

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО ЧИСЛА ОТВЕРСТИЙ В КОЛОННЕ НЕФТЕРАЗВЕДОЧНОЙ СКВАЖИНЫ

Л. А. ПУХЛЯКОВ

(Представлена профессором А. В. Аксариним)

Проблемой притока жидкости в гидродинамически несовершенные скважины занимались многие авторы и прежде всего Л. С. Лейбензон [1, 2], Г. Б. Пыхачев [7, 8], М. Н. Тихов [9, 10], В. И. Щуров, И. Г. Ахматов [11], а также автор настоящей статьи [3, 4, 5, 6], который для определения различных параметров притока рекомендует пользоваться следующей формулой:

$$P_{\text{пл}} - P_3 = \frac{Q_{\text{пл}}^2 \mu}{2\pi k n} (G_s + G_\delta + G_R), \quad (1)$$

где $P_{\text{пл}}$ и P_3 — пластовое и забойное давление в *ати*, μ — вязкость нефти в пластовых условиях в сантипуазах, k — средняя проницаемость пласта в дарси, n — число отверстий в колонне, $Q_{\text{пл}}$ — приток нефти в скважину в пластовых условиях в $\text{см}^3/\text{сек}$, рассчитываемый по формуле

$$Q_{\text{пл}} = \frac{1000000}{86400} Q_{\text{пв}} b, \quad (2)$$

где $Q_{\text{пв}}$ — приток нефти в скважину, измеренный в поверхностных условиях в $\text{м}^3/\text{сут}$, b — объемный коэффициент нефти, 1000000 и 86400 — коэффициенты для перевода м^3 в см^3 и суток в секунды. G_s , G_δ и G_R — геометрические характеристики зоны влияния отверстий, зоны сужения потока за счет неполноты перфорации и зоны плоскорадиального потока. Для определения их нужны следующие величины: r — радиус скважины перед спуском обсадной колонны в *см*, R — радиус влияния скважины в *см*, h — длина интервала перфорации в *см*, H — полная мощность пласта в *см*, λ — радиус отверстия и канала при нем в *см*, s — радиус влияния отверстий в *см*, под которым понимается половина среднего расстояния между центрами отверстий, y — глубина (длина) каналов при отверстиях в колонне в *см*, измеряемая от наружной поверхности цементного кольца до дна канала, x_0 — радиус влияния фильтра, определяемый по формуле

$$x_0 = r + y + s, \quad (3)$$

а также компоненты неполноты перфорации.

Под компонентами неполноты понимаются непроперфорированные участки, когда они примыкают либо к кровле, либо к подошве пласта, или половины этих участков, если по обе стороны их располагаются

проперфорированные. При этом во внимание берутся лишь такие участки или половины их, которые превышают радиус влияния фильтра.

Первая компонента обозначается через δ_1 . Под ней понимается такая компонента, которая превышает все остальные, если их несколько. Второй компонентой неполноты считается такая компонента, которая либо является парной, либо ее можно отложить в пределах первой. В последнем случае она по длине уступает первой. В первом случае, то есть в случае равенства обеих наибольших компонент, обе они считаются вторыми. Вторая компонента обозначается через δ_2 .

Третьей компонентой считается такая, которая может быть отложена в пределах других три раза. Она обозначается через δ_3 . Прочие компоненты именуются аналогичным образом.

Некоторого разъяснения требует определение радиуса влияния отверстий. При высокой плотности перфорации, когда мощность пласта на одно отверстие $\frac{h}{n}$ не достигает $2,55 r$, величина эта рассчитывается по формуле

$$s = 0,5 \sqrt{2 \pi r \frac{h}{n}}, \quad (4)$$

а если длина фильтра на одно отверстие $\frac{h}{n}$ превысит $2,55 r$, то по формуле

$$s^* = 0,5 \sqrt{\frac{h^2}{n^2} + 0,96 \pi^2 r^2}. \quad (5)$$

Здесь необходимо отметить, что при определении рационального числа отверстий в колонне нефтеразведочной скважины нам придется пользоваться исключительно формулами высокой плотности перфорации.

При отсутствии каналов у отверстий и высокой плотности перфорации геометрическая характеристика зоны влияния отверстий рассчитывается по формуле

$$G_s = \frac{1}{\lambda} - \frac{1}{s} - \frac{1}{4r} \ln \frac{s}{\lambda} + \frac{1}{16} \frac{s - \lambda}{r^2} - 0,0117 \frac{s^2 - \lambda^2}{r^3}. \quad (6)$$

При тех же условиях, но в случае наличия каналов при отверстиях формула этой характеристики имеет несколько иной вид

$$G_s^* = \frac{1}{y} \ln \frac{(y + \lambda)s}{(y + s)\lambda} - \frac{0,25}{r + y} \ln \frac{s + y}{\lambda + y} + 0,0625 \frac{s - \lambda}{(r + y)^2}. \quad (7)$$

Геометрическая характеристика зоны сужения потока при однокомпонентной неполноте перфорации рассчитывается по формуле

$$G_{\delta-1} = \frac{1}{h} \ln \frac{(h + x_0)\delta_1}{(h + \delta_1)x_0}. \quad (8)$$

При большем числе компонент неполноты употребляются иные формулы, однако рациональное число отверстий в колонне определяется исходя из равномерного размещения их по всей длине ствола. А это значит, что ниже мы будем рассматривать случай, когда зона сужения потока в области дренирования скважины будет отсутствовать и, следовательно, ни одна из этих формул не будет употребляться.

Геометрическая характеристика зоны плоскорадиального потока в таком случае может быть рассчитана по формуле

$$G_R = \frac{n}{H} \ln \frac{R}{r + y + s}. \quad (9)$$

При наличии зоны сужения потока она рассчитывается по формуле

$$G_R^* = \frac{h}{H} \ln \frac{R}{s_{\max}}. \quad (10)$$

Рассмотрим рыхлый пласт, то есть такой случай, когда каналы при отверстиях в колонне отсутствуют, и когда для определения геометрической характеристики зоны влияния отверстий необходимо пользоваться формулой (6). Для определения геометрической характеристики зоны плоскорадиального потока, очевидно, следует пользоваться формулой (9).

Анализ показывает, что с увеличением числа отверстий n и уменьшением радиуса влияния отверстий s геометрическая характеристика зоны плоскорадиального потока будет увеличиваться, а геометрическая характеристика зоны влияния отверстий — уменьшаться. Поэтому в качестве критерия для определения рационального числа отверстий рекомендуется брать такое количество их, при котором рассматриваемые геометрические характеристики будут равны между собой.

Допустим, что в некотором случае радиус отверстия λ будет равен 0,5 см, радиус скважины перед спуском обсадной колонны $r=9,5$ см, мощность пласта $H=100$ см, радиус влияния скважины $R=10000$ см (10 м). При 28 отверстиях на метр радиус влияния отверстий, согласно формуле (4), оказывается равным 7,3 см, геометрическая характеристика зоны влияния отверстий, согласно формуле (6) — 1,80 и геометрическая характеристика зоны плоскорадиального потока, согласно формуле (9), также 1,80. Таким образом, при этих условиях данное число отверстий на метр фильтра и будет рациональным.

Если в качестве исходных брать другие радиусы отверстий, то получим и иные количества их на погонный метр фильтра (см. табл.)

Таблица
Рациональные количества отверстий на погонный метр фильтра скважины при различных радиусах отверстий и скважин

Радиусы скважин, см	Радиусы отверстий, см	Рациональное число отверстий
7,3	0,5	27
—«—	0,6	22,5
—«—	0,7	19
—«—	0,8	17
—«—	0,9	15
—«—	1,0	13
9,5	0,5	28
—«—	0,6	23,5
—«—	0,7	20
—«—	0,8	17,5
—«—	0,9	15,5
—«—	1,0	13,5

Интересно отметить, что увеличивая числа отверстий против рационального (указанного в табл.) в два раза, мы при прочих равных условиях получаем увеличение притока против исходного в 1,3 раза, а увеличивая число отверстий еще в два раза, получаем дополнительное увеличение притока только в 1,18 раза. Если же мы сократим число отверстий против рационального (приведенного в табл.) в два раза, то при прочих равных условиях получим уменьшение притока в 1,5 раза, а если сократим его еще в два раза, то приток уменьшится еще в 1,76 раза.

Изменение диаметра скважины мало влияет на рациональное число отверстий. Однако наличие каналов при отверстиях значительно сокращает их число. Так, если допустить, что длина каналов при отверстиях достигает 2 см, а средний радиус их 0,2 см, то при радиусе скважины 9,5 см рациональным оказывается лишь 20 отверстий на метр.

ЛИТЕРАТУРА

1. Л. С. Лейбензон. Руководство по нефтепромысловой механике, ч. I. М., Гос. научно-техническое изд-во, 1931.
2. Л. С. Лейбензон. Нефтепромысловая механика, ч. II, М., Гореонефтеиздат, 1934.
3. Л. А. Пухляков, М. В. Самойлова. К вопросу притока нефти в гидродинамически несовершенную скважину. Известия ТПИ, т. 196, изд-во ТГУ, 1969.
4. Л. А. Пухляков. Определение проницаемости пласта по притокам в скважину на установившихся режимах. Известия ТПИ, т. 177, изд-во ТГУ, 1971.
5. Л. А. Пухляков. Вывод формулы притока в гидродинамически несовершенную скважину. Известия ТПИ, т. 201, изд-во ТГУ, 1972.
6. Л. А. Пухляков. О притоке в скважину, обладающую несколькими видами гидродинамических несовершенств. Известия ТПИ, т. 264, изд-во ТГУ, 1976.
7. Г. Б. Пыхачев. О дебите скважины в неоднороднопроницаемом пласте. Грозный, Грозненское книжное изд-во, 1944.
8. Г. Б. Пыхачев. Подземная гидравлика. М., Гостоптехиздат, 1961.
9. М. Н. Тихов. Влияние перфораций в обсадных трубах на продуктивность скважин. «Нефтяное хозяйство», № 5, 1947.
10. М. Н. Тихов. Математическая теория движения жидкости и газа к центральной несовершенной скважине. Харьков, изд-во Харьковского университета, 1964.
11. В. И. Щуров, И. Г. Ахматов. Некоторые вопросы исследования нефтяных скважин при установившихся отборах. Сб. «Физика и гидродинамика нефтяного пласта». Труды МИНХ и ГП. Вып. 57, М., «Недра», 1966.