

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОЙ КРЕПИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ

*В.Н. Армейсков, зам. директора по СпХВ
ШИ (Ф) ГОУ ВПО ЮРГТУ (НПИ)*

Представлена методика проектирования монолитной бетонной крепи вертикальных стволов, упрочненной анкерами, основанная на общепринятом методе расчета крепи стволов и результатах математического моделирования.

Рассмотрим основы расчета монолитной бетонной крепи, упрочненной железобетонными анкерами с целью повышения ее несущей способности. Методика разработана в соответствии с общепринятым в механике подземных сооружений методом расчета крепи вертикальных стволов [1] и результатами выполненных ранее исследований [2].

Исходными данными для проектирования являются:

- характеристики вмещающих пород: модуль деформации, E_0 , МПа; начальный коэффициент поперечной деформации, ν_0 ; прочность пород на сжатие, R , МПа;
- глубина ствола, H , м;
- средний объемный вес вышележащей толщи пород, γ , кН/м³;
- принятая толщина крепи ствола, t , м;
- внутренний, r_2 , и наружный, r_1 , радиусы крепи ствола, м;
- характеристики бетона крепи: модуль деформации, E_1 , МПа; начальный коэффициент поперечной деформации, ν_1 ; расчетное сопротивление бетона одноосному сжатию, R_b , МПа;
- отставание постоянной крепи от забоя, $h_{отс}$, м.

Начальное поле напряжений в массиве в поперечном сечении ствола характеризуется постоянством горизонтальных (радиальных) напряжений:

$$\sigma_r^{(0)} = p_0^{(0)} = \lambda \cdot \alpha^* \cdot \gamma \cdot H,$$

где λ – коэффициент бокового распора пород, определяемый из выражения

$$\lambda = \frac{\nu_0}{1 - \nu_0};$$

α^* – корректирующий коэффициент, учитывающий отставание возведения крепи от обнажения пород и физическую нелинейность деформаций массива до возведения крепи. Определяется из соотношения

$$\alpha^* = \max \left\{ \exp \left(-1,3 \frac{h_{omc}}{r_1} \right); \left(1 - \frac{R_c}{2\lambda \cdot \gamma \cdot H} \right); 0,15 \right\},$$

где R_c – расчетное сопротивление неупрочненных пород сжатию,

$$R_c = R \cdot k_c \cdot k_{\partial n},$$

здесь k_c – коэффициент структурного ослабления, учитывающий дополнительную нарушенность массива пород поверхностями без сцепления или с малой связностью (зеркала скольжения, трещины, глинистые прослои и т.п.);

$k_{\partial n}$ – коэффициент длительной прочности, учитывающий снижение прочности пород за счет длительного нагружения.

Эквивалентные напряжения, приложенные на бесконечности, определяются по формуле

$$P_{eq} = p_0^{(0)} \frac{2}{\chi_0 + 1},$$

где χ_0 – коэффициент вида напряженного состояния, при плоской деформации $\chi_0 = 3 - 4\nu_0$.

Коэффициент передачи напряжений через внешний бесконечный слой до установки анкеров находится из выражения

$$K_0 = \frac{\chi_0 + 1}{2 + \frac{G_0}{G_1} \cdot \frac{c_1^2(\chi_1 - 1) + 2}{c_1^2 - 1}},$$

где G_0 – модуль сдвига пород вмещающего массива, МПа;

G_1 – модуль сдвига бетона крепи, МПа;

$\chi_1 = 3 - 4\nu_1$;

c_1 – коэффициент, характеризующий толщину монолитной бетонной крепи,

$$c_1 = \frac{r_1}{r_2}.$$

Напряжения на контакте крепи с массивом (нагрузки на крепь)

$$p_{0(1)} = K_0 \cdot P_{eq}.$$

Нормальные тангенциальные напряжения соответственно на внутреннем и внешнем контурах сечения крепи:

$$\sigma_{in} = p_{0(1)} \cdot m_1;$$

$$\sigma_{ex} = p_{0(1)} \cdot m_1^* ,$$

где m_1 и m_1^* – коэффициенты, определяемые из выражений

$$m_1 = \frac{2c^2}{c^2 - 1}; \quad m_1^* = \frac{c^2 + 1}{c^2 - 1}.$$

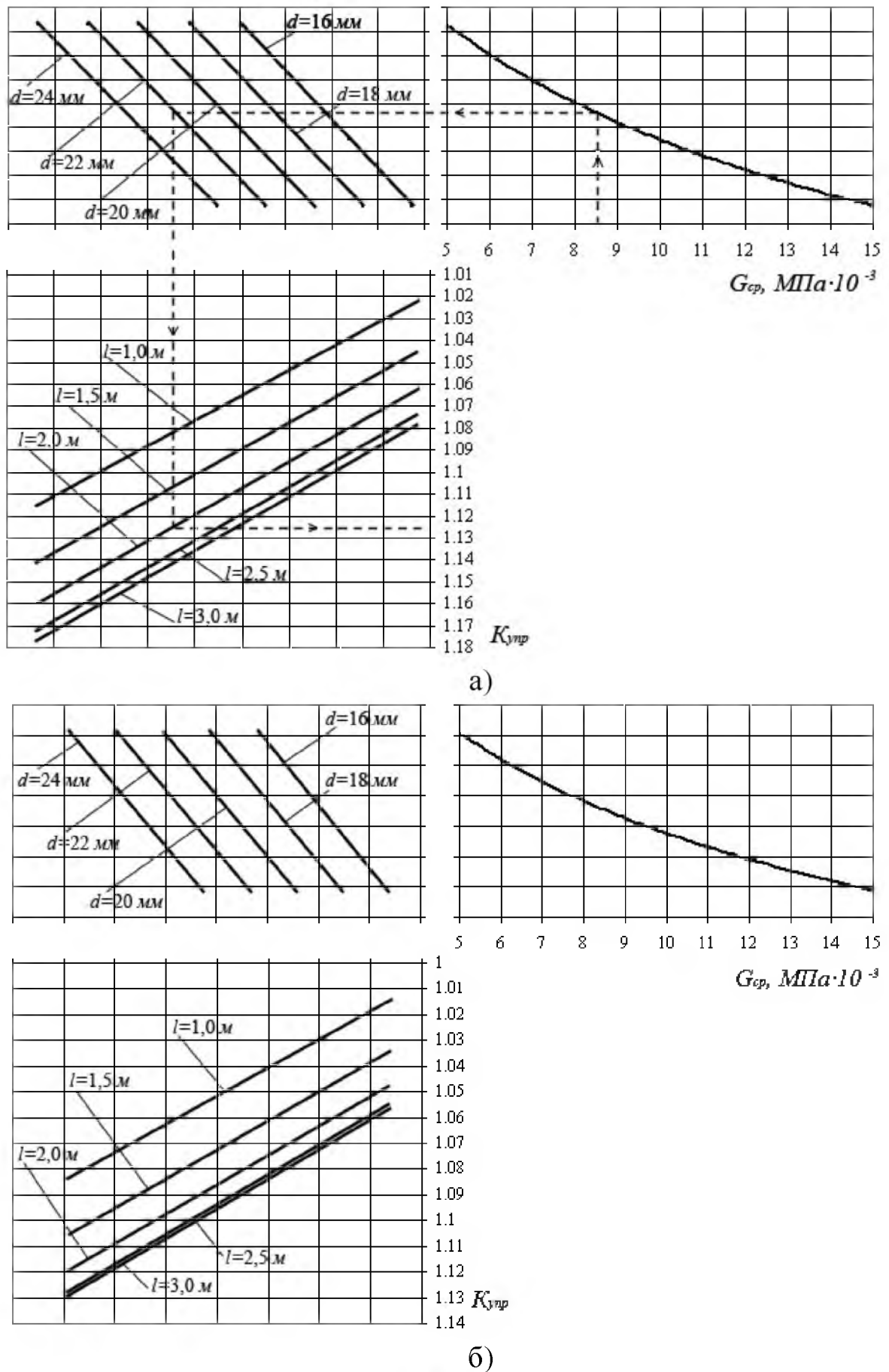


Рис. 1. Значения коэффициента $K_{упр}$ при плотности установки анкеров:
а) $P = 2$ анк/м²; б) $P = 1$ анк/м²

Средние по сечению нормальные тангенциальные напряжения

$$\sigma_m = 0,5(\sigma_{in} + \sigma_{ex}).$$

Условие прочности монолитной бетонной крепи после анкерного упрочнения

$$\sigma_m \leq R_b \cdot K_{ynp},$$

где K_{ynp} – коэффициент упрочнения бетонной крепи, определяемый по номограммам (рис. 1) в зависимости от длины l , диаметра d , плотности установки P анкера, а также параметра G_{cp} .

$$G_{cp} = \frac{G_0(I-t) + G_1 \cdot t}{l}.$$

Разработанная методика позволяет выполнять оценку прочности монолитной бетонной крепи, упрочненной железобетонными анкерами. Данная конструкция может рассматриваться в качестве одного из вариантов по повышению несущей способности обычной крепи. Окончательный выбор осуществляется на основе технико-экономического сравнения с монолитной железобетонной крепью.

Литература

1. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений: учеб. для вузов. – М.: Недра, 1994. – 382 с
2. Плешко М.С., Армейсков В.Н. Исследование различных способов анкерного упрочнения монолитной бетонной крепи вертикальных стволов на численных моделях // Проблемы подземного строительства и направления развития тампонажа и закрепления горных пород: сб. науч. тр. / Донецкий нац. техн. ун-т. - Донецк: «Норд-Пресс», вып. №12, 2006. - С. 206-211.