

Д. В. Прошекальников, Е. И. Кульментьева, Р. Р. Рамазанов,
С. Д. Солодов

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕПЛОИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ДОБЫЧЕ ПРИРОДНЫХ БИТУМОВ

Ключевые слова: скважина, дренирование, индукционный нагрев, теплоотдача, природный битум

Приведено описание основных теплотехнологий добычи природных битумов. Отмечено, что наряду с традиционными способами нагнетания горячего газа (пара) в коллектор, имеется возможность проводить пульсационное дренирование пласта жидкостью. Поскольку теплогенерация происходит путем индукционного нагрева в горизонтальном участке скважины, то потери отсутствуют. Приведена оценка тепловой нагрузки для трех способов нагнетания теплоносителей. Показано, что на глубинах залегания свыше 100 м преимущество добычи битумов имеет пульсационная теплотехнология с использованием высокочастотного индукционного нагревателя.

Keywords: well, drainage, induction heating, thermolysis, natural bitumen.

The description of the main heat technologies of production of natural bitumens is provided. It is noted that along with traditional ways of forcing of hot gas (steam) in a collector, there is an opportunity to carry out the pulsation drainage of layer by liquid. As heat generation happens by induction heating in a horizontal site of a well, losses are absent. The assessment of thermal loading for three ways of forcing of heat carriers is given. It is shown that on depths advantage of production of bitumens the pulsation heat technology with use of the high-frequency induction heater has over 100 m.

Введение

В работах [1,2] показано, что добыча битумов, как правило, ведется на горизонтальных скважинах с применением технологий, связанных с повышением проницаемости прискважинной зоны пласта, интенсификацией теплообмена в процессе нагнетания острого пара в коллектор а также с использованием различных растворителей [3], [4].

Важное значение при разработке месторождений природных битумов имеет энергосбережение, в котором подъем тяжелых углеводородов ведется по возможности с меньшими затратами энергии на тонну добываемой продукции [5].

Одной из таких технологий является нестационарное или пульсационное воздействия на битуминозный коллектор. Этот способ прост, надежен в эксплуатации и совместим со многими традиционными способами добычи битумов. Одним из очевидных преимуществ теплотехнологии пульсационного воздействия в размягчении трудноизвлекаемых углеводородов является решение проблемы застойных зон, появляющихся в коллекторе вдоль горизонтальной скважины, где содержится значительное количество не извлеченной продукции [6]. Это приводит к интенсификации процессов извлечения остаточных углеводородов и увеличению рабочего объема при извлечении залежи.

1. Теплотехнологии воздействия на битуминозную породу

Размытие битуминозной породы осуществляется посредством теплоотдачи в горизонтальном участке скважины. Теплогенератор располагается на устье скважины и газ (пар) поступает в призабойную зону (рис.1, 2). В теплотехнологии пульсационного дренирования скважины жидкостью используется высокочастотный индукционный нагреватель (ВИН), который располагается вдоль горизонтального участка скважины (рис. 1 и 3). При этом жид-

кость нагревается до температуры стенки (порядка 80°C).

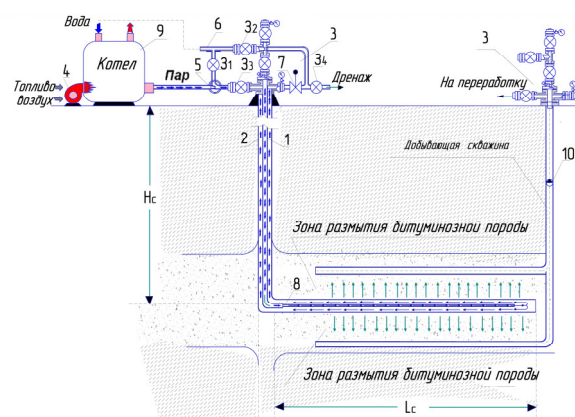


Рис. 1 Теплотехнология добычи битумов с использованием парогенератора на устье

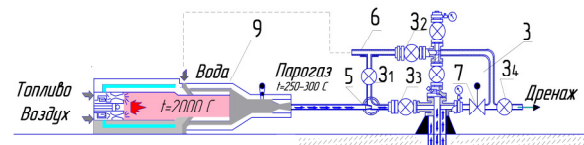


Рис. 2 - Устьевое оборудование в теплотехнологии с использованием парогазогенератора на устье

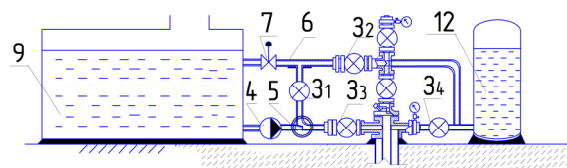


Рис. 3 - Устьевое оборудование добычи битумов с использованием пульсационной теплотехнологии

Схемы установок для генерации пара и парогаса на устье скважины приведены на рис 1, 2. Посредством насоса 4 происходит подача топлива в горелку парогенератора. Перегретый пар под давлени-

ем подается в нефтяную скважину через насосно-компрессорную трубу 1 и хвостовик 8 в затрубное пространство. После этого отработавшие пары поднимаются вверх к устью скважины и через приемную трубу 6 и клапан управления 7, в зависимости от режима (непрерывный или пульсационный), возвращаются в виде конденсата через систему подачи воды в магистраль парогенератора 9.

В случае использования парогазогенератора картина движения газа и работа технических элементов схемы не изменяется. Отличием парогазогенератора от парогенератора заключается в существенном повышении температуры подаваемого в НКТ парогаса до 250°C за счет участия в процессе нагрева отработавших при сгорании газов.

В пульсационной теплотехнологии битуминозная порода размягчается посредством нестационарного нагнетания (нагретой посредством ВИН) жидкости в коллектор. Посредством насоса 4, жидкость из бака приемника 9 закачивают в затрубное пространство. При этом возрастает давление в воздушной подушке ресивера 13. При достижении в ресивере заданного давления (до 3-5 МПа) открывается клапан управления 7. За счет энергии сжатия происходит сброс давления и жидкость из ресивера 12 нагреваясь в затрубном пространстве поступает в НКТ и далее минуя клапан управления в бак приемник 9. При достижении в ресивере нижней величины заданного давления (порядка 0,15-0,2 МПа) клапан управления 7 закрывается. Далее циклы периодических пульсаций повторяются.

Ниже приведена оценка эффективности различных тепловых схем для добычи природных битумов.

2. Анализ эффективности теплотехнологий добычи битумов

2.1 Паротепловое воздействие

Преимущества

- Пар обладает большой энтальпией;
- Пар нейтрален к скважинному оборудованию.

Недостатки

- Значительные затраты на подготовку воды;
- Значительные выбросы в атмосферу;
- К.п.д. на уровне 82-85%;
- Пар полностью конденсируется в пласте и разогретый битум надо извлекать механическим путем;
- Пар обладая малым удельным объемом может прорваться в нежелательном направлении.

2.2 Парогазовое воздействие

Преимущества

- Расход энергоносителей меньше в 2 раза;
- Комбинированное воздействие на пласт;
- Извлечение разогретого битума самотеком.

Недостатки

- Активность рабочего тела по отношению к скважинному оборудованию;

- Наличие в составе комплекса дорогостоящего компрессора;

2.3 Пульсационная теплотехнология

Преимущества

- Отсутствие потерь в скважине;
- Интенсификация теплообмена;
- Отсутствие конденсации;
- Возможность использовать ПАВ и растворителей;

Недостатки

- Необходимость использования электроэнергии
- Механический износ за счет пульсаций;

Оценки показывают, что тепловая нагрузка в нагнетании парогаса на глубине около 100 м порядка 8 кВт, а при ее увеличении резко падает. А нагрузка с использованием ВИН не зависит от глубины залегания битумов, а лишь от расхода рабочей жидкости. При этом ее можно оценить (для пластов с малой проницаемостью $K < 10 \text{ мДарси}$)

$$Q_{\text{ВИН}} = J_{\phi} \cdot C_p \cdot \Delta t_{\text{ср}}, \quad (1)$$

где $\Delta t_{\text{ср}} = 60^\circ\text{C}$, а величина фильтрационного потока J_{ϕ} для горизонтального участка скважины $L_z = 100 \text{ м}$ оценивается $J_{\phi} = 0,025 \text{ кг/с}$. Величина $Q_{\text{АВ}}$ в (1) не превышает 6 кВт. Для пластов с большой проницаемостью ($K > 1 \text{ Дарси}$)

$$Q_{\text{ВИН}} = \alpha_{\text{ср}} \cdot \pi d_1 \cdot L_z \cdot \Delta t_{\text{ср}} \quad (2)$$

В этом случае $\Delta t_{\text{ср}} = 30^\circ\text{C}$, а $Q_{\text{ВИН}}$ здесь не менее 120 кВт. Исходя из этих оценок можно сделать вывод, что теплотехнология нагнетания разогретого газа (пара) может быть эффективно использована лишь на малых глубинах до 100 м.

С увеличением глубины залегания преимущество в добыче природных битумов имеет пульсационная теплотехнология с использованием глубинного высокочастотного индукционного нагревателя.

Литература

1. Коротков Ю.Ф., Ермакова Е.Ю., Козулина О.В., Кузнецов М.Г., Панков А.О. Обустройство нефтяных промыслов // Вестник КГТУ. 2013. №6 с. 204-205.
2. Крейнин Е.В., Шифрин Е.И. Новая технология добычи тяжелых нефтей с использованием горизонтальных скважин. // Горный вестник, 1997, №6, с. 53-56.
3. W.S. Huang. Estimation of Steam flood processes with horizontal wells // SPE Reservoir Engineering, February-1989, p. 69-86.
4. Saneber I.M. Single gorizontal wellbore processes // Apparatus for the in-sity extraction of viscous oil gravity action using stream plus solvent vapor/ (Патент 5148869, США, №648063, Заявл. 31.01.91., Оpubл. 22.09.92.)-1992, МКИ У 21 В 43/24 США.
5. Яртимев А.Ф. Налоговое стимулирование разработки нефтяных месторождений Республики Татарстан // Вестник КГТУ. 2014. №3 с. 268-271.
6. Кудинов В.И., Богомольный Е.И. Разработка месторождений высоковязких нефтей Удмурдской республики с использованием горизонтальных скважин. // Нефтяное хозяйство.-1998, №3, с. 24-27.