

УДК 622.241.54

В.А. Шаламанов, П.М. Будников, Н. И. Дородных

МЕТОДЫ РАСЧЕТА ОБСАДНЫХ ТРУБ СКВАЖИН БОЛЬШОГО ДИАМЕТРА

На крепление скважин приходится значительная доля затрат за счет стоимости обсадных труб, цемента и оборудования. Стоимость крепи составляет до 70 % общей стоимости сооружения скважины [1].

В зависимости от геологических условий в России для крепления скважин большого диаметра применяют металлическую, сталебетонную и железобетонную крепи. В литературе хорошо освещены установки, применяемые для бурения скважин большого диаметра, технические средства, процессы бурения и крепления, но лишь немногие работы посвящены совершенствованию методик расчета крепи и экспериментальным исследованиям.

Применение более рациональных конструкций крепи обеспечивает безаварийную проходку скважин, надежную их эксплуатацию и снижение металлоемкости обсадных труб, в первую очередь, за счет технически обоснованной толщины крепи. Надежность крепления зависит от точности определения усилий, действующих на трубу, и правильности методики расчета толщины стенки.

Так, для круглого кольца единичной ширины критическое давление при расчете устойчивости определяют обычно по формуле Леви [1]:

$$P_{kp} = 2E\kappa^3, \quad (1)$$

где $\kappa = \delta/\mathcal{D}$; δ – толщина стенки кольца (трубы), мм; \mathcal{D} – диаметр кольца, мм; E – модуль упругости материала, МПа.

Для расчета обсадных труб в формулу вводится поправка на цилиндрическую жесткость:

$$P_{kp} = \frac{2E\kappa^3}{(1-\mu^2)}, \quad (2)$$

где μ – коэффициент Пуассона.

Эта формула, известная под

именем Брайяна, применяется для расчета тонкостенных труб, к которым относятся и трубы для крепления скважин большого диаметра, но учитывает не все механические свойства металла труб и их овальность.

Ориентировочные значения критического давления для толстостенных труб определяют по формуле Ламе [1]:

$$P_{kp} = 2\kappa\sigma_T(1-\kappa), \quad (3)$$

где σ_T – предел текучести металла труб, МПа.

Границей применения формул (2) и (3) служит значение

$$\kappa_{ep} = \sqrt{\frac{\sigma_T(1-\mu^2)}{E}}. \quad (4)$$

При $\kappa > \kappa_{ep}$ следует пользоваться формулой Ламе, при $\kappa < \kappa_{ep}$ – формулой Брайяна. Однако, эти формулы в сравнении с фактическим давлением смятия дают завышенные значения P_{kp} на 30 – 40 % для труб диаметром 530 и 630 мм.

Соутсвеллом [2] дана формула для расчета труб на прочность и устойчивость:

$$P_{kp} = \frac{2\kappa\sigma_T}{1 + \frac{\sigma_T}{E\kappa^2}}. \quad (5)$$

На основании экспериментальных данных, Б. В. Булгаков в формулу Соутсвеллова ввел поправочные коэффициенты:

$$P_{kp} = \frac{2\kappa\sigma_T}{1 + \frac{\sigma_T}{E\kappa^2}}.$$

Эта формула пригодна для ограниченного диапазона значений κ . К.Р.Стюартом предложены эмпирические зависимости для расчета сминающего давления [2]

$$P = 6067\kappa - 97 \text{ при } \kappa > 0,023;$$

$$P = 3,514 \times 700\kappa^3 - 97 \text{ при } \kappa < 0,023.$$

Эти формулы не имеют широкого применения, так как они не учитывают овальность труб и

свойства металла.

Эмпирические формулы Г. Томаса имеют более широкое применение, в них содержится механическая характеристика металла – предел упругости

$$P = 2,476\sigma\kappa - 0,05\sigma + 10,16$$

при $\kappa > 0,034 - \frac{24,36}{\sigma}$;

$$P = \frac{2,25(\sigma\kappa)^3}{(0,056\sigma - 40,18)^2}$$

при $\kappa < 0,034 - \frac{24,36}{\sigma}$;

Недостаток эмпирических формул заключается в том, что они не учитывают овальность труб, а в формулах К. Р. Стюарта не учитываются также механические свойства металла.

Теоретическая формула Гросгоф-Брессе применяется для расчета труб с небольшой эллипсностью:

$$P_{kp} = \frac{2\kappa\sigma}{\left(1 + \frac{3e}{2\kappa}\right)}, \quad (6)$$

где

$$e = 2 \frac{a - b}{a + b} \text{ – овальность;}$$

a и b – соответственно большая и меньшая полуоси эллипса.

Равнозначная формула предложена Ф. И. Яковлевым [1]:

$$P_{kp} = \frac{2\kappa\sigma}{\left(1 + \frac{3e}{\kappa}\right)} \quad (7)$$

Практические параметры расчетов критического давления по этим формулам показывают, что они дают завышенные значения для труб большого диаметра в 1,5 – 2 раза.

Формула Майер-Митта аналогична формуле Брайяна [1]:

$$P_{kp} = \frac{2E\kappa^3}{1 - \mu^2} \left(1 - \frac{9e}{2}\right). \quad (8)$$

Множитель в скобках дает незначительное уменьшение

Расчет толщины крепи в зависимости от нагрузки по каждой из формул

Нагрузка действующая на крепь, P_{kp} , МПа	Толщина крепи δ , мм							
	по Леви	по Брайяну	по Ламе	по Соутсвиллу	по Томсу	по Гросгоф-Брессе	по Яковлеву	по Еременко
100	17,7	17,2	6,3	17,9	17,3	10,0	14,0	18,7
200	22,3	21,6	12,5	22,7	22,0	14,3	20,0	23,9
300	25,5	24,7	18,7	26,2	25,3	17,7	24,6	27,7
400	28,1	27,2	25,1	29,0	28,0	20,6	28,6	30,75

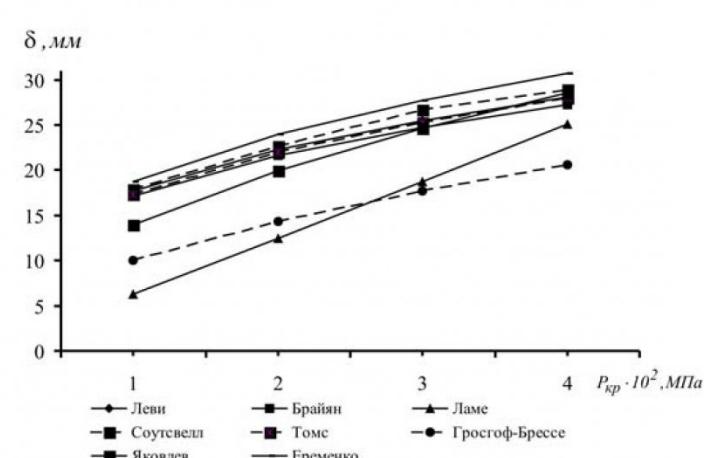
значения P , полученного по формуле Брайяна.

Для определения сминающего давления для труб с овальностью более 0,5 % и толстостенных, теряющих несущую способность в области пластичных деформаций, применяется формула Т. Е. Еременко [3]:

$$P_{kp} = 1,1k \left\{ \begin{array}{l} \left[\sigma_T + Ek^2 \left(0,9 + 0,8 \frac{e}{k} \right) \right] - \\ - \sqrt{\left[\sigma_T + Ek^2 \left(0,9 + 0,8 \frac{e}{k} \right) \right]^2 - 3,6Ek^2\sigma_T} \end{array} \right\} \quad (9)$$

Результаты расчета толщины крепи в зависимости от нагрузки по каждой из этих формул приведены в таблице и на графике (рис.).

Предложенные методики имеют определенную область применения (диаметр скважины до 1,5 м) и ограничиваются отношением толщины стенки крепи к ее диаметру. Выводы, вытекающие из различных теорий горного давления и расчетов обсадных труб, не совпадают, и применение их не дает достоверной величины коэффициента



Графики зависимости толщины крепи от нагрузки по формулам

запаса прочности. Поэтому на практике применяют завышенные коэффициенты запаса прочности, что приводит к неоправданному расходу металла. Обсадные трубы с запасом прочности, близким к 1, в крепких породах противостоят действующим в скважине нагрузкам, а в сложных горногеологических условиях оказываются поврежденными при коэффициентах запаса прочности до 2, что свидетельствует о недостаточно полном учете всех факторов, влияющих на устойчивость обсадных труб [1].

Все это говорит о необхо-

димости разработки методики расчета крепи, которая одновременно учитывает такие факторы как горное и гидростатическое давления, искривление скважины, свойства материала крепи, овальность труб, диаметр скважины и срок ее эксплуатации.

Когда процесс не может быть описан аналитически, в практике проектирования и эксплуатации горных предприятий применяют графические методы расчета, в сочетании с аналитическим аппаратом создающие условия для решения сложных задач [2].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Добровольский Г. Б. Крепление скважин большого диаметра / Г. Б. Добровольский, Д. М. Казикаев, В. П. Петриченко – М.: Недра, 1988. – 238. с.
- Гайворонский А. А. Крепление скважин и разобщение пластов / А. А. Гайворонский, А. А. Цыбин – М.: Недра, 1981. – 271. с.
- Саркисов Г. М. Расчет бурильных и обсадных колонн. – М.: Недра, 1971. – 205. с.

□ Авторы статьи:

Шаламанов

Виктор Александрович
– докт.техн. наук, проф.каф. строительства подземных сооружений и шахт

Будников

Павел Михайлович
– ст. преп.каф. строительства подземных сооружений и шахт

Дородных

Надежда Ивановна
– студентка V курса шахгостроительного факультета