

РАЗРАБОТКА МЕТОДА НАПРАВЛЕННОГО ГИДРОРАЗРЫВА ПРОДУКТИВНОГО ПЛАСТА

Ботбаев М.Т, Казиев М.Т, Садырбаева А.С.

**Южно-Казахстанский государственный университет им. М.Ауэзова (160012, РК,
г.Шымкент, пр. Тауке-хана, 5), e-mail makenzi92@mail.ru**

Гидравлический разрыв пласта - процесс воздействия жидкости на пластовую породу под высоким давлением при ее нагнетании в пласт. В основе гидравлического разрыва лежит принцип изменения структуры породы при высоких репрессиях. Теоретически скелет горной породы будет разрушаться при воздействии на пласт, превышающем горное давление на заданной глубине. Как показала практика, гидроразрыв породы наблюдается при существенно меньших репрессиях. Это обстоятельство объясняется, во-первых, наличием начальной трещиноватости пород, разломов и неоднородностей, а во-вторых, существенно меньшими предельно допустимыми напряжениями породы на разрыв, чем на сжатие.

Гидроразрыв наблюдается в трещиноватых породах с ярко выраженными природно-пластичными свойствами. Различают направленный гидроразрыв для определенного интервала пласта и общий гидроразрыв по всей мощности пласта.

Направленный гидроразрыв проводится в перспективных областях, и, как правило, имеет поинтервальный характер. После проведения опробования скважины и выделения основных интервалов притока в нее спускают специальную компоновку снаряда, содержащую два пакера, разделенных перфорированной трубой. Инструмент фиксируют поочередно в каждом заданном интервале. Пакера приводят в рабочее положение. Качество распаковки контролируют по наличию циркуляции в затрубном пространстве скважины, а также специальными затрубными манометрами с регулятором давления. В случае качественной герметизации выделенного интервала, который проверяется опрессовкой, начинают гидроразрыв пласта.

Ключевые слова: гидроразрыв; нефтеотдача; повышение нефтеотдачи; месторождение; пласт; горизонтальное бурение.

DEVELOPMENT OF THE METHOD OF THE DIRECTED HYDRAULIC FRACTURING OF PRODUCTIVE LAYER

Botbayev M. T, Kaziyev M. T, Sadyrbayeva A.S.

The southern Kazakhstan state university of M. Auezov (160012, RK, Shymkent, Tauke-hana Ave., 5), e-mail makenzi92@mail.ru

Hydraulic rupture of layer - influence process liquid on sheeted breed under a high pressure at its forcing in layer. At the heart of a hydraulic gap the principle of change of structure of breed lies at high repressions. Teoretikcheski a skeleton of rock will collapse at impact on the layer, exceeding mountain pressure at a set depth. As practice showed, hydraulic fracturing of breed is observed at significantly smaller repressions. This circumstance speaks, first, existence of an initial jointing of breeds, breaks and not uniformity, and secondly, essential the smaller maximum permissible tension of breed on a gap, than on compression.

Hydraulic fracturing is observed in jointed breeds with pronounced natural and plastic properties. Distinguish the directed hydraulic fracturing for a certain interval of layer and the general hydraulic fracturing on all power of layer.

The directed hydraulic fracturing is carried out in perspective the areas, and, as a rule, has pointervalny character. After carrying out approbation of a well and allocation of the main intervals of inflow to it lower special configuration shell, containing two packers, divided by the punched pipe. The tool fix serially in each set interval. Packer bring into position. Quality of a raspakerovka control on circulation existence in zatrubny space of a well, and also special zatrubny manometers with pressure regulator. In case of a qualitative gerkmietization of the allocated interval which is checked by pressure testing, begin layer hydraulic fracturing.

Keywords: hydraulic fracturing; oil recovery; oil recovery increase; field; layer; horizontal drilling.

При разработке и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений возникают проблемы связанные с низкой нефтеотдачей и малым дебетом скважин. Например, при эксплуатации вертикальных скважин нефтеотдача из пласта составляет только 30 – 40% от залегаемой нефти. Это обусловлено тем, что когда нефть перемещается в продуктивном пласте к забою скважины, поры пласта в зоне забоя постепенно забиваются, и падает пластовое давление. Это приводит к сильному снижению дебита скважины. В результате эксплуатация такой скважины становится экономически не выгодной и её консервируют, т.е. временно закрывают. Кроме того в течение последних лет наблюдается устойчивая тенденция к ухудшению структуры запасов нефти. Это обусловлено ростом сложности геологического строения продуктивных пластов месторождений и повышением удельного веса карбонатных коллекторов с высокой вязкостью нефти. Вязкая нефть медленно перемещается в продуктивном пласте. Это приводит к низкому дебиту скважины, что делает эксплуатацию таких месторождений не экономичной.

Все выше перечисленные проблемы связаны с дренажной способностью продуктивного нефтяного или газового пласта. Эта способность, в первую очередь, зависит от природной пористости и проницаемости пласта [1]. Пористость пласта определяет его нефтеотдачу, а проницаемость дебит скважины. Пористость продуктивных пластов в среднем составляет 24÷35 %. Проницаемость продуктивного пласта описывают законом Дарси.

$$Q = K \frac{1 \cdot \Delta P}{\mu \cdot L} \cdot F, \quad \text{м}^3/\text{с} \quad (1)$$

где K – коэффициент проницаемости, м^2 ; μ – динамическая вязкость флюида (пластовой жидкости), $\text{Па}\cdot\text{с}$; ΔP – изменение давления на один метр пути, $\text{Па}/\text{м}$; F – площадь сечения коллектора через которое проходит пластовая жидкость к забою скважины, м^2 .

Величину проницаемости продуктивных коллекторов оценивают в единицах Дарси (д). В системе СИ $1\text{д} = 1 \cdot 10^{-12}, \text{ м}^2$. Коллекторы, у которых коэффициент проницаемости $K < 5 \cdot 10^{-14} \text{ м}^2$ (0,05 д), считаются непроницаемыми. Коллекторы, у которых коэффициент проницаемости $K > 1 \cdot 10^{-13} \text{ м}^2$ (0,1 д), являются весьма проницаемыми. Максимальная проницаемость нефтяных и газовых коллекторов не превышает $2 \div 3$ Дарси, т.е. $K = (2 \div 3) \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$.

В связи с отмеченными выше проблемами создание и внедрение новых способов и технологий, повышающих природную пористость и проницаемость продуктивных пластов, является очень актуальной задачей. Для увеличения нефтеотдачи и дебита скважин разработаны и используются разные методы [2]. Например, для повышения нефтеотдачи используют тепловой, химический, газовый, комбинированный методы. Для повышения дебита скважины используют физические методы воздействия на пласт – гидроразрыв, бурение горизонтальных скважин, электромагнитное воздействие, волновое воздействие. В настоящее время, наиболее часто, для повышения дебита скважин используют бурение в продуктивном пласте, горизонтальных скважин или гидравлический разрыв пласта (ГРП). Применение этих методов позволяет не только увеличить дебит отдельных скважин (в 2 – 10 раз), но и довести нефтеотдачу всей залежи до 80% и более. Сравнение этих методов показывает, что бурение горизонтальных скважин технически более сложно и дорого. Проведение ГРП дешевле. ГРП уже широко используют на практике. Например, в компаниях «ЮКОС», «Сибнефть». Однако осуществляя гидроразрыв пласта, следует избегать возникновения больших вертикальных трещин, которые могут привести к сообщению продуктивного пласта с водоносными пластами. Поэтому надо стремиться к созданию гидроразрывов по требуемому направлению. Для осуществления гидроразрыва пласта необходимо преодолеть механическую прочность породы и горное давление обусловленное весом вышележащих пород. В связи с этим для гидроразрыва в заданной точке нужно создать гидравлическое давление, превышающее и механическую прочность породы, и горное давление. Это давление называют давлением гидроразрыва. Для лучшей миграции флюидов в гидроразрыве, он должен быть горизонтальным в плоскости между подошвой и кровлей продуктивного пласта. Идеально такой разрыв получить невозможно. Это обусловлено тем, что сплошность породы пласта неоднородная. Однако можно создать условия для предпочтительного распространения трещин в породе. Для этого в проектируемой точке зарождения гидроразрыва, по нашему мнению, необходимо искусственно создать плоскую горизонтальную щель параллельную кровле и подошве пласта. Создаваемое в такой щели гидравлическое давление, в первую очередь будет действовать на плоские

поверхности щели и таким образом стремиться разорвать пласт в горизонтальном направлении. Для предотвращения смыкания образовавшихся трещин они набиваются, переносимым рабочей жидкостью, проппантом (мелкий гравий, речной песок или специально разработанный для этих целей гранулы полимерного сплава).

Для создания плоской щели в точке зарождения гидроразрыва наиболее полно подходит метод пескоструйной перфорации [3]. При пескоструйной перфорации разрушение преград (стенка обсадной трубы, цементный камень, порода) происходит в результате использования абразивного и гидромониторного эффекта высокоскоростной песчано-жидкостной струи. Скорость струи достигает нескольких сотен метров в секунду. Перепад давления при этом составляет 15 – 30 МПа. Пескоструйный аппарат, для создания щели, представлен на рисунке 1.

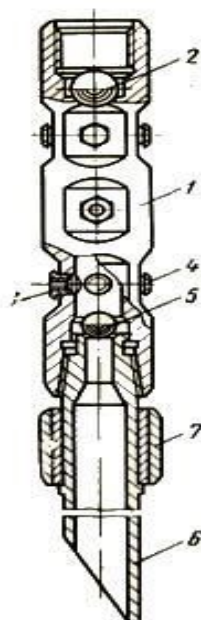


Рисунок 1. Аппарат для пескоструйной перфорации:

- 1 – корпус; 2 – шар опрессовочного клапана; 3 – узел насадки;
4 – заглушки; 5 – шар клапана; 6 – хвостовик; 7 – центратор.

Аппарат имеет по периметру несколько боковых отверстий с насадками. Насадки изготовлены из твёрдых сплавов устойчивых против износа водопесчаной смесью, трёх стандартных размеров 3; 4,5; 6 мм. Насадки диаметром 6 мм применяются для получения максимальной глубины. При создании щели работает одна насадка, остальные глушатся пробками. Медленно вращая аппарат можно получить плоскую щель. При вращении, сопротивление обратному потоку жидкости уменьшается и можно получить щели глубиной до 1÷1,2 м. Такие щели будут создавать предпочтения для возникновения горизонтальных разрывов. Толщина продуктивных пластов бывает от нескольких метров

до десятков метров. Перемещая и поворачивая пескоструйный аппарат, можно создать щели на разных по высоте уровнях пласта и в разных азимутальных направлениях. В пескоструйном аппарате предусмотрены два шаровых клапана. После спуска аппарата, обвязки устья скважины и присоединения к нему насосных агрегатов система спрессовывается давлением. Для этого перед опрессовкой в насосно-компрессорные трубы (НКТ) сбрасывается шаровой клапан 2 большего диаметра для герметизации системы. В системе создаётся давление в 1,5 раза превышающее давление гидроразрыва. После опрессовки, обратной промывкой шаровой клапан выносится на поверхность и извлекается. Далее в НКТ сбрасывают шаровой клапан 5 малого диаметра. После его посадки жидкость получает выход только через насадки 3. При перфорации в НКТ нагнетается водопесчаная смесь. Концентрация песка в ней обычно составляет 80-100 кг/м³. Водопесчаная смесь непрерывно циркулирует между точкой перфорации и устьем под давлением 50÷70 МПа. Насосный агрегат должен создавать напор на 10÷15% превышающий гидравлические потери в контуре циркуляции. Гидравлические потери в контуре циркуляции складываются из следующих составляющих:

$$\Delta P_{\text{ц}} = \Delta P_1 + \Delta P_2 + \Delta P_3 + \Delta P_4 \quad (2)$$

где ΔP_1 – потери давления на трение в НКТ; ΔP_2 – потери давления в насадке (15-30 МПа); ΔP_3 – потери давления на трение в затрубном кольцевом пространстве; ΔP_4 – противодействие на устье скважины.

Плоские щели можно нарезать в пласте и с помощью лазерного луча. Однако эта технология пока ещё не доработана до конца[4].

После создания щелей осуществляют гидроразрывы пласта. Для этого в скважину нагнетается рабочая жидкость под давлением превышающем давление гидроразрыва. Попадая в щель, она разрывает пласт. Рабочая жидкость разрыва это вода, загущенная высокомолекулярными полимерами (гелирующие агенты). Полимеры повышают вязкость жидкости, что позволяет удерживать частицы проппанта во взвешенном состоянии, пока они перемещаются в трещины, предупреждая их преждевременное осаждение. Кроме загустителя в жидкость добавляют различные химические добавки – ингибиторы коррозии, понизители трения, стабилизаторы глин, ингибиторы отложений, деэмульгатор, биоцид и т.д. Гидроразрыв протекает в две стадии. На первой стадии в скважину закачивается рабочая жидкость без проппанта. После образования гидроразрыва в жидкость начинают добавлять проппант в возрастающих концентрациях. На второй

стадии происходит удлинение трещин и набивка их проппантом. В трещины может набиваться от 900 до 1800 т проппанта[5].

Предлагаемая технология ГРП может быть использована при восстановлении законсервированных вертикальных скважин, а также для создания разветвлённых гидроразрывов в пробуренных горизонтальных скважинах. Например, в пробуренной и обсаженной горизонтальной скважине, по описанной выше технологии, можно нарезать плоские щели вдоль горизонтального ствола скважины. Пескоструйный аппарат, в этом случае, будет перемещаться вперёд, назад в районе точки создания горизонтальной щели. После осуществления гидроразрывов вокруг горизонтального ствола скважины образуется разветвлённая сеть трещин. Это существенно увеличит природную проницаемость пласта. Предлагаемая технология может быть использована и при бурении S – образной искривлённой скважины во время освоения многопластовой залежи. В этом случае осуществляют направленные гидроразрывы в продуктивных пластах залежи.

Другим направлением использования направленного ГРП является добыча сланцевого газа и газа из угольных пластов. И сланцевый газ, и газ из угольного пласта это тот же самый природный газ, т.е. метан. Создание направленных трещин объединяет поры в пласте заполненные газом, искусственно создавая проницаемость. Газ начинает перемещаться к забою скважины и оттуда извлекаться для использования.

Список литературы

1. Булатов А.И. Бурение горизонтальных скважин / А.И. Булатов, Е.Ю. Проселков, Ю.М. Проселков – Краснодар: Совет. Кубань, 2008. – 424 с.
2. Попов А.Н., Спивак А.Н., Акбулатов Т.О. Технология бурения нефтяных и газовых скважин. – М.: Недра, 2004. – 305 с.
3. Щуров В.И. Технология и техника добычи нефти. – М.: Недра, 1983.-368с.
4. petros.ru/worldmarketoil/?action=show&id=267
5. www.neftrus.com/ekxpl.html?start=23