

Определение нагрузок на элементы механизированных крепей

¹НИКОНОВА Татьяна Юрьевна, к.т.н, доцент, nitka82@list.ru,

¹ЖЕТЕСОВ Сантай Сулейменович, д.т.н., профессор, s.zhetesov@bk.ru,

¹*АБДУГАЛИЕВА Гульнур Баймурзаевна, к.т.н, доцент, gulnura84@mail.ru,

¹БАЙМУЛЬДИН Мурат Муратович, докторант, zhynyspekov_darkhan@mail.ru,

¹САВЕЛЬЕВА Надежда Александровна, докторант, n.a.savelyeva@gmail.com,

¹НАО «Карагандинский технический университет имени Абылкаса Сагинова», Казахстан, Караганда, пр. Н. Назарбаева, 56,

*автор-корреспондент.

Аннотация. В статье авторами проведено исследование механики подкровельной угольной толщи. При этом определены перемещения массива с учетом реакций механизированной крепи с выемочными функциями. Определена суммарная нагрузка на поддерживающие элементы для одноопорных и многоопорных крепей. Также дано определение рабочего сопротивления гидравлических стоек крепи и приведен его расчет. Установлены параметры силовых элементов секции крепи оградительно-поддерживающего типа при передвижении с остаточным подпором. Для соблюдения рабочего условия о том, что крепь должна быть управляемой в плоскости пласта и в плоскости, перпендикулярной к его залеганию, и обеспечивать направленное передвижение ее секции вслед за продвижением забоя необходимо учесть, что высота и раздвижность стоек крепи должны соответствовать мощности пласта и приниматься в зависимости от фактических величин колебания мощности в пределах выемочного столба.

Ключевые слова: деформация, сопротивление крепи, нагрузка, секция, механизированная крепь, лава, угольная пачка, силы трения, функция напряжений, устойчивость, элементы крепи.

Введение. Исходя из эксплуатационно-технических требований современные механизированные крепи должны обеспечивать надежную защиту рабочего пространства очистного забоя от проникновения в него боковых пород и безопасные условия работ в лавах, управление кровлей способами полного обрушения или плавного опускания и передвижение вслед за продвижением очистного забоя. Крепь должна быть управляемой в плоскости пласта и в плоскости, перпендикулярной к его залеганию, и обеспечивающей направленное передвижение ее секции вслед за продвижением забоя.

Удельное сопротивление крепей поддерживающего типа (среднее) q принимается в зависимости от мощности пластов в пределах: $m \ll 1$ м, $q \gg 200$ кН/м³; $m = 1-2$ м, $q \gg 300$ кН/м²; $m > 2$ м, $q \gg 400$ кН/м². Удельное сопротивление поддерживающих частей (среднее) крепей оградительно-поддерживающего типа применительно к условиям с легкообрушаемыми кровлями, слабыми углями и неглубоким залеганием от поверхности – 200 кН/м².

Высота и раздвижность стоек крепи должны соответствовать мощности пласта и принимаются в зависимости от фактических величин колебания

мощности в пределах выемочного столба. Кроме того, при выборе минимального и максимального размера крепи по высоте учитывается величина опускания кровли и запас податливости крепи на разгрузку.

Размеры (ширина и высота) свободного прохода людей между выступающими частями оборудования должны быть не менее 0,7×1,5 м.

Крепь должна подхватывать кровлю при выемке угля, не допуская длительных обнажений полосы кровли вдоль забоя всей лавы шириной более 0,3 м (при обнажении более 1 ч) и кратковременных обнажений (менее 10 мин) для толстых пластов от 0,8 до 1 м участков более 8 м² и для пластов 1-2 м участков кровли более 10 м².

Усилия, передаваемые передними консолями перекрытия на кровлю, должны быть не менее 15-20 кН. При длине консоли перекрытия более 1 м конец ее активный, т. е. имеющий свободу отклонения относительно остальной части перекрытия вверх и вниз на угол не менее $\pm 10^\circ$.

Расстояние от забоя до переднего ряда стоек крепи не превышает 1,5 м, а начальный распор составляет 40-50% рабочего сопротивления. Передвижение поддерживающих частей крепи, особенно при слабоустойчивой кровле, необходимо

производить с остаточным подпором до 20 кН/м².

Результаты и обсуждение. Определим нагрузки на поддерживающие и оградительные элементы крепей. Установлено, что давление на поддерживающие части крепей распределяется неравномерно и увеличивается от забоя к завалу по закону, близкому к трапецеидальному, с соотношением оснований до 1:10 и более (рисунок 1).

При одноопорных поддерживающих частях давления пород условно задаются равномерно распределенными по площади поддерживаемой кровли (рисунок 1), а при двух опорных и более распределенными по ширине поддерживаемой полосы по трапецеидальному закону (рисунок 2) с основаниями $q_{1п} = 30$ кН/м² у груди забоя и $q_{2п} = 370$ кН/м² у завального конца.

Давление пород на оградительные части задается в виде равномерно распределенной составляющей по вертикали $q_{o.в} = 150$ кН/м² и по горизонтали $q_{o.г} = 80$ кН/м².

Суммарная нагрузка на поддерживающие элементы определится для одноопорных крепей

$$Q_{п} = q_{п.ср} a \cdot b, \quad (1)$$

где $Q_{с.ср}$ – удельное сопротивление крепи (равное 200 кН/м²); a – ширина поддерживаемой полосы кровли, м; b – шаг установки, м.

Для многоопорных крепей

$$Q_{п} = \frac{(q_{1п} - q_{2п})}{2} ab. \quad (2)$$

Расстояние точки приложения силы от заднего конца поддерживающей части равно

$$h = \frac{q_{2п} - 2q_{1п}}{3(q_{1п} + q_{2п})} a. \quad (3)$$

Суммарные вертикальные и горизонтальные усилия на оградительную часть определяются в зависимости от ее конфигурации. При оградительных частях, очерченных по окружности

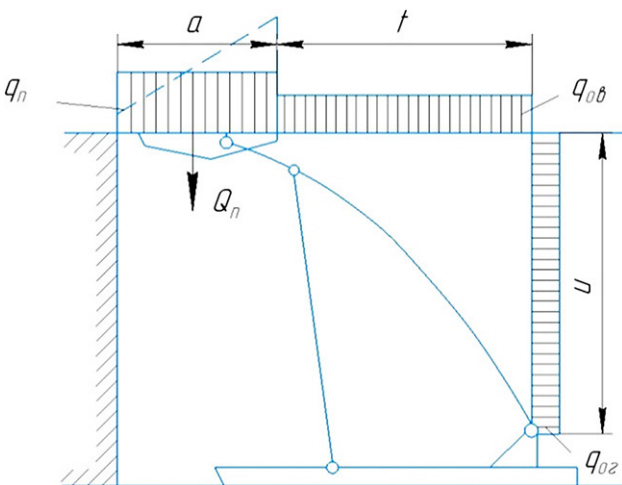


Рисунок 1 – Нагрузки на поддерживающие и оградительные элементы ограждительно-поддерживающих крепей

$$Q_{o.в} = q_{o.в} \cdot t \cdot b, \quad (4)$$

$$Q_{o.г} = q_{o.г} \cdot U \cdot b, \quad (5)$$

где t и U – вертикальная и горизонтальная проекции оградительной части.

Суммарное давление равно

$$N_o = \sqrt{Q_{o.в}^2 + Q_{o.г}^2}. \quad (6)$$

Результирующее усилие проходит через середину хорды и перпендикулярно к ней (рисунок 2).

При оградительных элементах, имеющих сложную конфигурацию, ограждение условно разбивается на участки при условии, что отношение длины хорды и высоты сегмента не менее 20 (рисунок 3).

Если угол наклона менее 20°, нагрузка на этом участке принимается распределенной по трапеции с основаниями: $q'_{o.в} = 370$ кН/м². $q''_{o.в} = 200$ кН/м².

Вертикальные и горизонтальные составляющие нагрузок, действующих на участок с прямой линией эпюры, подсчитываются по формулам

$$Q_{i.o.в} = q_{o.в} \cdot t_i \cdot b, \quad (7)$$

$$Q_{i.o.г} = q_{o.г} \cdot U_i \cdot b, \quad (8)$$

где t_i и U_i – горизонтальная и вертикальная проекции i -го участка, м.

Равнодействующие горизонтальных и вертикальных составляющих, соответствующих равномерным эпюрам давлений, определяются так:

$$N_i = \sqrt{Q_{i.o.в}^2 + Q_{i.o.г}^2}. \quad (9)$$

Для участков с углами < 20° нормальные усилия будут равны

$$N_{it} = Q_{i.o.в} \cdot \cos \alpha_i, \quad (10)$$

$$N_{iv} = Q_{i.o.г} \cdot \sin \alpha_i. \quad (11)$$

Равнодействующая нагрузок на оградительную часть находится построением многоугольника сил, а линия ее действия – построением вер-

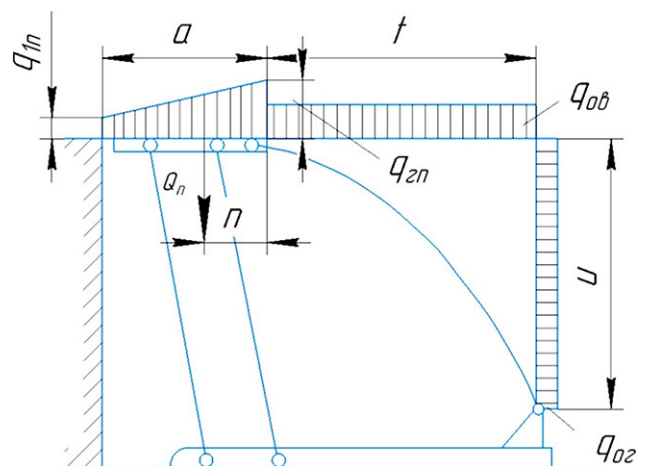


Рисунок 2 – Нагрузки на поддерживающие и оградительные элементы двух и более опорных ограждительно-поддерживающих крепей

вочного многоугольника (рисунок 3).

Далее определим рабочее сопротивление гидравлических стоек крепи.

Рабочее сопротивление крепи рассчитывается с учетом нагрузок от давления пород N_{π} и N_0 , собственного веса крепи G , сил трения и контакта поддерживающих и оградительных элементов с боковыми породами и сил, действующих на выступающие элементы основания крепи N' (рису-

нок 3).

Направление действия сил трения выбирается противоположным тому, при котором возможно опрокидывание секции из-за отсутствия сил трения. Для этого, строя многоугольник сил и веревочный многоугольник, находим равнодействующую сил N_{π} , N , N' , G , действующих на секции, без учета сил трения (рисунок 4).

Если точка M лежит влево от середины опор-

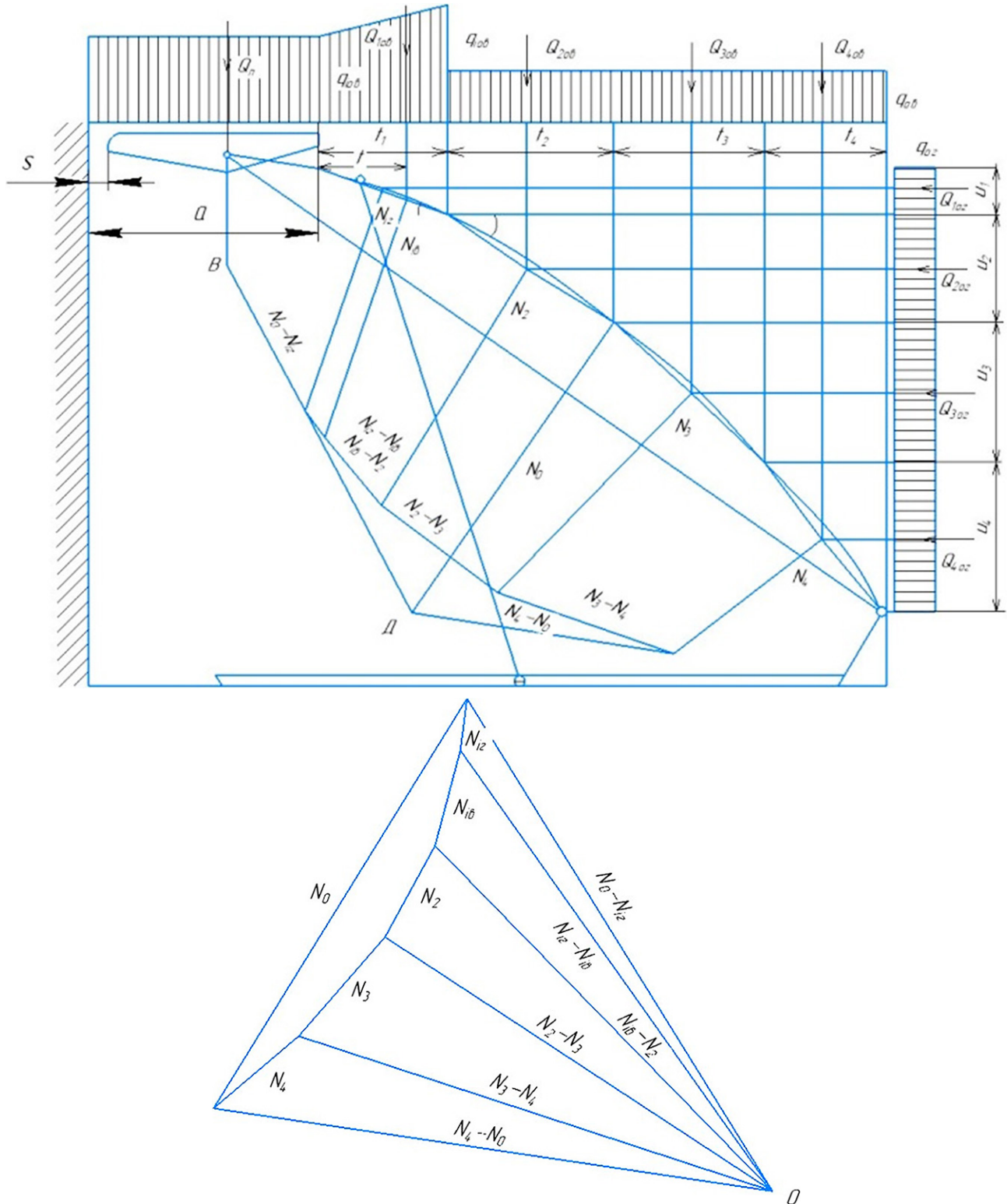


Рисунок 3 – Нагрузки на оградительные элементы, имеющие сложную конфигурацию

ной длины основания (точка Д), то секция имеет тенденцию к опрокидыванию против часовой стрелки. Направление сил трения для этого случая должно быть выбрано так, чтобы препятствовать опрокидыванию.

Действующие силы трения равны

$$F = f \cdot N_t. \tag{12}$$

Для определения расчетных значений коэффициентов трения покоя вычисляют опрокидывающий момент активных сил $M_{ак}$ и относительно середины опорной длины основания сил трения $M_{тр}$ (рисунок 5).

$$M_{ак} = N \cdot h, \tag{13}$$

$$M_{тр} = F_n \cdot h_n + F_0 \cdot h_0 + F' \cdot h', \tag{14}$$

или

$$M_{тр} = f(N_n \cdot h_n + N_0 \cdot h_0 + N' \cdot h'). \tag{15}$$

Приравняв правые части (13) и (14), получаем

$$f = \frac{Nh}{N_n h_n + N_0 h_0 + N' h'}. \tag{16}$$

Коэффициент трения металла о породу (f_0) принимается равным 0,40. Если окажется, что $f < f_0$, то силы трения вычисляются по коэффициенту трения f . При $f > f_0$ расчет ведется по $f_0 = 0,40$. Стойки крепи воспринимают давление боковых пород, действующих на поддерживающий и ограждающий элементы, равнодействующая которых представляет собой геометрическую сумму сил P_n и P_0 на поддерживающую и ограждающую части крепи. В свою очередь, силы P_n и P_0 являются равнодействующими нормальных сил и сил трения (рисунок 6). Точка О пересечения равно-

действующей с осью ВСЕ гидростойки определяет линию действия реакции в шарнире $R_{ш}$.

Разложением силы R находятся реакции гидростоек R_c и $R_{ш}$ шарнира.

Для крепей ограждающе-поддерживающего типа при опирании ограждения не на один шарнир, а на два рычага составляется уравнение моментов от сил R и R_c относительно точки О, полученной пересечением линий действия сил С и Д (рисунок 7).

Из уравнения моментов определяется

$$R_c = \frac{Rh_1}{h_2}. \tag{17}$$

Далее из многоугольника сил находятся С и Д.

Определим параметры силовых элементов секции крепи ограждающе-поддерживающего типа при передвижении с остаточным подпором.

В отличие от существующих крепей ограждающего типа распор ограждающе-поддерживающих крепей производится податливыми стойками. Это позволяет регулировать высоту секции крепи в зависимости от вынимаемой мощности слоев.

При работе таких крепей на нижних слоях возможна деформация угольной пачки. Для исключения вывала угля у груди забоя при передвижении и обеспечения устойчивости секции в конструкции необходимо предусмотреть подресоренный козырек.

В целях выбора параметров силовых элементов секции данного исполнения рассмотрим процесс ее передвижения с остаточным распором стоек, представленной на рисунке 7.

Дифференциальные уравнения движения секций (рисунок 8) таковы:

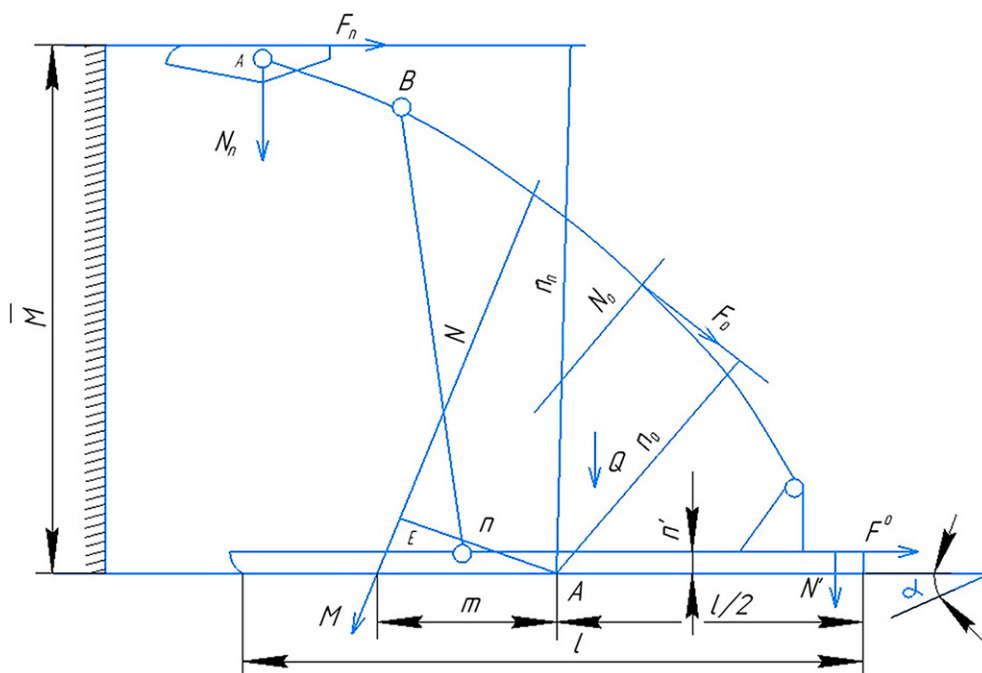


Рисунок 5 – Определение момента опрокидывающих сил, действующих на секцию

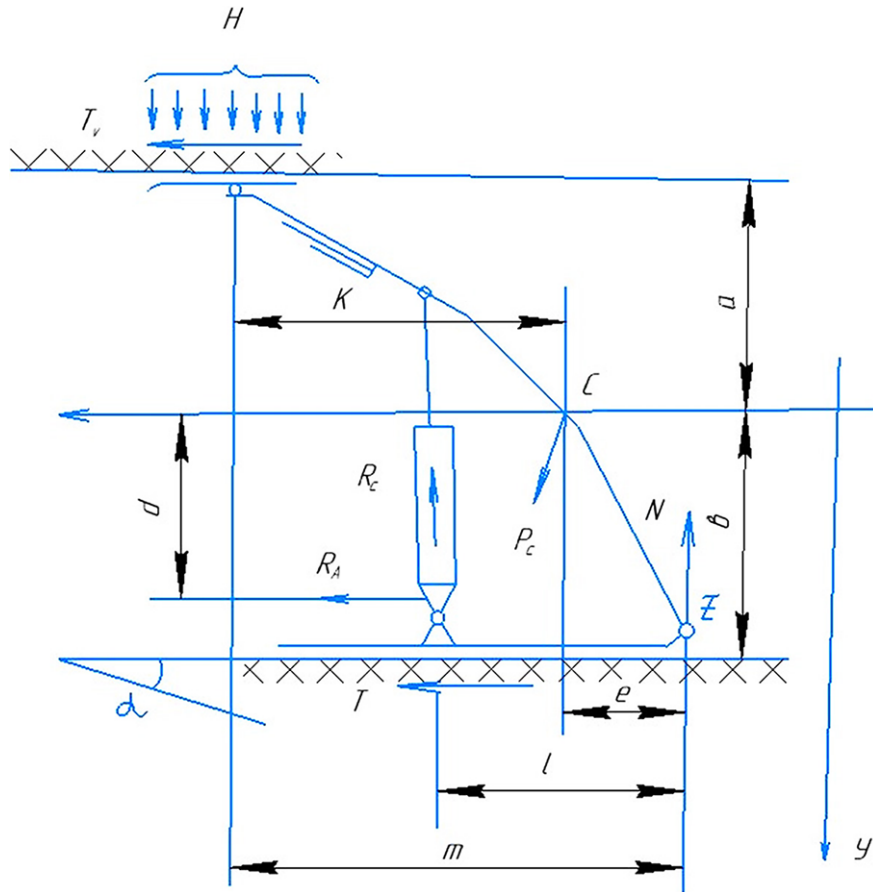


Рисунок 8 – Расчетная схема для определения усилий передвижки секций в зависимости от нагружения

$$M_c \frac{d^2 X_c}{dt^2} = P_A - (T_v + T) - P_c \sin \alpha_1, \quad (18)$$

$$M_c \frac{d^2 Y_c}{dt^2} = P_c \cos \alpha_1 - N + H_1, \quad (19)$$

$$I_c = \frac{d\omega}{dt} = -P_A \cdot d - T_v \cdot a b + T \cdot b + N \cdot e + H_1 k, \quad (20)$$

где H_1 – сила сопротивления козырьков кровле, кН/м²; P_c – вес секции, кН; P_A – усилие передвижения, кН; T_v – сила трения козырька по кровле, кН; T – сила трения основания по почве, кН; M_c – масса секции, кг; α_1 – угол падения пласта, град; N – реакция почвы, кН; f – коэффициент трения стали по углю; I_c – момент инерции секции относительно оси, проходящей через центр тяжести и перпендикулярной к плоскости хоу, м; C – центр тяжести секции.

Принимаем, что секция движется по прямой линии (рисунок 8). Ось проходит через центр тяжести секции, следовательно, из уравнения (19) имеем

$$N = H_1 + P_c \cos \alpha_1. \quad (21)$$

Из уравнения (18) получим

$$\frac{d^2 X_c}{dt^2} = \frac{1}{M_c} [P_A - (T_v + T) - P_c \sin \alpha_1],$$

$$\frac{dX_c}{dt} = \frac{t}{M_c} [P_A + P_c \sin \alpha_1 - (T_v + T)] + C_c.$$

Известно, что при $t=0$ $V_p^c = 0$, следовательно, $C_1 = 0$,

$$X_c = \frac{t}{2M_c} [P_A + P_c \sin \alpha_1 - (T_v + T)] + C_2,$$

при $t=0$ $X_c = 0$, поэтому $C_2 = 0$. Тогда:

$$X_c = \frac{t^2}{2M_c} [P_A + P_c \sin \alpha_1 - (T_v + T)], \quad (22)$$

$$X_c = \frac{gt^2}{2P_c} [P_A - (T + T_v - P_c \sin \alpha_1)].$$

При $\alpha_1 = 0$

$$X_c = \frac{gt^2}{2P_c} [P_A - (T_v + T)],$$

при $\alpha_1 < 0$

$$X_c = \frac{gt^2}{2P_c} [P_A - (T_v + T) + P_c \sin \alpha_1].$$

Из уравнения (20) имеем

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{I_c} (-P_A \cdot d - T_v a + T \cdot b + Ne + H_1 k),$$

$$\omega = \frac{t}{I_c} (Tb + Ne + H_1 k - P_A d - T_v a) + C_3.$$

При $t=0$ $\omega_0 = 0$, следовательно, $C_3 = 0$.

Кроме того, $\omega = 0$, так как движение является прямолинейным.

Окончательно

$$Tb + Ne + H_1k - T_v a = P_A d.$$

Отсюда

$$P_A = \frac{T \cdot b + N \cdot e + H_1 \cdot k - T_v \cdot a}{d}. \quad (23)$$

Для установления места приложения реакции почвы составляем уравнение моментов относительно точки О:

$$\sum M_z = P_c e + H_1(k + e) - T_v(a + d) + T(b - d) \quad (24)$$

и, учитывая, что

$$T_v = H_1 \cdot f; \quad T = (H_1 + P_c)f, \quad (25)$$

имеем

$$e = \frac{H_1 \cdot f(a + d) - (H_1 + P_c) \cdot f \cdot (b - d) - H_1 k}{P_c + H_1}.$$

Подставляя значения плеч и принимая $f = 0,3$, находим $H = 147$ кН, $e = -0,84$ м.

Тогда

$$P_A = \frac{(H_1 + P_c)fb - (H_1 + P_c \cos \alpha_1)e + H_1k + Hfa}{d}. \quad (26)$$

В заключение можно отметить, что усилие пе-

редвижения P_A повышается с увеличением нагружения и веса секции и уменьшается с увеличением угла падения пласта α_1 .

Выводы. Установлено, что крепь должна быть управляемой в плоскости пласта и в плоскости, перпендикулярной к его залеганию, и обеспечивающей направленное передвижение ее секции вслед за продвижением забоя. Таким образом, удельное сопротивление крепей поддерживающего типа (среднее) q должно приниматься в зависимости от мощности пластов в пределах: $m \ll 1$ м, $q \gg 200$ кН/м³; $m = 1-2$ м, $q \gg 300$ кН/м²; $m > 2$ м, $q \gg 400$ кН/м². Удельное сопротивление поддерживающих частей (среднее) крепей огражденно-поддерживающего типа применительно к условиям с легкообрушаемыми кровлями, слабыми углями и неглубоким залеганием от поверхности должно быть не менее 200 кН/м².

Высота и раздвижность стоек крепи должны соответствовать мощности пласта и принимаются в зависимости от фактических величин колебания мощности в пределах выемочного столба. Кроме того, при выборе минимального и максимального размера крепи по высоте учитывается величина опускания кровли и запас податливости крепи на разгрузку.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абдугалиева Г.Б. Гравитациялық көмірді өндірудегі технологиялық машиналардың көрсеткіштері мен үрдістерін зерттеу: Учеб. пособие. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2020. – 90 с.
2. Абдугалиева Г.Б., Окимбаева А.Е., Кайназаров А.К., Ногаев К.А. Тазалау кенжарының негізгі жабдықтары: Оқу құралы. – Қарағанды: ҚарТУ баспасы, 2021. – 80 б.
3. Тир И.Д. и др. Расчет и выбор оборудования механизированного комплекса для механизации очистных работ на угольных шахтах: Учебное пособие. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2014. – 106 с.
4. Тарасов В.М., Буялич Г.Д., Тарасов Д.В., Тарасова Н.И. Геомеханические процессы в горном массиве, боковых породах лавы и взаимодействие их с секциями механизированной крепи нового типа: подвижный гидравлический клапан в боковых породах и замок в капсуле термодинамического баланса // Уголь. 2017. – С. 219-225.
5. Буялич Г.Д., Тарасов В.М., Тарасова Н.И. Взаимодействие секции механизированной крепи с боковыми породами как давление сползающих призм по гипотезе П.М. Цимбаревича. Развитие гипотезы до концепции // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2014. № 2. – С. 114-120.
6. Буялич Г.Д., Тарасов В.М., Тарасова Н.И. Инновационный подход к вопросам монтажа и эксплуатации секции механизированной крепи // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2013. № 11. – С. 115-126.
7. Буялич Г.Д., Тарасов В.М., Тарасова Н.И. Повышение безопасности работ при взаимодействии секций механизированных крепей с кровлей в призабойном пространстве лавы // Вестник Научного центра по безопасности работ в угольной промышленности. 2013. № 12. – С. 130-135.
8. Бейсембаев К.М., Дёмин В.Ф., Жетесов С.С. и др. Практические и исследовательские аспекты разработки горных машин в 3D: Монография. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2012. – 135 с.
9. Бейсембаев, К.М. Тау-кен машиналарды 3D әдісімен автожобалау: Оқулық. – Қарағанды: ҚарМТУ, 2014. – 141 б.
10. Юнгмейстер Д.А. Горные машины и оборудование. Машины и оборудование подземных горных работ // Учебно-методический комплекс / Санкт-Петербургский горный университет. СПб, 2017. – 117 с.

Механикаландырылған бекітпелер элементтеріне жүктемелерді анықтау

¹НИКОНОВА Татьяна Юрьевна, т.ф.к., доцент, nitka82@list.ru,

¹ЖЕТЕСОВ Сантай Сулейменович, т.ф.д., профессор, s.zhetesov@bk.ru,

¹*АБДУГАЛИЕВА Гульнур Баймурзаевна, т.ф.к., доцент, gulnura84@mail.ru,

¹БАЙМУЛЬДИН Мурат Муратович, докторант, murat_owl@mail.ru,

¹САВЕЛЬЕВА Надежда Александровна, докторант, n.a.savelyeva@gmail.com,

¹«Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» КеАҚ, Қазақстан, Қарағанды, Н. Назарбаев даңғылы, 56,

*автор-корреспондент.

Аңдатпа. Мақалада авторлармен шатыр астындағы көмір қабатының механикасына зерттеулер жүргізілді. Бұл жағдайда массивтің қозғалысы қазу функциялары бар механикаландырылған бекітпенің реакциясын ескере отырып анықталды. Бір тіректі және көп тіректі бекітпелер үшін тірек элементтеріне жалпы жүктеме анықталды. Сондай-ақ бекітпенің гидравликалық тіректерінің жұмыс кедергісін анықтау және оны есептеу келтірілген. Қалдық тірекепен қозғалу кезінде тірек-тірек түрінің тірек бөлігінің қуат элементтерінің параметрлері орнатылды. Бекітпе қабатының жазықтығында және оның төселуіне перпендикуляр жазықтықта басқарылуы және оның секциясының бағытталған қозғалысын қамтамасыз етуі туралы жұмыс жағдайын сақтау үшін кенжардың жылжуынан кейін бекітпе тіректерінің биіктігі мен жылжуы қабатының қуатына сәйкес келуі және алу бағанының шегінде қуаттың ауытқуының нақты шамаларына байланысты қабылдануы тиіс екенін ескеру қажет.

Кілт сөздер: деформация, бекіту кедергісі, жүктеме, бөлім, механикаландырылған бекіту, лава, көмір қорасы, үйкеліс күші, кернеу функциясы, тұрақтылық, бекіту элементтері.

Determination of Loads on the Elements of Mechanized Supports

¹NIKONOVA Tatyana, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, nitka82@list.ru,

¹ZHETESSOV Santay, Dr. of Tech. Sci., Professor, s.zhetesov@bk.ru,

¹*ABDUGALIEVA Gulnur, Cand. of Tech. Sci., Associate Professor, gulnura84@mail.ru,

¹BAIMULDIN Murat, doctoral student, murat_owl@mail.ru,

¹SAVELYEVA Nadezhda, doctoral student, n.a.savelyeva@gmail.com,

¹NPISC «Abylqas Saginov Karaganda Technical University», Kazakhstan, Karaganda, N. Nazarbayev Avenue, 56,

*corresponding author.

Abstract. In the article, the authors conducted a study of the mechanics of the underlying coal bed. At the same time, the movements of the array are determined taking into account the reactions of the mechanized support with excavation functions. The total load on the supporting elements for single-support and multi-support supports is determined. The definition of the working resistance of the hydraulic support struts is also given and its calculation is given. In order to comply with the working condition that the support must be controlled in the plane of the formation and in the plane perpendicular to its occurrence, and to ensure the directional movement of its section following the movement of the face, it is necessary to take into account that the height and extensibility of the support struts must correspond to the power of the formation and be taken depending on the actual values of power fluctuations within the excavation column.

Keywords: deformation, resistance of the support, load, section, mechanized support, lava, coal pack, friction forces, stress function, stability, support elements.

REFERENCES

1. Abdugalieva G.B. Gravitasiyalıq kömirdegi tehnologiıalyq maşinalardıń körsetkişteri men ürdisterin zertteu: uchebnoe posobie [Study of indicators and trends of technological machines in the extraction of gravity coal]. Karaganda: Publ. KarGTU, 2020, 90 p.
2. Abdugalieva G.B., Okimbaeva A.E., Kajnazarov A.K., Nogaev K.A. Tazalau kenjarynyń negizgi jabdyqtary: Oqu qūraly [Main equipment of the cleaning face: training manual]. Karagandy: Publ. KarTU, 2021. 80 p.
3. Tir I.D. i dr. Raschet i vybor oborudovaniya mekhanizirovannogo kompleksa dlya mekhanizacii ochistnyh rabot na ugol'nyh shahtah: Uchebnoe posobie [Calculation and selection of equipment for a mechanized complex for the mechanization of cleaning operations in coal mines: Tutorial]. Karaganda: Publ. KarGTU, 2014, 106 p.
4. Tarasov V.M., Buyalich G.D., Tarasov D.V., Tarasova N.I. Geomekhanicheskie processy v gornom massive, bokovyh porodah lavy i vzaimodejstvie ih s sekcıyami mekhanizirovannoj krepı novogo tipa: podvizhnyj gidravlicheskiy klapan v bokovyh porodah i zamok v kapsule termodinamicheskogo balansa [Geomechanical processes in the rock massif, lava side rocks and their interaction with sections of a powered roof support of a new type: a movable hydraulic valve in the side rocks and a lock in the thermodynamic balance capsule]. Publ. Ugol'. 2017, pp. 219-225.
5. Buyalich G.D., Tarasov V.M., Tarasova N.I. Vzaimodejstvie sekcii mekhanizirovannoj krepı s bokovymi porodami kak davlenie spolzayushchih prizm po gipoteze P.M. Cimbarevicha. Razvitie gipotezy do koncepcii [Interaction of a section of powered roof support with side rocks as a pressure of sliding prisms according to the hypothesis of P.M. Tsimbarevich. Development of a hypothesis to a concept]. Vestnik Nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. 2014, no. 2, pp. 114-120.
6. Buyalich G.D., Tarasov V.M., Tarasova N.I. Innovacionnyj podhod k voprosam montazha i ekspluatacii sekcii mekhanizirovannoj krepı [An innovative approach to the issues of installation and operation of the powered roof support section]. Vestnik Nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. 2013, no. 11, pp. 115-126.
7. Buyalich G.D., Tarasov V.M., Tarasova N.I. Povyshenie bezopasnosti rabot pri vzaimodejstvii sekcij mekhanizirovannyh krepı s krovlej v prizabojnom prostranstve lavy [Improving the safety of work in the interaction of sections of powered roof supports with the roof in the bottomhole area of the lava]. Vestnik Nauchnogo centra po bezopasnosti rabot v ugol'noj promyshlennosti. 2013, no. 13, pp. 130-135.
8. Bejsembaev K.M., Dyomin V.F., Zhetesov S.S. i dr. Prakticheskie i issledovatel'skie aspekty razrabotki gornyh mashin v 3D: Monografiya [Practical and research aspects of the development of mining machines in 3D]. Karaganda: Publ. KarGTU, 2012. 135 p.
9. Bejsembaev, K.M. Tau-ken maşinalardy 3D ädisimen avtojobalau: Oqulyq [3D car design of mining machines]. Karaganda: Publ. KarGTU, 2014, 141 p.
10. Yungmejster D.A. Gornye mashiny i oborudovanie. Mashiny i oborudovanie podzemnyh gornyh rabot. Uchebno-metodicheskij kompleks [Machinery and equipment for underground mining]. Sankt-Peterburgskij gornyj universitet. Saint Petersburg, 2017, 117 p.