

**ЗАКОНОМЕРНОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОЙ МОЩНОСТИ ПЛАСТА ОТ ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ ФАКТОРОВ**

Виконано аналіз впливу різноманітних технологічних показників і виявлено закономірності зміни ефективної потужності пласта в залежності від визначальних факторів. Запропоновано нову удосконалену формулу для визначання ефективної потужності пласта з врахуванням визначальних факторів.

**LAWS OF CHANGE OF EFFECTIVE POWER OF A LAYER FROM THE DETERMINING FACTORS**

The analysis of influence of various technological parameters is carried out and laws of change of an effective power of a layer depending on the determining factors are certain(determined). The new advanced formula for definition(determination) of an effective power of a layer in view of the determining factors is offered.

Величина усадки закладочной опорной полосы является одним из слагаемых, определяющим, так называемую, эффективную мощность пласта ( $m_{эф}$ ), которая характеризует суммарное сближение боковых пород под действием сил горного давления. Из литературных источников известны различные методические подходы определения  $m_{эф}$ . Воспользуемся методом расчета, предложенным авторами работы [1].

Для пологих пластов угольных месторождений, эффективная мощность угольного пласта определяется из выражения

$$m_{эф} = (h_k + h'_н)(1 - \varepsilon) + m\varepsilon, \quad (1)$$

где  $h_k$  – величина сближения кровли с почвой (конвергенция) до возведения закладочного массива. При отставании его от забоя на 8 – 20 м, для  $h_k$  рекомендуется значение, равное 0,15 м;  $m$  – вынимаемая мощность пласта, м;  $h'_н$  – неполнота заложения (среднее расстояние от верха закладочного массива до кровли пласта: при выемке пластов с пневматической закладкой с использованием кусковых закладочных материалов и торцовом выпуске их  $h'_н = 0,01$  м);  $\varepsilon$  - относительная величина усадки закладочного массива ( $\varepsilon_{отн}$ ).

Используя вычисленные значения  $\varepsilon_{отн}$  для условий опытно-экспериментального участка на шахте им. А.Ф. Засядько (рис. 1) и зависимость (1), рассчитаны значения  $m_{эф}$  для средней вынимаемой мощности пласта  $m = 1,65$  м. Результаты расчета приведены на рис. 2. Они свидетельствуют о существенной роли величины относительной плотности закладочного массива на суммарное сближение боковых пород.

Таким образом, задаваясь нормированной величиной суммарного сближения боковых пород, требуемой для надежной охраны и поддержания подготовительных выработок в рабочем состоянии, в т.ч. и для возможности их по-

вторного использования, можно определять требования к необходимой плотности закладочного массива и, соответственно выбирать рациональный способ возведения опорных породных полос и определять их технологические параметры.

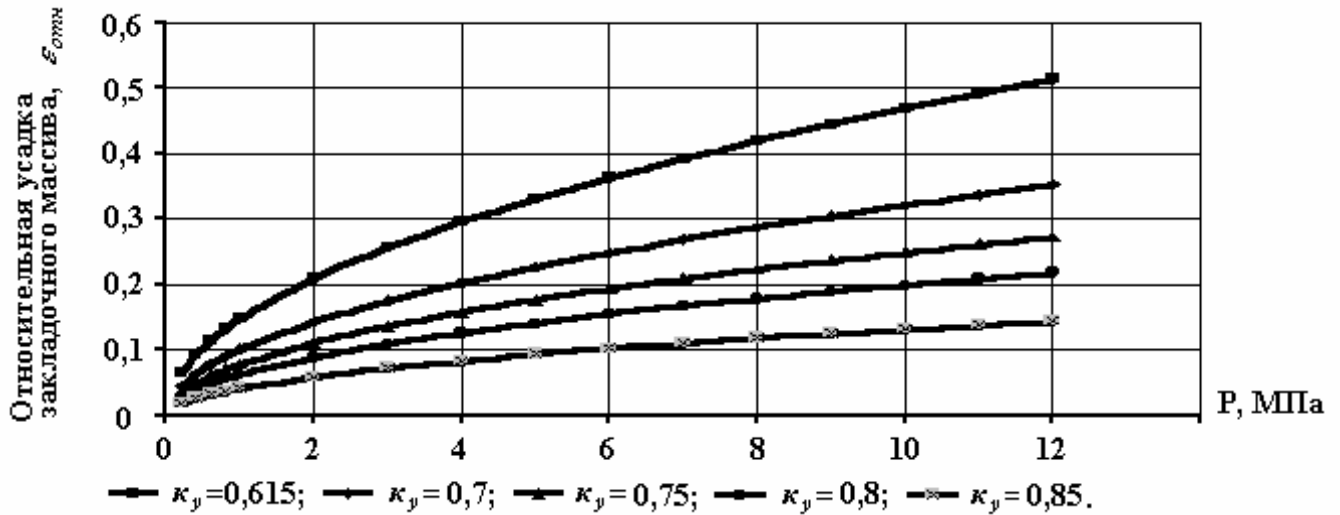


Рис. 1 – Влияние относительной плотности закладочного массива ( $\kappa_y$ ) на величину усадки для пород прочностью  $\sigma_{сж} = 48$  МПа

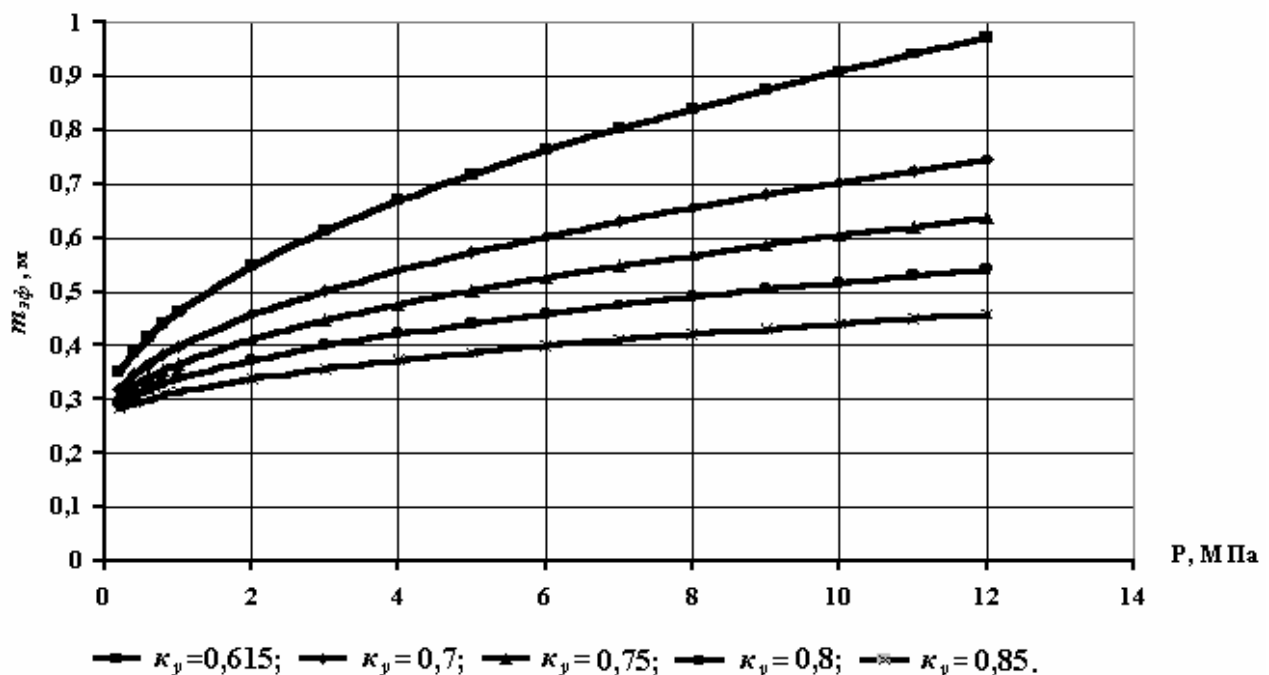


Рис. 2 – Зависимость эффективной мощности пласта от величины нагрузки на опорную полосу и относительной плотности пласта.

Величина нормированного (задаваемого) опускания кровли выемочного штрека определяется исходя из того, что основной целью использования охранных конструкций является обеспечение условий работы крепи штрека в ра-

бочем диапазоне их штатной податливости.

Для поддержания подготовительных выработок, обслуживающих выемочный участок, как правило, применяется податливая крепь из специального профиля типа СП с криволинейной формой поперечного сечения выработки. Податливость крепи ( $\Pi$ ) обеспечивается за счет проскальзывания звеньев крепи относительно друг друга. При условии, когда равнодействующая нагрузка со стороны пород кровли совпадает с направлением реализации податливости, последняя, для арочных крепей из спецпрофиля находится в пределах 0,3 – 0,5 м для трехзвенной и пятизвенной крепей. При негоризонтальном залегании пластов и расположении выработки по простиранию, податливость зависит от угла залегания ( $\alpha$ , град). С достаточной для инженерных целей точностью изменение податливости крепи от  $\alpha$  можно описать выражением:

$$\Pi = \Pi \left( 1 - \frac{\alpha}{90} \right).$$

При отсутствии взаимоувязки между величинами опусканий пород на контуре выработки (конвергенции) и податливости применяемой крепи, последняя, при превышении величины опусканий над податливостью, будет деформироваться с потерей несущей способности.

Очевидно, что 3-х звенная крепь в заданных условиях будет работать только при незначительных нагрузках (при  $\kappa_y = 0,85$ ). Использование для охраны штрека породных опорных полос с  $\kappa_y = 0,7$  обеспечит работу 5<sup>ти</sup> звенной крепи при нагрузках со стороны пород надугольной толщи не более 3,0 МПа, а при использовании полос с  $\kappa_y = 0,85$  крепь будет работать во всем исследованном диапазоне нагрузок.

Следует отметить, что при расчетах деформационных характеристик закладочных массивов и эффективной мощности пласта, величина нагрузки на охранное сооружение задавалось в виде дискретного ряда ее значений, перекрывающих практически значимый диапазон. Таким образом, зависимости, приведенные на рис. 1, 2, 3 следует рассматривать как определенный вид номограммы, где все независимые факторы ( $\sigma_{сж}$ ,  $P$ ,  $\kappa_y$ ) варьируются в некотором диапазоне. Это было сделано для того, чтобы отследить закономерности изучаемого процесса для более широкого спектра условий.

Необходимо учитывать, что результаты расчета, приведенные на рис. 2 по зависимости (1) не учитывают влияние очистных работ на величину  $h_k$  (в (1) она принята постоянной по рекомендации авторов [1]).

Для решения задачи определения рациональных технологических параметров породных опорных полос для конкретных геологических и горнотехнических условий участка работ необходимо установить действующую в этом случае нагрузку на опорную полосу со стороны пород надугольной толщи, которые подработаны очистной выемкой и свободно опускаются над выемочным штреком. При этом, необходимо учитывать скорость подвигания забоя лавы, расстояние от забоя до места возведения охранного сооружения, время поддер-

жания выработки с момента возведения крепи. Учет этих факторов позволит установить их влияние не только на величину нагрузки на охранное сооружение, но и на величину  $h_k$  в зависимости (1). Решение этой задачи возможно на основе использования методики расчета рациональных технологических параметров отработки угольных пластов, приведенной в [2], которая позволяет учесть влияние указанных факторов на особенности сдвижения слоистого горного массива.

Установив величину нормальных нагрузок, действующих на опорную полосу с учетом вышеуказанных факторов, скорректировав величину  $h_k$  и определив соответствующую величину усадки закладочного массива на основании рис.1, 2, 3 можно определить рациональные технологические и геометрические параметры опорной породной полосы, обеспечивающие требуемую величину опусканий пород кровли, при которой штрек можно сохранить с минимизацией затрат на его ремонт и перекрепление.

Использование зависимости (1) позволило установить качественные закономерности формирования эффективной мощности пласта ( $m_{эф}$ ) в зависимости от определяющих ее факторов входящих в структуру (1). Полученные результаты позволили также, в первом приближении, оценить возможные области использования конкретных типоразмеров арочной крепи.

«Первое приближение» результатов обуславливается тем, что зависимость (1) не учитывает влияние на величину  $m_{эф}$  технологических параметров очистных работ, т.е. она справедлива только для подготовительных выработок находящихся вне зоны влияния очистных работ – так называемых «полевых выработок». В то же время известно [3, 4], что одними из основных технологических параметров отработки пологих пластов, которые в существенной мере влияют на величину нагрузки на охранные конструкции со стороны подработанных пород надугольной толщи, являются скорость подвигания забоя лавы, расстояние от забоя до места возведения охранного сооружения, время поддержания выработки с момента возведения крепи.

Необходимо отметить, что величина общего опускания пород кровли штрека ( $Y_{общ}$ ) под действием сил горного давления и технологических параметров ведения горных работ определяется двумя слагаемыми: величиной опускания у границы призабойного пространства на расстоянии от забоя на котором возводится опорная полоса ( $Y_{заб}$ ) и величиной усадки опорной полосы под действием нагрузки после ее возведения ( $Y_{\epsilon}$ ):  $Y_{общ} = Y_{заб} + Y_{\epsilon}$ .

Очевидно, что физическая сущность показателей  $Y_{заб}$  и  $m_{эф}$  одинаковая, как и их слагаемых, которые отражают двустадийность процесса конвергенции боковых пород, сформулированную в [3]. Поэтому, в дальнейшем будем оперировать введенными нами обозначениями  $Y_{общ}$  (вместо  $m_{эф}$ ),  $Y_{заб}$  и  $Y_{\epsilon}$  для определения ее составляющих.

Анализ зависимости (1) с позиции адекватности ее условиям технологии ведения закладочных работ показывает, что кроме того, что она не позволяет учесть влияние скорости подвигания очистного забоя, значение 0,15  $m$  принято для расстояния от него 8 – 20 м. Это расстояние является завышенным для лю-

бого способа закладки, тем более для закладки с использованием вибропневмо-закладочных машин, использование которых позволяет выкладывать опорные полосы сразу за задними стойками крепи выемочного комплекса. Поэтому величина расстояния от границы очистных работ до места выкладки опорной полосы составляет 4 – 5 м. Поэтому и величина опускания пород до начала возведения опорной полосы ( $Y_{заб}$ ) должна иметь другую величину, чем рекомендованная в зависимости (1). Кроме этого, понятие «неполнота заложения» не характерна для вибропневмозакладки, которая позволяет осуществлять размещение горной массы в заданном объеме опорной полосы плотно и равномерно.

Далее, величина второго слагаемого в (1), определяющего величину усадки опорной полосы под действием сил горного давления определена методически неверно. Ее необходимо определять не относительно вынимаемой мощности пласта  $m$ , а с учетом потери ее до начала выкладки опорной полосы, т.е. это слагаемое должно быть определено как  $(m - Y_{заб}) \varepsilon$ .

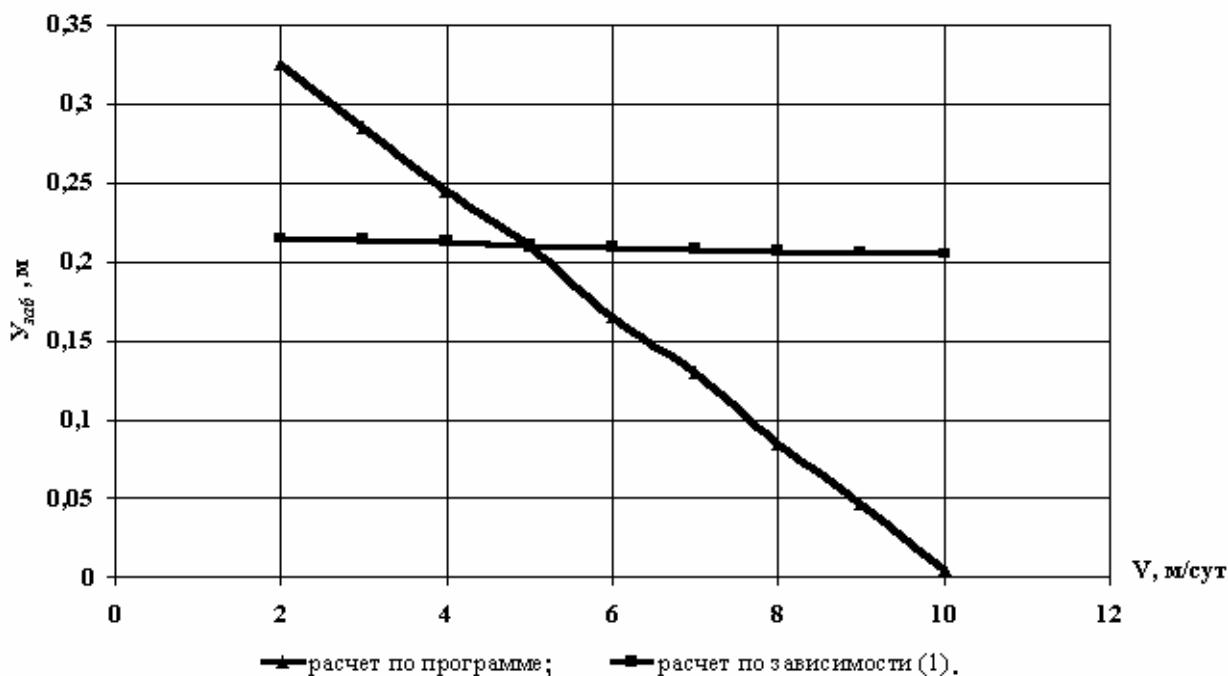


Рис. 3 – Влияние скорости суточного подвигания забоя ( $V$ ) на величину опускания пород у границы призабойного пространства ( $Y_{заб}$ ).

Указанные обстоятельства однозначно указывают на необходимость корректировки зависимости (1) для возможности использования ее при расчете технологических параметров опорных полос.

Для этого по программе расчета технологических параметров ведения горных работ [2, 4] были рассчитаны действующие нагрузки и определены величины опусканий кровли выработки на расстоянии от очистного забоя до места возведения опорной полосы в зависимости от скорости подвигания очистного забоя с учетом определяющих этот процесс факторов (геологических, горно-технических, производственных и временных). Результаты расчета приведены

на рис. 4. Они свидетельствуют о существенной роли скорости суточного подвигания очистного забоя на величину  $Y_{заб}$ .

Кроме этого, результаты расчета определяют долю величины опускания кровли, в пределах которой допускается компрессионная усадка опорной полосы до заданных податливостью используемой крепи значений 300 или 500 мм:

$$\delta Y_{\varepsilon} = (300 \text{ мм} - 500 \text{ мм}) - Y_{заб}$$

Эти данные приведены на рис. 5. Они позволяют уже на этой стадии расчетов предварительно оценить возможности использования трех и пятизвенных крепей. Если, в соответствии с данными, приведенными на рис. 2 принять средневзвешенную величину усадки самых плотных опор полос ( $\kappa_y = 0,8 - 0,85$ ) равной 200 мм, то трехзвенная крепь сможет работать в пределах податливости только при скорости суточного подвигания очистного забоя более 8 м/сут. Она сможет работать и при  $V = 4 - 7$  м/сут, однако для этого потребуется, очевидно, использовать опорные полосы большой ширины, (более 100 метров), которая переведет закладочные работы из категории опорных полос в категорию если не полной, то частичной закладки. Исходя из аналогичной постановки вопроса, пятизвенная крепь сможет работать в пределах своей податливости при  $V \geq 3$  м/сут.

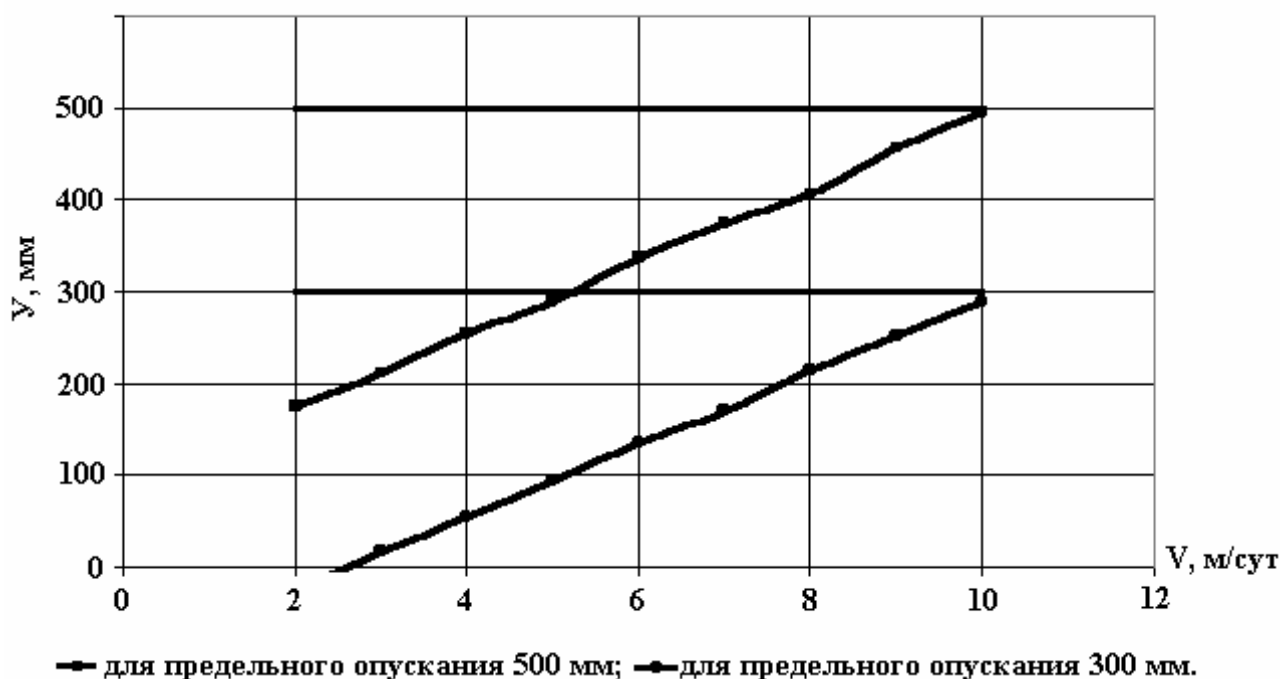


Рис. 4 – Допустимые пределы усадки опорной полосы в зависимости от скорости суточного подвигания очистного забоя.

В результате обработки результатов расчета, приведенных на рис. 4 и учитывая замечание относительно второго слагаемого в (1) получена зависимость для расчета  $Y_{общ}$  ( $m_{эф}$ ) и его слагаемых:

$$Y_{общ} = (0,245 - 0,0243 V)m + m_{np} \varepsilon_{отн}, \quad (2)$$

где  $m_{np} = m - (0,245 - 0,0243 V)m$ ,  $\varepsilon_{отн} = \frac{1 - \kappa_y}{0,61 \cdot \kappa_y} \sqrt{\frac{P}{\sigma_{сж}}}$ .

Для определения величины опускания кровли под нагрузкой со стороны пород надугольной толщи при использовании опорных пород, выкладываемых из пород различной прочности, были выполнены расчеты, по зависимости (2), результаты которых приведены на рис. 6 и 7. Они показывают, что при прочности пород  $\sigma_{сж} = 25$  МПа, и опорных полосах с  $\kappa_y = 0,85$ ,  $Y_{общ}$  находится в пределах до 500 мм для принятых диапазонов V и P. При опорных полосах с  $\kappa_y = 0,7$  -  $Y_{общ}$  не превышает 500 мм только при величине нагрузки порядка 2,0 МПа и при  $V \geq 5$  м/сут. При  $V \geq 6$  м/сут,  $Y_{общ}$  при опорных полосах с  $\kappa_y = 0,85$  находится в пределах до 300 мм. В этом случае можно говорить о возможности использования трехзвенной арочной крепи.

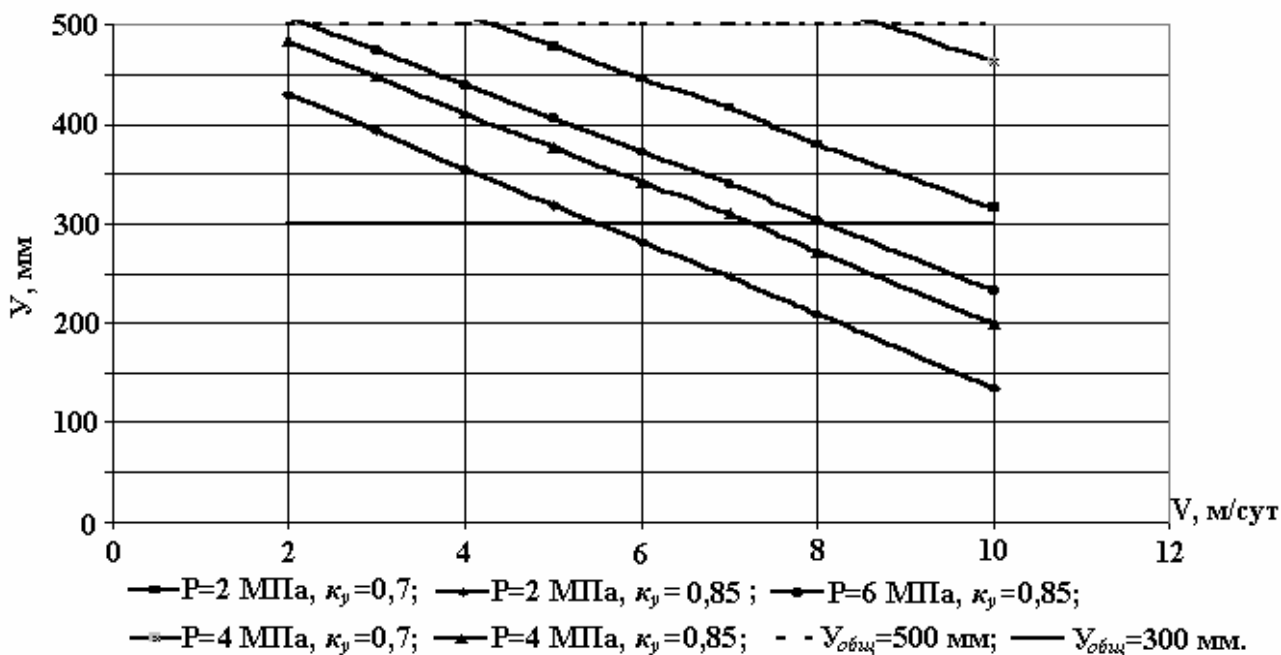


Рис. 5 – Зависимость величины общего опускания кровли от скорости суточного подвигания очистного забоя (V), плотности опорной полосы ( $\kappa_y$ ) из породы прочностью  $\sigma_{сж} = 25$  МПа и нагрузки на нее (P).

При использовании для закладки более прочной породы ( $\sigma_{сж} = 70$  МПа) расчетные величины  $Y_{общ}$  смещены в сторону более низких значений, особенно в области высоких скоростей суточного подвигания очистного забоя и плотности опорных полос  $\kappa_y = 0,7$ . Это позволяет сделать предположение о возможности расширения области использования трехзвенной крепи при  $V \geq 5$  м/сут. Однако, следует иметь в виду, что окончательное решение о рекомендации типоразмера крепи в обоих случаях можно будет принимать только после опреде-

ления требуемой ширины опорных полос и оценки их технологической целесообразности и технических возможностей выкладки. Это обусловлено тем, что величины нагрузок на опорные полосы со стороны пород надугольной толщи определенные с учетом влияния на напряженно-деформированное состояние массива комплекса определяющих геологических, горнотехнических, производственных и временных факторов могут существенно отличаться от произвольно принятых при расчете ( $P = 2 - 6$  МПа).

Установление зависимости (2) явилось основанием для определения рациональных технологических параметров опорных полос (ширины  $b_n$  и плотности  $\kappa_y$ ), обеспечивающих надежную охрану и поддержание выемочных штреков за счет создания условий для работы крепи в пределах ее податливости.

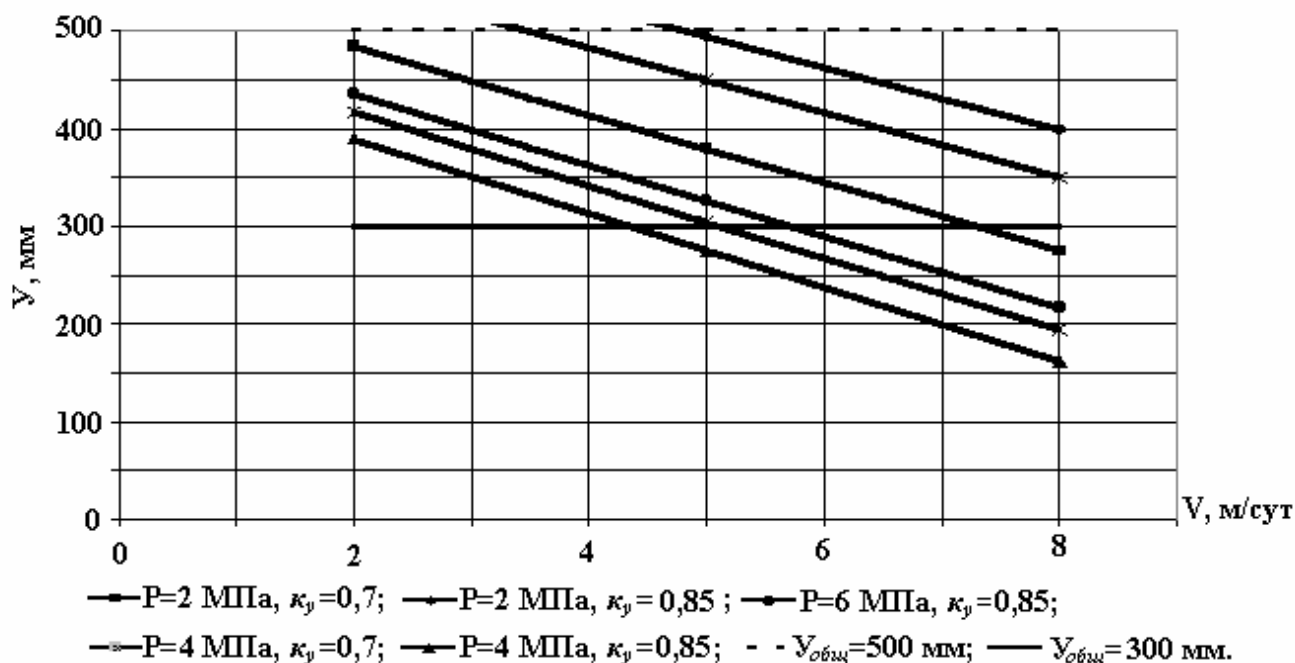


Рис. 6 – Зависимость величины общего опускания кровли от скорости суточного подвигания очистного забоя ( $V$ ), плотности опорной полосы ( $\kappa_y$ ) из породы прочностью  $\sigma_{сж} = 70$  МПа и нагрузки на нее ( $P$ ).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Закладочные работы в шахтах: Справ./ Под ред. Д.Н. Бронникова, М.Н. Цыгалова. – М.: Недра. 1989. – 400 с.
2. Савостьянов А.В., Клочков В.Г. Управление состоянием массива горных пород. Учебное пособие. – К.: УМК ВО, 1992. – 276 с.
3. Колоколов О.В. Технология закладки выработанного пространства в шахтах и рудниках: Учебник для вузов. – Днепропетровск: Січ, 1997. – 135 с.
4. Савостьянов А.В., Волошин А.И., Рябцев О.В. Обоснование способа охраны выработки с целью повторного использования: Сб. научн. трудов НГУ. – Днепропетровск, 2002. - № 6. – С. 32 – 36.