



СОЮЗ СОВЕТСКИХ
СОЦИАЛИСТИЧЕСКИХ
РЕСПУБЛИК

(19) **SU** (11) **1411438** **A1**

(5D 4 E 21 B 33/13

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ПО ДЕЛАМ ИЗОБРЕТЕНИЙ И ОТКРЫТИЙ

ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(21) 4178908/22-03

(22) 09.01.87

(46) 23.07.88 Бюл. № 27

(71) Украинский научно-исследовательский институт природных газов

(72) В. Н. Филев, Л. Д. Галян

и М. И. Дмитриевский

(53) 622 245.12(088.8)

(56) Инструкция по расчету обсадных колонн для нефтяных и газовых скважин. Куйбышев, ВНИИТнефть, 1976, с. 10.

Авторское свидетельство СССР
№ 1224401, кл. E 21 B 47/00, 1983

(54) СПОСОБ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ДЕ-
ФОРМАЦИЙ ОБСАДНЫХ КОЛОНН В СО-
ЛЕНОСНЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЭКСПЛУА-
ТИРУЮЩИХСЯ СКВАЖИН

(57) Изобретение относится к бурению сква-
жин и позволяет повысить эффективность
предупредительных мер за счет повышения
достоверности прогнозных оценок и предот-

вращения нарушений режима эксплуатации скважин. Способ включает прогнозную оценку устойчивости обсадных колонн от внешних нагрузок при текущих давлениях эксплуатации. По прогнозной оценке создают противодействие (П) критическим внешним нагрузкам, обусловленным релаксацией солей. Указанное П создают с момента выполнения условия, определяемого расчетным путем. Причем обеспечивают это П за счет избыточного давления между обсадной и насосно-компрессорной колоннами, создаваемого за счет гидростатического давления столба жидкости, плотность которой определяют расчетным путем. Таким образом, обеспечивается возможность регулирования величины избыточного сминающего напряжения на стенках ствола путем варьирования сроками крепления интервала текучих пород в процессе бурения скважин или созданием внутреннего противодействия. 1 з. п. ф. лы

(19) **SU** (11) **1411438** **A1**

РПС-К

Изобретение относится к бурению скважин, в частности к креплению скважин в соленосных отложениях

Целью изобретения является повышение эффективности предупредительных мер против деформации обсадных колонн за счет повышения достоверности прогнозных оценок и предотвращения нарушений режиму эксплуатации скважин.

Способ осуществляют следующим образом.

Для скважин, находящихся в эксплуатации и в которых интервал текучих пород перекрыт только одной эксплуатационной колонной, по степени релаксации напряжений в породах текучего солевого пласта и текущим давлениям эксплуатации прогнозируют момент времени, соответствующий предельному внутреннему давлению в колонне пластового флюида (P_b), при котором возможно возникновение деформации колонны.

По прогнозной оценке устойчивости обсадных колонн от внешних нагрузок при текущих давлениях эксплуатации создают противодействие критическим внешним нагрузкам, обусловленным релаксацией солей.

При этом противодействие критическим внешним нагрузкам создают с момента выполнения условия

$$R(t_{*}) - R(t_r) \leq \frac{P_b}{\Delta P_g} + \frac{P_k}{\Delta P_g} - \frac{P_g}{\Delta P_g},$$

где $R(t_{*})$ — степень релаксации солей на момент спуска и крепления обсадной колонны, отсчитываемой от времени вскрытия солей;

$R(t_r)$ — степень релаксации солей на момент определения прогнозной оценки, отсчитываемой от времени вскрытия солей;

P_b — внутреннее давление в колонне, создаваемое пластовым флюидом при эксплуатации МПа;

ΔP_g — величина релаксации напряжений в солях, равная разности геостатического давления (P_r) горных пород и гидростатического давления (P_g) столба бурового раствора в процессе вскрытия солей на глубине H , МПа;

P_k — величина критического сминающего давления обсадной колонны, МПа.

Причем противодействие обеспечивают за счет избыточного давления между обсадной и насосно-компрессорной колонками.

Кроме того, избыточное давление между обсадной и насосно-компрессорной колонками создают за счет гидростатического давления столба жидкости, плотность которой (ρ_a) определяют из выражения

$$\rho_a = \frac{10^6 [P_g + \Delta P_g \{R(t_{*}) - R(t_r)\}] - P_k}{gH},$$

где g — ускорение свободного падения, м/с²

в бурящихся скважинах, в которых интервал текучих пород перекрывается только одной обсадной эксплуатационной колонной, регулируют плотность бурового раствора и время от момента вскрытия текучих пород до их крепления эксплуатационной обсадной колонной. В зависимости от этих факторов, влияющих на степень релаксации напряжений в текучих породах, определяют величину внешнего сминающего давления для любого прогнозируемого момента времени и спускают обсадные трубы соответствующей прочности.

Использование предлагаемого способа позволяет в эксплуатирующихся скважинах прогнозировать время начала деформации эксплуатационных колонн и своевременно принимать профилактические меры, а при бурении новых скважин применять менее прочные обсадные трубы

Отмеченные признаки позволяют регулировать величину избыточного сминающего напряжения на стенках ствола путем варьирования сроками крепления интервала текучих пород в процессе бурения скважины или созданием внутреннего противодействия, если скважина уже находится в эксплуатации и, кроме того, прогнозировать время деформации эксплуатационной колонны.

Случай первый В эксплуатационной скважине действующего фонда требуется определить возможность возникновения деформации обсадных труб вследствие течения солевых пород и момент времени, когда необходимо произвести дополнительные упрочнения крепи.

Известным методом по данным о фактической продолжительности бурения ствола скважины с момента вскрытия текучих солевых пород до момента крепления их обсадной колонной определяют степень релаксации напряжений и внешнее сминающее давление в интервале текучих пород на любой интересующий момент времени. Полученное значение внешнего сминающего давления сравнивают с суммарной величиной критического сминающего давления обсадных труб, установленных в этом интервале, и внутреннего давления в колонне, создаваемого пластовым флюидом на этой же глубине. Если $P_{см} < P_k + P_b$, то деформация не происходит. Определяют предельное внутреннее давление ниже которого возможна деформация колонны труб из соотношения

$$\Delta R < \frac{P_b}{\Delta P_g} + \frac{P_k}{\Delta P_g} - \frac{P_g}{\Delta P_g}.$$

Для каждой конкретной законченной бурением скважины все члены соотношения постоянны, кроме ΔR и P_b . Методом подстановки для любого момента времени определяют ΔR и соответствующее ему P_b и наоборот. Когда фактическое давление в скважине на глубине текучих пород снизится до полученного

расчетного предельного P_b , осуществляют спуск пакерной установки, заполняют пространство между НКТ и обсадной колонной жидкостью, плотность которой определяют из условия обеспечения требуемого противодействия P_b из соотношения $\rho_a \geq$

$$\geq \frac{10 \cdot (P_b + \Delta P_b \cdot \Delta R) - P_k}{gH}$$

Пример 1. Скважина 210 Крестищенского НКМ. На глубине 2215 м обнаружено сужение в НКТ, в данном интервале 168 мм эксплуатационная колонна составлена из труб группы прочности D с толщиной стенки 10 мм. Колонна спущена и зацементирована 04.02.78 г. Интервал текучих солей вскрыт 26.09.77 г. при плотности бурового раствора 1260 кг/м³. Необходимо определить возможность смятия эксплуатационной колонны при понижении внутреннего давления до 8 МПа.

Исходные данные:

$P_b = 8$ МПа, $P_k = 30$ МПа, $\rho_a = 1260$ кг/м³, $\rho_m = 2300$ кг/м³, $H = 2215$ м, $t_{ск} = 132$ сут, $t_r = 2713$ сут.

Определяют степень релаксации напряжений в солевых породах с использованием известной методики для горно-геологических условий Крестищенского месторождения.

$$\begin{aligned} R(t_{ск}) &= 0,137 \exp(-0,168 \cdot 132) + \\ &+ 0,863 \exp(-0,0029 \cdot 132) = 0,5885; \\ R(t_r) &= 0,137 \exp(-0,168 \cdot 2713) + \\ &+ 0,863 \exp(-0,0029 \cdot 2713) = 0,0003; \\ \Delta R &= (t_{ск}) - R(t_r) = 0,5882. \end{aligned}$$

Определяют внешнее сминающее давление с учетом релаксации напряжений.

$$P_{см} = D \cdot 10^{-6} [\rho_a H + (\rho_m H - \rho_a H) \cdot \Delta R] = 40,63 \text{ МПа.}$$

Сравнивают полученную величину $P_{см}$ с P_k и P_b , $40,63 > 30 + 8$, т. е. действительно деформация обсадной колонны под действием внешнего сминающего давления текучих пород должна иметь место.

Определяют предельное понижение внутреннего давления.

$$0,5882 < \frac{P_b}{22,57} + \frac{30}{22,57} - \frac{27,35}{22,57}$$

$$P_b > 10,63 \text{ МПа,}$$

т. е. во избежание деформации обсадной колонны необходимо при снижении внутреннего давления в колонне на глубине текучих пород до 10,63 МПа спустить пакерное устройство, заполнить междутрубное пространство жидкостью, плотность которой должна быть не ниже $\rho_a \geq 489,5$ кг/м³.

Пример 2. Скважина 387 Крестищенского ГКМ. Интервал текучих солей вскрыт 18.11.85 г. с глубины 2145 м при плотности бурового раствора 1250 кг/м³. Обсадка и цементирование этого интервала эксплуатационной колонной осуществлены 06.04.86 г., трубы 168 × 10Д. Внутреннее давление в начале эксплуатации 15,5 МПа. Требуется

определить состояние колонны через 2 года, когда внутреннее давление составляет 10,5 МПа. Исходные данные:

$P_b = 10,5$ МПа, $P_k = 30$ МПа, $\rho_a = 1250$ кг/м³, $\rho_m = 2300$ кг/м³, $H = 2145$ м, $t_{ск} = 141$ сут, $t_r = 870$ сут.

Производят вычисления в порядке аналогично примеру 1.

$$\begin{aligned} R(t_{ск}) &= 0,137 \exp(-0,168 \cdot 141) + \\ &+ 0,863 \exp(-0,0029 \cdot 141) = 0,5734; \\ R(t_r) &= 0,137 \exp(-0,168 \cdot 870) + \\ &+ 0,863 \exp(-0,0029 \cdot 870) = 0,0692; \\ \Delta R &= 0,5042; \end{aligned}$$

$$P_{см} = 38,9 \text{ МПа;}$$

$P_{см} < P_k + P_b$, так как $38,98 < 30 + 10,5$

Определяют при каком P_k следует осуществить спуск пакерного устройства

$$0,5402 < \frac{P_b}{22,52} + \frac{30}{22,52} - \frac{26,81}{22,52} \cdot P_b < 9,0 \text{ МПа}$$

По прогнозируемому темпу падения пластового давления в районе скважины 387 определяют, что давление в колонне на глубине 2145 м понизится до величины 9 МПа в декабре 1988 г. Поэтому в ноябре 1988 г. уточняют расчетные данные и осуществляют спуск пакерного устройства.

В процессе бурения скважины требуется осуществлять крепление интервала текучих солевых пород имеющимися в наличии обсадными трубами, например 168 × 9Д (вместо 168 × 12Д, исходя из горного давления) и предупредить деформацию колонны в процессе эксплуатации.

С этой целью вскрытие текучих пород осуществляют на буровом растворе минимально возможной плотности, а время между вскрытием текучих пород и их креплением удлиняют до максимально возможного по технологическим и экономическим соображениям. Описанным выше способом определяют степень релаксации напряжений и внешнее сминающее давление в интервале текучих пород на любой момент времени. Полученное значение внешнего сминающего давления сравнивают с суммарной величиной критического сминающего давления предполагаемых к установке обсадных труб, и ожидаемого внутреннего давления в процессе эксплуатации в этом интервале.

Если $P_{см} > P_k + P_b$, то определяют предельное внутреннее давление, которое нужно создавать в колонне, чтобы предупредить деформацию обсадных труб из соотношения:

$\Delta R < \frac{P_b}{\Delta P_b} + \frac{P_k}{\Delta P_b} - \frac{P_r}{\Delta P_b}$. Определяют минимальную плотность надпакерной жидкости из соотношения

$$\rho_a \geq \frac{10^6 \cdot (P_b + \Delta P_b \cdot \Delta R) - P_k}{gH}$$

Осуществляют спуск и крепление интервала текучих пород имеющимися в наличии обсадными трубами, а по мере снижения пла-

тового давления до предельной величины P_a спускают пакерную установку и заполняют межтрубное пространство жидкостью расчетной плотности.

Пример 3. Для крепления интервала текучих солевых пород с 2100 до 2200 м имеют обсадные трубы диаметром 168 мм с толщиной стенки 9 мм группы прочности Д, для которых $P_k = 25,1$ МПа. Осуществляют вскрытие интервала текучих пород на буровом растворе минимально возможной плотности $\rho_s = 1260$ кг/м³. Время с момента вскрытия до спуска и цементирования эксплуатационной обсадной колонны, перекрывающей интервал текучих пород, выдерживают максимально возможным (по технологическим и экономическим условиям) для уменьшения напряжений на стенках ствола в интервале текучих пород. Например, после окончания углубления ствола, длившегося в течение 150 сут с момента вскрытия текучих пород, перед спуском эксплуатационной колонны осуществляют его пробуровку, калибровку в течение 15 сут. Таким образом, общая продолжительность t_{ck} составляет 165 сут.

Определяют степень релаксации напряжений в солевых породах

$$R(t_{ck}) = 0,137 \exp(-0,168 \cdot 165) - 10,863 \exp(-0,0029 \cdot 165) = 0,535$$

Определяют максимальное внешнее давление смятия в интервале текучих пород после полной релаксации напряжений, т. е. когда $R(t_r) = 0$, $\Delta R = 0,535 - 0 = 0,535$.

$$P_{*k} = 39,16 \text{ МПа}$$

Сравнивают полученное значение с суммой $P_k + P_a$

$$39,16 < 25,1 + P_a$$

$$P_a > 14,06 \text{ МПа}$$

Таким образом, если в начале эксплуатации скважины внутреннее давление в колонне на глубине 2200 м более 14,06 МПа, то можно первоначально эксплуатировать скважину без пакерного устройства. По данным прогноза темпа падения пластового давления определяют время, когда внутреннее давление снизится до 14,06 МПа, например, через 5 лет, уточняют величину внешнего давления смятия на этот период ($t_r = 990$ сут).

$$R(t_r) = 0,137 \exp(-0,168 \cdot 990) + 0,863 \exp(-0,0029 \cdot 990) = 0,003;$$

$$\Delta R = 0,532;$$

$$P_{*k} = 39,99 \text{ МПа}.$$

Т. е. через 5 лет внешнее давление будет близко к максимальному, поэтому спускают пакерную установку и заполняют межтруб-

ное пространство жидкостью, плотность которой должна быть не ниже $\rho_a \geq 648,7$ кг/м³.

Формула изобретения

1 Способ предупреждения деформаций обсадных колонн в соленосных отложениях эксплуатирующихся скважин, включающий прогнозную оценку устойчивости обсадных колонн от внешних нагрузок при текущих давлениях эксплуатации и создание противодействия критическим внешним нагрузкам, обусловленных релаксацией солей, отличающийся тем, что, с целью повышения эффективности предупредительных мер за счет повышения достоверности прогнозных оценок и предотвращения нарушений режима эксплуатации скважин, противодействие критическим внешним нагрузкам создают с момента выполнения условия

$$R(t_{ck}) - R(t_r) \leq \frac{P_a}{\Delta P_s} + \frac{P_k}{\Delta P_s} - \frac{P_k}{\Delta P_s},$$

где $R(t_{ck})$ — степень релаксации солей на момент спуска и крепления обсадной колонны, отсчитываемой от времени вскрытия солей;

$R(t_r)$ — степень релаксации солей на момент определения прогнозной оценки, отсчитываемой от времени вскрытия солей;

P_a — внутреннее давление в колонне, создаваемое пластовым флюидом при эксплуатации, МПа;

ΔP_s — величина релаксации напряжений в солях, равная разности геостатического давления (P_g) горных пород и гидростатического давления (P_f) столба бурового раствора в процессе вскрытия солей на глубине Н, МПа,

P_k — величина критического сминающего давления обсадной колонны, МПа,

а обеспечивают это противодействие за счет избыточного давления между обсадной и насосно-компрессорной колоннами.

2 Способ по п. 1, отличающийся тем, что избыточное давление между обсадной и насосно-компрессорной колоннами создают за счет гидростатического давления столба жидкости, плотность которой (ρ_a) определяют из выражения

$$\rho_a = \frac{10^6 [P_s + \Delta P_s (R(t_{ck}) - R(t_r))] - P_k}{gH},$$

где g — ускорение свободного падения, м/с².