

УДК 622.274.526

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ
КИНЕМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ
ДЛЯ ТОНКИХ КРУТЫХ И КРУТОНАКЛОННЫХ УГОЛЬНЫХ
ПЛАСТОВ**

д.т.н., проф. Гребенкин С.С. (ДонНИИ)

д.т.н., проф. Павлыш В.Н. (ДонНТУ)

Запропоновано методику вибору та розрахунку параметрів механізованого кріплення для крутих і крутонахилених вугільних пластів. Виконано теоретичне обґрунтування механіки пересування секцій кріплень у відповідних умовах.

**THE THEORENICAL BASIS OF PROJECTING OF KINEMATICS
SYSTEMS OF MECHANIZED TIMBERS FOR THIN STEEP
AND STEEP-INCLINED COAL STRATUMS**

Grebyonkin S.S., Pavlysh V.N.

The method of choice and calculation of parameters of mechanized timbers for steep and steep-inclined coal stratums is proposed. The theoretical basis of mechanics of moving of the sections of timbers in corresponding conditions is considered.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами

Анализ запасов угольных месторождений Украины показывает, что 20–25% запасов угля сосредоточены в тонких (менее 1,0 м) крутых и крутонаклонных угольных пластах. По уровню комплексной механизации очистных работ шахты, разрабатывающие указанный класс пластов, резко уступают шахтам с пологим залеганием.

Сдерживающим фактором применения средств комплексной механизации в этих условиях является управление лавокомплексом крепи в плоскости пласта, удержание секций механизированной крепи от сползания и обеспечение их передвижения без заклиниваний.

Эти проблемы механики передвижения механизированных крепей на крутых и крутонаклонных угольных пластах могут быть успешно решены только при условии обоснованного проектирования и расчета кинематических систем механизированных крепей и комплексов.

В соответствии с целевой установкой авторами настоящей работы произведено теоретическое обобщение результатов выполненных в ДонУГИ и ДонНИИ в 1990-х годах научно-исследовательских и проектно-конструкторских работ по проектированию и расчету параметров кинематических систем механизированных крепей для условий тонких крутых пластов.

В результате выполненного теоретического обобщения авторами разработана методика выбора и расчета параметров кинематических систем механизированных крепей для указанных условий, существо которой сводится к следующему.

Методика выбора рациональных параметров кинематических систем механизированных крепей для тонких крутых и крутонаклонных угольных пластов

Основные параметры систем (длина связей и координаты их привязки к базе секций) принимаются в зависимости от системы разработки, хрупко-пластических свойств угля, условий поддержания вмещающих пород, конструкторской компоновки механизма передвижения секций крепи и технологии ведения очистных работ. При этом расчет параметров ведется по заданному паспорту крепления и управления горным давлением, углу наклона очистного забоя, а также по условию обеспечения передвижения секций крепи без заклинивания. Рассмотрим указанные параметры.

Угол наклона линии фронта крепи

Угол наклона фронта крепи определяется геометрическими параметрами ее системы связей (рис. 1) из установленной зависимости:

$$\theta_0 = \arcsin \frac{FQ - \sqrt{(FQ)^2 - (Q^2 + 1)(F^2 - 1)}}{(Q^2 + 1)}, \quad (1)$$

где θ_0 – угол наклона фронта крепи,

$$F = \frac{q^2 - m^2 + 4B^2 + (p + d_1 - d_2)^2}{4qB}, \quad (2)$$

$$Q = \frac{p + d_1 - d_2}{2B}, \quad (3)$$

q – интервал между секциями вдоль линии фронта крепи, m – длина гидродомкрата передвижения в сомкнутом положении, B – расстояние по падению пласта от оси секции до точки крепления домкрата, P – расстояние между осями стоек секции (база секции), d_1 – координата точки крепления гидродомкрата по забойному ряду стоек, d_2 – координата точки крепления гидродомкрата по посадочному ряду стоек.

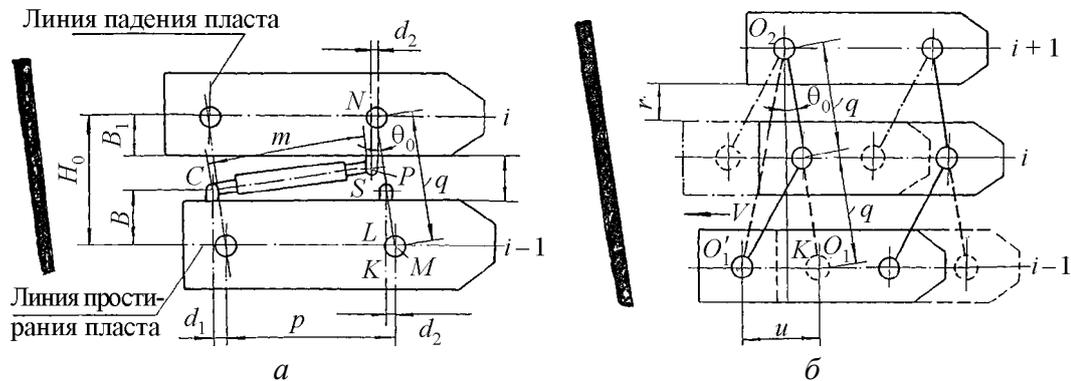


Рис. 1. Расчетная схема для определения угла наклона θ_0 линии фронта крепи к линии падения пласта (а) и для определения предельного угла наклона $\theta_{пр}$ линии фронта крепи и условия отсутствия заклинивания (б)

Интервал между соседними секциями для обеспечения расчетного угла наклона линии фронта крепи определяется зависимостью:

$$H_0 = q \cos \theta_0. \quad (4)$$

Аналитические зависимости выбора рациональных параметров кинематической системы по условию отсутствия заклинивания секций

Условие заклинивания передвигаемой секции формируется двумя важнейшими параметрами кинематической системы крепи: предельным углом наклона линии ее фронта и расчетным шагом передвижения секции.

Шаг передвижения секции при установке крепи в лаве под углом α_0 зависит от ширины захвата выемочной машины и определяется следующей зависимостью:

$$u = \frac{B_3}{\cos \theta_0}, \quad (5)$$

где u – шаг передвижения секции, B_3 – ширина захвата выемочной машины.

Предельный угол наклона фронта крепи (рис. 1,б) определяется зависимостью

$$\theta_{np} = \arcsin \frac{u}{4q}. \quad (6)$$

Установлено, что возможность прохода i -ой секции между уже передвинутой на величину шага $(i - 1)$ секцией и неподвижной $(i + 1)$ секцией при установке крепи под углом θ' к линии падения пласта гарантируется соблюдением условия

$$O_1O_2 = \sqrt{4q^2 + 16q^2(\sin^2 \theta_{np} - \sin \theta_{np} \sin \theta')} \geq 2q. \quad (7)$$

Неравенство (7) выполняется при условии установки крепи в лаве под углом

$$\theta' \leq \theta_{np}. \quad (8)$$

Определение величины хода штоков гидроштанг и гидродомкратов передвижения.

Значения изменяемых параметров кинематической системы механизированной крепи определяются расстояниями между центрами одноименных стоек двух соседних секций (рис. 2) в передвинутом и неподвижном положениях секции следующими аналитическими зависимостями:

ход штока гидроштанги

$$a_{ш} = \sqrt{u^2 + q^2 - 2qu \sin \theta} - q; , \quad (9)$$

ход штока гидродомкрата передвижения

$$d = \sqrt{q^2 + 4B^2 + V^2 - 4qB \cos \theta_0 - 2qV \sin \theta_0} - m, \quad (10)$$

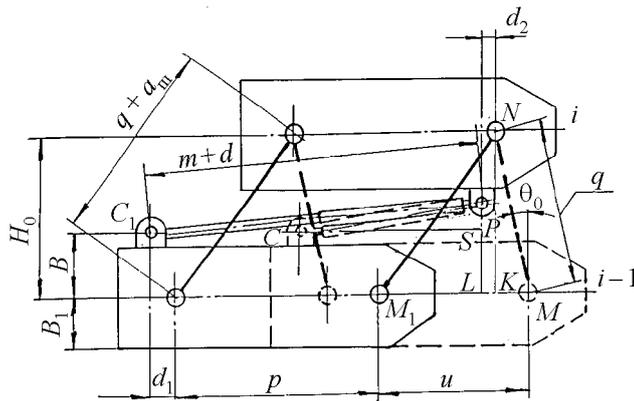


Рис. 2. Схема для определения изменяемых параметров межсекционных связей

где $a_{ш}$ – ход штока гидроштанги, d – ход штока гидродомкрата, $V = u + p + d_1 - d_2$.

Постановка задачи

Основной задачей настоящей работы является разработка теоретических основ проектирования кинематических систем механизированных крепей для тонких крутых и крутонаклонных угольных пластов, которые обеспечивают передвижение их секций в плоскости пласта без заклиниваний, сползаний и нарушений линий фронта лавокомплектов крепи в целом.

При проектировании и последующей эксплуатации механизированной крепи необходимо знать критические (предельные) значения параметров системы ее передвижения в плоскости пласта.

Для решения данного вопроса выполнены теоретические исследования, в результате которых получены системы уравнений и неравенства, связывающие указанные параметры.

Исследования проведены на механизированных крепях 1, 2, 3 КГУ, «Украина», КГУ-М.

Учитывая идентичность межсекционных средств управления секциями крепи, в процессе теоретического анализа рассмотрено положение трех соседних секций. При этом моделируется реальная механика процесса передвижения, а именно, предполагается, что нижняя секция передвинута и расперта, средняя – разгружена и будет передвигаться, а верхняя – не передвинута и отстает от нижней на один шаг.

Основным звеном группы из трех секций является их кинематическая пара, связанная гидродомкратом передвижения (рис. 3,а). Взаимное положение пары секций в пространстве определяется конструктивными параметрами: линейным размером гидродомкрата передвижения (m), линейными размерами гидроштанг (b , q) (передней и задней), расстоянием между гидростойками (p) секций крепи, а также линейными размерами между точками крепления гидродомкрата (a , l , n , c).

Исследованиями установлено, что механика передвижения пары секций механизированной крепи достаточно корректно описывается системой уравнений

$$\left. \begin{aligned} m^2 &= a^2 + c^2 + R^2 - 2aR \cos \varphi - 2cR \cos \psi + 2ac \cos(\varphi - \psi); \\ \varphi &= \arccos \frac{a^2 + p^2 - n^2}{2ap} - \arccos \frac{p^2 + R^2 - q^2}{2pR}; \\ \psi &= \arccos \frac{p^2 + c^2 - l^2}{2pc} - \arccos \frac{p^2 + R^2 - b^2}{2pR}; \\ R &= \sqrt{p^2 + b^2 - 2pb \cos \Omega}. \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Аналогичная система уравнений может быть получена для определения угла поворота верхней секции относительно нижней расположенной.

Исследуемая система механики передвижения секции крепи в плоскости пласта позволяет иметь три возможных варианта ее конструктивного исполнения: гидродомкрат расположен выше передвигаемой секции (рис. 3,б), ниже (рис. 3,в) и в каждом межсекционном интервале (рис. 3,г).

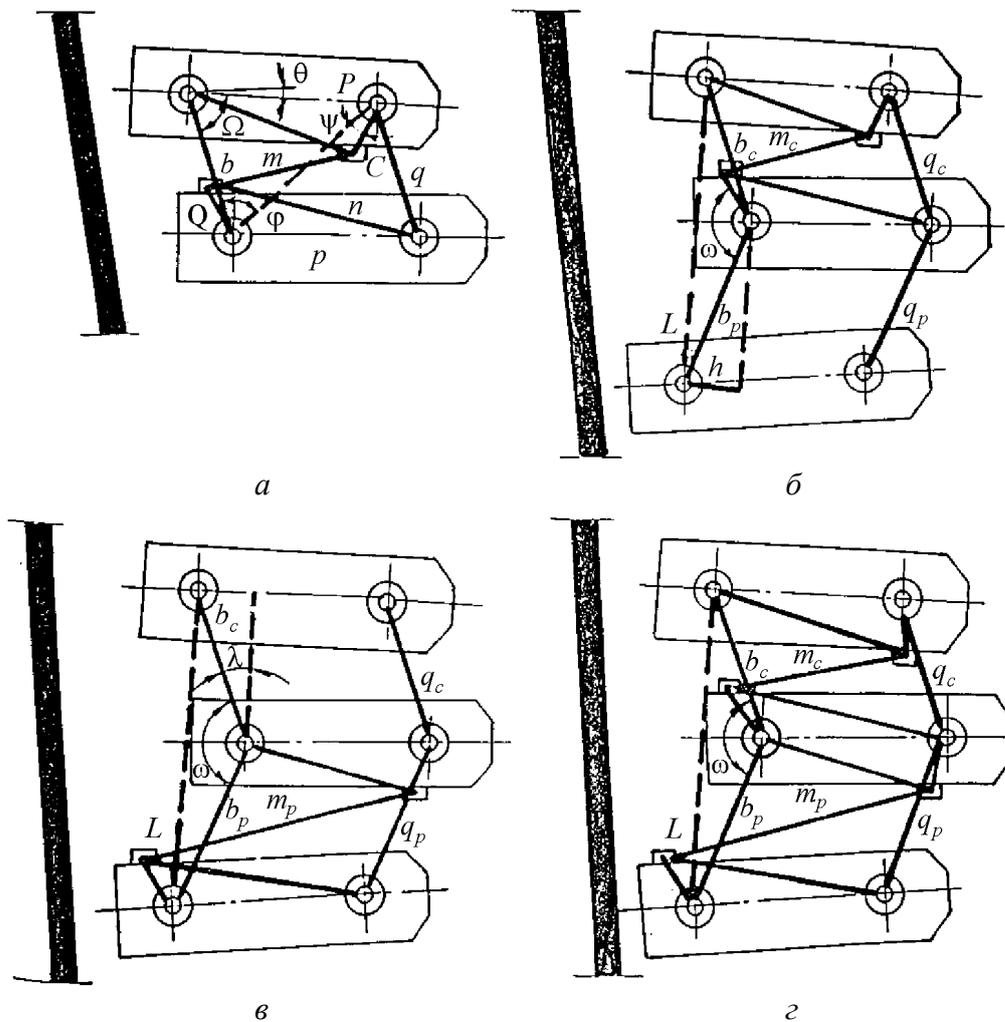


Рис. 3. Расчетная схема для проектирования системы передвижения механизированной крепи

Условие, обеспечивающее передвижение секций в плоскости пласта без заклинивания по забойным гидроштангам, определяется выполнением неравенства:

$$2b_0 \leq L, \quad (12)$$

где b_0 – размер полностью сомкнутой забойной гидроштанги.

Из геометрических соотношений рис. 3 следует, что неравенство (12) всегда выражается соотношением:

$$2b_0 \leq \sqrt{b_c^2 - b_p^2 - 2b_c b_p \cos \omega}. \quad (13)$$

Величины b_c и b_p – соответственно критический линейный размер сомкнутой и разомкнутой гидроштанги. Они определяются для указанных конструктивных вариантов исполнения системы управления секциями решением системы уравнений (11).

Учитывая, что в уравнениях системы (11) изменение линейных размеров средств управления секцией (межсекционных связей) много меньше их номинальных значений, правомочно решение этой системы уравнений разложением в ряд Тейлора с последующей подстановкой численных значений линейных размеров межсекционных связей в окрестности их номинальных значений.

В результате же подстановки в неравенство (13) b_c , b_p , ω получены следующие соотношения:

для первого варианта конструктивного исполнения (рис. 3,б)

$$\arcsin \frac{h}{b_p} + \arcsin \frac{3984000 - b_c^2 - b_p^2}{2b_c b_p} \leq \frac{m_c - 2,1b_c + 0,3q_c - 1970}{37,4 - 0,02b_p} = 0,045(q_c - b_c); \quad (14)$$

для второго варианта конструктивного исполнения (рис. 3,в)

$$\lambda + 0,075b_p - \arccos \frac{3984000 - b_c^2 - b_p^2}{2b_c b_p} \leq \frac{0,4q_p + 2600 - m_p}{16}; \quad (15)$$

для третьего варианта исполнения (рис. 3,г)

$$\begin{aligned} & \frac{m_p + 1,2b_p - 0,4q_p - 1160}{16} - \arccos \frac{3984000 - b_c^2 - b_p^2}{2b_c b_p} \leq \\ & \leq \frac{m_c - 2,1b_c + 0,3q_c - 1970}{37,4 - 0,02b_c} - 0,015(q_c - b_c). \end{aligned} \quad (16)$$

Для удобства практического использования в проектной работе зависимостей (14), (15), (16) построены номограммы (рис. 4), позволяющие определять значения линейных размеров b_p , q_c , q_p , λ , h , m_p , m_c по условию отсутствия заклинивания передвигаемой секции.

Правила пользования номограммой следующие. Для первого варианта (см. рис. 3,б) и соответствующей номограммы (рис. 4,а) проектировщиком

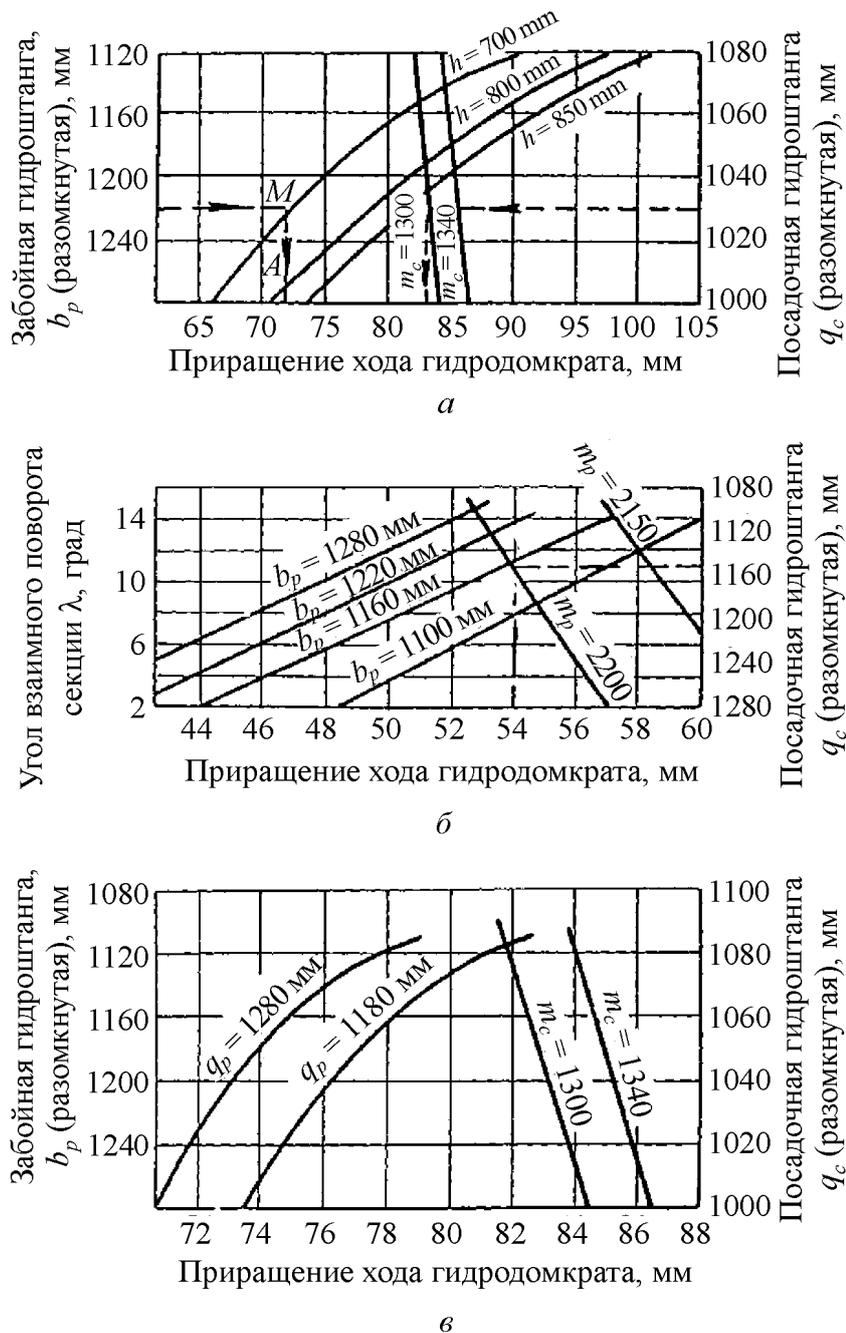


Рис. 4. Номограммы для определения параметров механизма передвижения секций.

задается величина линейного размера забойной гидроштанги b_p (например, 1220 мм). Пользуясь ключом, находим точку M (при величине опережения нижней секцией $h = 700$ мм) и, опуская из нее перпендикуляр на ось абсцисс, находим, что левая часть неравенства (14) равна 72 мм. Если при этом величина сомкнутой завальной гидроштанги q_c равна 1030 мм, а гидродомкрат передвижения полностью сомкнут ($m_c = 1300$ мм), то значение правой части этого неравенства равно 83. Отсюда следует, что неравенство (14) выполняется ($83 > 72$), т.е. система передвижения крепи в этом конструктив-

ном исполнении обеспечивает механику ее передвижения и управляемость в плоскости пласта без заклинивания.

Более сложны условия работы системы во втором ее конструктивном исполнении (рис. 3,в и номограмма рис. 4,б). При величине разомкнутой заважной гидроштанги ($q_p = 1160$ мм) и полностью разомкнутом гидродомкрате ($m_p = 2200$ мм) правая часть неравенства (15) равна 54. Это же значение может принимать и левая часть неравенства при величине разомкнутой гидроштанги ($b_p = 1160$ мм) и наклоне забойной гидроштанги вышерасположенной секции к линии падения пласта $\lambda = 12^\circ$.

Выводы и направления дальнейших исследований

Предложенные теоретические основы проектирования кинематических систем механизированных крепей для тонких крутых и крутонаклонных угольных пластов реализованы при проектировании и освоении серийного производства механизированных крепей КГУ, КГУ-Д и КГУ-С, а также механизированной крепи комплекса «Украина». Эти машины успешно работают на шахтах Украины, России и Испании.

В настоящее время для шахт с крутым и крутонаклонным залеганием пластов возникла необходимость развития дальнейших исследований в этой области, связанных прежде всего с горно-геологическими и горнотехническими факторами отработки крутых пластов. Это прежде всего: локальные зоны ослабленных пород в кровле, изменения мощности пласта в пределах лавы, наличие пластов с углями, склонными к самовысыпанию.

Предложенный авторами аппарат проектирования кинематических систем механизированных крепей позволяет реализовать их конструктивно-технологическую модернизацию под указанные выше факторы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.

1. Горные машины и комплексы для подземной добычи угля. Монография/ Под ред. С.С. Гребенкина // Гребенкин С.С., Агафонов А.В., Косарев В.В., Керкез С.Д., Махов В.Г., Павлыш В.Н., Рябичев В.Д., Топчий С.Е., Фелоненко С.В. – Донецк: «ВИК», 2006. – 353с.
2. Гребенкин С.С. Методика выбора и расчета рациональных параметров механизированных крепей для тонких крутых пластов. – Люберцы: Минуглепром СССР, 1990. – 15 с.