

РАСЧЕТ СКИН-ЭФФЕКТА СЖАТИЯ И КОЛЬМАТАЦИИ ПО РЕАЛЬНЫМ ДАННЫМ ЭКСПЛУАТАЦИИ

CALCULATION OF SKIN-EFFECT OF COMPRESSION AND CLOGGING UNDER THE REAL DATA OF OPERATION

УДК 553.98

В.Н. БОГАНИК

к.т.н., начальник отдела
ОАО «Центральная геофизическая экспедиция»Москва
gjsgdieffect@cge.ru

V.N. BOGANIK

the chief of department of Open Society
«Central geophysical expedition», Cand.Tech.Sci

Moscow

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:
KEYWORDS:Скин-эффект кольматации, скин-эффект сжатия, проектирование разработки, нефть, газ
Skin-effect of clogging, skin-effect of compression, working out designing, oil, gas

Для оперативной работы при регулировании режима работы скважины, а также для подсчета запасов и для проектирования разработки нужно иметь по каждой скважине фактические данные о скин-эффекте, который снижает дебит нефти и газа. На практическом примере показана методика определения скин-эффекта кольматации $S_{\text{кол}}$ и скин-эффекта сжатия $S_{\text{ск}}$. Оказывается, что для коллекторов повышенной проницаемости (более 300 мД) при реальных депрессиях эксплуатации величина $S_{\text{ск}}$ много больше значения $S_{\text{кол}}$. В то же время на практике величина $S_{\text{кол}}$ определяется неточно по одиночным замерам КВД, а величина $S_{\text{ск}}$ просто игнорируется, так как о ней ничего не известно. For operative work at regulation of an operating mode of a chink, and also for calculation of stocks and for working out designing it is necessary to have on each chink the fact sheet about skin-effect which reduces an oil and gas output. On a practical example it is shown a technique of definition of skin-effect of clogging $S_{\text{кол}}$ and skin-effect of compression $S_{\text{ск}}$. It appears that for collectors of the raised permeability (more than 300 mD) at real depressions of operation $S_{\text{ск}}$ there is more than value $S_{\text{кол}}$. At the same time in practice the size $S_{\text{кол}}$ is defined is inexact on single sampling Curve of restoration of pressure, and the size $S_{\text{ск}}$ is simply ignored, as about it it is not known.

Линии «нормальных» продуктивностей и дебитов, линия средних продуктивностей.

Нами рассмотрены данные эксплуатации карбонатного нефтеносного коллектора.

По данным эксплуатации (рис. 1) выделяются временные интервалы со «спокойной» работой скважины. Из рассмотрения исключаются точки, перед которыми (по времени) были резкие изменения депрессии, что сказывается на резком изменении дебитов.

По выбранным точкам строятся два графика в координатах продуктивность – депрессия (рис. 2) и дебит – депрессия (рис. 3). Поскольку на всех графиках точки перенумерованы, то поведение каждой из них можно проследить в тех или иных координатах.

На графиках (рис. 2 и 3) проведены линии, которые огибают точки сверху. Эти линии названы соответственно линией «нормальных» продуктивностей и линией «нормальных» дебитов.

«Нормальные» линии соответствуют тем периодам работы скважины, в которых она была менее всего засорена, то есть с минимальной кольматацией. В процессе эксплуатации величина кольматации менялась, что проявлялось на изменении продуктивности, а стало быть и дебита. Для проектирования разработки месторождения целесообразно оценить среднее значение кольматации, которое будет соответствовать линии средних значений продуктивности. Именно такая линия проведена на графике продуктивностей (рис. 2).

Построение «нормальных» линий облегчается наличием двух обстоятельств.

Во-первых, для эксплуатационных нефтяных и газовых скважин, работающих в «спокойном» режиме, имеется практически линейная (см. рис. 2) зависимости логарифма продуктивности (η) от депрессии (ΔP), то есть

$$\ln(\eta) = \alpha \cdot \Delta P z + b \text{ или } \eta = e^{\alpha \cdot \Delta P z + b} \quad (1)$$

Во-вторых, при уменьшении депрессии до нуля дебит флюида (нефть, газ, вода) также практически уменьшается до нуля (рис. 3). Из (1) следует, что дебит флюида определяется выражением

$$Q = \Delta P \cdot e^{\alpha \cdot \Delta P z + b} \quad (2)$$

Отметим, что при наличии экстремума в интервале рабочих депрессий следует выделять максимум дебита и соответствующую этому максимуму депрессию, которая названа оптимальной. При прочих равных условиях следует рекомендовать это значение депрессии для эксплуатации.

Скин-эффект кольматации

Снижение дебита флюида при неизменности депрессии объясняется засорением прискваженной зоны пласта, то есть скин-эффектом кольматации ($S_{\text{кол}}$).

Из (1) можно [1] вывести формулу для скин-эффекта кольматации

$$S_{\text{кол}} = \eta_I \left(\frac{1}{\eta_{III}} - \frac{1}{\eta_{II}} \right) * \ln \frac{R_k}{r_c} \quad (3)$$

Здесь присутствуют радиусы контура воронки депрессии R_k и скважины r_c .

В формуле (3) значения продуктивности η_I и η_{II} должны находиться на «нормальной» линии продуктивности, а значение должно η_{III} быть расположено на пересечении линии средних продуктивностей и той же депрессии, которая соответствует продуктивности η_{II} .

Скин-эффект сжатия

Уменьшение продуктивности с увеличением депрессии можно объяснить скин-эффектом сжатия горных пород ($S_{\text{ск}}$). При сжатии пород уменьшаются их фильтрационные свойства и в том числе продуктивность.

Из формулы (1) можно вывести формулу для скин-эффекта сжатия

$$S_{\text{ск}} = \left(\frac{\eta_I}{\eta_{II}} - 1 \right) * \ln \frac{R_k}{r_c} \quad (4)$$

В формуле (4) значения продуктивностей η_I и η_{II} должны находиться на «нормальной» линии продуктивностей (рис. 2) причем точка I находится при депрессии, стремящейся к нулю, а точка II может находиться на произвольной депрессии, например на оптимальной депрессии.

Расчет скин-эффектов

На уменьшение дебита влияет сумма двух компонент скин-эффекта: скин-эффекта кольматации $S_{\text{кол}}$ и скин-эффекта сжатия $S_{\text{ск}}$.

Для определения скин-эффекта кольматации $S_{\text{кол}}$ следует воспользоваться формулой (3). Пусть радиус контура воронки депрессии R_k равен 200 м, а радиус скважины равен 0,1 м. Продуктивность (рис. 2) в точке I равна $73,2 \text{ м}^3/(\text{сут} \cdot \text{МПа})$, в точке II равна $26,9 \text{ м}^3/(\text{сут} \cdot \text{МПа})$ а в точке III равна $25,6 \text{ м}^3/(\text{сут} \cdot \text{МПа})$. Теперь подставим численные значения в формулу (3) и получим

$$S_{\text{кол}} = 73,2 \cdot \left(\frac{1}{25,6} - \frac{1}{26,9} \right) * \ln \frac{200}{0,1} = 1,05 \quad (5)$$

Из (5) следует, что за счет скин-эффекта кольматации равного 1,05 дебит уменьшился (на рис. 3 дебиты в точках II и III) на относительную величину.

$$\delta_{\text{кол}} = \frac{2 \cdot (75,9 - 71,8) \cdot 100}{75,9 + 71,8} = 5,5 \% \quad (6)$$

Для определения скин-эффекта сжатия $S_{\text{ск}}$ следует воспользоваться формулой (4) и подставить в нее соответствующие данные, которые уже были использованы в выражении (5), получаем

$$S_{\text{ск}} = \left(\frac{73,2}{26,9} - 1 \right) * \ln \frac{200}{0,1} = 13,08 \quad (7)$$

Влияние скин-эффекта сжатия на дебит

Посмотрим, насколько скин-эффект сжатия сказался на уменьшении дебита по сравнению с тем, когда этот скин-эффект не учитывается, то есть при условии, что продуктивность не зависит от депрессии ►

или $\eta = \eta_i = \text{const} = 73,2 \text{ м}^3 / (\text{сут} \cdot \text{МПа})$. Для $\Delta P = 2,8$ МПа рассчитываемый дебит будет равен $Q'_{II} = \eta_i \cdot \Delta P = 73,2 \cdot 2,8 = 205,0 \text{ м}^3 / \text{сут}$. Фактический дебит (рис. 3) равен $75,9 \text{ м}^3 / \text{сут}$.

По аналогии с расчетом для снижения дебита за счет кольтматации (6) имеем снижение дебита за счет скин-эффекта сжатия

$$\delta_{\text{сж}} = \frac{2 \cdot (205,0 - 75,9) \cdot 100}{205,0 + 75,9} = 91,9 \% \quad (8)$$

Итак, за счет скин-эффекта сжатия равно 13,08 относительное уменьшение дебита по сравнению с его отсутствием составит величину 91,9%, то есть почти на 100 %, что существенно больше по сравнению с влиянием на дебит скин-эффекта кольтматации.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статье на численном примере подробно описана методика расчета скин-эффектов кольтматации и сжатия, показано как эти скин-эффекты сказываются на дебите, показана важность учета скин-эффекта сжатия. Игнорирование скин-эффекта сжатия приводит к неверным прогнозам дебитов.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. Медведев А.И., Боганик В.Н. Как определить скин-эффект // НТЖ «Геология, геофизика и разработка нефтяных месторождений» № 5 2004.

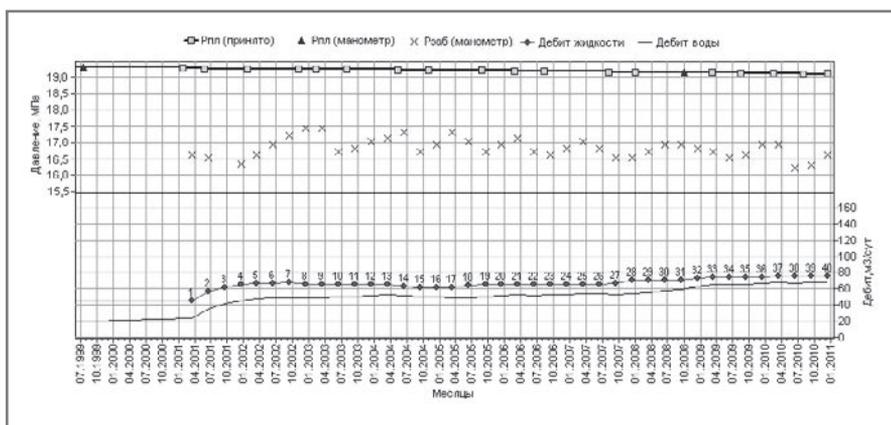


Рис. 1. Изменение во времени давлений и дебитов при эксплуатации скважины

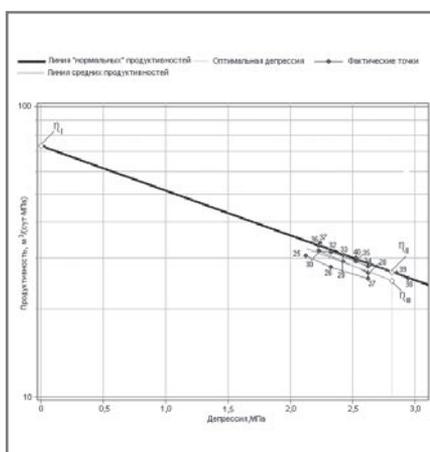


Рис. 2. Зависимость продуктивности от депрессии

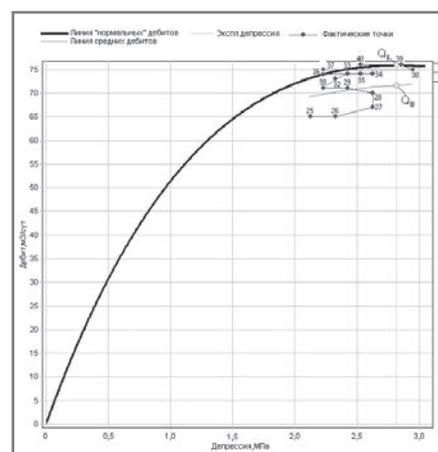


Рис. 3. Зависимость дебита от депрессии

Выставка «Развитие инфраструктуры юга России - IDES 2011» как инструмент налаживания отношений



В этом году в Краснодаре в третий раз прошла промышленная выставка «Развитие инфраструктуры Юга России IDES». С 4 по 6 октября свою продукцию и достижения в области энергетического, газового, нефтеперерабатывающего, инженерного оборудования, разработки в сфере охраны и безопасности, а также современные экологические технологии представили 257 компаний из 8 стран. Организатором форума выступила Группа компаний ITE, занимающая лидирующие позиции на рынке выставочных услуг.

Выставка IDES 2011 объединила 6 специализированных выставок, каждая из ко-

торых посвящена отдельной тематике. Так выставка GAS RUSSIA продемонстрировала газовое и теплоэнергетическое оборудование. Большое внимание уделялось газораспределению, которое на сегодняшний день воспринимается как значимая часть газовой отрасли и перспективное направление ее развития.

Посетителями выставки IDES 2011 был отмечен значительный рост выставочной экспозиции. В этом году 35% экспонентов приняли участие в выставке впервые.

Из года в год выставка IDES впечатляет насыщенной деловой программой. Специалистам представлялась возможность посетить семинары компаний: ПГ Метран, СКЭ-Электро, «Электротехника и Автоматика», ООО «ТД «УНКОМТЕХ», «Белый Свет 2000», Siemens, Компания Карат, ООО «Кристалл Сервис», Компания DiGiVi, ЗАО «ИСТА-Комплект», СЕВЗАПСЕЦАВТОМАТИКА, Корпорация «АРКОР», Лайта-Юг, УП «Полимерконструкция».

Большое внимание уделялось обсуждению проблем газовой отрасли. Так в рамках выставки прошло три конференции, посвященные данной тематике. Уже за день до выставки начала свою работу конференция «Газораспределительные станции и системы газораспределения»,

организатором которой стали НП «Союз Прогресс Газ» и журнал «Территория Нефтегаз». ООО «Газпром трансгаз Краснодар» и ООО Консалтинговая компания «Южные коммуникации» провели конференцию на тему «Актуальные вопросы развития газовой отрасли на Юге России». Большой интерес вызвала конференция ОАО «НПО «Промавтоматика» на тему «Инновационные решения актуальных проблем для предприятий газовой промышленности».

Одним из ключевых мероприятий деловой программы промышленной выставки IDES стал конгресс «Развитие инфраструктуры Юга России».

Сможет ли промышленная выставка «Развитие инфраструктуры юга России IDES» стать самым авторитетным профессиональным форумом для южного региона – покажет время. Однако уже сегодня можно с уверенностью сказать, что организаторам удалось создать оптимальную форму проведения делового мероприятия. География участников IDES расширяется, растет международный авторитет выставки и узнаваемость у специалистов. Этот интерес вызван жизненной необходимостью – необходимостью идти в будущее, которое зависит от нас сегодняшних.