

УДК 622.285

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНОЙ СХЕМЫ И КИНЕМАТИКИ СЕКЦИЙ ЩИТОВЫХ КРЕПЕЙ НА ИХ ТЕХНИЧЕСКИЙ УРОВЕНЬ

Гуляев К.В., канд. техн. наук.

Донецкий государственный технический университет

Показано влияние конструктивной схемы и кинематики секций щитовых крепей на их силовые характеристики, нагруженность и материалоемкость. Дана оценка применимости двухстоечных и четырехстоечных крепей в условиях Донецкого бассейна

Influence of the structural and kinematic schemes of the shield support units on its power characteristics, loading and material capacity are shown. Estimation of adaptability of the two-propped and four-propped supports at the conditions of Donetsk Basin are given.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Для Украины актуальной проблемой является создание и эффективное применение ЩМК поддерживающе-оградительного типа (ПО) на базе шарнирного четырехзвенника, способных обеспечить высокопроизводительную и безопасную отработку пологих пластов с малоустойчивыми породами непосредственной кровли, доля которых в Донецком бассейне составляет 70%.

Анализ исследований и публикаций. Для отработки пологих пластов мощностью 0,85 – 2,6 м с кровлями легкими, средними и тяжелыми по проявлению горного давления (в том числе и с малоустойчивой непосредственной кровлей) Донгипроуглемашем (Украина) созданы адаптированные к условиям Донецкого бассейна четырехстоечные двухрядные ЩМК ПО-(2+2) типов КД90 и КД90Т и двухстоечные однорядные ПО-(0+2) типа КДД, ДМ, ДТ [1].

В России институтом ПНИУИ разработаны четырехстоечные двухрядные ЩМК для очистных комплексов КБТ и 1МК85Б и двухстоечные однорядные – ПО-(0+2) типа КМ500, КМ700/800, 4КМ144К и др. Известны также опыт разработки и эксплуатации двухрядных двухстоечных ЩМК типов МК, МКМ и МК75Б с секциями ПО – (1+1), в которых обе стойки наклонены на забой [2].

Институтом Гипроуглемаш созданы ЩМК ПО для комплексов КМ137, КМ138, КМ142 и КМ 144. В последние годы основным направлением работ по развитию ЩМК является разработка и создание семейства современных крепей для пластов мощностью 1,3 – 6,0 м, с однорядными двухстоечными секциями ПО $-(0+2)$, с шагом установки 1,5, 1,75 и 2 м, обеспечивающих скорость крепления до 15 м/мин в любых условиях по устойчивости кровли и по тяжести проявления горного давления, с высокой надежностью работы и сроком службы не менее 10 лет без капитального ремонта [3].

Для отработки пластов мощностью от 0,6 до 6,0 м с полным обрушением кровли зарубежными фирмами производятся в основном двухстоечные однорядные крепи ПО- $(0+2)$ и в значительно меньшем типаже – ПО- $(2+2)$.

Некоторые типы ЩМК зарубежных фирм (М137, МК75, КМ500 – Россия, Глиник-055/15, Глиник-08/22 – Польша, MVPO2800-09/24 – Чехия и др.) применяются на шахтах Донецкого бассейна с неодинаковой степенью эффективности. Известны также случаи массовых разрушений в крепях МК75, М137 тяжело нагруженных четырехзвенных механизмов связи ограждения с основанием секций и верхних шарниров связи ограждений с перекрытиями в период посадок основной кровли [4].

Это подтверждает необходимость проверки соответствия условиям эксплуатации конструктивной схемы секций крепи, ее силовых и кинематических параметров и технологической схемы работы. Аналогичные задачи необходимо решать на стадии проектирования и оптимизации ЩМК с учетом эксплуатационных требований и особенностей конструкции их секций.

При создании первых ЩМК типа МК было отмечено, что четырехзвенный механизм является весьма ответственным узлом секции крепи, а обусловленные им кинематические параметры определяют силовые параметры и характер взаимодействия ее с боковыми породами [2]. В работах немецких специалистов отмечались наряду с достоинствами однорядных двухстоечных крепей и существенные их недостатки – зависимость сопротивления крепи от коэффициента раздвижности, изменение в широких пределах нагрузок в рычагах шарнирного четырехзвенника и значительное влияние переменной нагруженности на массу секции [5, 6].

Постановка задачи. Несмотря на определенные успехи в области разработок, испытаний и промышленной эксплуатации ЩМК,

среди специалистов нет единого мнения о приоритетности применения крепей с секциями ПО-(0+2) и ПО-(2+2) с учетом присущих им достоинств и недостатков. До последнего времени не были известны математические модели и методики для системного исследования кинематики щитовых крепей, ее влияния на изменчивость их рабочего сопротивления и формирование внутрисекционных нагрузок, недостаточно изучены рабочие процессы ЦМК с учетом особенностей конструктивных, кинематических и силовых параметров секций крепи.

Изложение материала и результаты. На кафедре горных машин ДонНТУ разработаны модели «кинематика ЦМК» [7] и модели функционирования системы «ЦМК-БП» [8, 9]. На базе этих моделей выполнены исследования рабочих процессов, в том числе исследования кинематики ЦМК и изменчивости их рабочего сопротивления опусканию кровли с учетом особенностей конструктивных схем секций крепи и их кинематических паспортов: В1, В2, В3, В4 [10].

Результаты исследований кинематических паспортов 47 типов ЦМК отечественного и зарубежного производства представлены в табл. 1.

Анализ данных табл. 1 показывает, что в исследованных крепях с секциями ПО-(0+2) (30 ЦМК) чаще всего параметры механизма связи (МС) обуславливают траектории шарнира $M_o(M)$ вида В1а и вида В1б (без точек перегиба) – 12 ЦМК и вида В3а (с одной точкой перегиба) – 11 типов ЦМК.

В крепях с секциями ПО-(2+2) (14 ЦМК) преобладают МС, формирующие траектории видов В3а и В3в (с двумя точками перегиба). В крепях с секциями ПО-(1+1) (3 ЦМК) установлено по одному виду траекторий шарнира М: вида В2 (1МК), В3б (1МКМ) и В4 (МК75Б).

Вид траектории шарнира $M_o(M)$ зависит от комплекса конструктивных параметров четырехзвенника и определяет вид кинематического паспорта крепи [7]. Под кинематическим паспортом понимается не только вид траектории шарнира М и годограф мгновенного центра вращения ограждения, но и полный комплект кинематических характеристик, необходимых для определения силовых параметров и исследования рабочего процесса крепи.

В качестве представительных объектов исследования кинематики, рабочего сопротивления и внутрисекционных нагрузок приняты ЦМК ПО-(0+2) типов 2КДД и КМ500 и ПО-(2+2) типа КД90.

Таблиця 1 – Класифікація ЦМК по типу конструктивних схем секцій и виду траєкторії шарнира $M_0(M)$

Схема секції	Типи ЦМК с траєкторією шарнира $M_0(M)$ вида:						
	B1a	B1b	B2	B3a	B3b	B3в	B4
	$0^\circ \leq \bar{\gamma}_M \leq 4^\circ$ $+\Delta X_M$	$4^\circ \leq \bar{\gamma}_M \leq 9^\circ$ $+\Delta X_M$	$\bar{\gamma}_M > 0$ $+\Delta X_M$	$\gamma_M > 0$ $+\Delta X_M$ $\gamma_M < 0$ $-\Delta X_M$	$\gamma_M < 0$ $-\Delta X_M$ $\gamma_M > 0$ $+\Delta X_M$	$\gamma_M > 0$ $+\Delta X_M$ $\gamma_M < 0$ $-\Delta X_M$ $+\Delta X_M$	$\gamma_M < 0$ $-\Delta X_M$
ПО – (0+2)	1КДД M137 Ф-09/15.5 DBT 07/15 KG3407/ 21	2КДД Гл075/20 Гл10/26 Ф-046/13 Ф-16/24 Ф-15/31 Klochner -Bekorit		KM500T Гл055/15 Гл08/22 Гл13/26 Гл16/32 Ф-12/25 MVPO: -06/1.8 KG6/17 Саар-Тех	KM700 4KM144 К Ф-09/22	Гл09/23 Гл12/25 VHP512 MVPO 2800- 09/24	Фазос- 073/17 MVPO- 07/2.1
ПО – (2+2)				3КД90 2КД90 2КД390 2КД80 VFBS2.1 Гл10/22	Гл095/17 GD-4/410	Гл066/16 Ф-12/33 MVPO 2000 ZZ-5200	1КД80 1КД90
ПО – (1+1)			1МК		1МКМ		МК75Б

По технічним характеристикам ЦМК 2КДД и KM500 очень близки, см.табл.4. Вместе с тем кинематические характеристики их принципиально разные. На рис. 1 в качестве примера приведен комплект кинематических характеристик крепи 2КДД, из которого видно, что функция $X_m(\varphi_1)$ (абсцисса точки M) возрастающая по абсолютной величине в рабочем диапазоне $\varphi_{1в} \geq \varphi_1 \geq \varphi_{1н}$. Следовательно, траектория движения шарнира M крепи 2КДД не имеет точек перегиба в рабочем диапазоне раздвижности и функция $\gamma_m(\varphi_1) > 0$, (кривая 1 на рис. 2а). На траектории шарнира M крепи KM500 две точки перегиба, им соответствуют критические значения $\varphi_{к1}$ и $\varphi_{к2}$, ($\gamma_m(\varphi_{к1})=0$ и $\gamma_m(\varphi_{к2})=0$), а также две области диапазона раздвижности, где $\gamma_m(\varphi_1) < 0$ (кривая 1 на рис. 2б). Кривые 2 на рис. 2 характеризуют показатель изменчивости сопротивления секций и свидетельствуют о значительно большей стабильности сопротивления секции крепи 2КДД – $(0,912 \div 1,026)$ Р по сравнению с аналогичным показателем

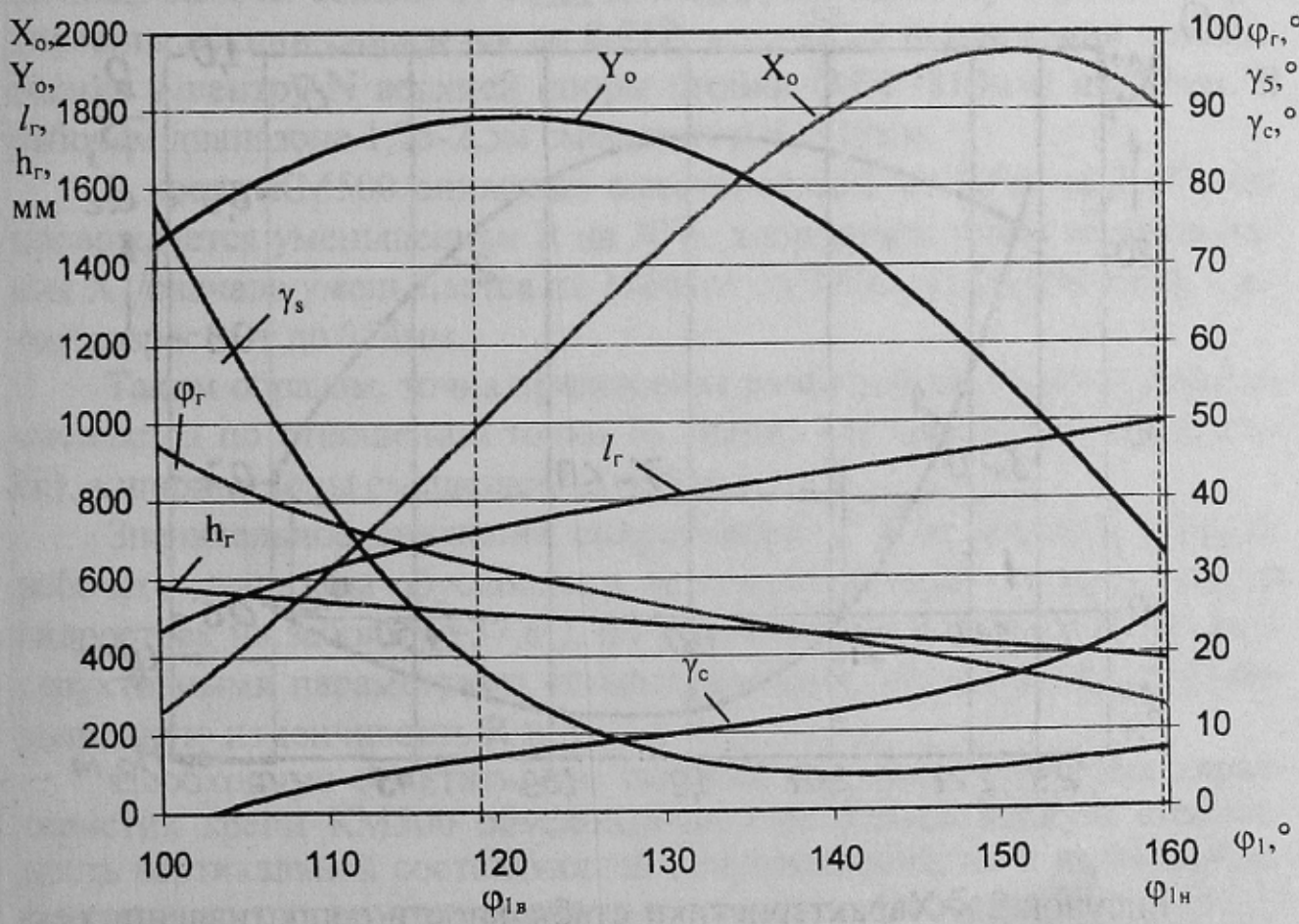
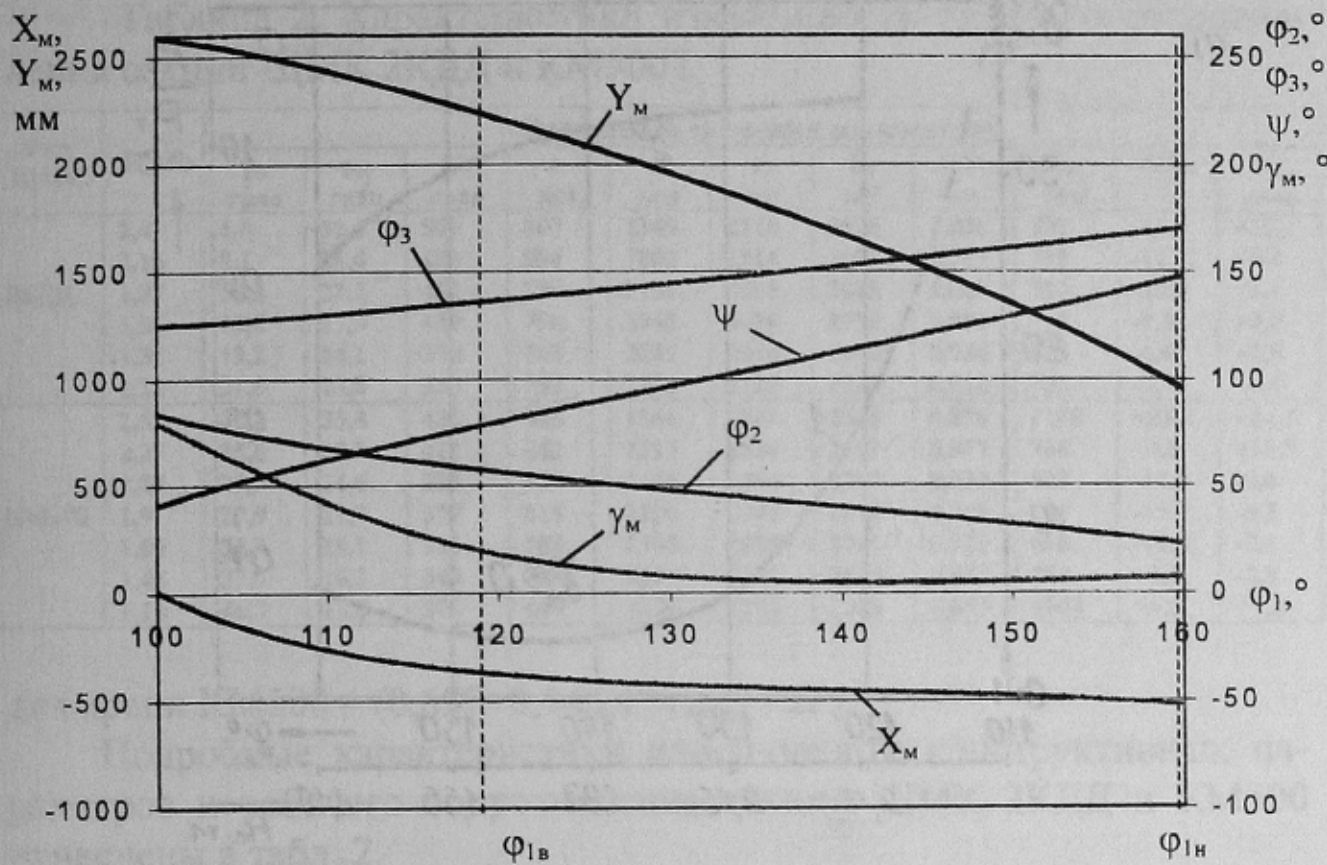


Рисунок 1 – Кинематические характеристики ЦМК 2КДД

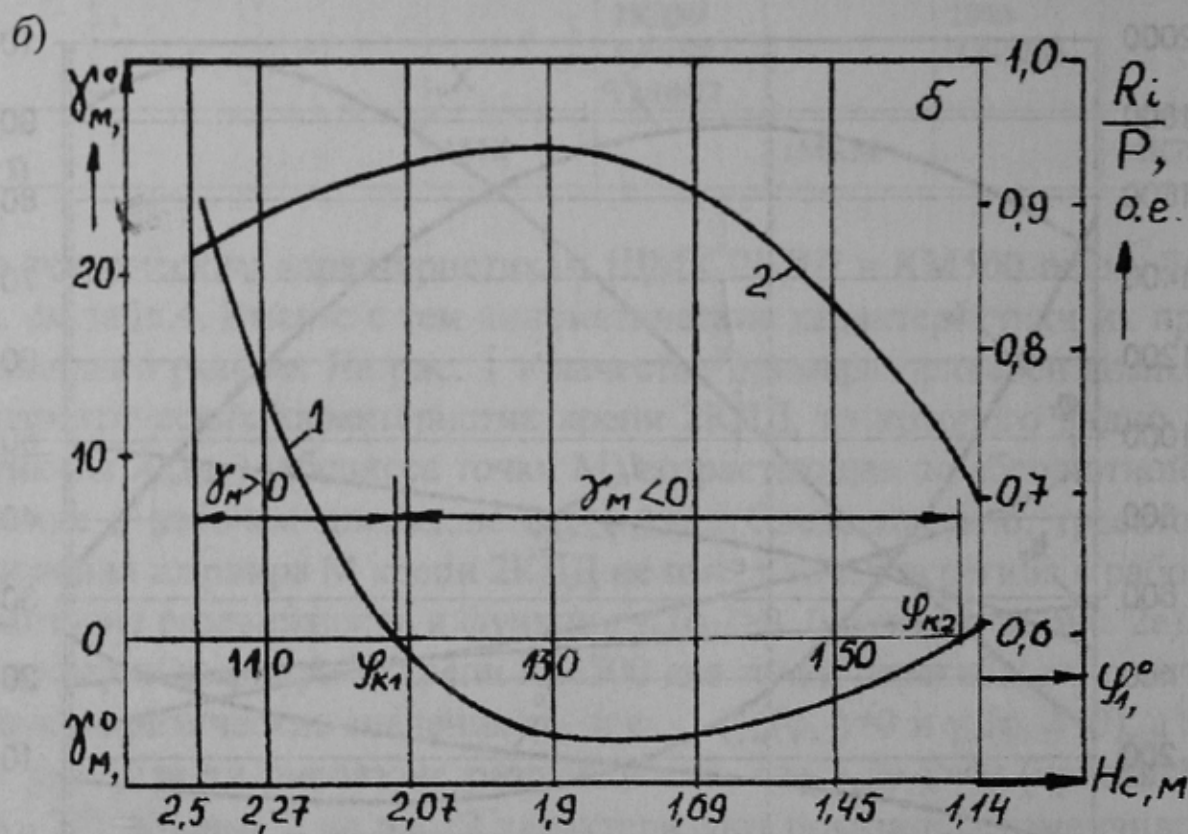
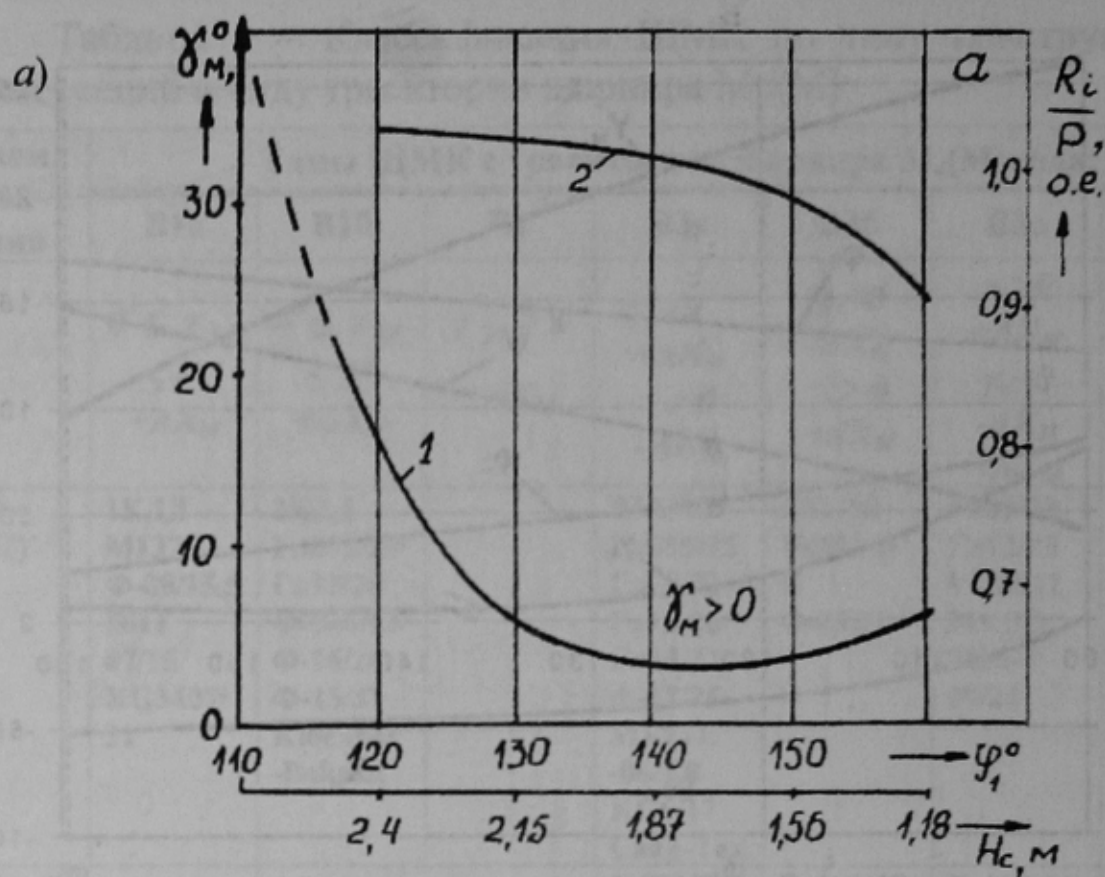


Рисунок 2 – Характеристики стабільності спротивлення секцій ЩМК 2КДД (а) и КМ500 (б)

Таблица 2. Характеристики изменчивости рабочего сопротивления секций ЩМК 2КДД и КМ500Т

Тип ЩМК	H _c , м	Расчетные значения параметров										
		γ _c , град	φ _c , град	h _c , град	a, мм	b, мм	c, мм	R, кН	R/P, о.е.	X _R , Мм	ΔX _R , %	γ _{нв} , град
2КДД	2,4	6,0	31,3	509	807	1349	2110	3078	1,026	707	-12,6	+16,1
	2,15	8,1	26,4	480	804	1802	2564	3057	1,019	715	-11,7	+5,8
	1,87	10,2	22,1	451	799	2159	2905	3025	1,008	723	-10,9	+3,1
	1,56	13,6	17,9	420	790	2342	3026	2950	0,983	735	-9,2	+4,0
	1,35	19,2	14,1	390	769	2281	2840	2804	0,934	756	-6,6	+6,0
	1,18	21,6	13,0	380	757	2224	2727	2738	0,912	764	-5,7	+6,6
КМ500	2,5	23,2	30,4	426	925	1164	1848	2610	0,870	1160	+23,4	+24,1
	2,27	25,0	27,9	411	852	1317	1836	2691	0,897	986	+4,8	+12,9
	2,07	27,5	24,6	393	834	1736	2390	2797	0,932	827	-12,0	-0,6
	1,9	29,9	21,7	377	815	2104	2743	2840	0,946	797	-15,2	-5,3
	1,69	32,9	19,1	361	789	2395	2919	2741	0,913	800	-14,9	-5,1
	1,45	37,6	16,3	343	745	2529	2811	2515	0,838	954	+1,5	-2,3
	1,14	46,3	12,8	320	649	2426	2290	2093	0,697	1004	+6,8	+1,2

для крепи КМ500 – $(0,697 \div 0,946)P$, где $P=2P_c$.

Подробные характеристики изменчивости конструктивных параметров и рабочего сопротивления секций ЩМК 2КДД и КМ500 приведены в табл. 2.

Анализ данных табл. 2 показывает, что в крепи 2КДД с уменьшением высоты секции от H_{cmax} до H_{cmin} равнодействующая R сопротивления секции снижается до $0,91P$, а точка ее приложения приближается к центру N верхней опоры стойки ($MN_1=810\text{мм}$) на 57мм. В рабочем диапазоне 1,35-2,5м смещение $\Delta X_R=49\text{мм}$.

В крепи КМ500 снижение высоты секций от 2,5м до 1,45м сопровождается уменьшением R на 30%, координата точки ее приложения X_R вначале уменьшается от 1160мм до 797мм ($MN_1=940\text{мм}$), а затем возрастает до 954мм.

Таким образом, точка приложения равнодействующей R дважды смещается по отношению точки N_1 (центр верхней опоры гидростоек), а ширина зоны смещения $\Delta X=363\text{мм}$.

Значительное снижения сопротивления R на нижней границе рабочего диапазона обусловлено не только большим углом наклона гидростоек на забой ($\gamma_c=37,6^\circ$), но и принятыми в крепи КМ500 конструктивными параметрами четырехзвенника, что обуславливает повышенную изменчивость R и X_R .

Необходимо отметить, что особенности кинематических характеристик крепи КМ500 обуславливают не только низкую стабильность вертикальной составляющей сопротивления, но и повышенные в несколько раз внутрисекционные нагрузки. Особенно высокие нагрузки T_1 формируются в передних рычагах четырехзвенника. При

работе крепи в области, где $\gamma_m(\varphi_1) < 0$ и при коэффициенте трения $\mu = 0,3$ они могут в 2,5-3,0 раза превышать номинальное сопротивление двух гидростоек $P = 2P_c = 3344 \text{ кН}$ [8].

При тех же условиях нагрузка T_1 в передних рычагах четырехзвенника крепи КДД не превышают в рабочем диапазоне раздвижности номинального сопротивления гидростоек $P = 2P_c = 3000 \text{ кН}$.

Значительное различие внутрисекционных нагрузок в крепях КМ500 и 2КДД может служить объяснением и существенно разной их материалоемкости: масса секции 2КДД составляет 8550 кг, а КМ500-10300 кг, что на 20,5% больше, табл.4.

Результаты сравнительного анализа стабильности сопротивления и уровней нагруженности секций крепей КДД(В1) и КМ500(В3а), выполненных по конструктивной схеме ПО-(0+2), можно распространить и на другие ЩМК ПО-(0+2) с аналогичными видами траекторий шарнира М, табл. 1. Этот вывод подтверждается также результатами исследований ЩМК 1КДД(В1) и Фазос-073/17 (В4) [7].

Результаты исследования стабильности рабочего сопротивления четырехстоечных ЩМК типа КД90 представлены в табл. 3. Здесь значения параметров, определяющих исследуемые характеристики трех типоразмеров крепи, приведены для крайних верхнего рабочего (ВРП) и нижнего рабочего (НРП) положений секций.

Расчетные значения характеристик стабильности сопротивления крепи определены при условии, что $P_1 = P_2$, то есть при одинаковой нагрузке на первый и второй ряды гидростоек, равной их номинальной несущей способности.

Анализ данных табл. 3 показывает, что при использовании проектных значений несущей способности гидростоек, ЩМК типа КД90 обладают высокой стабильностью рабочего сопротивления (0.86, 0.92, 0.97) и характеризуются весьма незначительными смещениями точки приложения равнодействующей (16, 8, 22 мм) при эксплуатации рассмотренных типоразмеров крепи на пластах соответствующей мощности.

Отмеченные выше особенности характеристик стабильности рабочего сопротивления для крепей КД90 можно распространить на качественном уровне и на другие ЩМК с секциями ПО-(2+2).

Для сравнительной оценки уровней нагруженности крепей ПО-(0+2) и ПО-(2+2) целесообразно использовать относительные коэффициенты нагрузок $K_0(S) = S/P$, $K_0(T_1) = T_1/P$ и $K_0(T_2) = T_2/P$. Эти коэффициенты характеризуют в относительных единицах нагрузку: S

Таблиця 3 – Характеристики стабільності сопроотивлення ЦМК с секциями ПО-(2+2)

Параметры	Значения параметров в крайних положения ЦМК					
	1КД90		2КД90		3КД90	
	ВРП	НРП	ВРП	НРП	ВРП	НРП
$a_1, \text{ мм}$	1514	1254	1497	1382	1475	1463
$a_2, \text{ мм}$	224	211	222	220	219	227
$e_1, \text{ мм}$	2986	2335	2436	2782	2941	3343
$e_2, \text{ мм}$	1681	1304	1199	1602	1653	2022
$b, \text{ мм}$	1524	1318	969	1523	1462	1906
$R, \text{ мм}$	2691	2309	2966	2740	3174	3085
$X_{R_1}, \text{ мм}$	904	888	869	877	854	876
$H_k, \text{ мм}$	1060	580	1440	730	2020	1020
R / P_1	1.92	1.65	1.977	1.826	1.983	1.928
$(R_B - R_H) / P_1$	0.27		0.15		0.055	
$ X_{R_B} - X_{R_H} $, мм	16		8		22	
$P_1 = P_2, \text{ кН}$	1400		1500		1600	
R_H / R_B	0.86		0.92		0.97	

в шарнире М, T_1 – в передних рычагах, T_2 – в задних рычагах по отношению к сопроотивлению секции Р.

Наиболее нагруженными и тяжелыми являются ЦМК ПО-(0+2) с кинематическим паспортом В4 и В3а при работе в области раздвижности, где $\gamma_m < 0$: $K_0(S) < K_0(T_2) \leq K_0(T_1)$; $1,0 \leq K_0(T_1) \leq (2,0-3,0)$.

Наименьшими внутрисекционными нагрузками в рабочем диапазоне раздвижности характеризуются ЦМК ПО-(0+2) с кинематическим паспортом В1а и В1б: $K_0(S) < K_0(T_2) < K_0(T_1) < 1,0$, что объясняет и меньшую их материалоемкость.

Исследования силового взаимодействия с БП ЦМК ПО-(2+2) (КД90, Фазос-12/23) показали, что уровень их внутрисекционных нагрузок и материалоемкость качественно такого же порядка, как и для крепей ПО-(0+2) с кинематическим паспортом В1. Так, например, для крепи 2КД90С при $P=3235 \text{ кН}$ и $\mu=0,3$ имеем: $K_0(S)=0,27 \div 0,29$; $K_0(T_2)=0,35 \div 0,39$; $K_0(T_1)=0,43 \div 0,52$ [9].

Анализ результатов исследования внутрисекционных нагрузок в крепях ПО-(2+2) и ПО-(0+2) (с различной кинематикой) позволяет сделать вывод о возможности снижения материалоемкости секций крепей ПО-(2+2) и ПО-(0+2) (В1) по сравнению с массой секций

ПО-(0+2) с кинематикой В3 и В4 при одинаковых (или близких) значениях их сопротивления. Этот вывод подтверждается данными табл. 4, в которой приведены сопоставимые характеристики крепей 2КДД ПО-(0+2)В1 и КМ500(ПО-0+2)В3а и 3КД90 (ПО-(2+2)В3а и Глиник-09/23(ПО-(0+2)В3в).

Исследования взаимодействия с боковыми породами ЩМК ПО-(2+2) и анализ опытных данных эксплуатации крепей КД90 позволили выявить следующие особенности их рабочих процессов:

- в секциях крепи с V-образным расположением рядов гидростоек происходит частичное уравнивание направленных в противоположные стороны, горизонтальных составляющих сопротивлений переднего и заднего рядов гидростоек; это обстоятельство и отсутствие углового гидродократа приводит к существенному снижению нагрузки в шарнире М и других внутрисекционных нагрузок, объясняет высокую надежность крепи при относительно низкой ее материалоемкости;

- обеспечивается рациональное распределение сопротивления секции по ширине поддерживаемого рабочего пространства, более равномерное распределение нагрузок между основанием и почвой, высокая устойчивость секций;

- кинематический паспорт В3а крепи КД90 обуславливает неодинаковые условия формирования нагрузок при работе в верхней и нижней областях диапазона раздвижности, а на границе областей происходит скачкообразное изменение направления сил трения и внутрисекционных нагрузок, однако их уровень в 2,0-2,5 раза ниже, чем в крепях ПО-(0+2) с кинематическим паспортом В3 и таким же рабочим сопротивлением.

Указанный недостаток можно сравнительно просто устранить, если применить в крепи ПО-(2+2) четырехзвенный механизм, формирующий траекторию шарнира М вида В1 [9].

Выводы и рекомендации.

1. Эффективное поддержание малоустойчивой кровли за счет стабильности сопротивления и формирования горизонтально-сжимающих усилий направленных на забой, при относительно низких внутрисекционных нагрузках и материалоемкости, могут обеспечить ЩМК ПО-(0+2) с кинематическим паспортом В1 и сопротивлением по ГОСТ28597-90 (1КДД, 2КДД, ДВТ-07/15 и др.). Масса таких крепей на 20-27% ниже по сравнению с массой аналогичных крепей с

Таблица 4. – Сравнительные показатели назначения, сопротивления и материалоемкости ЦМК ПО-(0+2) и ПО-(2+2)

Наименование параметров	Значения параметров для ЦМК типа:			
	2КДД	КМ500	3КД90	Гл.-09/23
Вид траектории точки М	В1б	В3а	В3а	В3в
Формула секции	ПО-(0+2)	ПО-(0+2)	ПО-(2+2)	ПО-(0+2)
Рабочий диапазон, м	1,3÷2,4	1,5÷2,5	1,35÷2,0	1,25÷2,2
Шаг установки Секций, м	1,5	1,5	1,5	1,5
Сопротивление гидро-стойки, кН	1527	1672	820	1600
Сопротивление секции, кН - min	2660	2700	3165	2470
Сопротивление секции, кН - max	3080	3050	3245	3090
Коэффициент раздвижности	2,1	2,0	2,0	2,1
Сопротивление крепи, кН/м ²	480-530	475-540	550-560	370-463
Давление настройки ПК, МПа	39	44	39	н.д.
Давление в напорной магистрали, МПа	32	32	32	30
Усилие на конце призабойной консоли, кН	135	76,5	144-675	н.д.
Сопротивление углового гидродомкрата при сжатии, кН	784	703	-	н.д.
Сопротивление углового гидродомкрата при растяжении, кН	478	479	-	н.д.
Давление на почву, МПа	1,2÷1,4	0,9÷2,0	1,11-1,14	0,77-1,38
Усилие передвижки, КН				
Секции конвейера	400	493	392	429
	250	288	230	193
Масса секции, кг	8550	10300	7400	10800

кінематическими паспортами В3 и В4 при одинакових значеннях робочого опору секцій.

2. Не відповідають вимогам ефективного взаємодія з малоустійчивими кровлями ЩМК ПО-(0+2) с кінематическим паспортами В3 и В4 и нестійким опором в робочому діапазоні рухливості. При роботі таких кріпів в області рухливості, де перекриття зміщується на завал, на кровлю діють розтягиваючі сили, сприяючі утворенню вивалів, и різко зростають внутрисекційні навантаження. Такі недоліки присущі кріпів типу КМ500, МВРО2800-09/24, Фазос-073/17 и ряду інших, що пояснює їх підвищену матеріаломісткість и недостатню надійність.

3. В найбільшій ступені відповідають умовам Донецького басейна при виемці пластів потужністю 0,85-2,5м с кровлями різних категорій по обрушаємості и устійності, володіють високою стійкістю опору ЩМК ПО-(2+2) типу КД90 и КД90Т с кінематическим паспортом В1 и робочим опором по ГОСТ28597-90.

Список джерел.

1. Лаптев А.Г. Технічне озброєння вугільних шахт України – М.: Нові технології - Горні машини и автоматика - 2002, №12. - С.3-7.
2. Крашкін І.С. Розробка пологих вугільних пластів в нестійких породах. - М.: Недра, - 1986, - 207с.
3. Мышляев Б.К. О напрямках розвитку техніки и технології очистних робіт на шахтах РФ. Уголь, - 1999, №4.-С.39-43.
4. Антипов І.В., Щербинин Д.В., Поляков М.В. Нова малометаломістка механізована кріп для очистних забоев. Уголь України, - 2001, №4. - С. 26-28.
5. Ирресбергер Г. Станет ли щитовая кріп простіше и легче? // Глюкауф, 1982, №18.-С.8-16.
6. Крумнакер І. Навантаження, конструкція и напруження матеріала щитової механізованої кріпи. //Глюкауф, - 1993, №3-4. - С.13-18.
7. Гуляев К.В., Семенченко А.К. Кінематическі характеристики щитових кріпів и їх вплив на формування внутрисекційних навантажень. // Зб. наук. праць ДонДТУ (серія гірничо-електромеханічна), випуск 7. Донецьк, - 1999. - С.89-96.
8. Гуляев К.В. Математическа модель для дослідження взаємодія щитових кріпів с боковими породами. //Зб. наук. праць ДонДТУ (серія гірничо-електромеханічна), випуск 16. Донецьк, - 2000. - С. 92-101.
9. Гуляев К.В. Дослідження и удосконалення щитових механізованих кріпів підтримующе-огородительного типу. // Зб. наук. праць ДонДТУ (серія гірничо-електромеханічна), випуск 27. Донецьк, - 2001. - С.177-193.
10. Гуляев К.В. Обоснование кінематических и силових параметрів щитових механізованих кріпів підтримующе-огородительного типу для очистних забоев. Дис... канд. техн. наук, Донецьк, ДонНТУ. - 2001. - 262с.

Рекомендована к публікації д.т.н., проф. Семенченко А.К.