

Г.О. БУЯНОВ, А.Е. ШИКАНОВ

**ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ ТЕКУЧЕСТИ
ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ ПРИ ЕЕ ИЗВЛЕЧЕНИИ ***

Ключевые слова: высокочастотное магнитное поле, локальный нагрев, нефть, вязкость, текучесть.

Анализ динамики мирового потребления энергии различного происхождения показывает, что продуктивные углеводороды будут обеспечивать в обозримом будущем не менее четверти в его общем планетарном объеме. Это связано с ростом численности населения и производства. Источники с легкодоступным для добычи углеводородным сырьем имеют тенденцию к истощению, поэтому становится весьма актуальным освоение новых месторождений с высоковязкой нефтью.

Для ее эффективного извлечения на данный момент разработаны специальные методы нелокального воздействия на зону нефтесодержащего пласта рабочим веществом, нагретым до высокой температуры (например, паром), химическими реагентами (например, соляной кислотой), биологически активными веществами, а также метод гидроразрыва пласта посредством закачки в него жидкости под высоким (более 60 МПа) давлением [1]. Реализация перечисленных технологических приемов сопряжена со значительными энергозатратами и трудностями по обеспечению мер экологической безопасности. Этим недостатком лишен метод воздействия на пласт ультразвуковыми акустическими волнами [2]. Однако он может эффективно применяться только при работе на скважинах с обычной нефтью, у которой коэффициент затухания ультразвука, связанный с вязкостью, позволяет получать акустическое давление в пласте, достаточное для ощутимого проявления эффекта увеличения его нефтеотдачи.

Для решения указанной проблемы увеличения нефтеотдачи скважины авторами был рассмотрен в качестве альтернативы метод уменьшения вязкости нефти в пласте путем локального термовоздействия на зону пласта, прилегающего к скважине. При этом на первом этапе была изучена возможность создания необходимого температурного поля с помощью обычного погружного спирального термoelementa запитываемого с наземной станции по грузонесущему кабелю. Расчеты и эксперименты показали, что подобный формирователь температурного поля не позволяет решать поставленную задачу, так как поток тепла почти не проникает в скважину, а уносится флюидом из зоны его извлечения и частично рассеивается в обсадной колонне.

В работах [3, 4] были предложены электродинамические устройство и способ повышения дебита скважин с высоковязкой нефтью при термическом или термо-акустическом воздействии. Его перспективность обусловлена тем, что, в отличие от спирального нагревателя, источником тепла является участок обсадной трубы, в котором возбуждается азимутальный переменный электрический ток с частотой $f \sim 10$ кГц с помощью коаксиального высокочастотного индуктора, создающего переменное магнитное поле. Он представляет собой соленоид с ферритовым сердечником, расположенный соосно с обсадной трубой в области извлечения нефти и соединенный с источником переменного тока ультразвуковой частоты. Расчет, выполненный авторами, показал, что мощность, выделяемая в скин-слое обсадной трубы, определяется выражением

$$P \approx \frac{\pi \rho_c I^2 r_T}{H \delta(f)} = \frac{I^2 r_T}{H} \sqrt{\pi^3 \mu_0 \mu_T \rho_c f},$$

где V – объем, в котором сосредоточен индукционный ток с амплитудой I ; ρ_c и μ_T – удельное сопротивление и относительная магнитная проницаемость стали; μ_0 – магнитная постоянная; H – продольный размер индуктора; $\delta(f)$ – толщина скин-слоя в стали; r_T – радиус трубы. Примечательно, что конкретизация соотношения между мощностью и током позволяет оптимизировать импеданс источника для достижения максимального КПД нагревателя.

Нагрев осуществляется при возвратно-поступательном движении индуктора по стволу скважины на участке длиной L . Поток тепла, проникающий в пласт, создает температурное поле, для которого в процессе решения уравнения теплопроводности [5] получено выражение

$$\theta(r, z, t) = \frac{P_0}{8\pi^2 L \lambda} \int_{-\frac{L}{2}}^{\frac{L}{2}} d\xi \int_0^\pi d\varphi \frac{1 - \operatorname{erf} \left\{ \frac{R[r, r_T, (z - \xi), \varphi] \sqrt{c\rho}}{2\sqrt{\lambda t}} \right\}}{R[r, r_T, (z - \xi), \varphi]},$$

* Работа выполнена в рамках соглашения № 15-19-00151 о предоставлении гранта Российского научного фонда.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>