

**Докторант PhD, Халикова Э.Р.**

*Карагандинский государственный технический университет, Казахстан.*

**Докторант PhD, Жумабекова А.Е.**

*Карагандинский государственный технический университет, Казахстан.*

**Докторант PhD, Батырханова А.Т.**

*Карагандинский государственный технический университет, Казахстан.*

**Магистрант Костельцев Ю. В.**

*Карагандинский государственный технический университет, Казахстан.*

### **Крепление подземной горной выработки с учетом напряженно-деформированного состояния массива.**

Активные анкера с точечным закреплением сразу же после установки несут нагрузку, равную предварительному натяжению стержня. Это обеспечивает целостность окружающих пород и снижает вероятность образования расслоений. Поэтому большое значение для поддержания кровли имеет установка предварительно напряженных анкеров.

Оптимальным вариантом крепления является такой, при котором силовая и деформационная характеристики крепи соответствуют напряжениям и деформациям массива и способствуют совместной работе крепи и породы. При такой конструкции напряжения концентрируются на контакте порода - опорная плита. Поэтому оптимальным будет такой вариант конструкции анкера, который позволял бы достигать с одной стороны высоких нагрузок на анкер, с другой – имел бы достаточную податливость для предотвращения разрушения крепи и контактирующей породы. Этого можно достичь введением в конструкцию жёсткого анкера податливых элементов.

Узел податливости может быть выполнен в виде податливого деформируемого материала. Наиболее простым решением является податливый элемент, предложенный нами, который выполнен в виде втулки (рисунок 2).

При смещении горных пород давление через опорную плиту 2, шайбу 3, подвижную разрушаемую втулку 4 и натяжную гайку 6 передается анкерному стержню 1, закрепленному в шпуре (рисунок 3). При превышении нагрузки на анкер прочности материала втулки она сминается, за счет чего обеспечивается податливость анкера.

В зависимости от конструкции втулки, возможны два варианта характеристики анкерной крепи (рисунок 1): плавное нарастание сопротивления и ступенчатое.

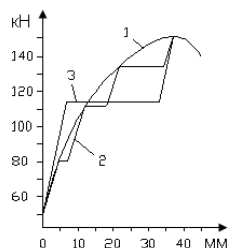


Рисунок 1 – Характеристика податливого анкера

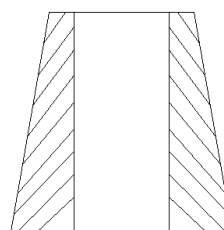
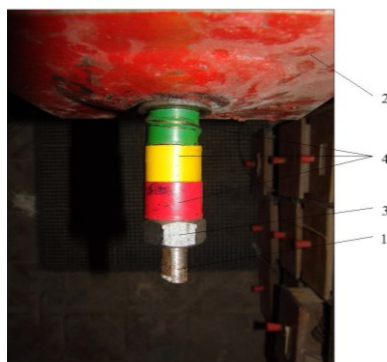


Рисунок 2 – Втулка нарастающего сопротивления

Для создания такого анкера необходима разработка конструкции узла податливости анкера.

Если выполнить втулку в виде усеченного конуса (рисунок 2) с плавным увеличением толщины стенки, анкерная крепь будет иметь характеристику плавно нарастающего сопротивления, соответствующую линии 1. Однако такая конструкция сильно увеличивает стоимость крепи, поскольку требуется изготовление специальной втулки.

Можно выполнить податливый элемент в виде нескольких втулок с различной толщиной стенок (рисунок 3), тогда характеристика анкерной крепи будет соответствовать линии 2 рисунка 1, а нарастание сопротивления анкера будет ступенчатым (количество ступеней равно количеству установленных втулок). Такое выполнение узла податливости сильно усложняет его конструкцию, требует обеспечения соосности втулок или дополнительных шайб.



1-стержень из арматурной стали; 2-опорная плита с центральным отверстием; 3-гайка; 4-разрушаемая втулка, одетая на конец стержня 1.

Рисунок 3 – Податливый анкер для крепления горной выработки

Поэтому наиболее простым и оптимальным будет вариант выполнения узла податливости в виде одной втулки (рисунок 1), которому соответствует характеристика анкерной крепи, показанная линией 3. В этом случае втулка может быть изготовлена из стандартной трубы с необходимой толщиной стенки.

Податливая втулка должна сминаться при нагрузке на анкер, меньшей разрывного усилия на анкерный стержень. С другой стороны, втулка должна выдерживать достаточно высокую нагрузку, чтобы не допустить больших деформаций и расслоений пород. Разрывное усилие по резьбе анкерного стержня из стали класса А-II диаметром 20 мм составляет 11,5 кН, а диаметром 22 мм 14,3 кН. Усилие смятия втулки должно быть не выше 70-90 % от разрывного усилия, что составляет примерно 100 кН для данных анкерных стержней. Это является верхним пределом. Нижний предел определяется усилием предварительного натяжения анкера. Рекомендуемое рядом исследователей начальное натяжение анкеров колеблется от 20 до 70 кН. Большинство специалистов считает, что натяжение анкеров 30 – 40 кН обеспечивает нормальное состояние закрепленных пород кровли при слоистом ее строении.

Величину необходимого начального натяжения анкеров можно определить из выражения

$$P_H = k \gamma_{cp} S_a l_a,$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий влияние горного давления: для выработок, испытывающих небольшое горное давление  $k = 0,6 \div 0,8$ ; для выработок, подвергающихся воздействию повышенного горного давления  $k = 1,0 - 1,2$ ;

$\gamma_{cp}$  – средний объемный вес скрепляемых пород, тс/м<sup>3</sup>;

$S_a$  – площадь кровли, приходящаяся на один анкер, м<sup>2</sup>;

$l_a$  – глубина анкерования, м.

При параметрах анкерной крепи, принятых на жильных месторождениях, расчетная величина начального натяжения анкеров для выработок, испытывающих небольшое горное давление, может быть принята равной 30-40 кН, а для выработок, испытывающих большое горное давление, 50-60 кН.

Таким образом, область возможного регулирования нагрузки на анкер с помощью узла податливости составляет 50-100 кН, то есть до величины разрывного усилия анкерного стержня.

Внутренний диаметр податливой втулки определяется диаметром анкерного стержня. Если диаметр принятого анкерного стержня составляет 22 мм, то внутренний диаметр втулки должен быть не менее 25 мм, чтобы втулка свободно надевалась на конец анкера.

Величина наружного диаметра втулки не имеет прямого ограничения, но в целях экономии материала не должна превышать контуров натяжной гайки, то есть быть не более 32 мм, в противном случае необходимо устанавливать соответствующего размера шайбу между гайкой и податливой втулкой.

Материал втулки также выбирается исходя из экономической целесообразности. Поскольку трубки из цветных металлов имеют большую стоимость и низкие прочностные характеристики и для выхода на необходимые нагрузки (100 кН) должны быть толстостенными, целесообразней использовать стальные втулки.

Длина втулки выбирается, исходя из ожидаемых смещений кровли. Согласно «Временной инструкции ...» при смещениях кровли  $U_a > 100$  мм во всех

условиях анкерная крепь должна быть податливой. Конструктивную податливость анкерной крепи  $\Delta_a$  следует принимать в соответствии с таблицей 1.

Таблица 1 – Конструктивная податливость анкерной крепи

Тип анкеров	Податливость анкерной крепи $\Delta_a$ , мм при смещении (U) кровли (боков) выработки, мм		
	100-200	201-300	301-500
Для замковых анкеров	70	120	180
Для анкеров, закрепляемых по всей длине шпура	50	70	100

При проведении выработок по ударо – и выбросоопасным пластам анкерная крепь должна иметь конструктивную податливость  $\Delta_a=50$  мм при смещениях кровли  $U_a=100$  мм.