

РАЗДЕЛ 1

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ, ХРАНЕНИЯ И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ГАЗА, НЕФТИ И НЕФТЕПРОДУКТОВ

УДК 622.245

ОСВОЕНИЕ СКВАЖИН МНОГОСТУПЕНЧАТЫМ ЭЖЕКТИРОВАНИЕМ

А. Ш. ОМАРОВА

Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности, Баку, Азербайджан

Аннотация. В статье изучены и проанализированы особенности освоения скважин в труднодоступных районах, которые имеют свои характерные особенности, обусловленные ограниченностью применения громоздкого передвижного оборудования для проведения разовых операций в отдаленных районах, платформах или отсутствием в наличии буровых растворов разных плотностей и т.д.

Изложен способ освоения скважин снижением противодавления столба жидкости в скважине путем замены тяжелого бурового раствора на промысловые системы меньшей плотности с применением насосных агрегатов, установленных на шасси автомобилей и прицепах компрессорных установок высокого давления большой массы.

Рассмотрен способ снижения противодавления столба жидкости в скважине многоступенчатым эжектированием. Технология вызова притока из пласта пенами с использованием эжекторов предусматривает приготовление с помощью насосного и компрессорного оборудования пен, закачивание их в скважину для вытеснения воды и создание необходимой величины депрессии на забое за счет меньшей плотности пены и ее самоизлива. Способ эжектирования воздуха непосредственно из атмосферы позволяет получить пену заданной кратности и требуемое давление закачки ее в скважину. Приведены необходимые гидравлические расчеты и схема обвязки оборудования при освоении скважин многоступенчатым эжектированием.

Ключевые слова: освоение, скважина, эжектор, вызов притока, пласт, многоступенчатое эжектирование, призабойная зона, коэффициент эжекции, давление.

Вскрытие продуктивных пластов является важнейшим этапом заканчивания скважин и существенно влияет на естественную проницаемость продуктивной толщи. Освоение скважин призвано восстановить и по возможности улучшить эту проницаемость, прежде всего путем снижения противодавления столба жидкости и создания депрессии между пластовым и забойным давлением. Это и способствует притоку на забой пробуренной скважины добываемой продукции. Так как процесс освоения скважин характеризуется непрерывным изменением гидростатического давления столба жидкости и его плотности в скважине, это требует оптимального подбора плотности закачиваемой промысловой жидкости, которая, с одной стороны, не должна проникать в продуктивный пласт, т.е. не загрязнять поровое пространство призабойной зоны, с другой – не допускать превышения газнасыщенности восходящего (статического) столба жидкости, что могло бы повлечь за собой неуправляемый выброс пластовой продукции из скважины [1, 2].

Освоение скважин осуществляется различными способами путем вызова притока, постепенным очищением призабойной зоны и повышением добычи пластового флюида: свабированием, компрессированием, освоением струйным насосом, тартанием, освоением глубинными насосами, освоением при помощи ГНКТ и т.д.

Одним из основных методов, широко применяемых в практике, остается снижение противодавления столба жидкости в скважине путем замены тяжелого бурового раствора на различные промывочные системы меньшей плотности (жидкость, аэрированный раствор, пена, газ, азот и т.д.), позволяющее при том же уровне столба жидкости снижать его плотность.

Для значительного ускорения процесса возможно совместное применение разных способов. Выбор способа освоения скважины зависит многих факторов: горно-геологических, технических, технологических, географических, климатических, экономических и др.

Освоение скважин в труднодоступных районах и морских шельфах имеет свои характерные особенности, обусловленные ограниченностью применения громоздкого передвижного оборудования, применяемого для проведения разовых операций, или площади платформы, или техническими ограничениями по наличию буровых растворов разных плотностей и т.д. [3].

Кроме того, объект должен быть обеспечен штатными противопожарными средствами, поскольку при освоении скважины нередки пожароопасные ситуации (например, неожиданный выброс), для ликвидации которых погодные условия не всегда могут позволить приблизиться специальным противопожарным судам.

Прежде всего, в таких условиях очень часто используется технология для освоения и последующей эксплуатации, позволяющая более плавно изменять противодавление на пласт и регулировать ее значение.

Основной целью освоения скважины является восстановление естественной проницаемости пласта-коллектора, очищение перфорационных отверстий и получение того количества продукции от продуктивного пласта, которое соответствует потенциальным возможностям конкретной скважины. С учетом этого, способы вызова притока из пласта (освоение) выбираются исходя от текущего значения пластового давления. В скважинах, где пластовое давление значительно превышает гидростатическое, вызов притока технологически проще, чем в скважинах с низким пластовым давлением, в которых требуется применение специальных подходов. При этом в скважинах с низкой проницаемостью пласта необходимо дополнительно проводить работы по ее увеличению [4].

Снижение противодавления столба жидкости в скважине путем замены тяжелого бурового раствора на различные промывочные системы меньшей плотности, позволяющее снижать уровень жидкости, обычно производится с применением насосных агрегатов, установленных на шасси автомобилей и прицепах компрессорных установок высокого давления большой массы.

Для условий ограниченности применения громоздкого передвижного оборудования, применяемого для проведения разовых операций, или площади платформы разработан способ освоения скважин путем создания депрессии на пласт.

Способ предусматривает применение пенных систем с подключением эжекторных установок с использованием энергии воздуха. Технология вызова притока из пласта пенами с использованием эжекторов состоит в приготовлении с помощью последних насосного и компрессорного оборудования двухфазных пен, закачивании их в скважину для вытеснения воды и создании необходимой величины депрессии на забое за счет меньшей плотности пены и ее самоизлива [5].

В практике при освоении скважин часто применяется эжектирование воздуха от компрессора водовоздушным эжектором с помощью насоса. Применение эжектора для приготовления пен позволяет использовать атмосферный воздух: сначала эжектируют воздух из атмосферы

воздушным эжектором, затем отделяют сжатый воздух от жидкости и подают его на эжектор приготовления и закачки пены в скважину. Коэффициенты эжекции водовоздушных эжекторов связаны соотношением.

$$U_2 = \frac{U_1 \cdot Q_{ж1} \cdot P_0}{Q_{ж2} \cdot P_c} \quad (1)$$

где U_1 – коэффициент эжекции первого водовоздушного эжектора;

U_2 – коэффициент эжекции второго эжектора;

$Q_{ж1}$ – количество рабочей жидкости, поступающей в первый эжектор, м³;

$Q_{ж2}$ – количество пенообразующей жидкости, м³;

P_c – давление воздуха на выходе первого эжектора, Мпа;

P_0 – атмосферное давление, МПа.

Способ эжектирования воздуха непосредственно из атмосферы позволяет получить пену заданной кратности и требуемое давление закачки ее в скважину.

Устье скважины оборудуется буровым насосом 1, соединенным трубопроводами с емкостью для рабочей жидкости 2 и эжектором 3, подающим водовоздушную смесь в сепаратор 4 с манометром 5. Сепаратор воздуховодом соединен со вторым эжектором 6, на вход которого буровым насосом 7 подают пенообразующую жидкость (ПОЖ) из емкости 8. Выход эжектора 6 связан со скважиной 9 (рис. 1).

- 1, 7 – буровые насосы;
- 2 – емкость для рабочей жидкости;
- 3, 6 – эжекторы;
- 4 – сепаратор;
- 5, 10 – манометры;
- 8 – емкость с ПОЖ;
- 9 – скважина;
- 11 – линия факела;
- 12, 13, 14, 15, 16, 18, 19, 20, 21 – задвижки

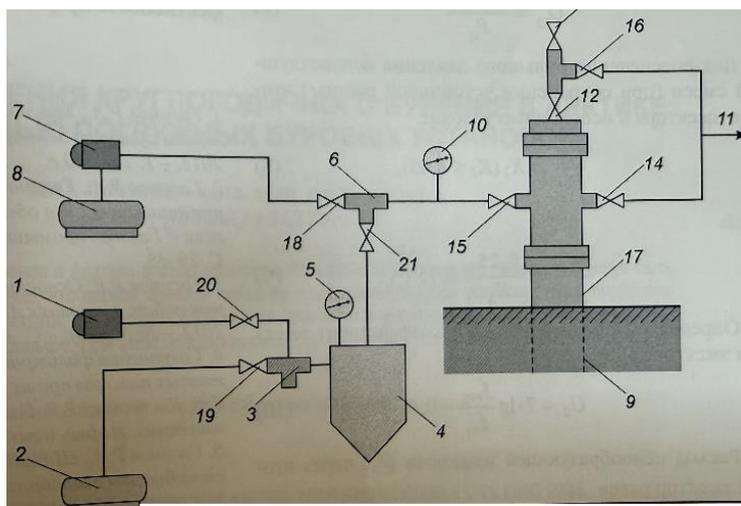


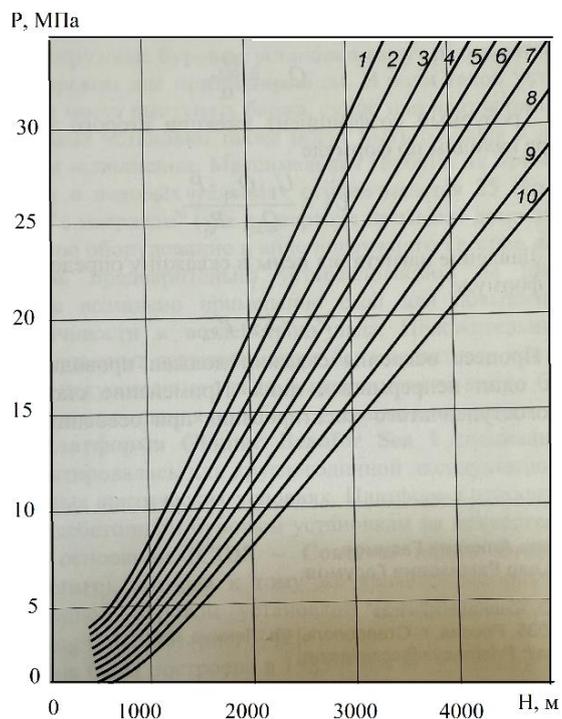
Рисунок 1. – Схема обвязки оборудования при освоении скважины с многоступенчатым эжектированием

Буровым насосом 1 рабочую жидкость из емкости 2 подают на вход первого высокопроизводительного водовоздушного эжектора 3, пропускная способность которого по жидкости рассчитана в соответствии с номинальной производительностью насоса 1 при заданном давлении на входе в эжектор. При этом непосредственно из атмосферы инжектируют воздух в количестве, пропорциональном расходу жидкости.

Водовоздушную смесь под давлением подают в сепаратор 4, где отделяют сжатый воздух, а рабочую жидкость возвращают в емкость 2. Сжатый воздух инжектируют вторым водовоздушным эжектором 6, на вход которого буровым насосом 7 из емкости 8 подают пенообразующую жидкость. Полученную пену закачивают в скважину 9 под давлением, превышающим устьевое давление. Производительность эжектора 6 по жидкости в несколько раз меньше, чем эжектора 3, и зависит от требуемой степени аэрации пены при заданном давлении закачки.

Замена жидкости, заполняющей скважину, на пену определенной плотности позволяет создать необходимую депрессию на продуктивный пласт, вызов притока из продуктивного пласта и осуществить освоение скважины [6].

Зависимость изменения гидростатического давления столба пены с различной степенью аэрации от глубины скважины приведена на графике (рис. 2).



1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 – степень аэрации пены, равная 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45 и 50 соответственно

Рисунок 2. – Зависимость гидростатического давления столба пены от глубины скважин

Для обеспечения устойчивой работы эжектора 3 первой ступени отношение давления водовоздушной смеси P_{c1} к рабочему давлению P_{p1} составит

$$(K_1 \leq 0,3) \quad (2)$$

Основным геометрическим параметром эжектора является отношение

$$\frac{f_{kc1}}{f_{c1}} = \left(\frac{0,25}{K_1} + 0,75 \right)^2 \quad (3)$$

Коэффициент эжекции первого эжектора 3

$$U_1 = 7 \cdot \lg \frac{f_{kc1}}{f_{c1}} - 0,6 \quad (4)$$

где f_{kc1} – площадь сечения камеры смешения, м²;

f_{c1} – площадь сечения сопла, м².

Количество воздуха, инжектируемого из атмосферы, составит

$$Q_{B1} = \frac{U_1 \cdot Q_{ж1}}{1,3} \quad (5)$$

При этом достигаемая степень аэрации

$$\alpha_1 = \frac{Q_{\Gamma_1}}{Q_{ж_1}} \quad (6)$$

где α – степень аэрации пены, зависящая от глубины скважины.

Если ограничиться обычным методом эжектирования воздуха без предварительного его сжатия компрессором, то достигнутая степень аэрации будет явно недостаточна.

Если после разделения водовоздушной смеси в сепараторе давление сжатого воздуха будет P_{c_1} , то расход сжатого воздуха Q_{Γ_2} после сепаратора составит

$$Q_{\Gamma_2} = \frac{Q_{\Gamma_1} \cdot P_0}{P_{c_1}} \quad (7)$$

Для обеспечения большого давления водовоздушной смеси (при сохранении устойчивой работы) второго эжектора б необходимо условие

$$\frac{P_{c_2}}{P_{p_2}} = K_2 (K_2 \leq 0,45) \quad (8)$$

тогда

$$\frac{f_{kc_2}}{f_{c_2}} = \left(\frac{0,25}{K_2} + 0,75 \right)^2 \quad (9)$$

Определяем предварительный коэффициент эжекции эжектора б

$$U_2 = 7 \cdot \lg \frac{f_{kc_2}}{f_{c_2}} - 0 \quad (10)$$

Расход пенообразующей жидкости $Q_{ж_2}$ через второй эжектор равен

$$Q_{ж_2} = 1,3 \cdot \frac{Q_{\Gamma_2}}{U_2} \quad (11)$$

Достигаемая степень аэрации α_2 составит

$$\alpha_2 = \frac{Q_{\Gamma_1}}{Q_{ж_2}} \quad (12)$$

Для обеспечения заданной степени аэрации пены α достаточно увеличить расход жидкости на эжекторе второй ступени до значения

$$Q_{ж_2} = \frac{Q_{\Gamma_1}}{\alpha} \quad (13)$$

Требуемый коэффициент инжекции второго эжектора находим по формуле

$$U_2 = \frac{U_1 \cdot Q_{ж_1} \cdot P_0}{Q_{ж_2} \cdot P_{c_1}} \quad (14)$$

Давление нагнетания пены в скважину определяем по формуле

$$P_{c_2} = K_2 \cdot P_{p_2} \quad (15)$$

Процесс освоения скважин должен проводиться как один непрерывный цикл. Применение способа многоступенчатого эжектирования при освоении газовых и газоконденсатных скважин подтвердило эффективность предложенной технологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гасумов Р. А., Минликаев В. З. техника и технология ремонта скважин: монография. - М.: ООО «Газпром экспо», 2013. - Т.1. - 360 с.
2. Гасумов Р. А., Гасумов Э. Р. Геолого-технические мероприятия как основа обеспечения надежности фонда скважин // Газовая промышленность. – 2012.-№7 (678). – с.29-33.
3. Гасумов Р. Р. Освоение газовых скважин после ремонтных работ в условиях АНПД // Газовая промышленность. - 2012. - № 5 (676). – С. 36-37.
4. Сохранение фильтрационное – емкостных свойств продуктивных пластов при их временной изоляции / Р. А. Гасумов, С. В. Костюков Р. Р. Гасумов [и др.] // Изв. Высших учебных заведений. Нефть и газ. – 2017. – № 4. – С. 58-66.
5. Гасумов Р. А., Шихалиева И. И. Определение выносящей способности пенообразователей // Строительство нефтяных и газовых скважин насуше и на море. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2015. - № 6. - С. 20-23.
6. Гасумов Р.А. Составы для очистки коллектора ПЗП от коагулирующих частиц // Газовая промышленность. – 2015. - № 3 (719). – С. 62–64.