

Способ утилизации попутного нефтяного газа для месторождений Восточной Сибири при помощи забойного парогазогенератора

Фомин Д.А. , Лапин Д.Г.

Научный руководитель – доктор технических наук Квеско Б.Б.

Институт нефти и газа

Кафедра разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений.

Применение эффективных методов утилизации попутного нефтяного газа для месторождений Восточной Сибири.

В нашей работе рассматриваются наиболее эффективные и экологичные методы утилизации попутного нефтяного газа, а также нами разработан метод утилизации ПНГ при помощи забойного парогазогенератора.

По данным спутникового мониторинга в России в 2014г по прежнему на факелах сжигалось около 8 млрд м3 попутного нефтяного газа. Нереализованные прибыли по данным Всемирного банка составили порядка 3.6 млрд долл.

К факторам, препятствующим эффективной утилизации следует отнести отсутствие существующей развитой инфраструктуры, газопроводов; отсутствие по близости достаточных перерабатывающих мощностей. По этим причинам полезная и эффективная утилизация на многих месторождениях становится попросту нерентабельной.

На сегодняшний день известны следующие способы утилизации:

1. Компрессорный транспорт газа: сдача сухого газа на газоперерабатывающий завод . Газ, извлекаемый из скважин вместе с сырой нефтью, является ценным источником сырья для химической промышленности. При первичной переработке сухого газа возможна подача газа потребителю, а ШФЛУ в нефтяной коллектор. Развиваются технологии модульных заводов по получению метанола (широко распространенный ингибитор гидратообразования) из метана на промыслах.

2. «Малая энергетика» на базе ПНГ - Утилизация газа на газотурбинных (ГТЭС) с выработкой электричества на нужды промыслов; использование для подогрева нефти, для газопроводов насосов

3. Переработка газа на синтетическое топливо - технология «GTL – gas to liquid»: получение стабильного газового бензина;

4. Закачка попутного нефтяного газа и его смесей в пласт для поддержания пластового давления и для повышения нефтеотдачи. Осуществление данного процесса связано со многими трудностями, такими как: высокие капитальные затраты на

сооружение компрессорных станций. К тому же вытеснение нефти газом не эффективно по сравнению с вытеснением нефти водой.

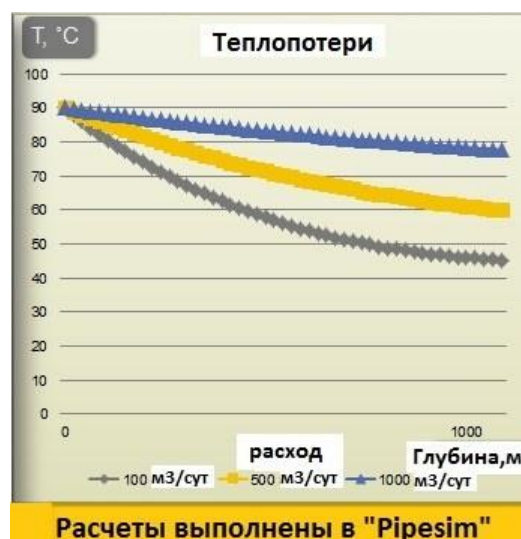
Широко применяется поверхностный комплекс использования ПНГ для закачки в пласт теплоносителя в пласт .

Принцип работы комплекса:

В циклонном реакторе установлены в два яруса горелочные устройства, при помощи которых создается температура 1200 °С. Данный температурный режим обеспечивает полное сгорание углеводородов, практически на нет сводит образование сажи и окислов азота. Образовавшиеся в процессе термообработки дымовые газы поступают в рекуперативный блок, в котором происходит нагрев теплоносителя. Для регулирования температуры в контуре на выходе из рекуперативного блока установлен аппарат воздушного охлаждения. Нагретый теплоноситель поступает в трубное, а пластовая вода в межтрубное пространство теплообменника. Пластовая вода нагревается до 70-75°С, затем закачивается в пласт под давлением 150-200 атм.

Комплекс повышает нефтеотдачу (КИН) за счет термического воздействия на пласт, позволяет экономически выгодно использовать ПНГ без вреда для окружающей среды.

Однако, данный метод применим лишь в неглубоких скважинах глубинами до 1000м, так как при большей глубине происходят большие потери тепла. и поэтому нами разработан новый метод использования ПНГ для закачки теплоносителя в пласт применимый для скважин с глубинами более 1000 м.

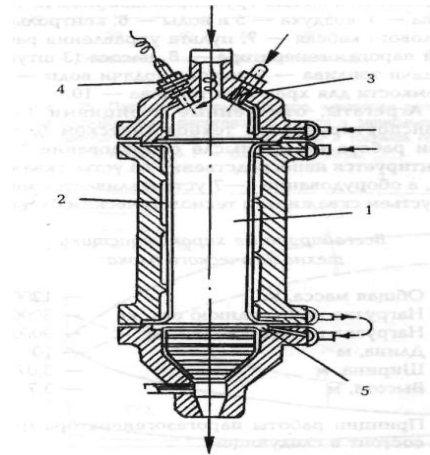


Основная идея данного метода заключается в применении парогазогенератора, установленного на забое скважины .

Парогаз – это совместное нагнетание теплоносителя и дымовых газов ($N_2 + CO_2$), позволяющее улучшить вязкостное соотношение за счет уменьшения вязкости нефти при растворении в ней азота и углекислого газа при снижении расхода теплоносителя.

Принципиальная конструкция парогазогенератора:

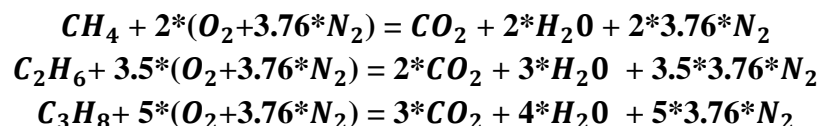
- 1 – камера сгорания
- 2 – рубашка охлаждения
- 3 – форсунка
- 4 – запальник
- 5 – сопла впрыска воды



Компоненты газовой смеси	Обозначение компонента	Нефтяной газ в % объема
Метан	CH ₄	75,123
Этан	C ₂ H ₆	10,7166
Пропан	C ₃ H ₈	12,015
И-Бутан	iC ₄ H ₁₀	1,7653
Азот	N ₂	1,3430
Сероводород	H ₂ S	0,20
Молекулярная масса, г/моль	27,702	32,067

Состав попутного нефтяного газа, принятый при расчетах

Реакции горения, протекающие в камере сгорания:



Забойный парогазогенератор содержит форкамеру, снабженную запальным узлом, камеру сгорания с рубашкой охлаждения, организованной между внутренней и наружной оболочками камеры. На наружной поверхности внутренней оболочки камеры выполнен ввод воды для охлаждения и для регулировки температуры. На нижней части внутренней поверхности стенки установлены сужающие устройства и выходное сопло

Наземное оборудование включает в себя компрессорный и технологический блоки, расходные емкости по воде и топливу, скважинную арматуру, трубопроводы, связывающие все наземные блоки. Технологический блок включает в себя системы подачи топлива и воды в парогазогенератор, приборы контроля и автоматического управления процессом выработки парогазовой смеси, запорно-регулирующую арматуру и трубопроводы воды, топлива, воздуха. Скважинное оборудование включает в себя: трубопроводы подачи к парогазогенератору воздуха, топлива, воды, кабеля подачи

напряжения к запальному устройству форкамеры и термометрии , парогазогенератора , термостойкого пакера .

Забойный парогазогенератор работает следующим образом.

У обрабатываемой скважины монтируется наземное оборудование.

Парогазогенератор спускают в скважину на насосно-компрессорных трубах и устанавливают в зоне перфорации пласта при помощи термостойкого пакера. В камеру сгорания ЗПГГ по НКТ подают воздух, а по трубопроводам - топливо и воду.

Воспламенение рабочих расходов топлива и воздуха, подаваемых в камеру сгорания через форсуночную головку, происходит при помощи форкамеры, где предварительно воспламеняются пусковые расходы топлива и воздуха.

Воду по трубопроводу с поверхности земли (из межтрубного пространства) подают в рубашки охлаждения, организованную между внутренней и наружной оболочками камеры сгорания. При этом происходит нагрев воды и частичное испарение. При попадании воды на сужающее устройство с сектором сброса происходит ввод воды в высокотемпературный поток продуктов сгорания, что способствует более полному испарению воды и повышению паросодержания в парогазовой смеси. Полученная таким образом парогазовая смесь поступает через сопло в продуктивный пласт, прогревая его и способствуя более полному извлечению нефти из пласта. Наличие выходного сопла обеспечивает надежный запуск и устойчивый режим работы ЗПГГ в условиях повышенного противодавления.

Эффективность воздействия на пласт дымовыми газами и двуокисью углерода.

Закачка вместе с паром растворимого в углеводородах газа (N_2 , CO_2) позволяет увеличить отбор нефти и повысить эксплуатационную характеристику в результате расширения нефти, уменьшения вязкости ее и проявления режима растворенного газа. Образующаяся при растворении CO_2 в воде - угольная кислота (H_2CO_3) - растворяет некоторые виды цемента и породы пласта и повышает проницаемость. В присутствии CO_2 снижается набухаемость глиняных частиц пласта. CO_2 растворяется в нефти в 4-10 раз лучше, чем в воде, поэтому она может переходить из водного раствора в нефть. Во время перехода межфазное натяжение между ними становится очень низким, и вытеснение приближается к смешивающемуся. CO_2 в воде способствует отмыву пленочной нефти, и уменьшает возможность разрыва водной пленки. При растворении в нефти CO_2 вязкость нефти уменьшается, плотность повышается, а объем увеличивается в 1,5–1,7 раза. При $R_{\text{пласт}}$ выше давления полного смешивания пластовой нефти с CO_2 , двуокись углерода будет вытеснять нефть, как обычный растворитель (смешивающее вытеснение). Тогда в пласте образуются 3 зоны: зона первоначальной пласт.нефти, переходная зона и зона чистого CO_2 . Если CO_2 нагнетается в заводненную залежь, то перед зоной CO_2 формируется вал нефти, вытесняющий пластовую воду.

Технологические результаты

Забойный парогазогенератор сжигает ПНГ на забое скважины в камере сгорания, а продукты сгорания – азот и диоксид углерода подаются в нефтяной продуктивный пласт. Конструкцией устройства предусмотрена водяная рубашка для регулировки температуры подачи дымовых газов в пласт. Доказано, что оптимальная температура теплоносителя

составляет 70-80 °С. Расход воды составляет 0.1м³ на 1 м³ сжигаемого ПНГ данного состава. Расчетами установлено, что для полного сгорания 1м³ ПНГ данного состава необходимо 8.2м³ воздушной смеси в качестве окислителя. Объем продуктов сгорания равен 9.2м³ из них: N₂ – 6.3м³, CO₂ - 1.1 м³, H₂O (водяной пар) – 1.8 м³..

Забойный парогенератор может применяться как в вертикальных так и горизонтальных скважинах, в том числе при осуществлении парогравитационного дренажа (SAGD).

В настоящее время считается, что CO₂ является самой эффективной добавкой к пару, так как он уменьшает межфазное натяжение на границе пластового флюида и уменьшает вязкость нефти, улучшая ее подвижность.