

С.С.Гребенкин, д.т.н., проф., ДонГУУ
В.Н.Павлыш, д.т.н., проф., зав.каф. ДонНТУ
В.И.Зензеров, к.т.н., доц., ДонНТУ

ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ СЕКЦИЙ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ АВАРИЙНОСТИ ПРИ ОТРАБОТКЕ НАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ ПЛАСТОВ

Рассмотрена задача разработки системы устойчивости секций механизированных крепей, обеспечивающей повышение эффективности отработки наклонных угольных пластов за счет снижения числа опрокидываний или сползания секций.

Розглянуто завдання розробки системи стійкості секцій механізованого кріплення, що забезпечує підвищення ефективності відробітку похилих вугільних пластів за рахунок зниження числа перекидань або сповзання секцій.

The task of system engineering of stability of sections mechanized timbers, efficiency of working off of oblique mining layers providing increase at the expense of lowering of number of overthrow or slipping of sections is considered.

Состояние вопроса. Механизированная крепь, как одна из основных машин очистного комплекса, в значительной мере определяет его надежность, управляемость и безопасность работы. В этой связи разработка системы устойчивости секций механизированных крепей при отработке наклонных угольных пластов в условиях повышения нагрузок на очистительной забой, является актуальной задачей.

Цель работы – разработка структуры и принципов функционирования системы устойчивости секций механизированных крепей при отработке наклонных угольных пластов.

Впервые разработана конструкция и методика расчета параметров системы, обеспечивающей повышение устойчивости и направленности передвижения секций механизированных крепей на наклонных пластах.

На основании анализа исследований установлено, что одним из основных факторов, сдерживающих эффективное применение механизированных крепей на наклонных угольных пластах, являются недостаточная боковая устойчивость и неэффективная обеспеченность направленности (до 56% общего времени простоя крепи связано с потерей устойчивости и обеспечения направленности движения секций).

Доказано, что использование различных способов и средств обеспечения устойчивости и направленности передвижения секций крепи требует введения дополнительных элементов в их конструкцию и гидросистему. Для обеспечения увеличения скорости крепления лавы необходима разработка новых функциональных схем гидропривода с улучшенными характеристиками их параметров.

Содержание и результаты работы. В данной работе рассматривается методика аналитической оценки устойчивости и обеспечения направленности передвижения секций механизированной крепи на наклонных пластах, суть которой сводится к следующему.

На пространственное положение секции и скорость ее передвижения оказывают влияние большое количество факторов, основными из которых являются: наклонные составляющие веса секции крепи, положение центра ее тяжести, составляющие тягового усилия гидродомкрата, активный удерживающий момент, создаваемый системой

устойчивости, величина подпорного усилия при передвижении с подпором, усилия взаимодействия в межсекционных связях балок и оснований, пригрузка пород кровли на перекрытие секции, вдавливание основания в почву пласта и др. [2]. Определим запас устойчивости секций крепи в процессе однократного передвижения. Момент, удерживающий секцию крепи от опрокидывания, равен:

$$\sum M_{y\delta} = M_G^{y\delta} + M_{подн}^{y\delta} + M_{взаим}^{y\delta} + M_{акт}^{y\delta} , \quad (1)$$

где $M_G^{y\delta}$ – удерживающий момент от составляющей веса секции крепи;

$M_{подн}^{y\delta}$ – удерживающий момент от подпорного усилия;

$M_{взаим}^{y\delta}$ – момент от взаимодействия в межсекционных связях;

$M_{акт}^{y\delta}$ – активный удерживающий момент, создаваемый механизмом устойчивости.

Момент, опрокидывающий секцию крепи, складывается из моментов от составляющих веса M_G^{onp} и тягового усилия гидродомкрата передвижения $M_{зд}^{onp}$:

$$\sum M_{onp} = M_G^{onp} + M_{зд}^{onp} . \quad (2)$$

Моменты от составляющих веса крепи равны:

$$\begin{aligned} M_G^{y\delta} &= Gl_B \cos \alpha \\ M_G^{onp} &= GH_m \sin \alpha \end{aligned} \quad (3)$$

где G – вес секции крепи с пригрузкой;

α – угол падения пласта;

l_B – плечо восстанавливающего момента, с учетом ширины основания, равной l и смятия пород почвы под нижним (со стороны падения пласта) ребром основания на величину Δb (в расчетах принимается равной 0,05м) равно:

$$l_B = \frac{l}{2} - \Delta b , \quad (4)$$

$H_{цм}$ – высота центра тяжести системы "секция крепи – кровля"; при слабых кровлях рассчитывается с учетом массы отслоившейся породы высотой $h_{кр}=0,5\div 0,7$ м:

$$H_{цм} = \frac{G_c H_{цм}^c + G_{кр} H_{цм}^{кр}}{G} , \quad (5)$$

где G_c – вес секции крепи;

$H_{цм}^c$ – высота центра тяжести секции;

$G_{кр}$ – вес отслоившейся породы кровли плотностью γ равен:

$$G_{кр} = h_{кр} L_1 L_2 \gamma , \quad (6)$$

где L_1 – шаг установки секций крепи;

L_2 – ширина поддерживаемого крепью призабойного пространства;

$H_{ум}^{кр}$ – высота центра тяжести отслоившейся кровли, находящейся на перекрытии секции высотой H :

$$H_{ум}^{кр} = H + \frac{h_{кр}}{2}. \quad (7)$$

Отметим, что передвижение секций крепи с подпором, способствует повышению устойчивости секций на наклонных пластах. Удерживающий момент от подпорного усилия T_n равен:

$$M_{подп}^{уд} = T_n(l_b + f_{кр}H), \quad (8)$$

где $f_{кр}$ – коэффициент трения перекрытия о кровлю.

Максимальная величина усилия подпора кровли определяется из условия обеспечения движения секции крепи усилием, развиваемым гидродомкратом передвижения. Горизонтальная составляющая тягового усилия гидродомкрата S_r , равная силам сопротивления передвижению секции крепи, определяется из выражения:

$$S_r = G \cos \alpha f_n + T_n f_n + T_n f_{кр} + (T_1 + T_2) f_{tp} + R_y f_{tp} + S_b f_n, \quad (9)$$

где $f_n, f_{кр}, f_{tp}$ – соответственно, коэффициенты трения основания о почву, перекрытия о кровлю пласта и коэффициент трения в межсекционных связях;

T_1, T_2 – усилия взаимодействия секции с элементами крепи. Количественная оценка усилий T_1 и T_2 производится согласно формул (19) и (23);

R_y – реакция опоры рычага механизма устойчивости;

S_b – вертикальная составляющая тягового усилия гидродомкрата.

Авторами получены выражения для составляющих S_r, S_b и тягового усилия гидродомкрата Q в зависимости от конструктивных параметров и величины рассогласования в уровнях основания секции крепи и конвейера. Учитывая, что тяговое усилие гидродомкрата не может быть более максимальной величины усилия передвижения, заложенного в конструкцию, находим максимальную величину усилия подпора кровли:

$$T_n \max = \frac{\pi/4 [P_2(D_b^2 - d^2) - P_3 D_b^2] \eta (\cos \beta_u - f_u \sin \beta_u)}{\cos(\beta_u - \gamma_\delta) (f_n + f_{кр})} - \frac{[G \cos \alpha f_n + (T_1 + T_2 + R_y) f_{tp}] \cos(\beta_u - \gamma_\delta)}{(f_n + f_{кр})}, \quad (10)$$

где P_2 и P_3 – соответственно давления рабочей жидкости в штоковой и поршневой полостях гидродомкрата;

D_b и d – соответственно внутренний диаметр цилиндра и диаметр штока гидродомкрата;

η – объемный КПД (при уплотнениях резиновыми манжетами $\eta=1$);

β_u – угол отклонения цепи от горизонтальной оси в вертикальной плоскости;

γ_δ – угол отклонения оси гидродомкрата от оси отверстия для установки в вертикальной плоскости.

Опрокидывающий момент от вертикальной составляющей тягового усилия гидродомкрата равен:

$$M_{\text{зд}}^{\text{оп}} = S_b(l_1 - \Delta b), \quad (11)$$

где l_1 – расстояние от оси гидродомкрата до нижнего по падению пласта ребра основания.

Вертикальная составляющая тягового усилия гидродомкрата S_B равна:

$$S_B = S_r t_d \arcsin \frac{a}{l_{\text{цепи}}}, \quad (12)$$

где a – рассогласование по уровням между осью гидродомкрата и осью крепления цепи на кронштейне конвейера;

$l_{\text{цепи}}$ – длина цепи, соединяющей секцию крепи с конвейером.

Удерживающий момент, возникающий при взаимодействии секции с элементами конструкции комплекса:

$$M_{\text{взаим}}^{\text{уд}} = T_1 h_1 + T_2 f_{\text{тр}}(l - \Delta b), \quad (13)$$

где h_1 – плечо силы T_1 .

При сползании конвейера по падению пласта происходит разворот направляющих балок вокруг точки O_1 . Условие удержания конвейера имеет вид:

$$(G_{\text{кон}} \sin \alpha - G_{\text{кон}} \cos \alpha f_n) l_Q \leq R_A l_A + R_B l_B, \quad (14)$$

Где

$G_{\text{кон}}$ – масса конвейера и направляющих балок, приходящаяся на одну боковую рессору;

l_Q – расстояние от центра тяжести выдвигаемого оборудования до точки разворота;

R_A, R_B – реакции рессоры в точках контакта с основанием секции крепи;

l_A, l_B – плечи реакций.

Активный удерживающий момент $M_{\text{акт}}^{\text{уд}}$ рассчитывается для конкретного конструктивного исполнения механизма устойчивости. Анализ существующих средств обеспечения боковой устойчивости секций крепи на наклонных пластах позволяет выделить перспективные и широко применяемые конструкции механизмов устойчивости. Ниже приведена предложенная автором методика расчета активного удерживающего момента для этих конструкций.

Схема механизма устойчивости, состоящего из гидропатрона и рычага, шарнирно закрепленного на буфере стойки, приведена на рисунке а.

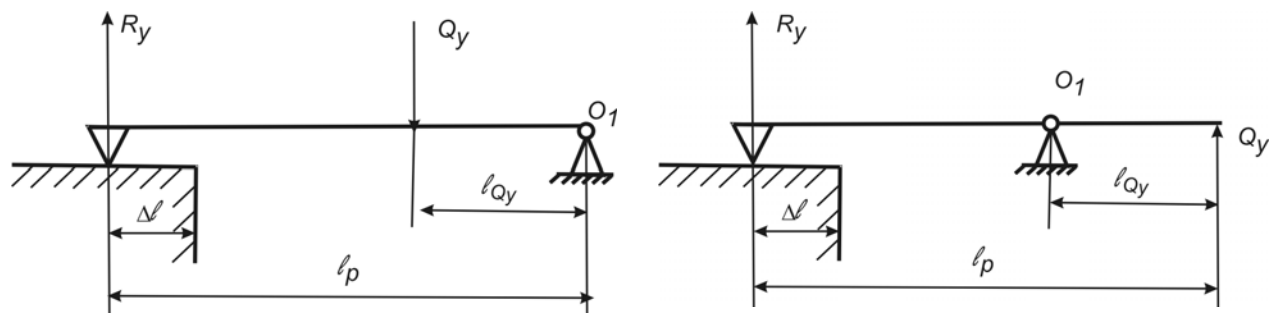


Рисунок – Схемы механизмов устойчивости:

а – механизм устойчивости секции закреплен на буфере стойки;

б – механизм устойчивости закреплен на основании секции

Реакция R_y в точке опоры рычага механизма устойчивости равна:

$$\begin{aligned} R_y l_p - Q_y l_Q &= 0 \\ \sum M_{O1} &= 0; \quad R_y = Q_y \frac{l_Q}{l_p} = Q_y K_c, \end{aligned} \quad (15)$$

где Q_y – усилие, развиваемое гидропатроном механизма устойчивости;
 l_Q – расстояние от оси крепления рычага до оси гидропатрона;
 l_p – длина рычага;
 K_c – коэффициент, учитывающий связь между усилием в гидропатроне и реакцией в точке опоры рычага.

Удерживающий момент при опоре рычага на направляющую балку:

$$M_{акт}^{y\delta} = R_y l_y = Q_y \frac{l_Q}{l_p} (L_1 - l - l_b + \Delta l + \Delta b), \quad (16)$$

где Δl – расстояние от края балки до точки опоры рычага.

Удерживающий момент при опоре рычага на основание соседней секции:

$$M_{акт}^{y\delta} = R_y L_1 = Q_y \frac{l_Q}{l_p} L_1, \quad (17)$$

Для конструкции механизма устойчивости с рычагом, шарнирно закрепленном на основании секции (рис. 3б), удерживающий момент равен:

$$M_{акт}^{y\delta} = Q_y \frac{l_Q}{l_p - l_Q} (L_1 - l - l_b + \Delta l + \Delta b), \quad (18)$$

Запас устойчивости секции крепи в процессе однократного перемещения равен отношению моментов удерживающего $\sum M_{y\delta}$ и опрокидывающего $\sum M_{опр}$ секцию. С учетом формул (1), (2), (3), (8), (11) и (13) получим выражение для запаса устойчивости:

$$n = \frac{Gl_b \cos \alpha + T_n(l_b + f_{kp}H) + T_1 h_1 + T_2 f_{TP}(l - \Delta b) + Q_y l_y K_c}{GH_{ит} \sin \alpha + S_r(l_1 - \Delta b)t \arcsin \frac{a}{l_{цети}}}, \quad (19)$$

Выводы. Разработаны комплекс аналитических зависимостей и методика оценки устойчивости секций механизированной крепи с учетом конструктивных параметров, горно-геологических условий эксплуатации и технологии передвижения ее секций.

В сложных горно-геологических условиях рекомендуется передвижение секций механизированной крепи с подпором и секционированным питанием гидропатронов системы устойчивости. Выполнение этих условий повышает эффективность и надежность работы крепи в целом.

Литература:

1. Математическое моделирование и расчет параметров систем угольных шахт и забойного оборудования: [моногр.] / [Гребенкин С.С., Павлыш В.Н., Агафонов А.В., Косарев В.В., Радченко В.В., Рябичев В.Д., Глебов В.П., Зензеров В.И., Егурнов А.И.]; под общей редакцией Гребенкина С.С. и Косарева В.В. – Донецк: «ВИК», 2007.- 263 с.
2. Основы создания и эффективной эксплуатации систем жизнеобеспечения очистного оборудования для угольных шахт: [моногр.] / [С.С. Гребенкин, В.В. Косарев, С.Е. Топчий, Н.И. Стадник, В.И. Зензеров, В.В. Стеблин, Б.А. Перепелица, В.Н. Поповский]; под общей редакцией Гребенкина С.С. и Косарева В.В. – Донецк: «ВИК», 2009. – 372 с.

S.S. GREBYONKIN, Dr. Sci., Professor of DSMU
V.N. PAVLYSH, Dr. Sci., Professor, Head of Department
V.I. Zenzerov, Associate Professor of DNTU

**IMPROVING STABILITY OF POWERED SUPPORT SECTIONS FOR REDUCING
ACCIDENTS DURING INCLINED COAL SEAMS MINING**

STABILITY, MECHANIZE SUPPORT, SECTION, TUMBLING, HYDRAULIC SYSTEM