

**О ПРИТОКЕ ЖИДКОСТИ В СКВАЖИНУ
ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ФИЛЬТРАЦИОННЫХ СВОЙСТВ
ПЛАСТА (СКИН-ФАКТОР) И РАЗМЕРОВ
ЗОНЫ ДРЕНИРОВАНИЯ**

Д. А. Шакиров

Научный руководитель – профессор В. А. Мордвинов

Пермский государственный технический университет

Приведены результаты расчетов по оценке влияния изменения свойств околоскважинной зоны на размеры дренируемой скважиной области продуктивного пласта и на приток жидкости в скважину.

Расчеты по определению притока жидкости в добывающие скважины с применением формулы Дюпюи ведутся, как правило, при допущении, что радиус контура (радиус зоны пласта, дренируемой скважиной) принимается равным половине расстояния между двумя скважинами. При сетке размещения скважин 500×500 , радиус контура $r_k = 250$ м. Физический радиус скважины r_c при расчетах обычно принимается 0,1 м. В то же время продуктивные пласты в области дренирования двух соседних скважин, забои которых удалены друг от друга на определенные расстояния, могут характеризоваться различными значениями проницаемостей в околоскважинных (ОЗП) и удаленных (УЗП) зонах (зонально-неоднородные пласты). Изменению проницаемости и других свойств ОЗП способствуют различные процессы и явления при первичном и вторичном вскрытии пласта, а также при эксплуатации скважин. Очевидно, что изменение проницаемости ОЗП должно отразиться на размерах (r_k) той части пласта, которую дренирует та или иная скважина. Соответственно с изменением r_k изменяется приток жидкости

в скважину, определяемый по формуле Дюпюи. Для оценки влияния изменения фильтрационных характеристик ОЗП и размеров зоны дренирования на приток жидкости в скважину, то есть на ее дебит, рассмотрим следующий пример:

- сетка добывающих скважин равномерная, 500x500 м;
- давление на контуре (на границе зоны влияния скважины) $P_{пл}=18$ МПа;
- давление на забое скважины при работе ее с установившимся режимом $P_0=15$ МПа;
- радиус гидродинамически совершенной скважины по долоту $r_c=0,1$ м;
- радиус контура (однородный пласт) $r_k=250$ м;
- пьезопроводность пласта $\chi = 0,1$ м²/с.

Построим воронку депрессии для работающей скважины, используя формулу

$$P = \frac{P_{пл} \cdot \ln \frac{r}{r_c} + P_0 \cdot \ln \frac{r_k}{r}}{\ln \frac{r_k}{r_c}}, \quad (1)$$

где P – давление на расстоянии r от скважины.

Изменение давления от стенки скважины до границы зоны ее влияния в однородном по проницаемости пласте показано на рис. 1 (кривая 1).

После остановки скважины для получения КВД давление на забое со временем будет увеличиваться. Принимаем, что послеприток в скважину после ее остановки отсутствует. Для условий однородного пласта забойное давление через время t_i будет равно давлению, имевшему место при работе скважины на расстоянии r_i от нее, при этом

$$t_i = \frac{r_i^2}{\pi \cdot \chi}. \quad (2)$$

Задаваясь рядом значений r_i , найдем по (1) соответствующие значения P_i и по (2) значения t_i , после чего построим КВД в координатах $P_t - t$ (рис. 2).

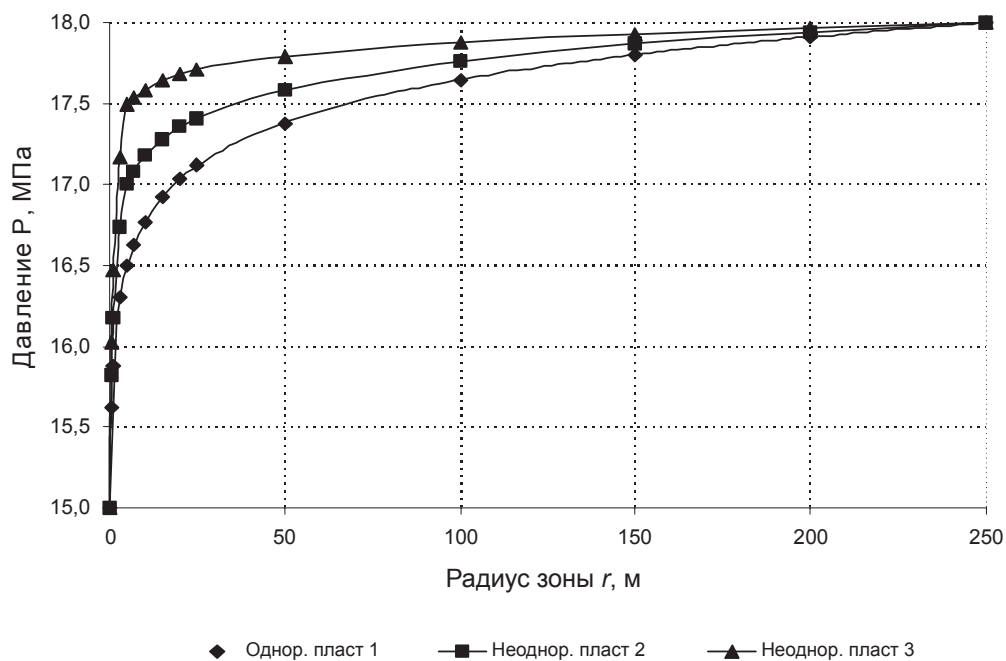


Рис. 1. Воронка депрессии для скважины: 1 – однородный пласт; 2, 3 – неоднородный пласт: 2 – $K/K_{озп}=2$; 3 – $K/K_{озп}=5$

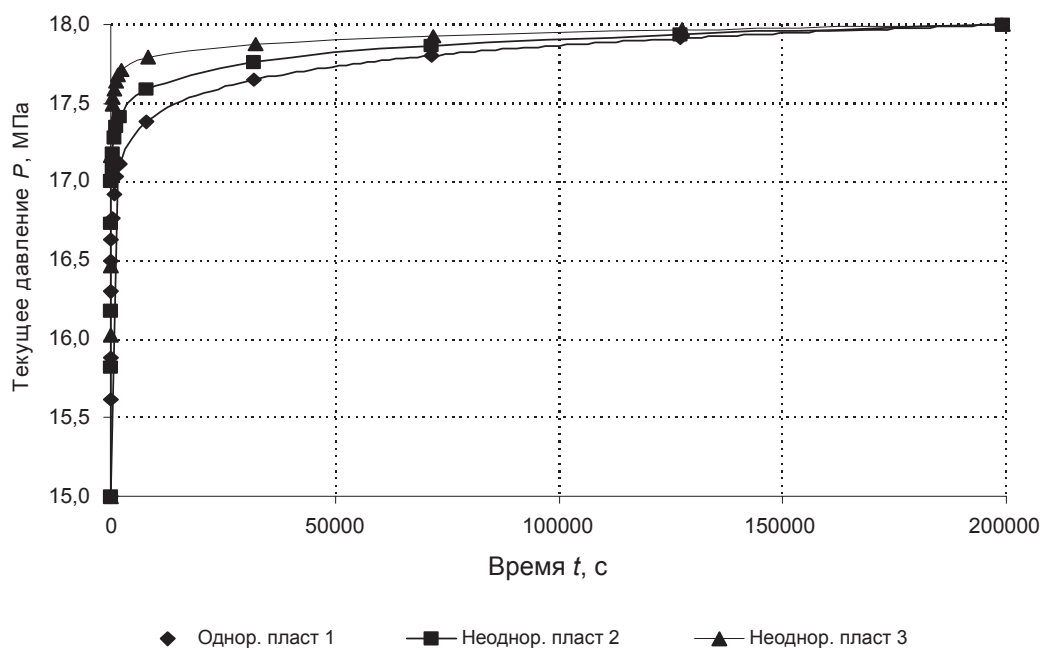


Рис. 2. КВД в координатах $P_t - t$: 1 – однородный пласт; 2, 3 – неоднородный пласт: 2 – $K/K_{озп}=2$; 3 – $K/K_{озп}=5$

Допустим, что проницаемость, гидропроводность и пьезопроводность ОЗП в радиусе 5 м от скважины уменьшаются в 2 и в 5 раз по отношению к значениям этих показателей для

более удаленной зоны пласта. Давление на границе двух зон неоднородного пласта в предположении, что радиус контура работавшей при установившемся режиме скважины сохранился ($r_k = 250$ м), найдем по формуле (давления $P_{пл}$ и P_0 сохраняем прежними)

$$P = \frac{P_{пл} \cdot \ln \frac{r_{озп}}{r_c} + \frac{k_{озп}}{k} \cdot P_0 \cdot \ln \frac{r_k}{r_{озп}}}{\ln \frac{r_{озп}}{r_c} + \frac{k_{озп}}{k} \cdot \ln \frac{r_k}{r_{озп}}} \quad (3)$$

Распределение давления в ОЗП ($r_{озп}$ – радиус ОЗП)

$$P = \frac{P_{озп} \cdot \ln \frac{r}{r_c} + P_0 \cdot \ln \frac{r_{озп}}{r}}{\ln \frac{r_{озп}}{r_c}}, \quad (4)$$

где $r_c < r < r_{озп}$, $P_{озп}$ – давление на расстоянии $r_{озп}$ от скважины.

Распределение давления в удаленной зоне

$$P = \frac{P_{пл} \cdot \ln \frac{r}{r_{озп}} + P_{озп} \cdot \ln \frac{r_k}{r}}{\ln \frac{r_k}{r_{озп}}}, \quad (5)$$

где $r_{озп} < r < r_k$.

Воронки депрессии для неоднородного пласта показаны на рис. 1 (кривые 2 и 3). Для построения КВД значения времени t_i получим по (2) для ОЗП, приняв пьезопроводность этой зоны соответственно 0,05 и 0,02 м²/с для рассматриваемых двух случаев неоднородного пласта. Для всей дренируемой части пласта время t_i равно сумме значений времени прохождения волны возмущения через ОЗП ($t_{озп}$) и через пласт в зоне от $r_{озп}$ до r_i ($r_{озп} < r_i \leq r_k$). Для этой части пласта можно записать

$$t_{\text{узп}} = \frac{r_i^2}{\pi \cdot \chi} - \frac{r_{\text{озп}}^2}{\pi \cdot \chi} = \frac{1}{\pi \cdot \chi} (r_i^2 - r_{\text{озп}}^2). \quad (6)$$

Общее время $t_i = t_{\text{озп}} + t_{\text{узп}}$.

При задаваемых r_i для ОЗП и удаленной части пласта после определения значений P_i и t_i строятся КВД в координатах $P_t - t$ (рис. 2) и $(P_t - P_0) - \ln t$ (рис. 3).

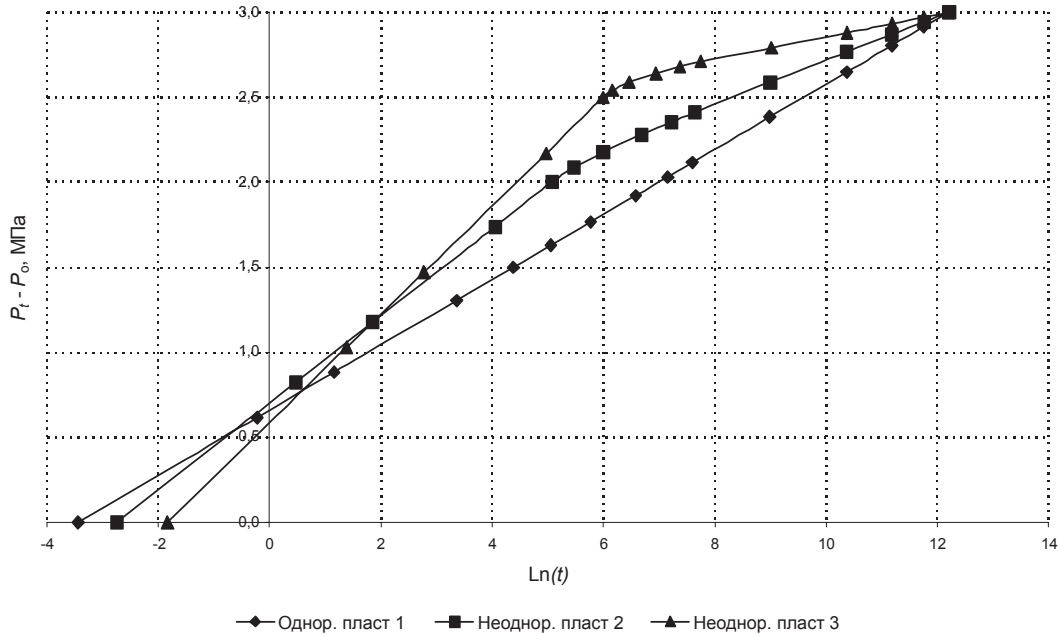


Рис. 3. КВД в координатах $(P_t - P_0) - \ln t$: 1 – однородный пласт; 2, 3 – неоднородный пласт: 2 – $K/K_{\text{озп}}=2$; 3 – $K/K_{\text{озп}}=5$

Для удаленной зоны неоднородного пласта КВД (рис. 3, линии 2 и 3) представляют собой прямые линии с меньшим уклоном по отношению к прямой 1 (однородный пласт), что следует интерпретировать как изменение гидропроводности УЗП в случае неоднородного пласта. Так как свойства этой зоны по условиям задачи должны оставаться неизменными, углы наклона прямых 2 и 3 должны быть такими же, что и для прямой 1, то есть с момента времени $t_{\text{озп}}$ эти прямые должны располагаться параллельно прямой 1 (рис. 4).

При этом КВД выходит на пересечение с горизонталью, соответствующей разности $(P_{\text{пл}} - P_0)$, за более короткое время, чем в случае однородного пласта, что следует рассматри-

вать как соответствующее уменьшение размеров зоны влияния скважины из-за ухудшения характеристик ОЗП. Соответственно воронки депрессии для случаев 2 и 3 также должны измениться, и для их построения необходимо знать фактические значения r_k .

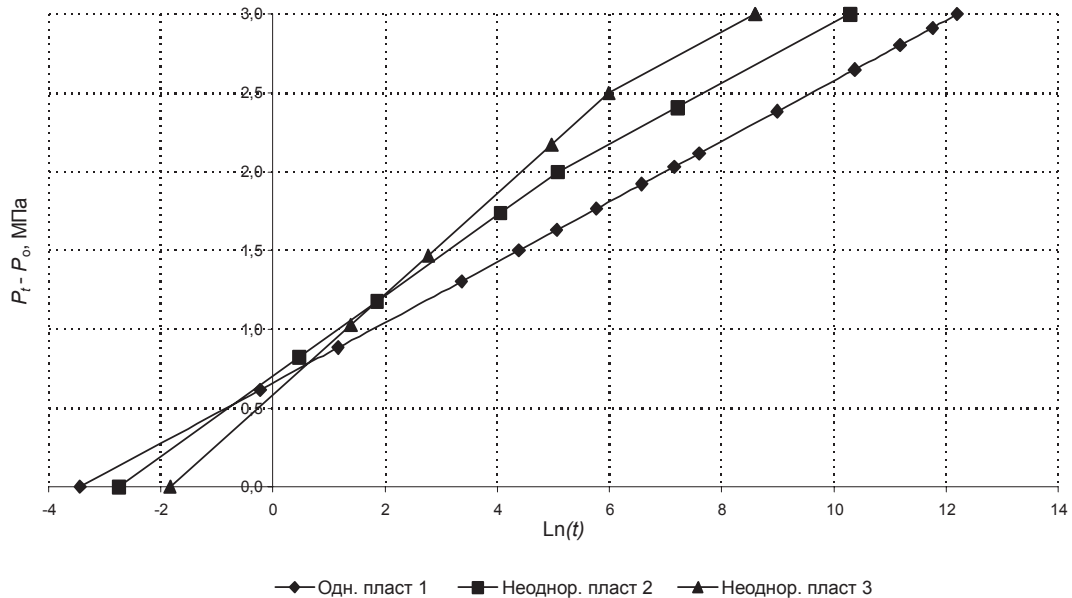


Рис. 4. КВД в координатах $(P_t - P_0) - \ln t$: 1 – однородный пласт; 2, 3 – неоднородный пласт: 2 – $K/K_{озп}=2$; 3 – $K/K_{озп}=5$

Очевидно, что изменение размеров дренируемой скважиной области пласта должно отразиться на притоке жидкости в скважину, то есть на ее дебите. Для оценки влияния изменения r_k на дебит построены КВД и выполнены итерационные расчеты по определению радиуса контура при различных отношениях $K/K_{озп}$. Изменение дебита с увеличением этого отношения определялось по формуле

$$\frac{q'}{q} = \frac{P'_{озп} - P_0}{P_{озп} - P_0}, \quad (7)$$

где q и q' – дебит скважины без учета (q) и с учетом (q') изменения r_k ; $P_{озп}$ и $P'_{озп}$ – давление на границе двух зон ($r = 5$ м), полученное без учета ($P_{озп}$) и с учетом ($P'_{озп}$) изменения r_k .

Результаты представлены на рис. 5.

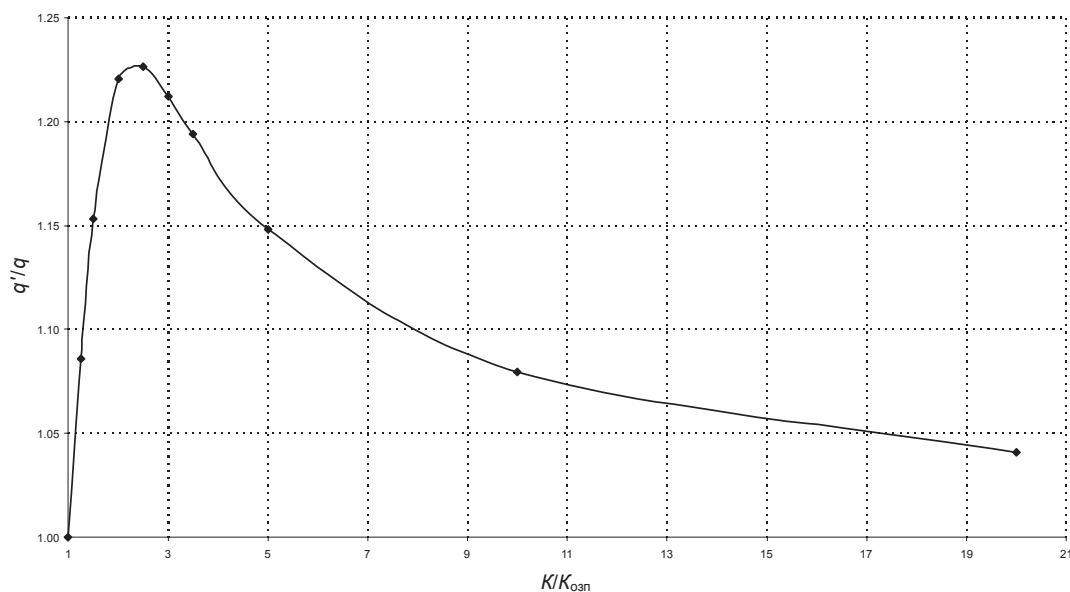


Рис. 5. Зависимость отношения q'/q от $K/K_{озп}$

С увеличением $K/K_{озп}$ до 2,5 происходит увеличение отношения q'/q , которое достигает 1,226. Затем отношение q'/q уменьшается и при $K/K_{озп}=10$ составляет 1,08. При дальнейшем увеличении $K/K_{озп}$ отношение q'/q плавно уменьшается, оставаясь больше 1,0.

Таким образом, при уменьшении проницаемости ОЗП по отношению к УЗП снижение притока жидкости и дебита скважины с учетом изменения r_k происходит в меньшей степени, чем без учета данного фактора.

Получено 08.12.06.