

УДК 622.276

Кривчун Андрей Павлович, студент кафедры разработки и эксплуатации нефтяных и газовых месторождений «Тюменского индустриального университета», г. Тюмень

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИТОКА В ПРОДУКТИВНОМ ПЛАСТЕ К СКВАЖИНАМ СЛОЖНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Аннотация

Объектом исследования являются нефтяные и газовые скважины сложного профиля. Проведено исследование эффективности применения нефтяных скважин с волнообразным окончанием в анизотропном коллекторе, горизонтальных газовых скважин.

В результате выполнения работы проанализированы отечественные и зарубежные работы по проблеме притока к скважинам произвольной геометрии; проведены исследования эффективности применения волнообразных нефтяных скважин и горизонтальных газовых скважин

На основании результатов выполненных исследований доказано, что горизонтальную скважину можно рассматривать как особую форму волнообразной скважины с количеством циклов синусоиды равным нулю.

Annotation

The object of the study is oil and gas wells of a complex profile. The study of the effectiveness of the use of oil wells with a wave-like termination in an anisotropic reservoir, horizontal gas wells.

As a result of the work, domestic and foreign works on the problem of inflow to wells of arbitrary geometry were analyzed; studies of the effectiveness of the use of wave-shaped oil wells and horizontal gas wells were conducted

Based on the results of the performed studies, it is proved that a horizontal well can be considered as a special form of a wave-like well with the number of sinusoid cycles equal to zero.

Ключевые слова: приток, нефтяная скважина, газовая скважина, волнообразная скважина, горизонтальная скважина, траектория ствола, производительность, забойное давление

Keywords: inflow, oil well, gas well, wave-shaped well, horizontal well, bore trajectory, productivity, borehole pressure gas storage, ugs, hysteresis circuits

Введение

В современной практике глобальной нефтегазодобывающей отрасли всё более остро проявляется тенденция к ухудшению структурных характеристик залежей углеводородного сырья. Месторождения, которые перешли в финальную фазу разработки, постепенно насыщаются водой, а оставшиеся запасы становятся всё более трудноизвлекаемыми. Что касается новых залежей, то они нередко отличаются высокой степенью неоднородности коллекторов и усложнённым геологическим строением, что напрямую требует поиска путей повышения производительности скважин, в том числе за счёт внедрения технологий интеллектуального заканчивания.

Освоение углеводородных ресурсов справедливо считается одной из наиболее сложных инженерных задач, решение которой невозможно без последовательного системного подхода. С целью увеличения эффективности работы скважин на нетрадиционных коллекторах, включая шельфовые зоны, а также для вскрытия разнопроницаемых прослоев в слоистых толщах и освоения пластов с низкой вертикальной проницаемостью, характеризующихся высокими показателями анизотропии, были детально проработаны и опробованы различные типы интеллектуальных скважин. Среди них можно выделить горизонтальные стволы с многостадийным гидроразрывом пласта, многозабойные конструкции и заканчивание по методу «Fishbone».

Отдельного внимания заслуживает волнообразная, или иначе синусоидальная, скважина, которая способна стать полноценной альтернативой горизонтальному стволу в тех пластах, где проведение многоступенчатого

ГРП невозможно или нецелесообразно, прежде всего на месторождениях сланцевого газа или нефти, имеющей двойную пористость. На сегодняшний день такие конфигурации являются одними из наиболее востребованных решений в рамках интеллектуального заканчивания на шельфовых площадях Аляски, для которых характерна аномально низкая вертикальная проницаемость.

При проектировании нефтяных скважин со сложной траекторией требуется тщательное обоснование целого ряда ключевых параметров: необходимо учитывать влияние индекса волнистости, то есть количества синусоидальных витков, длину активной части ствола, расположение перфорационных интервалов и плотность перфорации на различных участках. Учёт неоднородности коллектора, а также воздействие непроницаемых границ в совокупности с геометрией скважинной траектории позволяет получить максимально приближенную к реальной физической картине модель притока к такому профилю.

Разработка эффективных вычислительных алгоритмов и программных продуктов, в которых реализованы базовые аналитические решения для оценки продуктивности скважин и которые способны выполнять расчёты на высокопроизводительных вычислительных системах, представляет собой неотъемлемую часть современного проектирования разработки нефтяных месторождений и является крайне актуальной научно-практической задачей. Настоящая работа направлена на повышение эффективности эксплуатации горизонтальных скважин с волнообразным окончанием в продуктивной толще посредством создания и анализа моделей определения их дебита с учётом гидравлических процессов в самом стволе. Для достижения указанной цели в рамках исследования решается комплекс конкретных задач: проводится обзор отечественных и зарубежных публикаций, посвящённых проблеме моделирования стационарного притока к скважинам со сложной геометрией; осуществляется программная реализация и последующая оценка достоверности математической модели притока к горизонтальной нефтяной

скважине с волнообразным окончанием; создаётся модель притока к синусоидальной скважине в гидродинамическом симуляторе tNavigator с последующим сопоставлением полученных данных с результатами численно-аналитического решения; разрабатывается и программно реализуется математическая модель установившегося притока к горизонтальной газовой скважине по продуктивному пласту, учитывающая развивающийся поток и гидравлику в стволе, а также производится практическая апробация всех полученных результатов на научных и научно-практических конференциях.

В настоящее время разнообразие применяемых технологий повышения нефтеотдачи пластов постоянно совершенствуется. Максимальная нефтеотдача осуществляется за счет управления технологическими параметрами и контролем за такими характеристиками залежи, на которые нельзя воздействовать. Разработка и эксплуатация нефтяных и газовых месторождений включает совокупность средств и способов деятельности, связанных с проектированием, техникой и технологией извлечения продукции газонефтяных месторождений. Главным техническим средством эксплуатации месторождения является скважина, которая обеспечивает сообщение между поверхностью и продуктивным пластом, и, за счет перепада давления, осуществляет подъем пластового флюида на поверхность. Основными управляемыми данными являются: размещение скважины по площади залежи, длина ствола, выделение открытых притоку флюида интервалов ствола, положение стволов в пространстве.

На данный момент в нефтегазопромысловой отрасли большая часть скважин считаются несовершенными. Несовершенство обусловлено тем, что в ПЗП нет радиальности потока ввиду конструкции забоя, а так же присутствием в пласте подстилающей воды. Такой вид несовершенства называется несовершенством по степени вскрытия (рисунок 1).

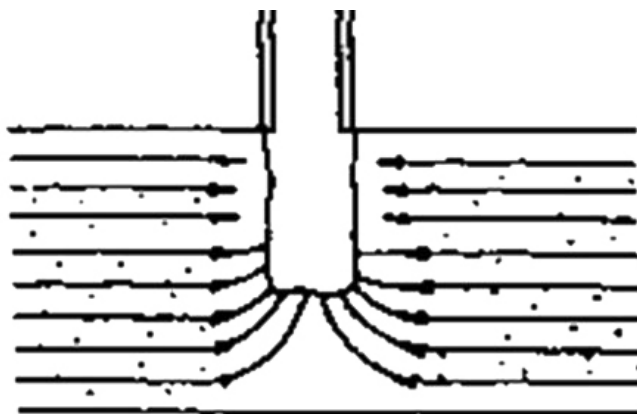


Рисунок 1 – Скважина несовершенная по степени вскрытия

Скважина несовершенная по характеру вскрытия - это такая скважина, которая вскрывает продуктивный горизонт полностью, но является обсаженной и перфорированной, связь через перфорационные отверстия (рисунок 2). Часто проявляется при кольматации ПЗП и больших диаметрах скважин.

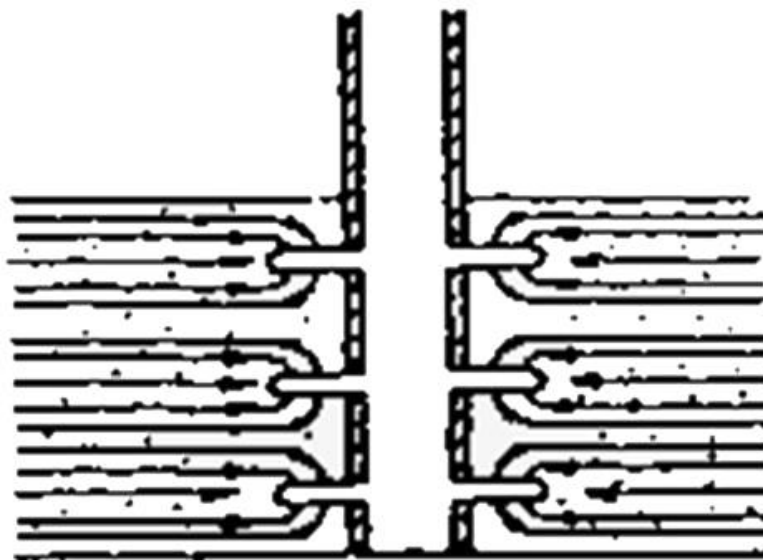


Рисунок 2 – Скважина несовершенная по характеру вскрытия

В большинстве случаев на производстве скважины являются несовершенная как по степени, так и по характеру вскрытия (рисунок 3).

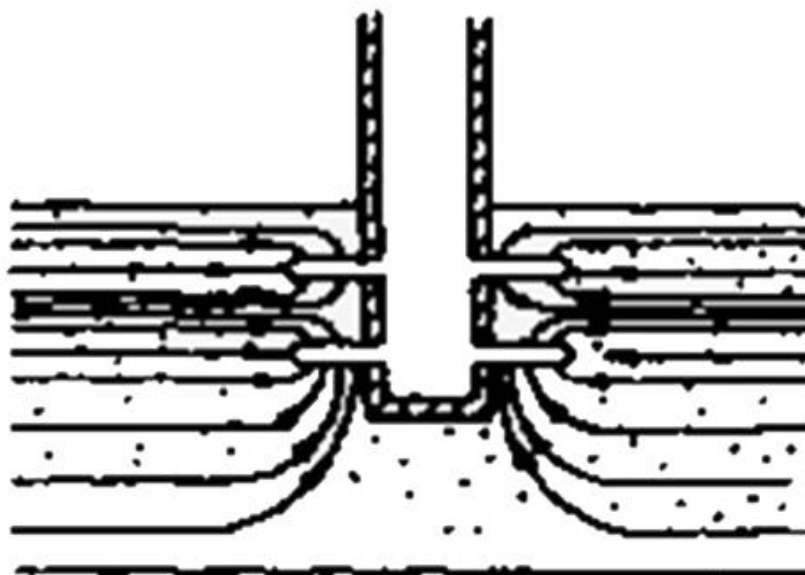


Рисунок 3 – Скважина несовершенная как по степени, так и по характеру вскрытия

М. Маскет [1] исследовал приток к несовершенной скважине, вскрытой частично. Применяя метод бесконечного отображения элементарного стока с заданной интенсивностью вдоль линии поглощения относительно непроницаемой кровли и подошвы и суммируя члены для отдельных стоков, получил два приближенных решения о распределении потенциала в пласте.

П.Я. Полубаринова-Кочина [2], подошла к определению потенциала точечного стока в радиальном неограниченном пласте с непроницаемой кровлей, с помощью метода отображения стоков, и получила решение в виде расходящихся интегралов.

Аналитические решения задач о притоке к несовершенным скважинам рассмотрены в работах А.П. Телкова [3-7 и др.], где был произведён анализ работ, в которых разбирается инженерный подход при расчетах коэффициентов несовершенства, вызванных перфорацией и степенью вскрытия. А.А. Литвинов [8] дал оценку гидродинамического совершенства скважин согласно данным исследования, проведенных в промысловых условиях на большом количестве скважин. Анализ таких скважин приводит к следующим выводам: при проведении перфорации в современных условиях влияние фильтрационных сопротивлений на дебет скважин малозначительно (рисунок 4).

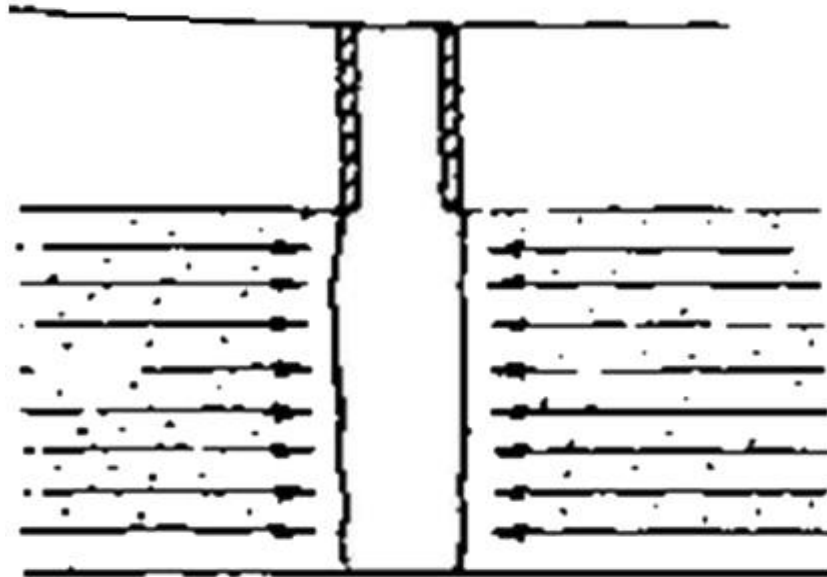


Рисунок 4 – Совершенная скважина

Список использованных источников

1. Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде (перевод с английского) М.: Гостоптехиздат. 1969. 628 с.
2. Полубаринова-Кочина П. Я. Теория движения грунтовых вод. – М.: Гостехиздат, 1952 – 676 с.
3. Телков А.П., Грачев С.И. и др. Пространственная фильтрация и прикладные задачи разработки нефтегазоконденсатных месторождений и нефтедобыча. – Тюмень. ООО НИПИКБС-Т. – 2001 г.
4. Телков А.П., Стклянин Ю.И. Образование конусов воды при добыче нефти и газа. – М.: Недра, 1965.
5. Телков А.П. Подземная гидрогазодинамика. – Уфа, Башиздат, 1974.
6. Телков А.П. Расчет фильтрационных сопротивлений, обусловленных несовершенством скважины и экраном в условиях однородно-анизотропного пласта и взаимодействие скважин. – Нефтяной хозяйство, 1972, № 4. – С. 9-13.
7. Телков А.П., Грачев С.И., Краснова Т.Л, Сохошко С.К. Особенности разработки нефтегазовых месторождений. – Тюмень, ООО НИПИКБС-Т, 2000. – 328 с.
8. Литвинов А.А. Количественная оценка гидродинамического совершенства эксплуатации скважин при различных видах перфорации по данным промысловых исследований. – Тр. ТатНИИ, 1960, вып. П.
9. Чарный И.А. Подземная гидрогазодинамика. – М.: Гостоптехиздат, 1963.
10. Щуров В.И. Технология и техника добычи нефти. – М., 1983. 51.