

УДК 622.276

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

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРИТОКА К СКВАЖИНАМ ПРОИЗВОЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ

Аннотация

В работе рассмотрены особенности притока флюида к несовершенным скважинам произвольной геометрии с учётом влияния степени и характера вскрытия продуктивного пласта. На основе анализа известных моделей притока к горизонтальным и частично вскрытым скважинам (Джоши, Экономидес, Маскет, Телков и др.) систематизированы подходы к расчёту фильтрационных сопротивлений и коэффициентов несовершенства. Показано, что учет геометрии ствола, схем вскрытия и перфорации, а также анизотропии коллектора позволяет более обоснованно оценивать гидродинамическое совершенство скважин и потенциал интенсификации притока. Полученные результаты могут быть использованы при выборе рациональной конструкции и траектории ствола для повышения эффективности разработки нефтяных и газовых залежей.

Annotation

The paper examines fluid inflow to imperfect wells of arbitrary geometry, taking into account the influence of both penetration degree and completion type in the productive reservoir. Based on the analysis of well-known inflow models for horizontal and partially penetrated wells (Joshi, Economides, Muskat, Telkov and others), approaches to calculating flow resistances and imperfection factors are systematized. It is shown that considering wellbore geometry, completion and perforation schemes, as well as reservoir anisotropy, enables a more reliable assessment of well hydrodynamic efficiency and inflow stimulation potential.

The results can be used to select rational well design and trajectory to improve the efficiency of oil and gas reservoir development.

Ключевые слова: скважина произвольной геометрии; горизонтальная скважина; несовершенная скважина; приток к стволу; фильтрационные сопротивления; гидродинамическое совершенство; перфорация; анизотропный пласт.

Keywords: well of arbitrary geometry; horizontal well; imperfect well; wellbore inflow; flow resistance; hydrodynamic efficiency; perforation; anisotropic reservoir.

В современной нефтегазодобывающей отрасли технологии, направленные на повышение нефтеотдачи пластов, продолжают активно развиваться, что продиктовано настоятельной необходимостью извлекать углеводороды из недр всё более эффективно. Освоение нефтяных и газовых месторождений представляет собой многогранный процесс, который охватывает не только стадию проектирования, но и практическую реализацию самых разных методов и технических решений, нацеленных на оптимизацию добычи ресурсов. Ключевым элементом здесь выступает грамотное управление технологическими параметрами, позволяющее добиться максимально возможного коэффициента извлечения.

Одним из центральных звеньев при эксплуатации залежей по праву считаются скважины, выполняющие функцию связующего канала между дневной поверхностью и продуктивными горизонтами; именно благодаря перепаду давления они обеспечивают подъём пластового флюида на поверхность, что делает их совершенно незаменимыми в цепи добычных операций. Однако для выхода на наилучшие показатели необходимо принимать во внимание целый комплекс факторов, включая геологические особенности строения залежи, физико-химические свойства нефти и газа, а

также техническое состояние оборудования. К числу управляемых параметров, оказывающих прямое влияние на успешность извлечения углеводородов, относятся размещение скважины в пределах площади залежи, протяжённость её ствола и выделение тех интервалов, которые открыты для притока флюида. Правильное позиционирование скважин имеет критическое значение, поскольку оно напрямую определяет доступность запасов и эффективность их выработки: к примеру, расстановка скважин с учётом внутренней структуры и геометрии пласта способна заметно повысить общую нефтеотдачу.

Помимо этого, современные технологии предлагают такие методы, как водонапорное и газонапорное воздействия, помогающие поддерживать пластовое давление и наращивать выход нефти. Всё большую популярность обретают и инновационные подходы вроде гидравлического разрыва пласта или использования полимерных растворов, позволяющие значительно улучшить проницаемость коллектора и увеличить приток углеводородов к забою.

Важно подчеркнуть, что немаловажную роль играет также контроль за теми характеристиками залежи, на которые невозможно воздействовать напрямую, включая мониторинг пластовых давлений и температур, а также анализ состава флюидов. Применение современных технологий, например систем дистанционного слежения и моделирования, даёт возможность точнее прогнозировать поведение продуктивного пласта и в реальном времени адаптировать методы добычи. Таким образом, современная нефтегазовая индустрия находится на острие технологических инноваций, и её дальнейшее развитие будет способствовать более эффективному и устойчивому извлечению углеводородов, что, в свою очередь, имеет огромное значение для мировой экономики и энергетической безопасности. Сегодня в нефтегазопромысловой практике значительная часть скважин классифицируется как несовершенные, причём это несовершенство связано

с несколькими ключевыми факторами, сказывающимися на результативности добычи. Один из главных аспектов - отсутствие радиального характера потока в продуктивной зоне, что обусловлено конструкцией забоя и наличием подстилающей воды в пласте; подобное несовершенство принято именовать несовершенством по степени вскрытия. Несовершенная скважина по характеру вскрытия представляет собой скважину, которая полностью вскрывает продуктивный горизонт, но при этом является обсаженной и перфорированной, так что связь между продуктивной зоной и скважиной осуществляется через перфорационные отверстия. Это может порождать различные проблемы, такие как кольматация (закупорка) перфорационных каналов или неравномерный приток углеводородов; кольматация, в частности, нередко возникает из-за осаждения частиц, блокирующих потоки, что в итоге снижает эффективность добычи. Согласно имеющимся данным, в большинстве случаев скважины демонстрируют несовершенства как по степени вскрытия, так и по характеру вскрытия, то есть они не только не обеспечивают оптимального потока, но и обладают физическими ограничениями, препятствующими результативной добыче.

Аналитические решения задач о притоке к несовершенным скважинам были подробно рассмотрены в трудах А.П. Телкова и его соавторов, где выполнен детальный анализ существующих исследований и сделан акцент на инженерном подходе к расчёту коэффициентов несовершенства, вызываемого перфорацией и степенью вскрытия; понимание этих коэффициентов позволяет оптимизировать процесс добычи и поднять общую эффективность эксплуатации скважин. А.А. Литвинов на основе промысловых данных провёл оценку гидродинамического совершенства скважин, показав, что этот показатель значительно варьируется под влиянием множества факторов, включая геологические условия, конструкцию скважины и методы её эксплуатации, что

подчёркивает важность комплексного подхода анализу состояния скважины для более эффективного управления запасами.

В работах Маскета, посвящённых притоку к частично вскрытой несовершенной скважине, был применён метод бесконечного отображения элементарного стока с заданной интенсивностью вдоль линии поглощения относительно непроницаемых кровли и подошвы, что позволило автору получить два приближённых решения для распределения потенциала в пласте. Для оценки эксплуатационных характеристик скважин в нефтегазовой отрасли разработано множество моделей — как стационарных, так и нестационарных, - исследующих приток к горизонтальным скважинам в замкнутых пластах; эти модели служат важным инструментом для инженеров и геологов, помогая прогнозировать производительность скважин и оптимизировать процессы добычи. Стационарные модели притока, как правило, рассматривают резервуары определённой геометрической формы, например эллиптической или прямоугольной. Среди наиболее известных моделей, описывающих приток к горизонтальным стволам однородных пласта, можно выделить модель С. Джоши, представленную в 1988 году, и модель Экономидеса с соавторами, опубликованную в 1996 году. Модель Джоши примечательна своим подходом к решению трёхмерной задачи фильтрации путём разделения её на две двумерные задачи, что позволяет более точно описать приток к горизонтальному стволу и значительно облегчает математические расчёты и понимание процессов, происходящих в пласте, как это схематично показано на соответствующем рисунке 1:

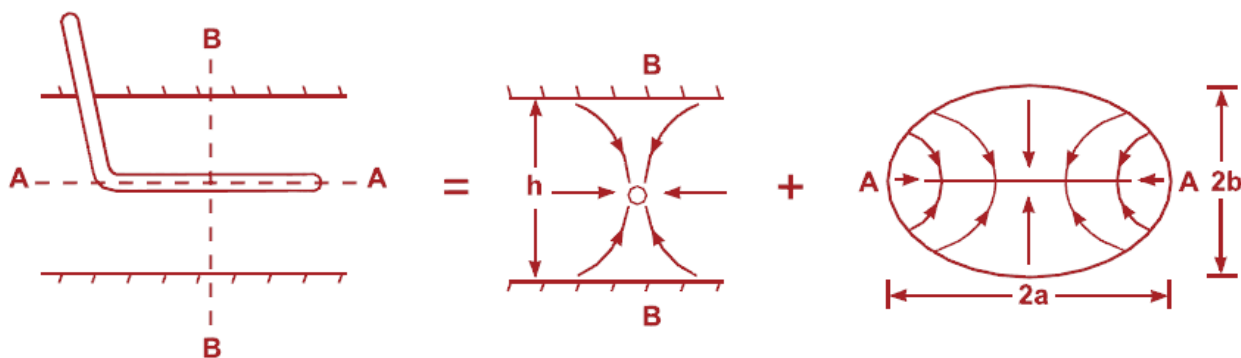


Рисунок 1 – Схема притока к ГС в вертикальном и горизонтальном плане
по S.D. Joshi

Проведённый анализ показал, что значительная часть эксплуатационного фонда относится к несовершенным скважинам, для которых геометрия ствола, характер вскрытия и схема перфорации оказывают существенное влияние на приток флюида. Учёт коэффициентов несовершенства, рассчитанных на основе моделей Джоши, Экономидеса, Маскета и разработок А.П. Телкова, позволяет более точно оценивать фильтрационные сопротивления и потенциальную продуктивность скважин. Показано, что оптимизация траектории ствола, длины горизонтального участка и интервалов, открытых для притока, в сочетании с современными методами интенсификации обеспечивает рост нефте- и газоотдачи пластов. Полученные выводы рекомендуется использовать при проектировании и анализе разработки месторождений для выбора наилучших конструктивных и технологических решений.

Список использованных источников

- 1 Телков А.П., Грачев С.И. и др. Пространственная фильтрация и прикладные задачи разработки нефтегазоконденсатных

- месторождений и нефтедобыча. – Тюмень. ООО НИПИКБС-Т. – 2001 г.
- 2 Телков А.П., Стклянин Ю.И. Образование конусов воды при добыче нефти и газа. – М.: Недра, 1965.
 - 3 Телков А.П. Подземная гидрогазодинамика. – Уфа, Башиздат, 1974.
 - 4 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.
 - 5 Телков А.П., Грачев С.И., Краснова Т.Л, Сохошко С.К. Особенности разработки нефтегазовых месторождений. – Тюмень, ООО НИПИКБС-Т, 2000. – 328 с.
 - 6 Литвинов А.А. Количественная оценка гидродинамического совершенства эксплуатации скважин при различных видах перфорации по данным промысловых исследований. – Тр. ТатНИИ, 1960, вып. II.
 - 7 Маскет М. Течение однородных жидкостей в пористой среде (перевод с английского) М.: Гостоптехиздат. 1969. 628 с.
 - 8 Телков А.П. Гидромеханика пласта применительно к прикладным задачам разработки нефтяных и газовых месторождений: учебное пособие\ А.П. Телков, С.И. Грачев. В 2 ч. II. – Тюмень: ТюмГНГУ, 2009. – 380 с.
 - 9 Пирвердян А.М. Приближенная формула для притока жидкости к несовершенной скважине. Изв. АН СССР, ОТН, №4, 1957.