

пающих сигналов будут одновременно задействованы как общепринятые математические методы обработки сигналов, так и методы искусственного интеллекта. При таком подходе представляется возможной перекрестная проверка результатов различных вариантов анализа, что сведет вероятность ошибки распознавания состояния к минимуму, и, как следствие, повысит надежность и информативность систем контроля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Звягильский Е.Л., Блюсс Б.А., Назимко Е.И. Семенов Е.В. Совершенствование режимов работы гидро-транспортных установок технологий углеобогащения. – Севастополь: «Вебер», 2002., - 247 с.
2. Замиховский Л.М., Зикратый С.В., Савюк Л.О. Исследование вибросостояния системы "УЭЦН-КНКТ" в промышленных условиях // Ивано-Франк. ин-т нефти и газа.– Ивано-Франковск, 1993.– 10 с.– Рус.– Деп. в ГНТБ Украины 01.06.95, №1370-Ук95.
3. Бандура В.В. Розробка методу вібраційного контролю технічного стану штангових глибино-насосних установок для видобутку нафти. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Івано-Франківськ, 2003, - 19 с.
4. Приходченко С.Д. Зависимость спектра потребляемой мощности электродвигателя от физических параметров механизма. //Геотехническая механика. Межвед. сб. науч. работ. Институт геотехнической механики им. М.С. Полякова. - Днепропетровск, 2006. - Вып. 64. - С. 123-129.
5. Солодовников А.И., Спиваковский А.М. Основы теории и методы спектральной обработки информации: учебное пособие. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1986. – 272 с.
6. Залманзон Л.А. Преобразования Фурье, Уолша, Хаара и их применение в управлении, связи и других областях. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1989. – 496 с.
7. Глухова Н.В. Інтелектуальні моделі системи підтримки прийняття рішень при автоматизованому управлінні процесом гідротранспортування. Автореф. дисс. канд. техн. наук. Дніпропетровськ, 2002, - 18 с.

УДК 622.273.217.5

О.В. Рябцев

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 визначення ефективної потужності пласта з врахуванням визначальних факторів.

LAWS OF CHANGE OF AN 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 determined. The new advanced formula for definition of an effective power of a layer in view of the determining factors is offered.

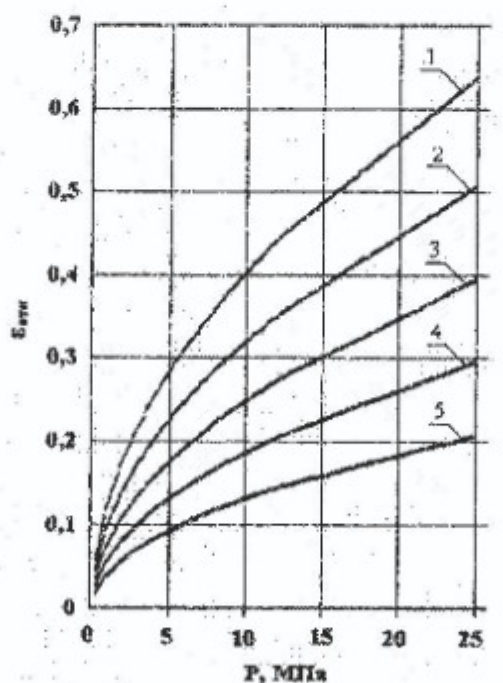
Величина усадки закладочной породной полосы является одним из слагаемых, определяющим, так называемую, эффективную мощность пласта ($m_{эф}$), которая характеризует суммарное сближение боковых пород под действием сил горного давления. Из литературных источников известны различные методические подходы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

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

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

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'_n – неполнота заложения (среднее расстояние от верха закладочного массива до кровли пласта: при выемке пластов с пневматической закладкой с использованием кусковых закладочных материалов и их торцовом выпуске $h'_n = 0,01$ м); ε – относительная величина усадки закладочного массива ($\varepsilon_{отн}$).

Используя значения $\varepsilon_{отн}$ для условий опытно-экспериментального участка на шахте им. А.Ф. Засядько (16 западный конвейерный штрек, где вмещающие породы представлены алевролитом, имеющим предел прочности на одноосное сжатие $\sigma_{сж} = 48$ МПа), которые представлены на рис. 1, и зависимость (1), были определены значения $m_{эф}$ для средней вынимаемой мощности пласта $m = 1,65$ м. Результаты расчета, которые приведены на рис. 2, свидетельствуют о существенной роли величины относительной плотности закладочного массива k_y на суммарное сближение боковых пород, что подтверждает предположение, сделанное авторами [1].



1 – $k_y=0,65$; 2 – $k_y=0,7$; 3 – $k_y=0,75$;
4 – $k_y=0,8$; 5 – $k_y=0,85$

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

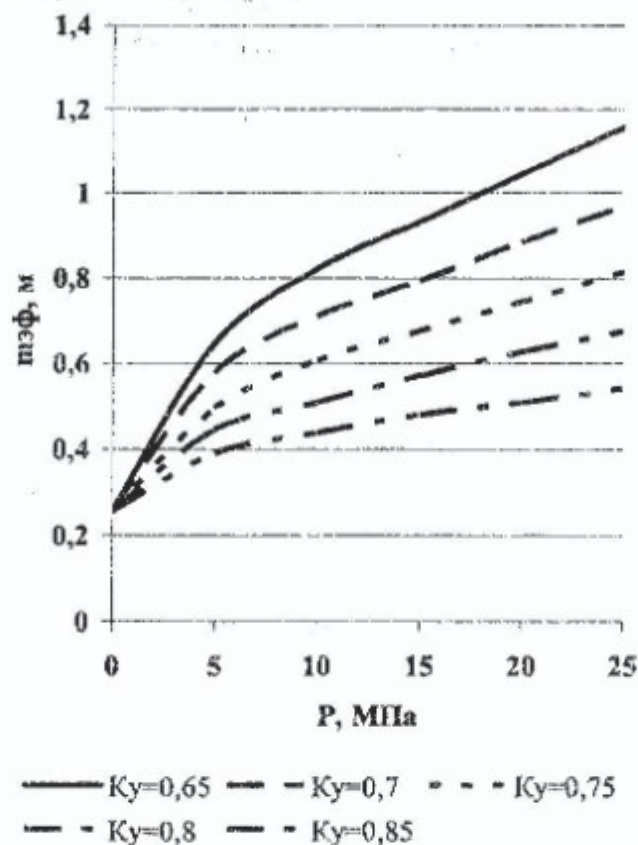


Рис. 2 – Зависимость влияния относительной плотности закладочного массива (k_y) из породы прочностью $\sigma_{сж}=48$ МПа на величину эффективной мощности пласта ($m_{эф}$)

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

Величина нормированного (задаваемого) опускания кровли выемочного штрека определяется исходя из того, что основной целью использования охранных конструкций является обеспечение условий работы крепи штрека в рабочем диапазоне их штатной податливости.

Для поддержания подготовительных выработок, обслуживающих выемочный участок применяется податливая крепь из специального профиля типа СП с криволинейной формой поперечного сечения выработки. Податливость крепи (П) 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 (α , град). С достаточной для инженерных целей точностью изменение податливости крепи от α можно описать выражением:

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

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 трехзвенная крепь в заданных условиях будет работать только при незначительных нагрузках (при $k_y = 0,85$). Использование для охраны штрека породных опорных полос с $k_y = 0,7$ обеспечит работу пятизвенной крепи при нагрузках со стороны пород надугольной толщи не более 3,0 МПа, а при использовании полос с $k_y = 0,85$ крепь будет работать во всем исследованном диапазоне нагрузок.

Следует отметить, что при расчетах деформационных характеристик складочных 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 и 2 следует рассматривать как определенный вид номограммы, где все независимые факторы (P , k_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 поддержания 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 породную полосу с учетом вышеуказанных факторов, скорректировав величину h_k и определив соответствующую величину усадки складочного массива на основа-

нии рис. 1 и 2 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 укрепление.

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. В то же время известно [3, 4], что одними из основных технологических параметров отработки половых 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 охранных сооружений, время поддержания выработки с момента возведения крепи.

Необходимо отметить, что величина общего опускания пород кровли штрека ($u_{общ}$) 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 породная полоса ($u_{заб}$) и величиной усадки породной полосы под действием нагрузки после ее возведения (u_e): $u_{общ} = u_{заб} + u_e$.

Очевидно, что физическая сущность показателей $u_{общ}$ 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 $u_{общ}$ (вместо $m_{эф}$), $u_{заб}$ и u_e для определения ее составляющих.

Анализ зависимости (1) с позиции адекватности ее условиям технологии ведения закладочных работ показывает, что она не позволяет учесть влияние скорости подвигания очистного забоя, значение 0,15 м принято для расстояния от него 8 – 20 м. Это расстояние является завышенным для любого способа закладки, тем более для закладки с использованием вибропневмозакладочных 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 ($u_{заб}$) 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 $(m - u_{заб})E$.

Указанные обстоятельства однозначно указывают на необходимость корректировки зависимости (1) для возможности использования ее при расчете технологических параметров породных 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 породной полосы в зависимости от скорости подвигания очистного забоя с учетом определяющих этот процесс факторов (геологических, горнотехнических, производственных и временных). Результаты расчета в виде зависимости величины приведенного опускания кровли у границы призабойного пространства от скорости подвигания забоя приведены на рис. 3. Они свидетельствуют о существенной роли скорости суточного подвигания очистного забоя на величину $u_{заб}$.

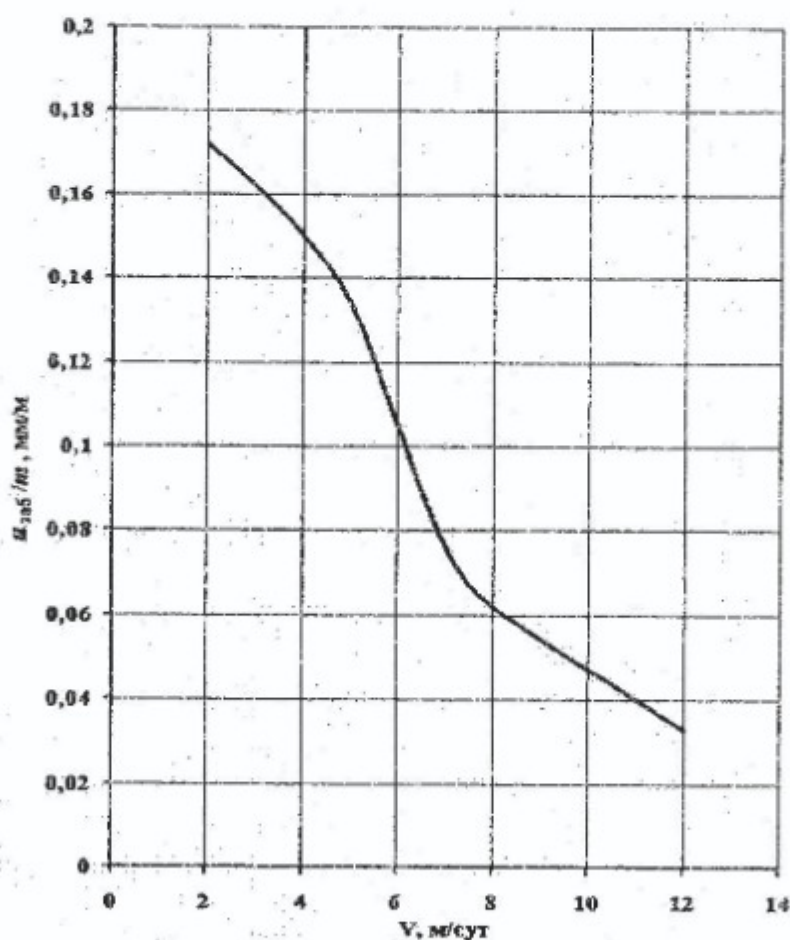
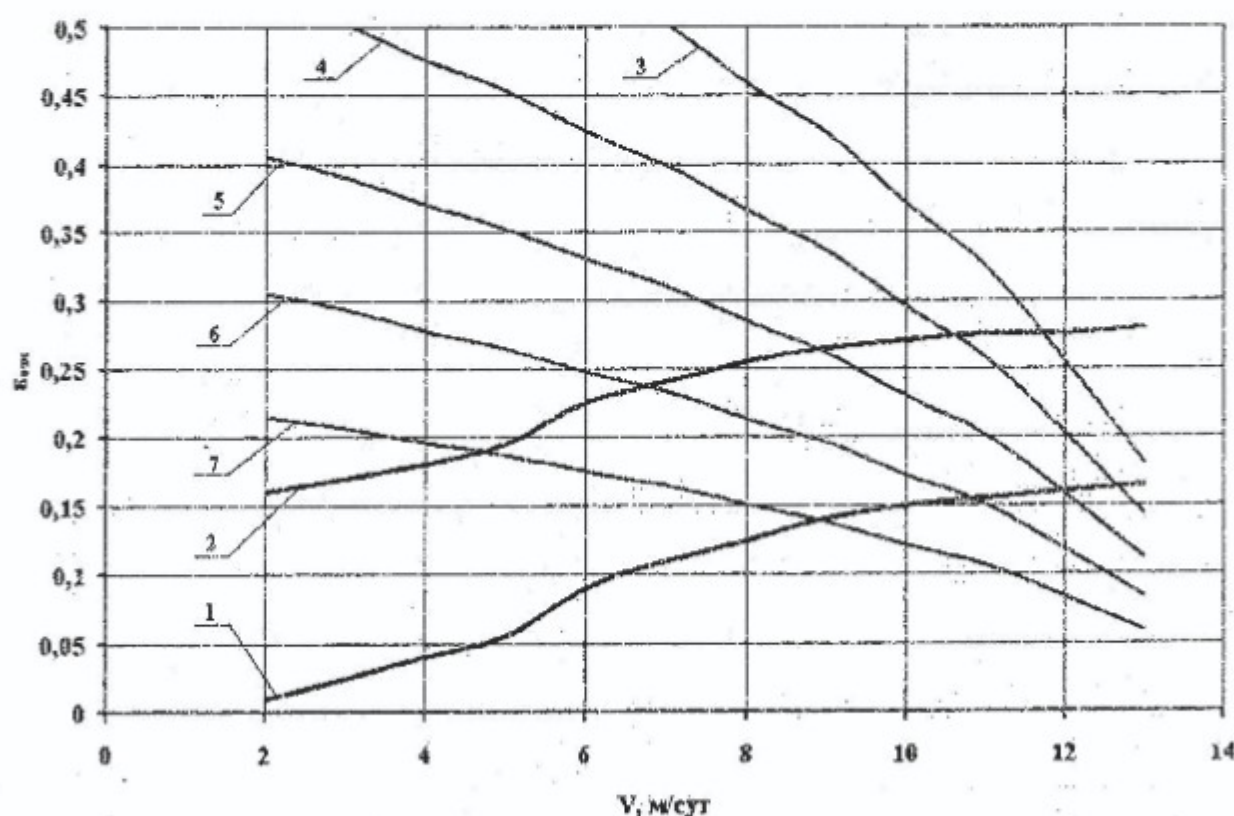


Рис. 3 — Зависимость величины приведенного опускания кровли у границы призабойного пространства от скорости подвигания очистного забоя лавы

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

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

Эти данные приведены на рис. 4. 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 породных 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 $V=8$ м/сут. Она сможет работать и при $V = 4 - 7$ м/сут, однако для этого потребуется, очевидно, использовать породные полосы большой ширины (более 100 метров), которые переведут закладочные работы 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.



1 - $u_{\text{общ}} = 0,5$ м; 2 - $u_{\text{общ}} = 0,3$ м; 3 - $\kappa_y = 0,65$; 4 - $\kappa_y = 0,7$; 5 - $\kappa_y = 0,75$; 6 - $\kappa_y = 0,8$; 7 - $\kappa_y = 0,85$

Рис. 4 - Соотношение между допустимыми величинами усадки породных полос при общей усадке, соответствующей податливости пяти- и трехзвенной крепи, и их компрессионными характеристиками $\varepsilon = f(\kappa_y, P)$ в зависимости от скорости подвигания забоя

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

$$u_{\text{общ}} = (0,245 - 0,0243 V)m + m_{\text{пр}} \epsilon_{\text{отн}}, \quad (2)$$

$$\text{где } m_{\text{пр}} = m - (0,245 - 0,0243 V)m; \quad \epsilon_{\text{отн}} = \frac{1 - \kappa_y}{0,61 \cdot \kappa_y} \sqrt{\frac{P}{\sigma_{\text{сж}}}}.$$

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). Они показывают, что при прочности пород $\sigma_{\text{сж}} = 25$ МПа, и породных полосах с $\kappa_y = 0,85$, $u_{\text{общ}}$ находится в пределах до 500 мм для принятых диапазонов V и P . При породных полосах с $\kappa_y = 0,7$, $u_{\text{общ}}$ 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, $u_{\text{общ}}$ при породных полосах с $\kappa_y = 0,85$ находится в пределах до 300 мм. В этом случае можно говорить о возможности использования трехзвенной арочной крепи.

Однако следует иметь в виду, что окончательное решение о рекомендации типоразмера крепи необходимо принимать только после определения требуемой ширины породных полос и оценки их технологической целесообразности и технических возможностей возведения. Это обусловлено тем, что величины нагрузок на породные 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 разработки методики для определения рациональных технологических параметров породных полос (ширины v_n и относительной плотности κ_y), обеспечивающих надежную охрану и поддержание выемочных штреков за счет создания условий для работы крепи в пределах ее податливости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рыжков Ю.А., Волков А.Н., Гоголин В.А. Механика и технология формирования закладочных массивов. - М.: Недра, 1985. - 191 с.
2. Савостьянов А.В., Ключков В.Г. Управление состоянием массива горных пород. - К.: УМК ВО, 1992. - 276 с.
3. Булаг А.Ф., Курносов А.Т. Управление геомеханическими процессами при отработке угольных пластов. - К.: Наук. думка, 1987. - 200 с.
4. Савостьянов А.В., Херченко В.В., Аскаров А.А. Компьютерная технология выбора технологических параметров подземной разработки угольных месторождений. Сб. науч. тр. НГАУ №13, т. I. - 2002. - С. 11-17.