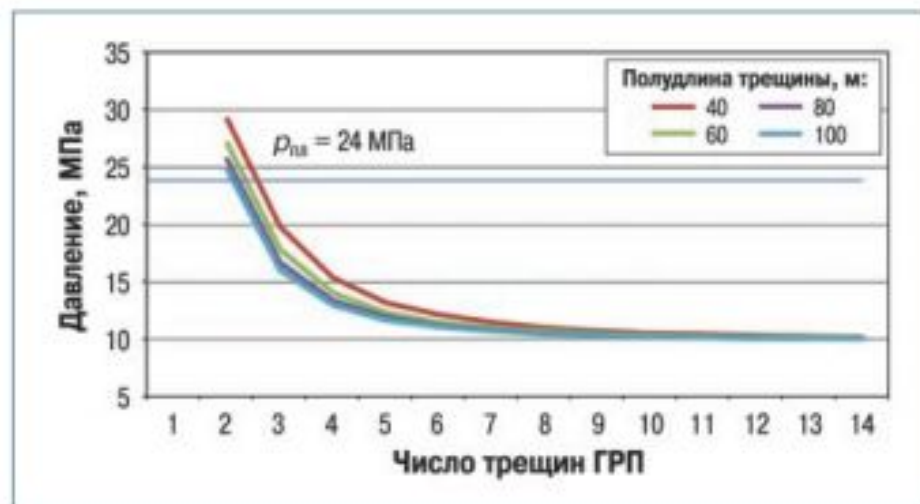


Рис. 5. Зависимости давления от числа трещин ГРП для горизонтальной скважины

Механизм образования трещин

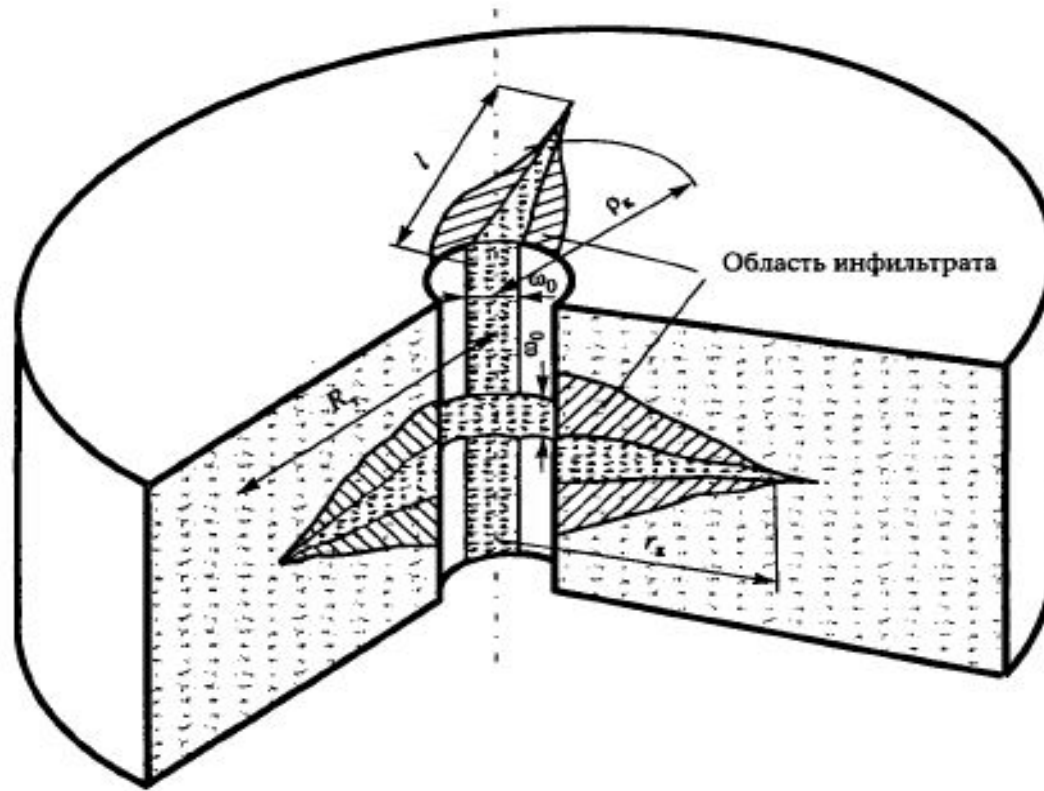


Рис. 5.4. Схема горизонтальной и вертикальной трещин

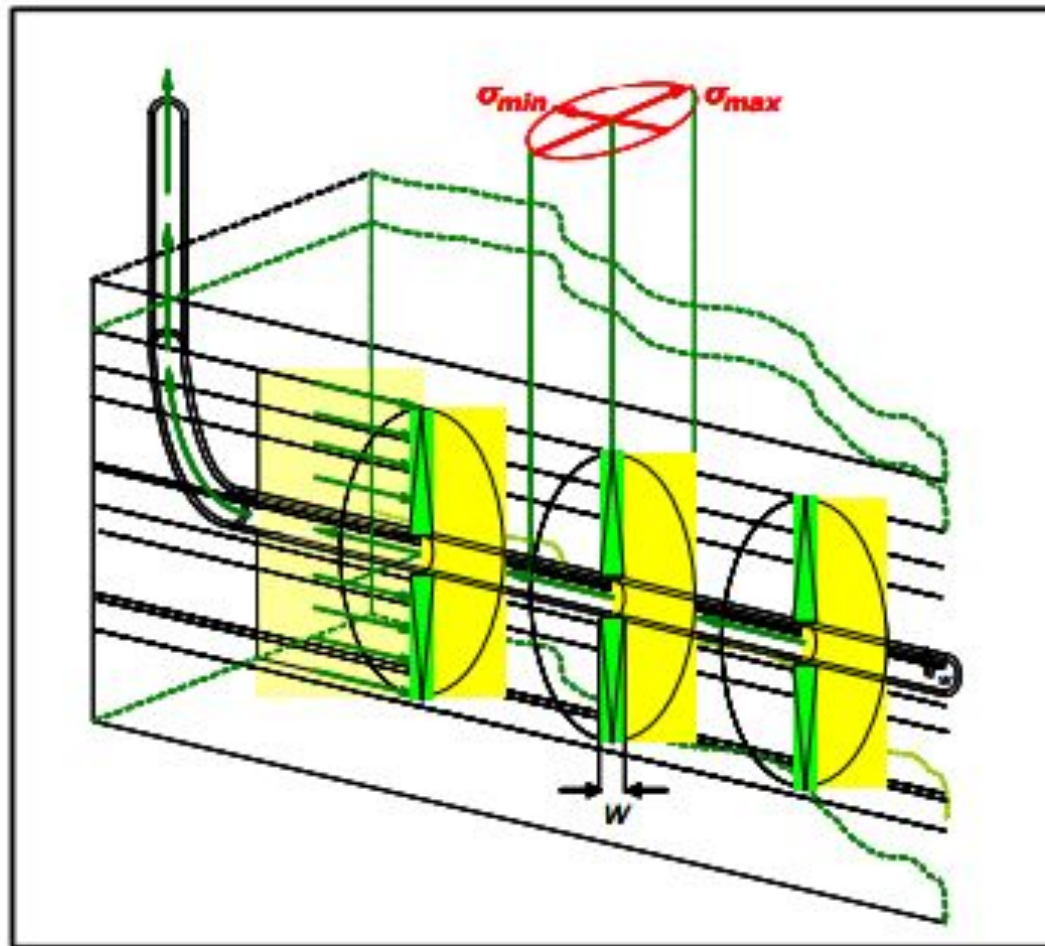
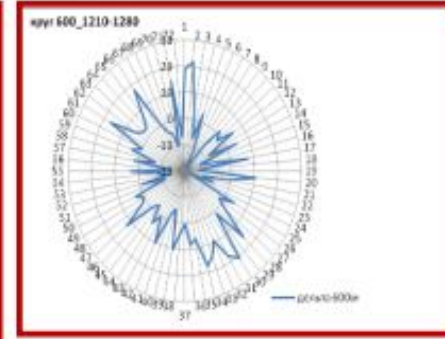
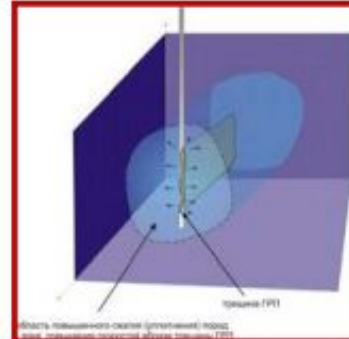
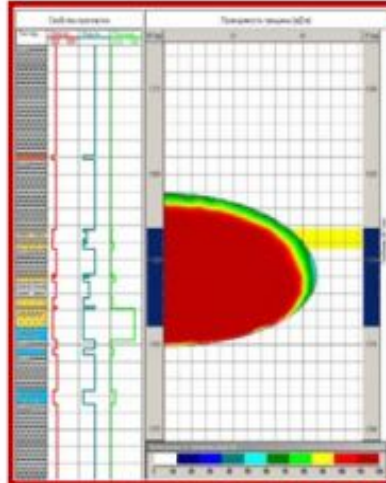
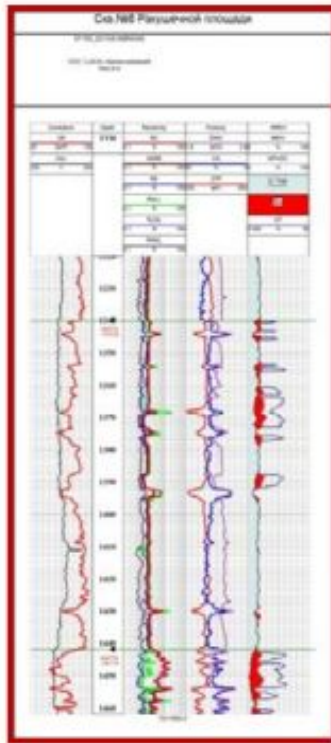


Рис 11. Множественные поперечные разрывы, пересекающие горизонтальную скважину

Дизайн распространения трещины ГРП



Показатели до ГРП

Показатели после ГРП

Диаметр, мм	Штуцера	6.4	
	Диафрагмы	н/у	
Продолжительность режима, ч		48.7	
Давление, Мпа	Буферное	0.08	
	Сепарации	-	
	Забойное	Замеренное	6.51
		Приведенное	7.56
Температура, °С	устьевая	26	
	сепарации	-	
	забойная	66.4	
Депрессия, МПа		7.22	
Дебит нефти в норм. условиях, м ³ /сут		4.5	
Расход газа сепарации, тыс.н.м ³ /сут		-	
Дебит воды, м ³ /сут		0	
Рабочий газовый фактор м ³ /м ³		-	

Диаметр, мм	Штуцера	9.5	
	Диафрагмы	12.7	
Продолжительность режима, ч		5.1	
Давление, Мпа	Буферное	1.74	
	Сепарации	0.21	
	Забойное	Замеренное	11.6
		Приведенное	12.5
Температура, °С	устьевая	34.7	
	сепарации	38.2	
	забойная	67.4	
Депрессия, МПа		2.36	
Дебит нефти в норм. условиях, м ³ /сут		44.8	
Расход газа сепарации, тыс.н.м ³ /сут		3.21	
Дебит воды, м ³ /сут		62.8	
Рабочий газовый фактор м ³ /м ³		71.7	

Рис.3: ГРП на скважине №8 Ракушечная. Оценка притока нефти, продуктивных, фильтрационных свойств объекта до и после проведения ГРП.

1. Горизонтальная трещина

А. Разрыв фильтрующей жидкостью

Принимается, что давление жидкости в трещине при разрыве приближенно равняется горному давлению P_r . На границе трещины (область инфильтрата, рис. 5.4) давление жидкости постоянно и равно пластовому $P_{пл}$.

В этом случае раскрытость (ширина) трещины на стенке скважины ω_0 равна:

$$\omega_0 = \frac{16(1-\nu^2)(P_{звб} - P_r)R_r}{3\pi E}, \quad (5.17)$$

где $P_{звб}$ — давление закачки на забое скважины (забойное давление в период закачки жидкости разрыва), МПа;

E — модуль упругости породы (модуль Юнга), равный $(1+2) \cdot 10^4$ МПа.

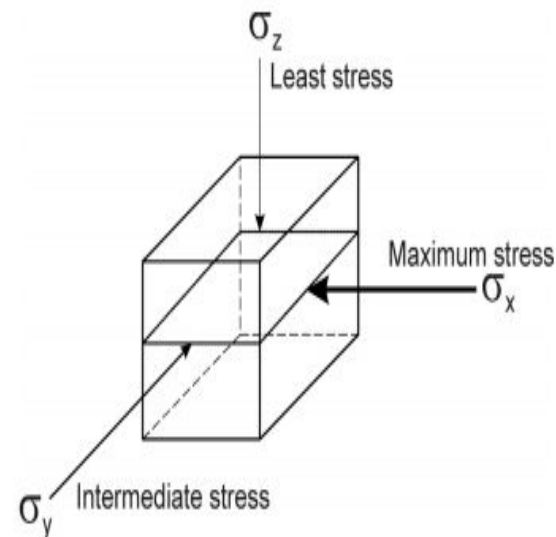


Figure 3-6a Horizontal fracture occurs when the least principal stress is vertical $\sigma_x > \sigma_y > \sigma_z$, where the maximum stress is horizontal, a horizontal fracture will occur.

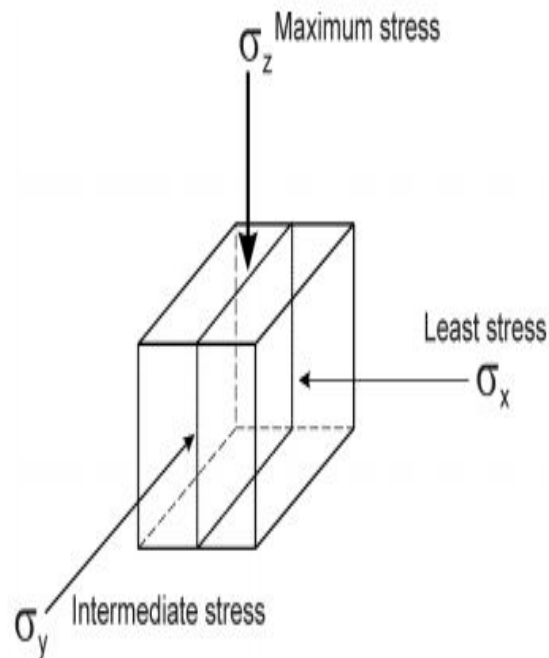


Figure 3-6b Vertical fracture occurs when the least principal stresses an

2. Вертикальная трещина

А. Разрыв фильтрующей жидкостью

Раскрытость трещины на стенке скважины такова:

$$\omega_0 = \frac{4(1-2\nu)(1+\nu)(\Delta P_{\text{заб}} - P_{\text{тр}})}{3E} \sqrt{\frac{V_* Q \mu}{2\pi^2 h^2 m k P_{\text{тр}}}}, \quad (5.23)$$

где $\Delta P_{\text{заб}}$ — перепад давлений между давлением на забое скважины $P_{\text{заб}}$ и давлением в пласте $P_{\text{пл}}$

$$\Delta P_{\text{заб}} = P_{\text{заб}} - P_{\text{пл}}; \quad (5.24)$$

m — пористость пласта, доли ед.;

k — проницаемость коллектора, м^2 ;

h — толщина пласта, м.

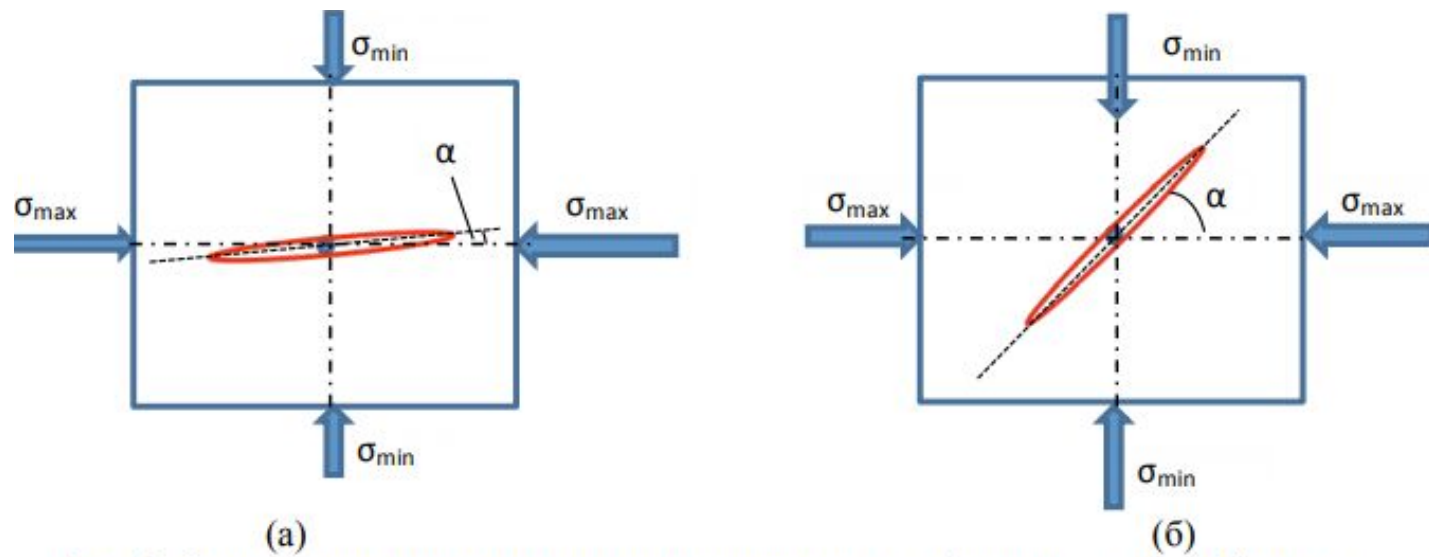


Рис. 1. Ориентация трещин при гидроразрыве пласта: а) при $\sigma_{\max} \gg \sigma_{\min}$, б) при $\sigma_{\max} \approx \sigma_{\min}$

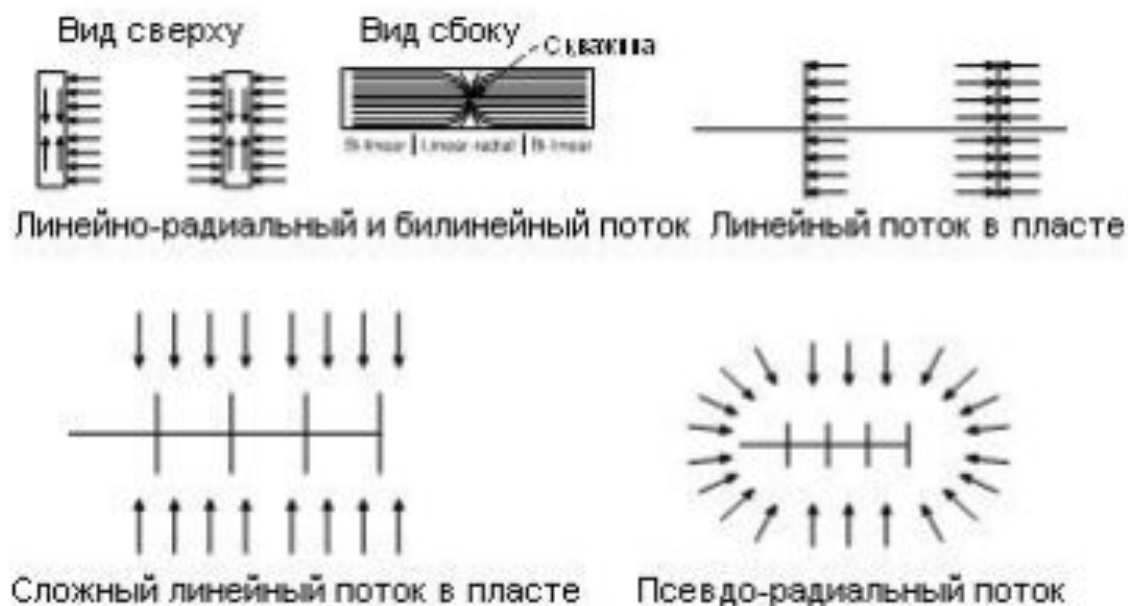


Рис. 1— Вероятные режимы потока в горизонтальной скважине после проведения гидроразрыва пласта.¹⁰

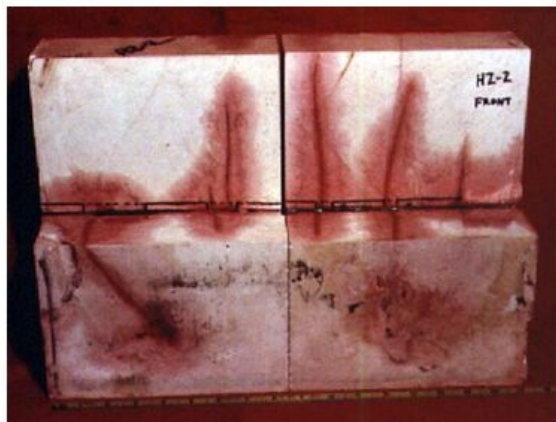


Рис. 7— Влияние длины интервала перфорации на образование поперечной трещины.

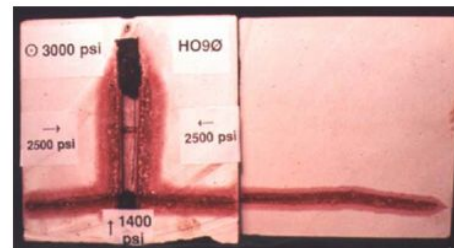


Рис. 8— Образец породы после гидроразрыва с перевернутой T-образной трещиной.

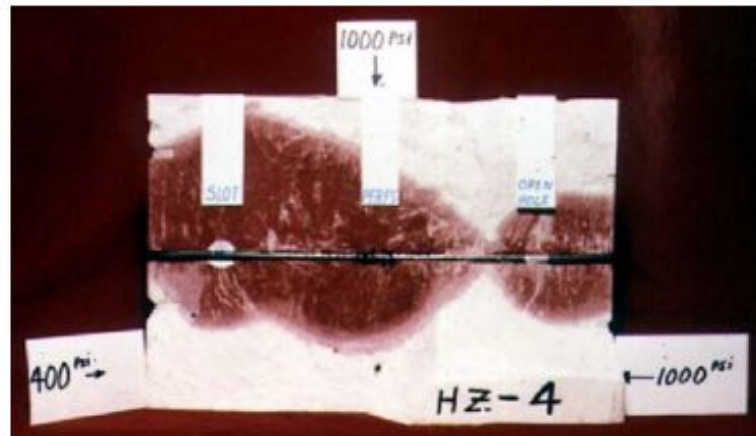


Рис. 9—Зависимость процесса образования продольной трещины от способа заканчивания скважины.

Симулятор ГРП «РН-ГРИД»



Рис. 1. Основные математические подмодели симулятора ГРП

Модуль анализа тестовых закачек в составе «РН-ГРИД» включает следующий стандартный для любого промышленного симулятора ГРП набор методик: анализ кривой падения давления (КПД) до закрытия трещины методом Нолти; анализ тестов со ступенчатым увеличением/снижением закачки; анализ КПД после закрытия трещины методами Хорнера и Нолти

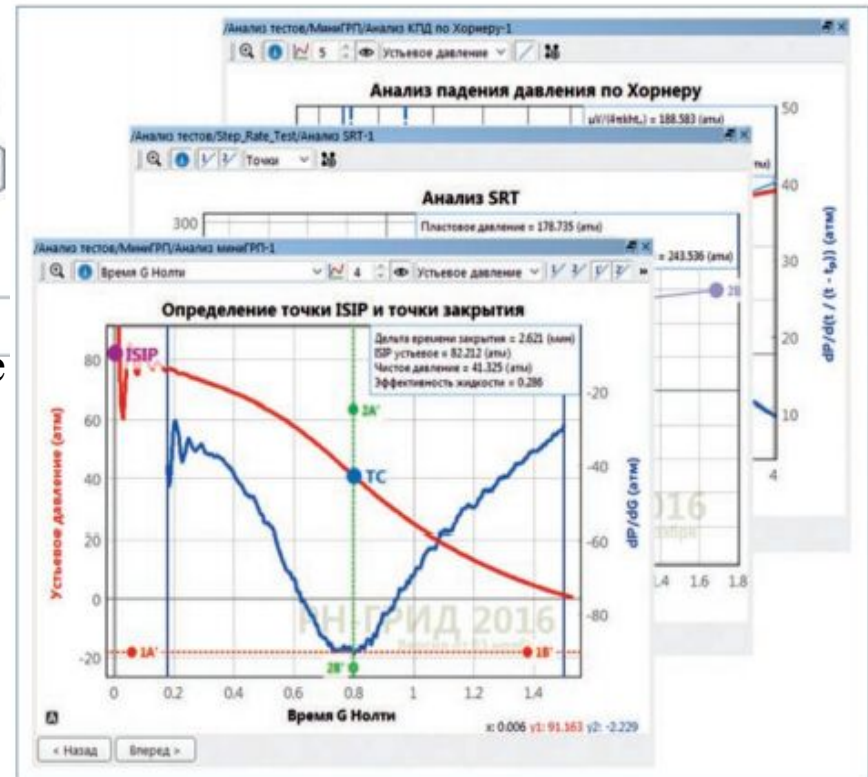
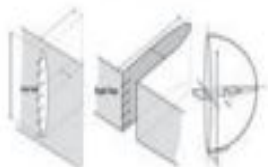


Рис. 2. Пример программной реализации методик анализа тестовых закачек в корпоративном симуляторе ГРП «РН-ГРИД» (SRT – тест со ступенчатым увеличением расхода, ISIP – давление в момент остановки насосов)

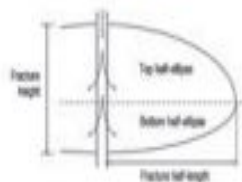
Модели

аналитические
2D
(PKN, KGD, Rad)

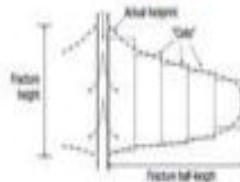


псевдотрехмерные
Pseudo3D (P3D)

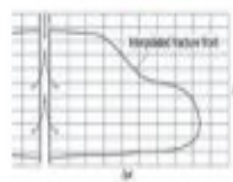
Lumped (LP)



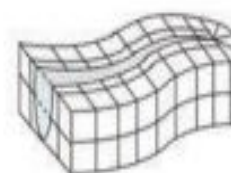
Cell-based (CB)



планарная
трехмерная
Planar3D (P3D)



трехмерная
(Full3D)



"Физичный" контур трещины:



Сквозное сопряжение задач упругости, гидродинамики и переноса проппанта:



Требования к вычислительным ресурсам:

ультра низкие

низкие

низкие

средние

ультра высокие

Рис. 3. Четыре основных класса моделей для описания процесса развития трещины ГРП (2)

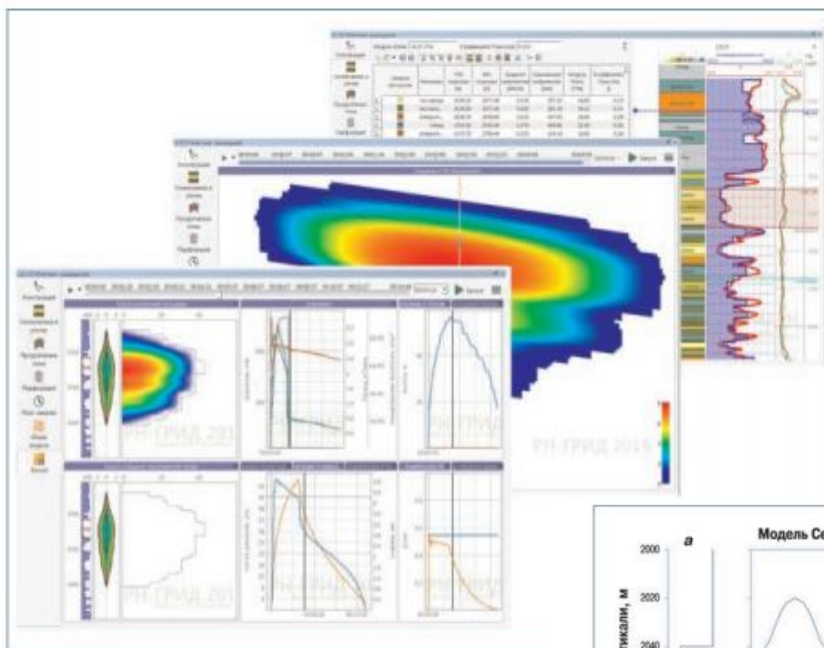


Рис. 4. Примеры интерфейсной части корпоративного св

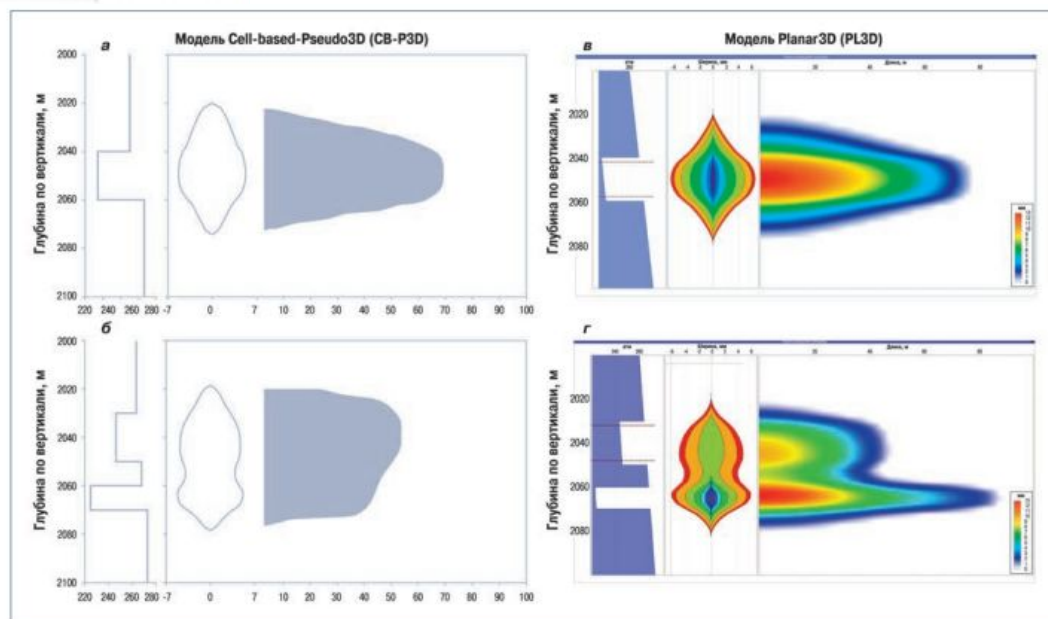


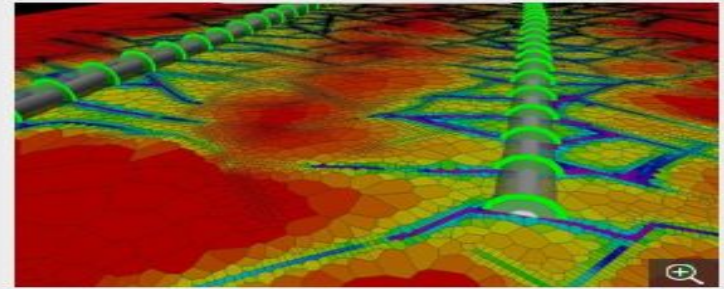
Рис. 5. Примеры моделирования развития трещины без прорыва (а, в) и с прорывом (б, г) в нижележащий прослой (б, г) для разных моделей

The most advanced hydraulic
fracturing software available

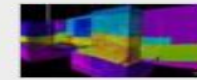
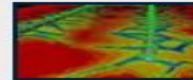


Petrel Hydraulic Fracture Modeling

Empowered by technological prowess, fueled by integrated modeling, led by industry expertise, and streamlined for operation



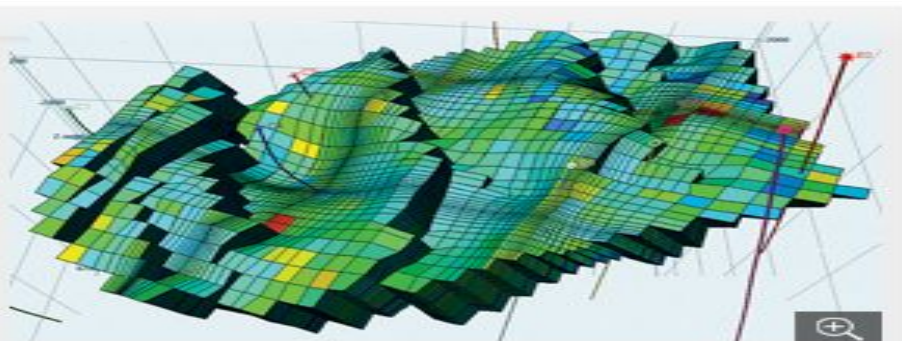
Unstructured grid created used to simulate production effects over time in multiple hydraulically fractured wells.



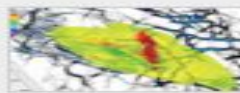


Petrel GeoTesting

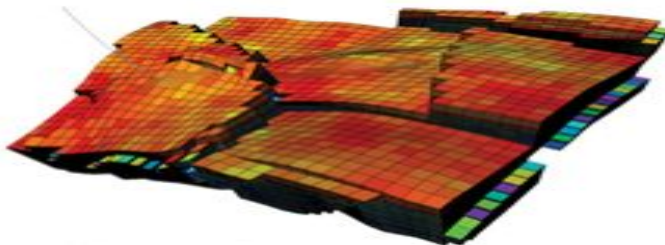
Maximize the value of your well tests with optimized designs that honor the geological model and address uncertainty



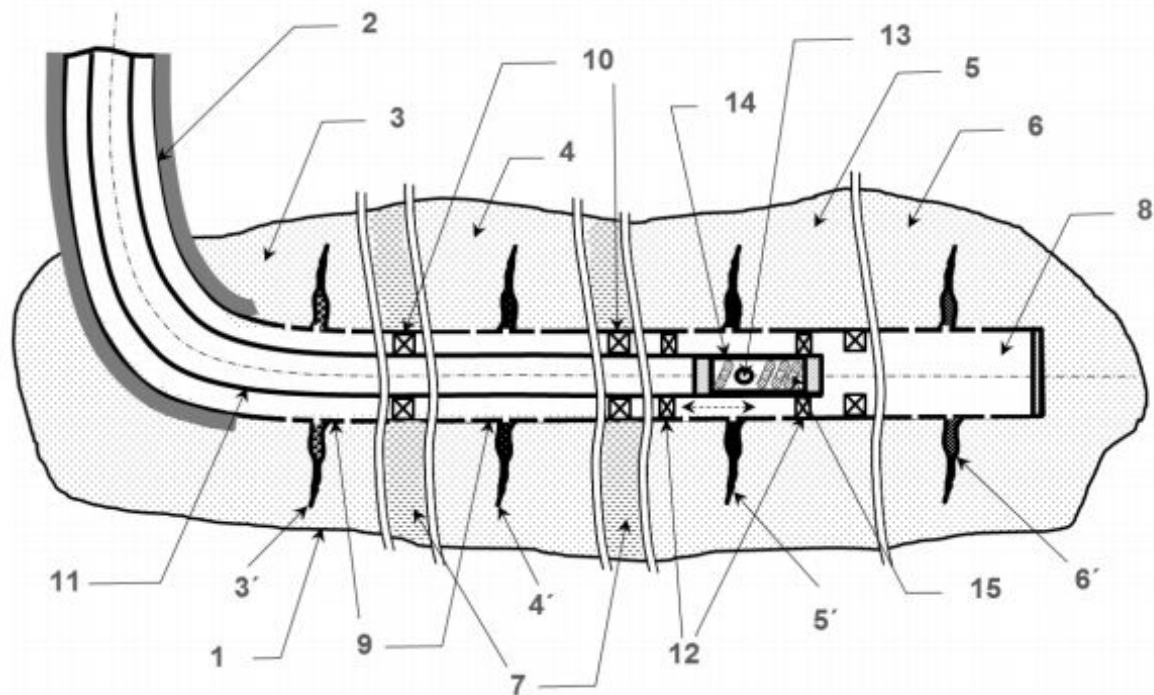
Discrete fracture model is generated based on the effective permeability distribution.



OMV Optimizes Well Test Design to Improve Reservoir Characterization



GeoTesting services improve confidence by optimizing test duration and providing accurate reservoir model calibration using dynamic well test data.



1 – продуктивный пласт, 2 – горизонтальная скважина, 3-6 – интервалы пласта с различной проницаемостью, 3'-6' – трещины ГРП, 7 – не коллектор, 8 – хвостовик, 9 – фильтры, 10 – водонабухающие пакеры, 11 – насосно-компрессорная труба, 12 – сдвоенные пакеры, 13 – радиальные отверстия гидравлического клапана, 14 – гидравлический клапан, 15 – поршневой и пружинный механизм.

Рис. 10 Схема участка пласта в разрезе с ГС и трещинами МГРП

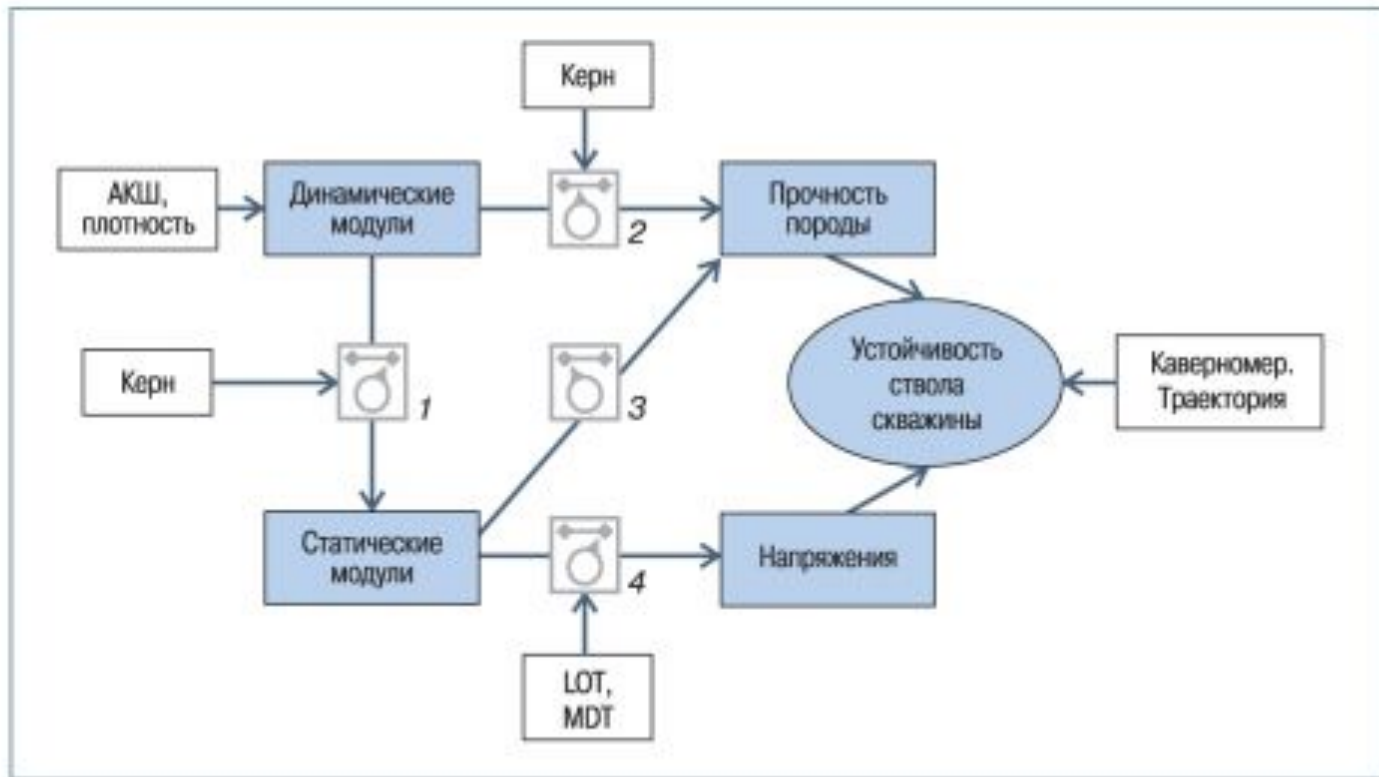
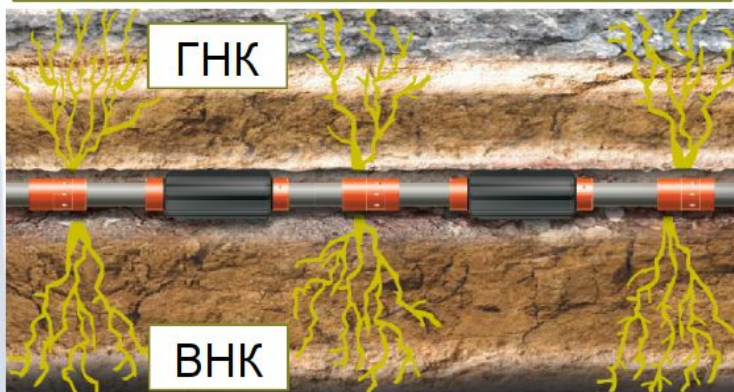


Рис. 1. Схема построения одномерной геомеханической модели, точки калибровки 1–4, или подстройки модели (LOT – тест на ГПП; MDT – стресс-тест испытателем пластов)

Преимущества горизонтального ГРП

Стандартный вертикальный многостадийный ГРП



Скважина с горизонтальным окончанием

Трещина горизонтального ГРП

Разрабатываемая залежь УВ сырья

Значимые по размеру палеотрещины

