Р У К О В О Д Я Щ И Й Д О К У М Е Н Т

4.1 МЕТОДИКА РАСЧЕТА НОРМ РАСХОДА ПОДГОТОВЛЕННОЙ НЕФТИ ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ РАЗРЫВЕ ПЛАСТА

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН ОАО «Всероссийский научно-исследовательский институт организации, управления и экономики нефтегазовой промышленности» (Отдел ресурсосбережения и нормирования расхода топливно-эненргетических ресурсов)

ВНЕСЕН Департаментом нефтяной промышленности Министерства энергетики Российской Федерации

2 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Минэнерго России от.....№.....

3 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

Настоящий руководящий документ не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Министерства энергетики Российской Федерации.

Содержание

	Стр.
1 Область применения	1
2 Определения	1
3 Порядок разработки	2

РУКОВОДЯЩИЙ ДОКУМЕНТ

МЕТОДИКА РАСЧЕТА НОРМ РАСХОДА ПОДГОТОВЛЕННОЙ НЕФТИ ПРИ ГИДРАВЛИЧЕСКОМ РАЗРЫВЕ ПЛАСТА

Дата введения 2002–01–01

1 Область применения

Настоящий документ распространяется на работы по добыче нефти; позволяет провести расчеты норм расхода подготовленной нефти на проведение гидравлического разрыва пласта; является обязательным для организаций и предприятий топливно-энергетического комплекса независимо от форм собственности.

2 Определения

В настоящем документе применены следующие определения:

2.1 Использование подготовленной нефти для проведения операций по гидравлическому разрыву (гидроразрыву) пласта – применение подготовленной нефти для проведения операций по гидроразрыву пласта в количестве, необходимом для проведения процесса.

2.2 Потребность в подготовленной нефти на проведение операций по гидроразрыву пласта – количество подготовленной нефти, которое необходимо для проведения операций по гидроразрыву пласта.

2.3 Расход подготовленной нефти на проведение операций по гидроразрыву пласта – потери подготовленной нефти из-за проникновения нефти в пласт в результате проведения процесса по гидроразрыву пласта с применением подготовленной нефти.

2.4 Норма использования подготовленной нефти на проведение операции по гидроразрыву пласта – количество подготовленной нефти, необходимое для проведения одной операции по гидроразрыву пласта.

2.5 Норма расхода подготовленной нефти на проведение операции по гидроразрыву пласта – количество подготовленной нефти, которое теряется при проведении одной операции по гидроразрыву пласта.

2.6 Норматив расхода подготовленной нефти на проведение процессов по гидроразрыву пласта – часть годовой добычи нефти, выраженная в про-

центах, которая расходуется в результате проведения операций по гидроразрыву пласта.

3 Порядок разработки

3.1 Индивидуальная норма использования подготовленной нефти на проведение одной операции гидроразрыва пласта в скважине по площади – необходимое количество подготовленной нефти для проведения одной операции гидроразрыва пласта в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, определяется по формуле

$$H_{ki} = (V_{жр\,ki} + V_{пн\,ki} + V_{пр\,ki})\cdot\rho_н , \quad т/скв.-опер., \qquad (1)$$

где H_{ki} – индивидуальная норма использования подготовленной нефти на проведение одной операции гидроразрыва пласта в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, т/скв.-опер.;

$V_{жр\,ki}$ – объем жидкости разрыва для проведения одной операции гидроразрыва пласта в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, $м^3$;

$V_{пн\,ki}$ – объем жидкости-песконосителя для проведения одной операции гидроразрыва пласта в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, $м^3$;

$V_{пр\,ki}$ – объем продавочной жидкости для проведения одной операции гидроразрыва пласта в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, $м^3$;

$\rho_н$ – плотность подготовленной нефти при стандартных условиях, $т/м^3$.

3.1.1 Объем жидкости разрыва не поддается точному расчету.

Для ее определения воспользуемся методом интерполяции данных о расходе жидкости разрыва за предыдущий период.

Определим прогнозное значение $V_{жр}$, найдя многочлен второй степени, приближающий наилучшим образом функцию, заданную данными за 5 лет.

$$P(x) = a_0 + a_1\cdot x + a_2\cdot x^2 . \qquad (2)$$

Тогда мера отклонения σ многочлена P(x) от реальной функции $y_\tau = f(x)$, будет:

$$\sigma = \sum_{\tau=0}^{y} \left[y_\tau - \left(a_0 + a_1 \cdot x_\tau + a_2 \cdot x_\tau^2 \right) \right]^2 , \qquad (3)$$

где σ – мера отклонения многочлена P(x) от реальной функции y_τ;

x_τ – порядковый номер года выборки за 5 предыдущих лет от 0 до 4;

0 – пятый год от планируемого года;

1 – четвертый год от планируемого года;

2 – третий год от планируемого года;

3 – второй год от планируемого года;

4 – первый (прошедший) год от планируемого года;

y_τ – значение $V_{жр}$ в τ году, среднеарифметическое по скважинам i-й площади k-го предприятия акционерного общества, $м^3$/скв.-опер.;

a_0, a_1, a_2 – коэффициенты многочлена.

Составляем таблицу.

Таблица 1

	x_τ	y_τ	$x_\tau \cdot y_\tau$	x_τ^2	$x_\tau^2 \cdot y_\tau$	x_τ^3	x_τ^4
	0			0		0	0
	1			1		1	1
	2			4		8	16
	3			9		27	81
	4			16		64	256
Σ	10			30		100	354

В составленной таблице в первых двух колонках представляют номер года и среднее за каждый год по всем операциям гидроразрыва значение $V_{жр}$ по площади. Остальные данные таблицы расчетные из первых двух.

σ в уравнении (3) – функция трех переменных: a_0, a_1, a_2. Частные производные по этим переменным:

$$-\frac{1}{2}\frac{\partial\sigma}{\partial a_0}=\sum_{\tau=0}^{4}[y_\tau-(a_0+a_1\cdot x_\tau+a_2\cdot x_\tau^2)]=0,$$

$$-\frac{1}{2}\frac{\partial\sigma}{\partial a_1}=\sum_{\tau=0}^{4}[y_\tau-(a_0+a_1\cdot x_\tau+a_2\cdot x_\tau^2)]x_\tau=0,$$

$$-\frac{1}{2}\frac{\partial\sigma}{\partial a_2}=\sum_{\tau=0}^{4}[y_\tau-(a_0+a_1\cdot x_\tau+a_2\cdot x_\tau^2)]x_\tau^2=0.$$

Далее имеем:

$$\sum_{\tau=0}^{4}[y_\tau-(a_0+a_1\cdot x_\tau+a_2\cdot x_\tau^2)]=0,$$

$$\sum_{\tau=0}^{4}[y_\tau-(a_0+a_1\cdot x_\tau+a_2\cdot x_\tau^2)]x_\tau=0,$$

$$\sum_{\tau=0}^{4}[y_\tau-(a_0+a_1\cdot x_\tau+a_2\cdot x_\tau^2)]x_\tau^2=0.$$

Раскрыв суммы и перегруппировав члены, приходим к системе уравнений:

$$\begin{aligned}
5a_0+a_1\sum_{\tau=0}^{4}x_\tau+a_2\sum_{\tau=0}^{4}x_\tau^2&=\sum_{\tau=0}^{4}y_\tau,\\
a_0\sum_{\tau=0}^{4}x_\tau+a_1\sum_{\tau=0}^{4}x_\tau^2+a_2\sum_{\tau=0}^{4}x_\tau^3&=\sum_{\tau=0}^{4}x_\tau y_\tau,\\
a_0\sum_{\tau=0}^{4}x_\tau^2+a_1\sum_{\tau=0}^{4}x_\tau^3+a_2\sum_{\tau=0}^{4}x_\tau^4&=\sum_{\tau=0}^{4}x_\tau^2 y_\tau.
\end{aligned}\qquad(4)$$

Подставив значения сумм из таблицы 1 в систему уравнений (4) и решая ее, определяем значения коэффициентов a_0, a_1, a_2 .

Подставив в (2) значения коэффициентов a_0, a_1, a_2 , получаем решение многочлена. Значение $V_{жр\ ki}$ определяем подставив в полученный многочлен значение x=5, где 5 – порядковый номер прогнозируемого года.

3.1.2 Определение параметров трещины.

3.1.2.1 Определяем вертикальную составляющую горного давления в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества.

$$P_{гв\ ki} = \rho_п \cdot g \cdot L_{ki} \cdot 10^3, \quad Па, \tag{5}$$

где $P_{гв\ ki}$ – вертикальная составляющая горного давления в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, Па;

$\rho_п$ – плотность породы над продуктивным пластом, т/м^3;принимается равной 2,6;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

L_{ki} – средняя глубина скважины i-й площади k-го предприятия акционерного общества, м.

3.1.2.2 Горизонтальная составляющая горного давления:

$$P_{г\ ki} = \frac{P_{гв\ ki} \cdot \nu}{1-\nu}, \quad Па, \tag{6}$$

где $P_{г\ ki}$ – горизонтальная составляющая горного давления в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, Па;

$P_{гв\ ki}$ – вертикальная составляющая горного давления в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, Па;

ν – коэффициент Пуассона; принимается равным 0,3.

3.1.2.3 Для определения параметров трещины в соответствии с методикой Ю.П. Желтова определяем забойное давление в конце закачки жидкости разрыва из уравнения:

$$\frac{P_{заб\ ki}}{P_{г\ ki}} \cdot \left(\frac{P_{заб\ ki}}{P_{г\ ki}} - 1\right)^3 = \frac{5{,}25E^2 \cdot Q_{н\ ki} \cdot \mu}{(1-\nu^2)^2 \cdot (P_{г\ ki})^3 \cdot V_{жр\ ki}}, \tag{7}$$

где $P_{заб\ ki}$ – забойное давление после закачки жидкости разрыва в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, Па;

$P_{г\ ki}$ – горизонтальная составляющая горного давления в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, Па;

E – модуль упругости пород, Па;

$Q_{н\,ki}$ – подача насоса при закачке жидкости разрыва в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, $м^3/с$;

$V_{жр\,ki}$ – объем жидкости разрыва, $м^{3;}$

μ – вязкость жидкости разрыва, Па·с;

ν – коэффициент Пуассона; принимается равным 0,3.

Длина трещины определяется по формуле

$$L_{ki} = \sqrt{\frac{V_{жр\,ki} \cdot E}{5{,}6 \cdot (1-\nu^2) \cdot h_{пл\,ki} \cdot (P_{заб\,ki} - P_{г\,ki})}}, \quad м, \qquad (8)$$

где L_{ki} – длина трещины в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, м;

$V_{жр\,ki}$ – объем жидкости разрыва в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, $м^3$;

E – модуль упругости пород, Па;

ν – коэффициент Пуассона;

$h_{пл\,ki}$ – эффективная толщина пласта в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, м;

$P_{заб\,ki}$ – забойное давление после закачки жидкости разрыва в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, Па;

$P_{г\,ki}$ – горизонтальная составляющая горного давления в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, Па.

Ширина трещины определяется по формуле

$$W_{ki} = \frac{4(1-\nu^2) \cdot L_{ki} \cdot (P_{заб\,ki} - P_{г\,ki})}{E}, \quad м, \qquad (9)$$

где W_{ki} – ширина трещины в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, м;

ν – коэффициент Пуассона;

L_{ki} – длина трещины в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, м;

$P_{заб\ ki}$ – забойное давление после закачки жидкости разрыва в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, Па;

$P_{г\ ki}$ – горизонтальная составляющая горного давления в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, Па.

E – модуль упругости пород, Па.

Объем трещины определяем как объем эллипсоида по формуле

$$V_{тр\ ki} = \frac{4}{3} \cdot \pi \cdot \frac{L_{ki}}{2} \cdot \frac{h_{тр.ki}}{2} \cdot \frac{W_{ki}}{2}, \quad м^3, \qquad (10)$$

где $V_{тр\ ki}$ – объем трещины в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, $м^3$;

L_{ki} – длина трещины в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, м;

$h_{тр.ki}$ – высота трещины в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, м, принимается равной L_{ki};

W_{ki} – ширина трещины в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, м.

3.1.3 Объем жидкости-песконосителя:

$$V_{пн\ ki} = V_{тр\ ki} \cdot \left(\frac{\rho_п}{C_{п\ ki}} - 1\right), \quad м^3, \qquad (11)$$

где $V_{пн\ ki}$ – объем жидкости-песконосителя в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, $м^3$;

$V_{тр\ ki}$ – объем трещины в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, $м^3$;

$\rho_п$ – плотность песка, $кг/м^3$;

$C_{п\,ki}$ – концентрация песка в жидкости-песконосителе в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, кг/м^3.

Оптимальная концентрация песка может быть определена на основании скорости падения зерен песка в рабочей жидкости по эмпирической формуле:

$$C = \frac{4000}{v_{кр}}, \quad кг/м^3, \tag{12}$$

где C – концентрация песка, кг/м^3;

$v_{кр}$ – скорость свободного падения зерен песка в рабочей жидкости, мм/ч. Для зерен песка размером 0,8 мм в жидкости-песконосителе вязкостью 200 мПа·с скорость падения составляет 10 м/ч.

$$v_{кр} = \frac{\mu_н Ar}{d_п \cdot \rho_п \cdot (18 + 0{,}61\sqrt{Ar})}, \quad м/с, \tag{13}$$

$$Ar = \frac{d_п^3 \cdot \rho_н \cdot g}{\mu_н^2} \cdot (\rho_п - \rho_н), \tag{14}$$

где $\mu_н$ – динамическая вязкость жидкости-песконосителя, Па·с;

$\rho_п$ – плотность песка, т/м^3;

$\rho_н$ – плотность жидкости-песконосителя, т/м^3;

$d_п$ – диаметр песчинок, м;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

Ar – критерий Архимеда.

3.1.4 Объем продавочной жидкости определяется по формуле

$$V_{пр\,ki} = 0{,}785 \cdot [d^2_{нкт\,ki} \cdot L_{ki} + D^2_{ki} \cdot (H_{скв\,ki} - L_{нкт\,ki})], \quad м^3, \tag{15}$$

где $H_{скв\,ki}$ – глубина скважины i-й площади k-го предприятия акционерного общества, м;

D_{ki} – диаметр эксплуатационной колонны скважины i-й площади k-го предприятия акционерного общества, м;

$L_{нкт\ ki}$ – длина насосно-компрессорных труб скважины i-й площади k-го предприятия акционерного общества, м;

$d_{нкт\ ki}$ – внутренний диаметр насосно-компрессорных труб скважины i-й площади k-го предприятия акционерного общества, м.

3.2 Норма использования подготовленной нефти на проведение одной операции гидроразрыва пласта в скважине по предприятию – необходимое количество подготовленной нефти для проведения одной операции гидроразрыва пласта в скважине k-го предприятия акционерного общества, определяется по формуле

$$H_k = \frac{\sum_{i=1}^{n} H_{ki} \cdot z_{ki}}{\sum_{i=1}^{n} z_{ki}}, \text{ т/скв.-опер.,} \qquad (16)$$

где H_k – норма использования подготовленной нефти на проведение одной операции гидроразрыва в скважине k-го предприятия акционерного общества, т/скв.-опер.;

H_{ki} – норма использования подготовленной нефти на проведение одной операции гидроразрыва в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, т/скв.-опер.;

z_{ki} – количество скважино-операций гидроразрыва на i-й площади k-го предприятия акционерного общества в планируемом году, скв.-опер./год;

n – количество i-х площадей на k-м предприятии акционерного общества, скв.-опер./год.

3.3 Норма использования подготовленной нефти на проведение одной операции гидроразрыва пласта в скважине по акционерному обществу – необходимое количество подготовленной нефти для проведения одной операции гидроразрыва пласта в скважине акционерного общества, определяется по формуле

$$H = \frac{\sum_{k=1}^{e} H_k \cdot z_k}{\sum_{k=1}^{e} z_k}, \quad \text{т/скв.-опер.,} \qquad (17)$$

где H – норма использования подготовленной нефти на проведение одной операции гидроразрыва в скважине акционерного общества, т/скв.-опер.;

H_k – норма использования подготовленной нефти на проведение одной операции гидроразрыва в скважине k-го предприятия акционерного общества, т/скв.-опер.;

z_k – количество скважино-операций гидроразрыва на k-м предприятии акционерного общества в планируемом году, скв.-опер./год;

e – количество k-х предприятий акционерного общества.

3.4 Потребность в подготовленной нефти на проведение гидроразрывов пласта по i-й площади k-го предприятия акционерного общества на год определяется по формуле

$$Q_{ki} = H_{ki} \cdot z_{ki}, \quad \text{т/год}, \qquad (18)$$

где Q_{ki} – потребность в подготовленной нефти на проведение гидроразрывов пласта по i-й площади k-го предприятия акционерного общества на год, т/скв.-опер.;

H_{ki} – норма использования подготовленной нефти на проведение одной операции гидроразрыва в скважине i-й площади k-го предприятия акционерного общества, т/скв.-опер.;

z_{ki} – количество скважино-операций гидроразрыва, проводимых на i-й площади k-го предприятия акционерного общества в планируемом году, скв.-опер./год.

3.5 Потребность в подготовленной нефти на проведение гидроразрывов пласта по k-му предприятию акционерного общества на год определяется по формуле

$$Q_k = H_k \cdot z_k, \quad \text{т/год}, \qquad (19)$$

где Q_k – потребность в подготовленной нефти на проведение гидроразрывов пласта по k-му предприятию акционерного общества на год, т/год

H_k – норма использования подготовленной нефти на проведение одной операции гидроразрыва в скважине k-го предприятия акционерного общества, т/скв.-опер.;

z_k – количество скважино-операций гидроразрыва, проводимых на k-м предприятии акционерного общества в планируемом году, скв.-опер./год.

3.6 Потребность в подготовленной нефти на проведение гидроразрывов пласта по акционерному обществу на год определяется по формуле

$$Q = H \cdot z, \quad \text{т/год}, \tag{20}$$

где Q – потребность в подготовленной нефти на проведения гидроразрывов пласта по акционерному обществу на год, т/год;

H – норма использования подготовленной нефти на проведение одной операции гидроразрыва в скважине акционерного общества, т/скв.-опер.;

z – количество скважино-операций гидроразрыва, проводимых в акционерном обществе в планируемом году, скв.-опер./год.

3.7 Расход подготовленной нефти на гидроразрывы пластов составляет 100 % потребного количества нефти, поскольку весь объем технологической жидкости закачивается в пласт. Таким образом, норма расхода подготовленной нефти равна норме использования, а расход подготовленной нефти – объему потребности.

3.8 Норматив расхода подготовленной нефти на гидроразрывы пластов по предприятию акционерного общества – отношение массы подготовленной нефти, расходуемой за год на гидроразрывы пластов по k-му предприятию акционерного общества, к массе годовой добычи нефти k-м предприятием, выраженное в процентах, определяется по формуле

$$N_{p\,k} = \frac{Q_{p\,k}}{G_k} \cdot 100, \quad \%, \tag{21}$$

где $N_{p\,k}$ – норматив расхода подготовленной нефти на гидроразрывы пластов по k-му предприятию акционерного общества, %;

$Q_{p\,k}$ – расход подготовленной нефти на гидроразрывы пластов по k-му предприятию акционерного общества за год, т/год;
$Q_{p\,k} = Q_k$;

G_k – годовая добыча нефти k-м предприятием акционерного общества.

3.9 Норматив расхода подготовленной нефти на гидроразрывы пластов по акционерному обществу – отношение массы подготовленной нефти, расходуемой за год на гидроразрывы пластов по акционерному обществу, к массе годовой добычи нефти по акционерному обществу, выраженное в процентах, определяется по формуле

$$N_p = \frac{Q_p}{G} \cdot 100 \ , \ \%, \qquad (22)$$

где N_p – норматив расхода подготовленной нефти на гидроразрывы пластов по акционерному обществу, %;

Q_p – расход подготовленной нефти на гидроразрывы пластов по акционерному обществу за год , т/год;
$Q_p = Q$;

G – годовая добыча нефти акционерным обществом, т/год.

Приложение А
(информационное)
Библиография

[1] Справочное руководство по проектированию разработки и эксплуатации нефтяных месторождений. Добыча нефти /Под ред. Ш.К.Гиматутдинова. – М.: Недра, 1983.

[2] Юрчук А.М. Расчеты в добыче нефти. – М.: Недра, 1974.

[3] Леонов Е.Г., Исаев В.И. Гидроаэромеханика в бурении. – М.: Недра, 1987.

УДК	Т	ОКСТУ

Ключевые слова: норма, норматив, гидроразрыв пласта, скважина, подготовленная нефть, потребность нефти.

gost.e-ecolog.ru