

Расход воды на одно устройство, м³/ч 13
Очистка воды от частиц крупностью, мм +0,5

Опытный образец разработан для использования на сепараторе 6ЭРМ-35/315.

У сепаратора 6ЭРМ-35/315 шесть точек смыва [1]. Следовательно, при подаче смывной воды со скоростью 10 м/с расход ее составит 78 м³/ч. Это практически в два раза меньше, чем при использовании брызгал, установленных в настоящее время на сепараторе 6ЭРМ-35/315 [1]. При этом, как показали лабораторные исследования [1,3], обеспечивается удаление из смывной воды частиц размером + 0,5 – 1,0 мм на 85-95 %, а частицы крупнее 1 мм извлекаются практически полностью.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что применение конусных смывных устройств конструкции ИГТМ НАН Украины позволит значительно повысить экономичность и надежность роторных магнитных сепараторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Туркенич А.М., Шевченко А.И. Устройство нового типа для смыва магнитного продукта в роторных магнитных сепараторах // Збагачення корисних копалин: Наук.-техн. зб. – Дніпропетровськ, 1998. -Вип.1(42). - С. 91-94.
2. Лапшин Е.С. Разработка и исследование способа классификации руд при турбулентном пленочном течении пульпы: Дис... канд. техн. наук: 05.15.11. – Защищена 30.11.90; Утв. 27.03.91; 0490.0 021664. - Днепропетровск, 1990.-180 с.
3. Лапшин Е.С., Шевченко А.И. Экспериментальное исследование кинетики очистки оборотной воды в устройстве для смыва магнитного продукта с зубчатых пластин сепаратора // Геотехническая механика: Сб. науч. трудов ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 1998. - Вып.6. - С. 138- 143.

УДК 622.647.2

Р.В. Кирия

О КОЭФФИЦИЕНТЕ ВНУТРЕННИХ ПОТЕРЬ ПРИ ДВИЖЕНИИ СЫПУЧЕЙ СРЕДЫ ПО ЭЛЕМЕНТАМ ПЕРЕГРУЗОЧНЫХ УЗЛОВ ЛЕНТОЧНЫХ КОНВЕЙЕРОВ

У статті розглянуто питання визначення коефіцієнтів внутрішніх утрат Дарсі та Шезі при вільно-дисперсному русі сипучого середовища по барабані, лотку і стрічці в місці навантаження на конвейер. Отримано залежності цих коефіцієнтів від глибини потоку і середнього діаметра часток. Дано аналіз цих залежностей.

ON THE COEFFICIENT OF INTERNAL LOSSES UNDER THE MOVEMENT OF DRY MEDIUM ON THE ELEMENTS OF SHIFTING KNOTS OF BELT CONVEYERS

The subject of the article with the defining coefficients of Darsi and Shezi internal losses under the free-dispersive movement of dry medium along the bar, the tray and the belt in the loading place of the conveyer. The dependences of these coefficients on the depth of the stream and the average diameter of the particles are obtained. The analysis of these dependences was given.

Для повышения эффективности работы перегрузочных узлов ленточных конвейеров необходимо совершенствовать методы их расчета и проектирова-

ния на основе более глубокого изучения физических процессов, происходящих при движении сыпучей среды по элементам перегрузки.

Одним из параметров, существенно влияющих на характер движения сыпучей среды по элементам перегрузочного узла (по барабану, лотку, ленте конвейера) является коэффициент внутренних потерь. Этот коэффициент зависит от характера взаимодействия частиц при движении сыпучей среды.

Согласно [1] сыпучая среда при движении по элементам перегрузочных узлов может находиться в трех фазовых состояниях: твердого тела, вязко-пластичного и свободно-дисперсного движения.

В состоянии твердого тела и вязко-пластичного движения частицы сыпучей среды связаны между собой, и внутреннее сопротивление определяется законом внутреннего трения Кулона [2].

При свободно-дисперсном движении частицы сыпучей среды не связаны между собой и находятся постоянно в хаотическом движении, взаимодействуя между собой в результате столкновения (ударов) подобно молекулам плотного газа. Это состояние, как правило, возникает при больших скоростях потока сыпучей среды [3]. В этом случае внутреннее трение сыпучей среды обусловлено переносом количества движения за счет случайного столкновения частиц. При этом внутренние касательные и нормальные напряжения зависят от градиента скорости и определяются по формулам [1,3]

$$\tau = \frac{1}{3} \rho_c k^2 d^2 \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 \quad (1)$$

$$P_c = \frac{1}{3} \rho_c k_1 k^2 \left(\frac{\partial V}{\partial y} \right)^2 \quad (2)$$

где ρ_c – средняя плотность сыпучей среды, кг/м³; k – безразмерный коэффициент, зависящий от формы частиц; k_1 – безразмерный коэффициент, зависящий от потери кинетической энергии при ударах частиц между собой; d – средний диаметр частиц сыпучей среды, м; V – средняя статистическая скорость сыпучей среды в точке, м/с; y – координата, перпендикулярная вектору скорости сыпучей среды, м.

При вязко-пластичном движении сыпучей среды по элементам перегрузочных узлов внутреннее сопротивление характеризуется коэффициентом внутреннего трения f . А при свободно-дисперсном внутренняя потеря энергии характеризуется коэффициентом Дарси ζ и Шези C [4].

Кроме того, характеристики потока сыпучей среды (скорость, глубина) при вязко-пластичном движении по элементам перегрузочных узлов зависят от коэффициента трения Кулона f , а при свободно-дисперсном движении от коэффициентов Дарси ζ и Шези C [5].

Если коэффициент внутреннего трения Кулона f определяется опытным путем и для него имеются таблицы, то коэффициенты внутренних потерь Дарси ζ

и Шези C при свободно-дисперсном движении сыпучей среды по элементам перегрузочных узлов не определены.

Значения коэффициентов ζ и C определены для вязкого и турбулентного движения жидкостей в трубах и каналах. Для них составлены подробные таблицы [4].

В статье дан метод определения коэффициентов Дарси ζ и Шези C при свободно-дисперсном движении сыпучей среды по барабану, наклонному лотку и ленте в месте погрузки сыпучей среды на конвейер.

Рассмотрим равномерное движение сыпучей среды по наклонной плоскости с углом наклона к горизонту α (рис. 1).

В силу равномерного движения сыпучей среды по плоскости ее глубина постоянна.

Выберем систему OXY (см. рис. 1) и выделим в потоке сыпучей среды элемент $ABCD$ длиной l , образованный двумя секущими плоскостями 1-1 и 2-2, перпендикулярными направлению движения потока, и плоскостью, параллельной наклонной плоскости и отстоящей от нее на расстоянии y . Тогда сумма проекций силы тяжести и силы сопротивления на ось OX , приложенных к выделенному элементу сыпучей среды, равна нулю. В результате имеем

$$\tau = \rho_c g(h - y) \sin \alpha \quad (3)$$

где τ – касательные напряжения в потоке сыпучей среды на расстоянии y от наклонной плоскости, н/м^2 ; h – глубина потока сыпучей среды на наклонной плоскости, м.

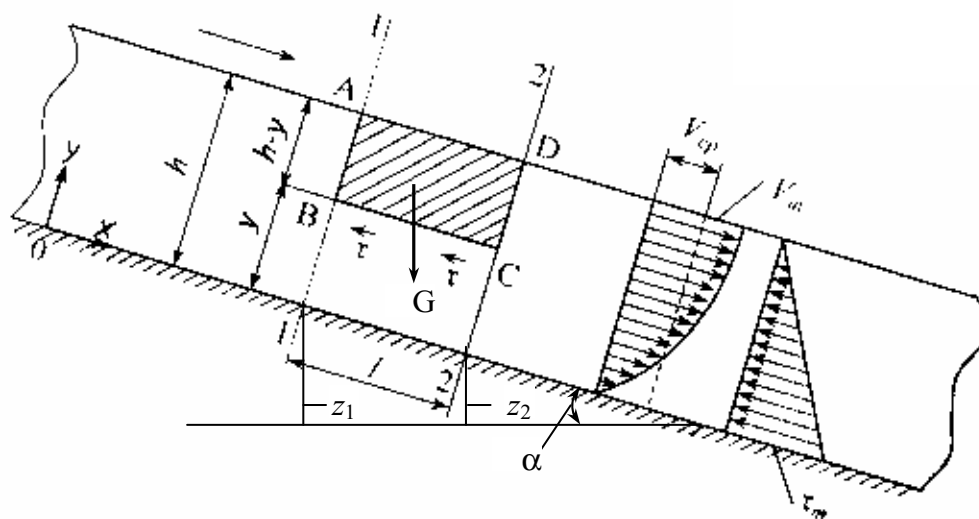


Рис. 1 – Расчетная схема движения сыпучей среды по наклонной плоскости

Из равенства (3) с учетом (1) получим

$$\frac{dV}{dy} = \sqrt{\frac{3g \sin \alpha}{k^2 d^2} (h - y)} \quad (4)$$

Интегрируя уравнение (3) по y от 0 до h с учетом граничного условия на поверхности наклонной плоскости при $y = 0$, $V = 0$, получим эпюру скорости равномерного потока сыпучей среды по наклонной плоскости

$$V(y) = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{3g \sin \alpha}{k^2 d^2}} [h^{3/2} - (h - y)^{3/2}] \quad (5)$$

Максимальную скорость потока определим из (5), подставив $y = h$

$$V_m = \frac{2}{3} \sqrt{\frac{3gh^3 \sin \alpha}{k^2 d^2}} \quad (6)$$

Средний объемный расход сыпучей среды при равномерном движении по наклонной плоскости определим по формуле

$$Q = b \int_0^h V(y) dy \quad (7)$$

где b – ширина потока, м.

Подставляя (5) в (7), после интегрирования получим

$$Q = \frac{2}{5} b \sqrt{\frac{3gh^5 \sin \alpha}{k^2 d^2}} \quad (8)$$

Среднюю скорость потока определим по формуле

$$V_{cp} = \frac{Q}{bh} \quad (9)$$

Подставляя (8) в (9), получим

$$V_{cp} = \frac{2}{5} \sqrt{\frac{3gh^3 \sin \alpha}{k^2 d^2}} \quad (10)$$

Из формул (6) и (10) имеем

$$V_{cp} = \frac{3}{5} V_m \quad (11)$$

В случае движения по наклонной плоскости вязкой жидкости согласно [4] имеем

$$V_{cp} = \frac{2}{3} V_m \quad (12)$$

Следовательно, скорость потока сыпучей среды при свободно-дисперсном движении сыпучей среды по наклонной плоскости изменяется по глубине потока по закону $3/2$. В то время, как при движении по наклонной плоскости вязкой жидкости скорость потока по глубине изменяется по параболе.

Применим уравнение Бернулли [4] для сечений 1-1 и 2-2 потока сыпучей среды (см. рис. 1). В результате определим потери удельной энергии потока на участке 1-1 и 2-2 за счет сил внутреннего сопротивления

$$h_{1-2} = z_1 - z_2 = l \sin \alpha \quad (13)$$

С другой стороны, по формуле Дарси [4] имеем

$$h_{1-2} = \zeta \frac{V_{cp}^2}{2g} \quad (14)$$

Подставляя (13) и (10) в (14), после преобразования получим коэффициент Дарси

$$\zeta = \frac{4,17k^2 d^2}{h^3} \quad (15)$$

При движении потока сыпучей среды по лотку коэффициент Шези C определяется как для вязкой жидкости [4].

Из рисунка 1 имеем

$$\frac{dh_{1-2}}{dx} = \sin \alpha \quad (16)$$

С другой стороны согласно [4]

$$dh_{1-2} = \frac{V_{cp}^2 dx}{C^2 R} \quad (17)$$

где R – гидравлический радиус лотка, м.

Подставляя (17) в (16) с учетом (10), после преобразований получим

$$C^2 = \frac{0,48gh^3}{k^2 d^2 R} \quad (18)$$

Для широкого прямоугольного лотка ($\frac{h}{b} \ll 1$) $R \cong h$ и формула (18) примет вид

$$C^2 = \frac{0,48gh^2}{k^2 d^2} \quad (19)$$

Для учета влияния бортов лотка на сопротивление движению сыпучей среды введем коэффициент k_b , который согласно [3] определяется по формуле

$$k_b = 1 + k_m \frac{h}{b}$$

где k_m – коэффициент, учитывающий физико-механические свойства сыпучей среды ($k_m = 0,45$).

С учетом боковых бортов лотка коэффициент Шези окончательно примет вид

$$C = \sqrt{\frac{0,48g}{k_b} \frac{h}{kd}} \quad (20)$$

В случае движения сыпучей среды по ленте конвейера коэффициент Шези определяется так же, как для движения по лотку. Отличие будет лишь только в определении средней скорости потока, которая определяется по формуле

$$V_{cp} = \frac{2}{5} \sqrt{\frac{3gh^3 \sin \alpha}{k^2 d^2}} + V_n \quad (21)$$

где V_n – скорость ленты конвейера, м/с.

Подставляя (16) и (21) в (17), после преобразования с учетом $R = h$ получим коэффициент Шези при движении сыпучей среды по ленте конвейера

$$C_p = \sqrt{\frac{0,48g\alpha_n}{k_b} \frac{h}{kd}} \quad (22)$$

где

$$\alpha_n = \frac{V_{cp}^2}{(V_{cp} - V_n)^2}$$

Коэффициент α_n называется коэффициентом скорости [4], который по аналогии с течением жидкости характеризует неравномерность эпюры скорости при движении сыпучей среды по ленте конвейера. Значение коэффициента скорости α_n изменяется в пределах 1÷2 и определяется экспериментальным путем.

При неравномерном движении сыпучей среды по барабану, лотку и ленте конвейера в случае плавноменяющегося потока вычисляются средние значения коэффициентов Дарси $\bar{\zeta}$ и Шези \bar{C} на участке потока по формулам

$$\bar{\zeta} = \frac{4,17k^2 d^2 l}{\bar{h}^3} \quad (23)$$

$$\bar{C} = \sqrt{\frac{0,48g}{\bar{k}_b} \frac{\bar{h}}{kd}} \quad (24)$$

$$\bar{C}_p = \sqrt{\frac{0,48g\alpha_n}{\bar{k}_b} \frac{\bar{h}}{kd}} \quad (25)$$

где

$$\bar{k}_b = 1 + k_m \frac{\bar{h}}{b}$$

$$\bar{h} = \frac{h_1 + h_2}{2}$$

Здесь h_1 и h_2 – глубины в начале и в конце участка потока сыпучей среды, м.

На рисунке 2 даны зависимости коэффициентов Дарси ζ (рис. 2а) и Шези C (рис. 2б) от глубины потока h , построенные по формулам (15) и (20) соответственно. Кривые 1 и 2 на этих рисунках построены при средних диаметрах частиц $d = 0,01$ м и $d = 0,02$ м соответственно. При этом длина участка $l = 0,6$ м, ширина лотка $b = 1,0$ м, а коэффициент k принимался равным 12,0.

Как показали эксперименты, для большинства сыпучих грузов коэффициент k примерно одинаков и находится в пределах 12÷13 [1].

Из рис. 2а видно, что с увеличением глубины потока коэффициент Дарси уменьшается и принимает значение в пределах 4,5÷0,04 при $d = 0,01$ м и 18,0÷0,14 $d = 0,02$ м. При этом если глубина потока $h < 0,3$ м, то значение коэффициента Дарси резко повышается.

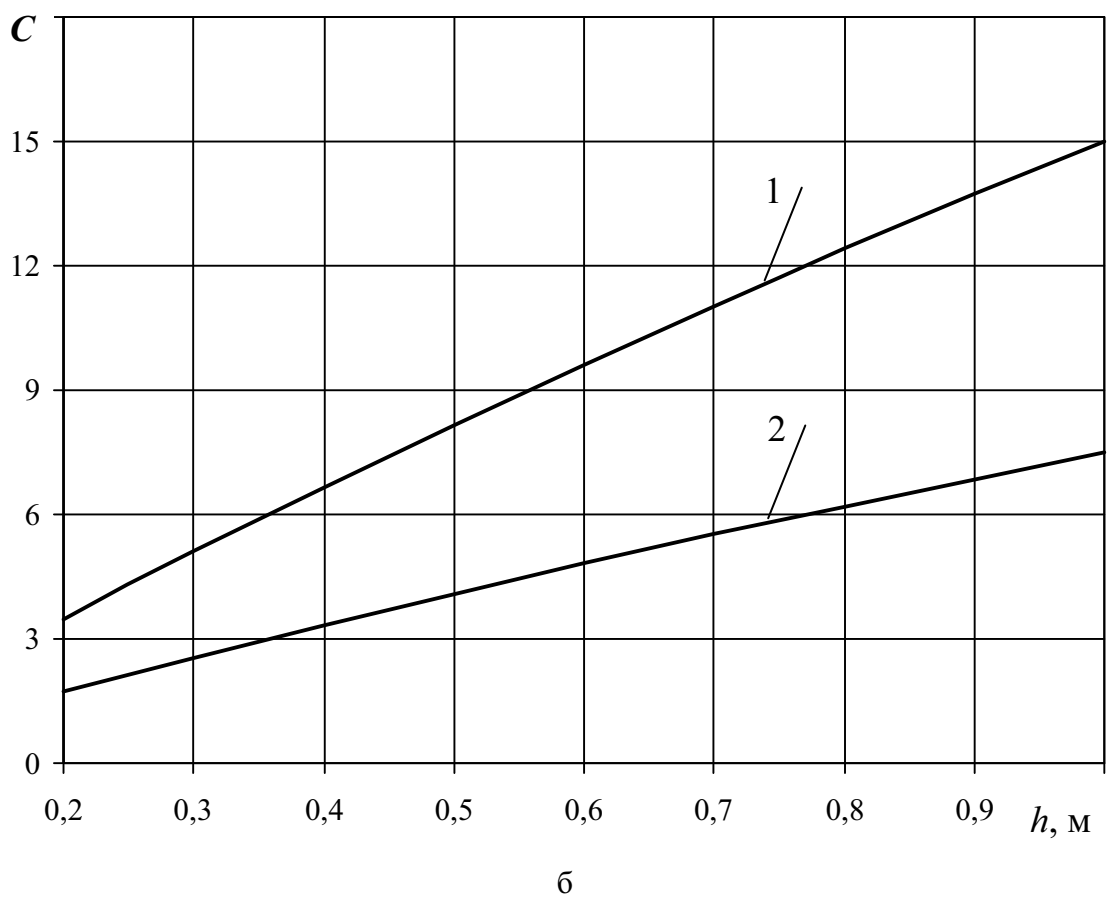
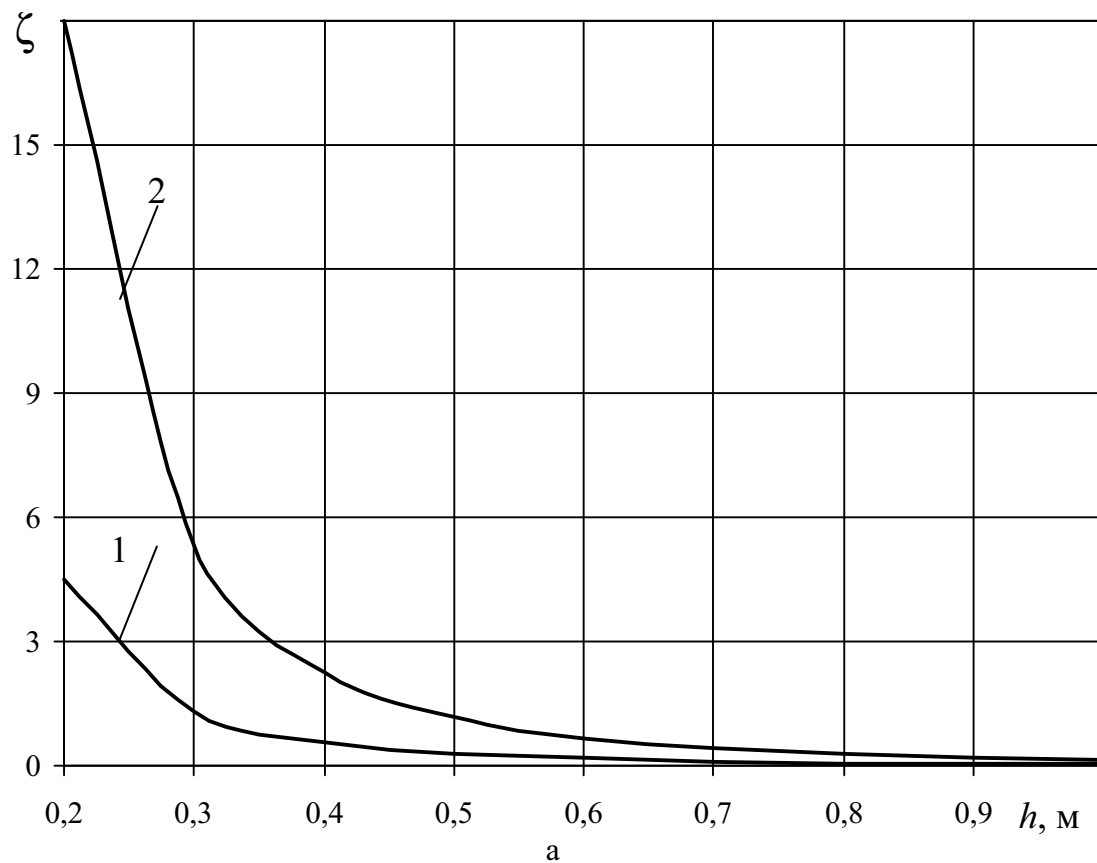


Рис. 2 – Графики зависимости коэффициентов Дарси ζ (а) и Шези C (б) от глубины потока при свободно-дисперсном движении потока сыпучей среды по элементам перегрузочных узлов

Из рис. 26 видно, что с увеличением глубины потока коэффициент Шези увеличивается линейно. При этом он изменяется в пределах $3,5 \div 15 \text{ м}^{1/2}/\text{с}$ при $d = 0,01 \text{ м}$ и $1,7 \div 7,5 \text{ м}^{1/2}/\text{с}$ при $d = 0,02 \text{ м}$.

Следовательно, определены коэффициенты внутренних потерь Дарси и Шези при свободно-дисперсном движении сыпучей среды по элементам перегрузочных узлов. Эти коэффициенты зависят от среднего диаметра частиц и глубины потока сыпучей среды.

С увеличением диаметра частиц сыпучей среды коэффициент Дарси возрастает, а с уменьшением глубины потока увеличивается. Коэффициент Шези наоборот с увеличением диаметра частиц сыпучей среды уменьшается, а с увеличением глубины потока сыпучей среды увеличивается.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кирия Р.В. Уравнения движения сыпучего груза в перегрузочных узлах ленточных конвейеров // Геотехническая механика. Сб. научн. тр. ИГТМ НАНУ - Днепропетровск. - 1998. - Вып. 6. - С. 116-122.
2. Зенков Р.Л. Механика насыпных грузов. - М.: Машиностроение, 1964. - 252 с.
3. Сэвидж С.Г. Гравитационное течение не связанных гранулированных материалов в лотках и каналах // Сб. Механика гранулированных сред. Под. ред. Ишлинского. - М.: Мир. - 1985. - Вып. 36. - С. 86-146.
4. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. - М.: Энергоатомиздат, 1984. - 639 с.
5. Кирия Р.В., Богданов В.М. О движении сыпучей среды по наклонному лотку // Науковий вісник НГУ України. - Днепропетровск. - 2001. - Вып. 3. - С. 47-51.

УДК 622.281.742.2

В.И. Гаврилов, В.М. Волков

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РЕГЛАМЕНТ ВОЗВЕДЕНИЯ АНКЕРНОЙ КРЕПИ В ВЫРАБОТКАХ ПРЯМОУГОЛЬНОГО СЕЧЕНИЯ

Наведено технологічний регламент спорудження гірничої виробки з анкерним кріпленням, який містить ряд операцій, що виконуються послідовно.

THE TECHNOLOGICAL REGULATIONS RAISING OF ANCHORSTRENGTHEN IN A MAKES OF RESTANGULAR SECTION

The technological regulations raising of mine make with anchor strengthen, contains the row of operations, which carries out consecutive, was bring.

Широкомасштабное внедрение на шахтах Украины новой ресурсосберегающей технологии крепления горных выработок анкерными системами, мониторинг их безопасного состояния позволили выявить и устранить наиболее часто встречающиеся дефекты и ошибки. Качественная установка анкерной крепи обеспечивает устойчивое положение поддерживаемой анкерами кровли и быстрое реагирование на действие негативных факторов при подготовке выемочных выработок за счет установки дополнительных анкеров.

Для обеспечения более высокого уровня безопасности труда разработан технологический регламент опорного крепления в выработках прямоугольной формы сечения до 15 м^2 в свету. Плотность установки сталеполлимерных анкеров длиной 2400 мм, диаметром 28 мм (глубина шпуров 2250 мм) в кровле в за-