

УДК 622.285:624.042.3

ПОВЫШЕНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ КОНСОЛЕЙ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ

Г. Д. Буялич, Б. А. Александров, Ю. А. Антонов, В. В. Воеводин

Кузбасский государственный технический университет, ул. Весенняя, 28, 650026, г. Кемерово, Россия

Рассмотрены устройства, позволяющие улучшить крепление призабойной части кровли. Приведены результаты моделирования взаимодействия верхняка механизированной крепи с породами кровли.

INCREASE IN RESISTANCE OF BRACKETS OF POWERED SUPPORT

G. D. Buyalich, B. A. Aleksandrov, Yu. A. Antonov, and V. V. Voyevodin

The devices are examined that make it possible to improve the support of part of the roof located in the working space. The results are presented for modeling of interaction between the beam of powered support and the roof rocks.

Опыт эксплуатации механизированных крепей, результаты экспериментальных и аналитических исследований свидетельствуют о том, что первые признаки разрушения кровли наблюдаются в бесстоечном пространстве, а также впереди забоя и, зачастую, сопровождаются отжимом угля. Интенсивное расслоение кровли, образование заколов и куполов обуславливает неблагоприятный характер ее взаимодействия с поддерживающими элементами крепи в зоне расположения гидростоек. Наблюдается связь между глубиной отжима и опусканием кровли в поддерживаемом и, особенно, в бесстоечном пространстве. Чем больше величина опускания кровли в этой зоне, тем в большей степени проявляется отжим, который может привести к аварийной ситуации.

Указанные обстоятельства свидетельствуют о необходимости поиска новых конструктивных решений, направленных на повышение сопротивления забойных консолей, снижение интенсивности отжима и вывалообразования.

Существующие конструкции для крепления забоя пассивны, так как не предотвращают отжим, удерживая только отжатый уголь. Снижая проявление отжима, они не оказывают влияния на причины его возникновения.

На кафедре горных машин и комплексов КузГТУ разработан ряд устройств, которые взаимодействуют с кровлей и уменьшают вывалообразование путем крепления ее призабойной части. Два из них (I и II) представлены на рис. 1 применительно к механизированной крепи М130.

Устройство I (рис. 1) монтируется на верхняке крепи и содержит гидродомкрат 1, закрепленный на перекрытии, и две рессоры 2, подвешенные на забойной консоли. Нижние концы рессор соединены с прижимным щитом 3 [1].

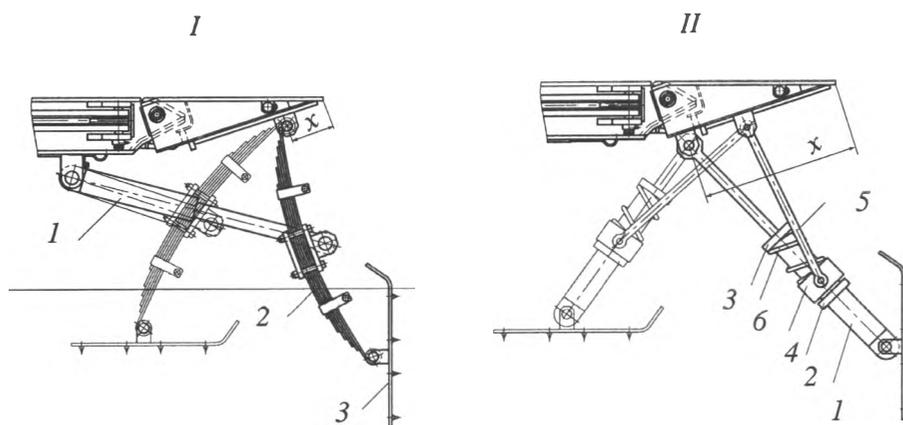


Рис. 1. Устройства для крепления забоя

В нерабочем положении устройство располагается под перекрытием, не препятствуя прохождению комбайна. Для перевода его в рабочее положение включается гидродомкрат. Одновременно с раздвижкой последнего происходит разворот рессор до упора щита в забой, шипы жестко фиксируют щит, не давая ему перемещаться по поверхности забоя. При дальнейшей раздвижке гидродомкрата происходит деформация рессор с увеличением несущей способности как забойной консоли, так и перекрытия. Несущая способность забойной части верхняка определяется усилием гидродомкрата, жесткостью рессор, а также геометрическими и кинематическими параметрами устройства.

Конструкция II (рис. 1) устанавливается на козырьке секции и включает гидродомкрат 1, шток которого шарнирно соединен с верхняком, а корпус — с прижимным щитом. Цилиндр гидродомкрата в средней его части снабжен упорным буртом 2, а на торце (со стороны штока) — фланцем 3, между которыми размещен хомут 4, свободно охватывающий цилиндр. Хомут соединен с тягой 5, подвешенной к козырьку, и поджат к бурту пружиной 6 [2].

Достоинствами механизма являются: малые габариты в нерабочем положении, возможность его разворота вокруг точки подвески из нерабочего положения в рабочее за счет раздвижности гидродомкрата.

Устройство работает следующим образом. Перед проходом комбайна оно располагается под перекрытием, после прохода включается гидродомкрат, происходит его разворот в сторону забоя до момента прилегания к нему щита. Разворот осуществляется без проскальзывания цилиндра гидродомкрата относительно хомута. После прилегания щита к поверхности забоя разворот гидродомкрата прекращается, но продолжается его раздвижка за счет сжатия пружины 6. Реакция со стороны забоя передается на козырек, увеличивая его несущую способность. Прижатие козырька определяется усилием гидродомкрата и углом его наклона к забойной консоли.

Для сравнения вариантов рассмотренных конструкций произведен расчет взаимодействия верхняка с породами кровли методом конечных элементов с помощью пакета программ Algor. Верхняк был разбит на 646 элементов типа 3D Plate/Shell. На рис. 2 такие элементы изображены в виде плоскостей, проходящих через середину пластины, без отображения толщины. Для решения использовали пластины толщиной (м): 0.02 — в основных элементах верхняка для моделирования листов соответствующей толщины; 0.03 — в утолщенных элементах; 0.035 — в элементах модели опоры гидростойки; 0.05 — в опорах гидропатрона управления забойной консолью. Всем элементам были заданы свойства металла (удельный вес $\rho = 7.7 \cdot 10^4$ Н/м³; модуль Юнга $E = 2.1 \cdot 10^{11}$ Па; коэффициент Пуассона $\mu = 0.30$).

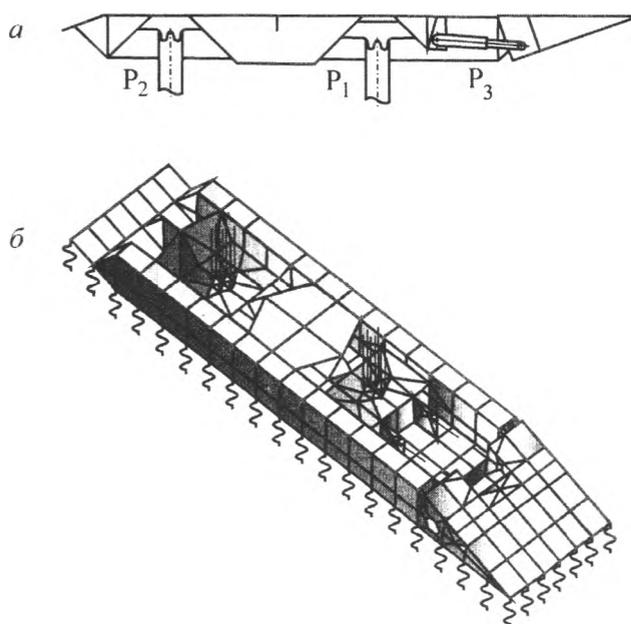


Рис. 2. Схема верхняка крепи М130 (а) и модель его взаимодействия с кровлей (б)

Шарнир соединения забойной консоли с перекрытием был смоделирован элементами толщиной 1 мм (рис. 3, позиция 1).

Кровля имитировалась упругими стержнями (пружинами) с эквивалентной жесткостью, соответствующей жесткости слагающих ее пород. Эти стержни присоединены к узлам сопряжения верхняка с массивом, в представленной модели их 147. В них наложены ограничения на перемещение в поперечном направлении. В узлах, находящихся под опорами, добавлены ограничения на перемещение в продольном направлении.

По закону Гука эквивалентная жесткость упругих элементов определяется следующим образом:

$$f = \frac{EF}{L}, \quad \text{Н/м,}$$

где L — длина стержня до сжатия (соответствует мощности вышележащих пород кровли, участвующих во взаимодействии), м; E — эквивалентный модуль упругости (модуль Юнга) пород кровли, Па; F — площадь поперечного сечения стержня, м².

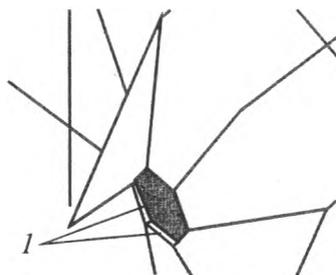


Рис. 3. Модель шарнира соединения забойной консоли с перекрытием

Для расчетов было принято $L = 40$ м, $E = 2.63 \cdot 10^{10}$ Па. Площадь поперечного сечения стержня, (следовательно, и эквивалентная жесткость) равна сумме четвертей площадей окружающих его пластин (рис. 4). Например, если стержень находится в углу верхняка и, соответственно, его окружает один элемент, то его площадь равна четверти площади этого элемента. Для стержня, расположенного на краю верхняка, она составит сумму двух четвертей соседних элементов, а для расположенного в середине — сумму четырех четвертей. Площадь каждого элемента, контактирующего с породами кровли, равна 0.028 м², жесткость упругого стержня, расположенного в середине верхняка, — 14.314 МН/м.

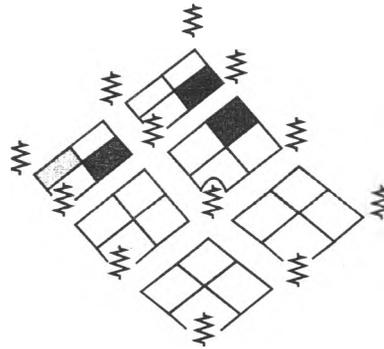


Рис. 4. Схема определения поперечного сечения стержня

Действие гидростоек крепи P_1 , P_2 и гидродомкрата управления забойной консолью P_3 были заменены распределенными нагрузками, приложенными в узлах элементов, моделирующих соответствующие опоры (рис. 2).

Результаты расчетов для конструкции верхняка серийной крепи М130 при номинальном рабочем сопротивлении гидростоек и гидропатрона управления забойной консолью ($P_1 = P_2 = 1570$ кН; $P_3 = 1000$ кН) представлены на рис. 5, из которого видно, что давление со стороны верхняка на кровлю носит неравномерный характер как по его длине, так и по ширине. Давление со стороны забойной консоли в несколько раз меньше, чем со стороны перекрытия (соответственно, 62.4 и 839.6 кПа), а суммарное усилие консоли, передаваемое на кровлю, равно 1.61% от общего сопротивления крепи, что является совершенно недостаточным и подтверждает ранее высказанные соображения о низкой несущей способности крепи в призабойной зоне. Вместе с тем, площадь, поддерживаемая забойной консолью, составляет 21.03% от общей.

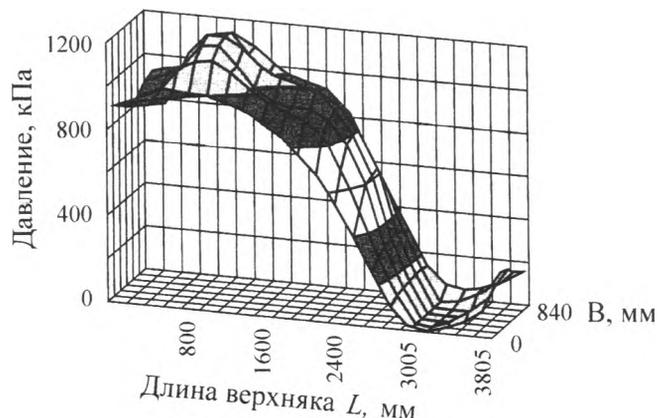


Рис. 5. Распределение давления по длине L и ширине B верхняка крепи М130

Оценить качества прижатия забойной консоли предлагается с помощью коэффициента неравномерности удельных давлений на кровлю

$$k = \frac{S}{M},$$

где S и M — стандартное отклонение и математическое ожидание давления забойной консоли на кровлю.

В случае неравномерного давления по длине верхняка уравнение принимает вид

$$k = \sqrt{n \left[\frac{n \sum_{i=1}^n P_i^2}{\left(\sum_{i=1}^n P_i \right)^2} - 1 \right] / (n-1)},$$

где P_i — среднее контактное давление по ширине крепи на i -ом участке забойной консоли, n — количество участков вдоль забойной консоли, контактирующих с породами кровли.

Большее значение этого коэффициента свидетельствует о значительной неравномерности распределения сопротивления крепи на рассматриваемом участке, что увеличивает вероятность локального нарушения целостности непосредственной кровли.

Для забойной консоли крепи М130 $k = 1.153$ при среднем давлении на кровлю 62.4 кПа и суммарном усилии забойной консоли 36.1 кН.

Ниже даны коэффициенты неравномерности давления на кровлю k и суммарные усилия прижатия забойной консоли с устройством I (рис. 1) с различными вариантами крепления рессоры:

x , мм	0	200	400	600	Без устройства
k	0.923	0.776	0.485	0.123	1.153
Суммарное усилие, кН	308.8	343.9	273.7	185.5	36.1

При оснащении крепи устройством I , усилие прижатия удается увеличить, по сравнению с серийной конструкцией, в 9.53 раза, в этом случае рессора расположена на расстоянии $x = 200$ мм от передней кромки консоли. Коэффициент неравномерности снизился в 1.49 раза и составил 0.776. Если сместить точку крепления рессоры к шарниру соединения консоли с перекрытием, то распределение сопротивления на забойной консоли становится более равномерным при снижении ее несущей способности в целом (рис. 6).

Аналогичная картина наблюдается и с оснащением крепи устройством II (рис. 1, 7). В данной конструкции при достижении максимального суммарного усилия прижатия наблюдается наилучшее распределение сопротивления по длине консоли, однако само усилие в несколько раз меньше, по сравнению с устройством I .

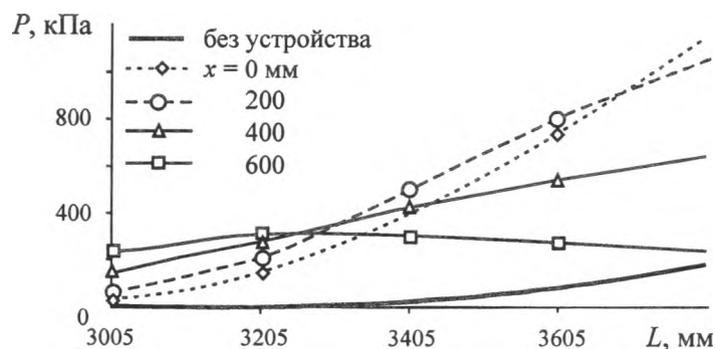


Рис. 6. Давление на кровлю P забойной консоли крепи М130, оснащенной устройством для крепления забоя I (рис. 1)

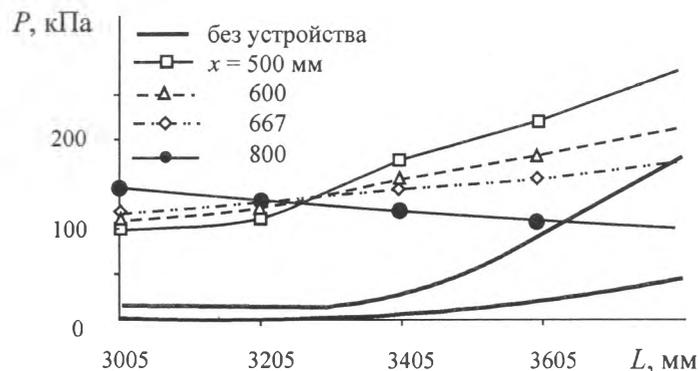


Рис. 7. Давление на кровлю P забойной консоли крепи М130, оснащенной устройством для крепления забоя II (рис. 1)

В обеих конструкциях уменьшение суммарного усилия прижатия с увеличением x обусловлено как уменьшением вертикальной составляющей от гидродомкратов и рессоры, так и перераспределением усилия на часть перекрытия. Коэффициент неравномерности давления также снижается.

Ниже даны k и суммарные усилия прижатия забойной консоли с устройством II (рис. 1) для различных вариантов крепления штока гидродомкрата:

x , мм	500	600	667	800	Без устройства
k	0.426	0.282	0.169	0.133	1.153
Суммарное усилие, кН	111.4	99.9	92.2	76.8	36.1

ВЫВОДЫ

1. Активные устройства крепления забоя в составе крепи М130 увеличивают ее несущую способность в призабойном пространстве, по сравнению с серийной конструкцией (для I — в 8.55; для II — в 3.09 раза), и уменьшают коэффициент неравномерности давления забойной консоли для I и II в 1.25 и 2.71 раза, соответственно.

2. Устройство I обладает лучшим контактным взаимодействием забойной консоли с породами кровли, а устройство II отличается компактностью в сложенном положении, что особенно важно при продвижении комбайна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дополнения к “Нормативам по безопасности забойных машин и комплексов” // ВостНИИ, Гипроуглемаш, ПНИУИ. — Кемерово: ВостНИИ, 1985.
2. А. с. 1067221 СССР. МКИ E21D23/04. Устройство для крепления забоя. / А. Н. Коршунов, Б. А. Александров, Ю. А. Антонов и др., КузПИ. — Оpubл. в БИ, № 2, 1984.

Поступила в редакцию 5/IV 2000

ISSN 0015 – 3273

ФИЗИКО-
ТЕХНИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
РАЗРАБОТКИ
ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ

5

Сентябрь – октябрь

2000

**ФИЗИКО-
ТЕХНИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
РАЗРАБОТКИ
ПОЛЕЗНЫХ
ИСКОПАЕМЫХ**

Журнал публикует статьи по геомеханике, геомеханическому мониторингу и геоинформатике, исследованию связей между глобальными геодинамическими процессами и техногенными катастрофами, физическому моделированию реологических и волновых процессов в многофазных структурных геосредах, разрушению горных пород, прочности и устойчивости горных выработок, горному машиноведению, физическим основам рабочих процессов машин, анализу и синтезу механизмов, автоматов и роботов, теории надежности их работы, созданию ресурсосберегающих и экологически безопасных технологий разработки месторождений полезных ископаемых, их обогащению, развитию информационно-аналитических методов оптимизации производственных процессов, широкому кругу проблем шахтной аэрологии и теплофизики, движению и сорбции жидкости и газов в пористых геосредах, дегазации угольных пластов, систем вентиляции подземных выработок, механизмам возникновения эндогенных пожаров и способам их тушения.

Журнал переводится на английский язык и издается в США издательством Kluwer Academic/Plenum Publishers под названием "Journal of Mining Science"

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор	академик РАН	<i>М. В. Курленя</i>
Зам. гл. редактора	д-р техн. наук	<i>А. Д. Костылев</i>
Отв. секретарь	д-р техн. наук	<i>В. М. Серяков</i>

Члены редколлегии

Д-р техн. наук *Г. Р. Бочкарев*, канд. техн. наук *Е. И. Васильев*, чл.-кор. РАН *Г. И. Грицко*, д-р техн. наук *П. В. Егоров*, д-р техн. наук *В. И. Клишин*, канд. техн. наук *В. Н. Кулаков*, д-р техн. наук *Г. И. Кулаков*, д-р техн. наук *В. В. Курехин*, чл.-кор. РАН *Ю. Н. Мальшев*, д-р техн. наук *В. Е. Миренков*, чл.-кор. РАН *В. Н. Опарин*, д-р техн. наук *Н. Н. Петров*, чл.-кор. РАН *Л. А. Пучков*, акад. РАН *К. Н. Трубецкой*, д-р техн. наук *А. М. Фрейдин*, д-р физ.-мат. наук *Е. Н. Шер*, чл.-кор. РАН *В. Л. Яковлев*.

СО Д Е Р Ж А Н И Е

Памяти Михаила Алексеевича Лаврентьева.....5

ГЕОМЕХАНИКА

Корнев В. М. Многомасштабные критерии сдвиговой прочности блочных хрупких сред.
Сателлитное зарождение микропор.....7

Кузнецов С. В., Трофимов В. А. Напряжения и смещения вокруг отработанного по про-
стиранию участка пласта17

Курленя М. В., Миренков В. Е., Шутов А. В. Оценка влияния собственного веса пород
на деформирование их около выработок.....30

Михайлов А. М. Расчет напряжений вокруг трещины.....36

РАЗРУШЕНИЕ ГОРНЫХ ПОРОД

Александрова Н. И., Шер Е. Н. Влияние утечек газов из полости взрыва сферического
заряда на разрушение горных пород.....43

Шер Е. Н., Александрова Н. И. Динамика развития зон разрушения при взрыве сосре-
доченного заряда в хрупкой среде54

ГОРНОЕ МАШИНОВЕДЕНИЕ

Городилов Л. В. Анализ рабочего цикла гидравлической ударной машины с применением
критериев подобия.....69

Мазуркевич Д. Эмпирические и аналитические модели процесса резания горных пород75

Буялич Г. Д., Александров Б. А., Антонов Ю. А., Воеводин В. В. Повышение сопротив-
ления консолей механизированной крепи.....82

ТЕХНОЛОГИЯ ДОБЫЧИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Добринян А. А. Оценка кинетических параметров щитовых крепей с отдельной пере-
движкой перекрытий и оснований88

Мацко Н. А., Кононыхин М. А. Оптимизация объемов продукции горного предприятия,
реализуемой по долгосрочным и краткосрочным контрактам.....93

Шадрин А. В. Акусто-эмиссионный мониторинг профилактической гидрообработки
угольных пластов.....98

ОБОГАЩЕНИЕ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Вигдергауз В. Е., Шрадер Э. А., Степанов С. А., Антонова Е. А., Саркисова Л. М., Кузнецова И. Н., Панова М. В. Флокуляция шламов сульфидных минералов гидрофобным полимером	103
Изотов А. С., Кондратьев С. А. Влияние физически сорбированного реагента на время контактного взаимодействия частицы с пузырьком газа.....	109
Евменова Г. Л., Байченко А. А. Повышение эффективности действия полимерных флокулянтов при агрегации угольных шламов	115

Адрес редакции: Институт горного дела СО РАН,
Красный проспект, 54, 630091, Новосибирск, Россия.
Тел.: (3832) 17-00-48. Факс: (3832) 17-06-78.
E-mail: edit@misd.nsk.ru. URL: <http://www.misd.nsk.ru>

CONTENTS

In Mamory of Michail Alekseyevich Lavrentyev5

GEOMECHANICS

- V. M. Kornev** Multiscale Criteria of Shear Strength of Block Brittle Media. Satellite Nucleation of Micropores7
- S. V. Kuznetsov and V. A. Trofimov** Stresses and Displacements Around Seam Area Mined Out along the Strike17
- M. V. Kurlenya, V. Ye. Mirenkov, and A. V. Shutov** Estimation of Influence Exerted by Eigenweight of Rocks on Their Deformation Near Workings30
- A. M. Mikhailov** Calculation of Stresses Around a Crack36

ROCK FAILURE

- N. I. Aleksandrova and Ye. N. Sher** Influence of Gas Egresses from Explosion Cavity of Spherical Charge on Rock Breaking43
- Ye. N. Sher and N. I. Alexandrova** Dynamics of Developing Failure Zones with Explosion of Concentrated Charge in Brittle Medium54

SCIENCE OF MINING MACHINES

- L. V. Gorodilov** Analysis of Working Cycle of Hydraulic Impact Machine Using Criteria of Similitude69
- D. Mazurkiewicz** Empirical and Analytical Models of Cutting Process of Rocks75
- G. D. Buyalich, B. A. Aleksandrov, Yu. A. Antonov, and V. V. Voyevodin** Increase in Resistance of Brackets of Powered Support82

MINERAL MINING TECHNOLOGY

- A. A. Dobriyan** Estimation of Kinetic Parameters of Shield Supports with the Separate Shifting of Ceilings and Bases88
- N. A. Matsko and M. A. Kononykhin** Optimization of Product Volumes of Mining Enterprises Realized According to Long-Term and Short-Term Contracts93
- A. V. Shadrin** Acoustoemission Monitoring of Preventive Hydraulic Treatment of Coal Seams98

MINERAL BENEFICIATION

V. Ye. Vigdergauz, E. A. Shrader, S. A. Stepanov, Ye. A. Antonova, L. M. Sarkisova, I. N. Kuznetsova, and M. V. Panova Flocculation of Slimes of Sulfide Minerals by Hydrophobic Polymer.....	103
A. S. Isotov and S. A. Kondratyev Influence of Physically Sorbed Reagent on the Time of Contact Interaction Between a Particle and Gas Bubble	109
G. L. Yevmenova and A. A. Baichenko Increase in the Effectiveness of Polymeric Flocculant Action during Coal Slime Aggregation	115

Рисунки прилагают на отдельных листах в двух экземплярах, на обороте каждого из них мягким карандашом указывают номер рисунка, название статьи и фамилию автора. Рисунки должны быть четкими, с учетом последующего уменьшения. Рекомендуемые размеры рисунков: 60×150, 60×70 мм. Вместо подписей на рисунках следует использовать цифровые или буквенные обозначения, которые должны разъясняться в подписи под рисунком или в тексте. Все рисунки нумеруются.

Реферат должен кратко излагать содержание работы. Заглавие статьи не должно повторяться в реферате. Объем — не более 5 – 10 строк.

Список литературы составляется по ходу упоминания ее в тексте и приводится в конце рукописи. В него не следует включать неопубликованные материалы. Ссылки в тексте на литературу даются в квадратных скобках, например [1], [2, 3], [4 – 7]. Для переводных работ необходимо, указать источник, с которого сделан перевод. Ссылаясь на статью из сборника, необходимо указать полное название цитируемой статьи и сборника, а также фамилии и инициалы его редактора. Для журнальной статьи: фамилии и инициалы авторов, название статьи и журнала, год издания, том, номер.

Рекомендации по подготовке электронного варианта статьи

Формат листа — А4. Поля: верхнее — 2.7; нижнее — 3; левое — 1.8; правое — 1.8, от края до верхнего колонтитула — 1.95, до нижнего — 2.5.

Шрифт — Times New Roman, размер шрифта — 12. Междустрочный интервал — минимум 14, отступ первой строки абзаца — 0.7 см. Десятичные дроби следует писать через точки (например, 0.98).

Формулы, набираемые через редактор формул **Microsoft Equation 3.0**, имеют следующие размеры: обычный — 12, крупный индекс — 8, мелкий индекс — 6, крупный символ — 24, мелкий символ — 12. Латинские и греческие буквы — курсив; цифры — прямые.

Таблицы. Заголовок таблицы — 10.5 строчными буквами, слово ТАБЛИЦА — прописными буквами.

Рисунки должны быть четкими. Можно рисовать в Corel Draw. Рисунки, полученные с помощью приборов или расчетов, представляются в одном из форматов BMP, JPG, TIF, PSD, PDF, PCX. Размер шрифта для подрисовочных подписей — 10.5.

Для подготовки файлов в электронном виде желательно придерживаться следующих требований: для рисунков — 600 dpi; для сканированных полутонных фотографий — 300 dpi;

Список литературы. **Фамилия, имя** — полужирный шрифт — 11, межстрочное расстояние — 13.5.

В случае доработки статьи временем поступления считается дата получения редакцией окончательного варианта текста.

Редколлегия оставляет за собой право не вести дискуссию по мотивам отклонения статьи.

*Заведующая редакцией В. Н. Валиева
Редактор Н. Ю. Трифонова*

Сдано в набор 10.09.2000. Подписано в печать 20.10.2000. Бумага писчая № 1
Формат 60×84 1/8. Печать офсетная. Усл. печ. л. 13,3. Уч.-изд. л. 11,7 Тираж 280 экз.

Цена свободная

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации
Регистрационный номер 011099

Издательство Сибирского отделения РАН
Морской проспект, 2, 630090, Новосибирск
Оригинал-макет изготовлен издательским отделом ИГД СО РАН
Отпечатано на полиграфическом участке Института горного дела СО РАН
Красный проспект, 54, 630091, Новосибирск

INCREASING THE RESISTANCE OF POWERED SUPPORT BRACKETS

G. D. Buyalich, B. A. Aleksandrov, Yu. A. Antonov,
and V. V. Voyevodin

UDC 622.285:624.042.3

Devices, which make it possible to improve support of the roof in the working space, are considered. The results are presented for modeling the interaction between the beam of the powered support and the roof rocks.

Operational experience with powered supports together with experimental and analytical data indicate that the first signs of roof failure are observed in unsupported space and in front of the face and are often accompanied with loosening of the coal. Intensive lamination of the roof and the formation of flaws and domes govern unfavorable character of its interaction with the holding elements of support in the zone where the hydraulic props are located. A relation is observed between the depth of coal loosening and the sagging of the roof in the supported and, in particular, unsupported space. Greater sagging of the roof is associated with greater loosening of the coal, which may lead to an accident.

This indicates the need for new designs increasing the resistance of the face brackets and reducing the intensity of coal loosening and inrush formation.

Existing designs for face supporting are passive; they do not prevent loosening but simply hold back the loosened coal. Decreasing the loosening manifestation, they do not exert influence on the causes of its origination.

At the chair of mining machinery of the Kuzbass State Technical University various devices that interact with the roof and reduce inrush formation by supporting its section in the working space have been developed. Two of these devices (*I* and *II*) are shown in Fig. 1 for the M130 powered support.

Device *I* (Fig. 1) is mounted on beam of the support and includes a hydraulic jack *1* attached to the ceiling and two springs *2* suspended from the face bracket. The lower ends of the springs are connected to a pressing shield *3* [1].

In its non-working position, the device is located under the ceiling, not preventing combine operation. The hydraulic jack moves the device to the working position. Hydraulic jack extension is accompanied by spring turn so as to push the shield against the face; spikes fix rigidly the shield, preventing its movement over the face surface. With further hydraulic jack extension, the springs are deformed, increasing the carrying capacity of both the face bracket and the ceiling. The carrying capacity of the face part of the beam is determined by the force of the hydraulic jack, the spring rigidity, and the geometric and kinematic parameters of the device.

Device *II* (Fig. 1) is mounted on the section baffle and includes a hydraulic jack *1*, the rod of which is hinged to the beam, while the housing is hinged to the pressing shield. The hydraulic jack cylinder is provided with a thrust clamp *2* at its midpoint and at the rod end with a flange *3*. Between clamp *2* and flange *3*, there is a yoke *4*, capable of moving freely over the cylinder. The yoke is connected to the rod *5*, suspended from the baffle, and is pressed to clamp by spring *6* [2].

Kuzbass State Technical University, Kemerovo, Russia. Translated from *Fiziko-Tekhnicheskie Problemy Razrabotki Poleznykh Iskopaemykh*, No. 5, pp. 82–87, September–October, 2000. Original article submitted May 5, 2000.

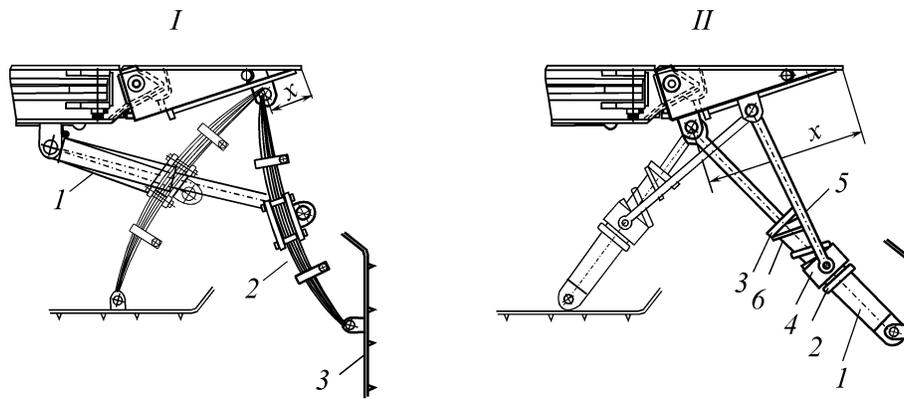


Fig. 1. Devices for face supporting

The advantages of this mechanism are its compactness in the non-working position and the possibility of turn around the point of suspension from the non-working position to the working position due to hydraulic jack extension.

The device works as follows. Until the combine passes, it rests under the ceiling; then the hydraulic jack turns around the combine toward the face until the shield makes contact. Turn is not accompanied by slip of the hydraulic jack cylinder with respect to the yoke. Once the shield is pressed against the face surface, the hydraulic jack turn ceases, but its extension continues due to the compression spring 6. The reaction at the face is transmitted to the baffle, increasing its carrying capacity. The pressing of the baffle is determined by the hydraulic jack force and its angle of slope with respect to the face bracket.

To compare these two devices, the interaction of the beam with the roof rocks is calculated by the finite-element method, using Algor software. The beam was divided into 646 elements of 3D Plate/Shell type. Such elements are shown in Fig. 2 as planes passing through the middle of the plate, disregarding their thickness. Plates of the following thickness were employed in the solution: 0.02 m in the basic elements of the beam to model sheets of corresponding thickness; 0.03 m in thickened elements; 0.035 m in elements of the hydraulic-prop model; and 0.05 m in the supports of hydraulic chuck of the face bracket control. The properties of the metal were specified for all the elements: density $\rho = 7.7 \cdot 10^4 \text{ N/m}^3$; Young's modulus $E = 2.1 \cdot 10^{11} \text{ Pa}$; Poisson's ratio $\mu = 0.30$.

The hinge between the face bracket and the ceiling was modeled by elements of thickness 1 mm (position I in Fig. 3).

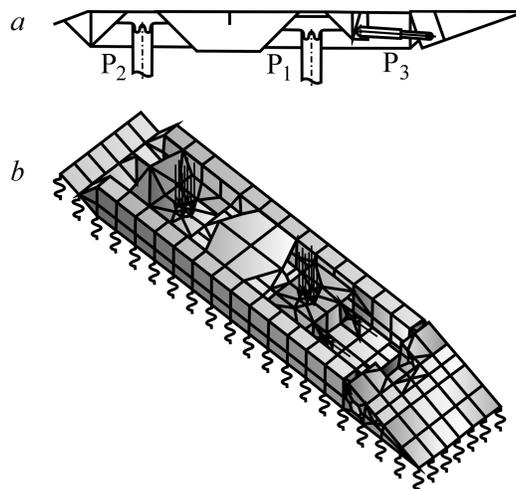


Fig. 2. Scheme of the beam of the M130 support (a) and model of its interaction with roof (b)

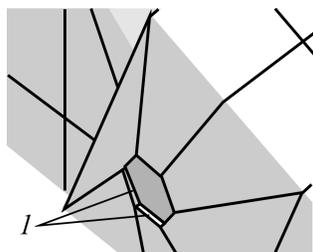


Fig. 3. Model of the hinge connecting face bracket with ceiling

The roof was simulated by elastic rods (springs) with rigidity equivalent to that of the rocks. These rods are connected to the points of contact of the beam with the rock mass; in the model, 147 rods are assumed. A constraint is imposed on the transverse rod displacement. At points under the supports, there are additional constraints on the longitudinal displacement.

According to Hooke's law, the equivalent rigidity of the elastic elements is determined as follows

$$f = \frac{EF}{L}, \quad \text{N/m},$$

where L is the rod length prior to compression (corresponding to the thickness of the overlying roof rocks participating in the interaction), m ; E is the equivalent elastic modulus (Young's modulus) of the roof rocks, Pa ; F is the cross-section area of the rod, m^2 .

It is assumed in the calculations that $L = 40 \text{ m}$, $E = 2.63 \cdot 10^{10} \text{ Pa}$. The cross-section area of the rod (and hence, the equivalent rigidity) is equal to the sum of quarters of the areas of the surrounding plates (Fig. 4). For example, if the rod is at the corner of the beam and correspondingly it is surrounded by one element, its area is equal to one quarter of the area of this element. For a rod at the edge of the beam, the area is the sum of two quarters of the adjacent elements; for a rod in the middle, its area is the sum of four quarters. The area of each element in contact with the roof rocks is 0.028 m^2 ; the rigidity of an elastic rod in the middle of the beam is 14.314 MN/m .

The action of the hydraulic props P_1 , P_2 and the hydraulic jack of the P_3 face bracket control is replaced by distributed loads applied to points of the elements modeling the corresponding supports (Fig. 2).

The calculation results for the beam of a mass-produced M130 support with the rated working resistance of the hydraulic props and hydraulic chuck of the face bracket control ($P_1 = P_2 = 1570 \text{ kN}$, $P_3 = 1000 \text{ kN}$) are shown in Fig. 5. We see that the pressure exerted on the roof from the beam is nonuniform, both over the length and over the width. The pressure from the face bracket is somewhat less than the pressure from the ceiling (62.4 and 839.6 kPa , respectively), while the total force applied to the roof by the bracket is 1.61% of the total support resistance; this is completely inadequate and confirms the low carrying capacity of the support in the working space. At the same time, the area supported by the face bracket is 21.03% of the total area.

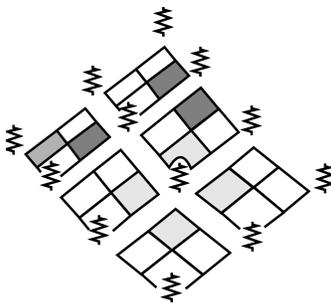


Fig. 4. Scheme of determination of the rod cross-section

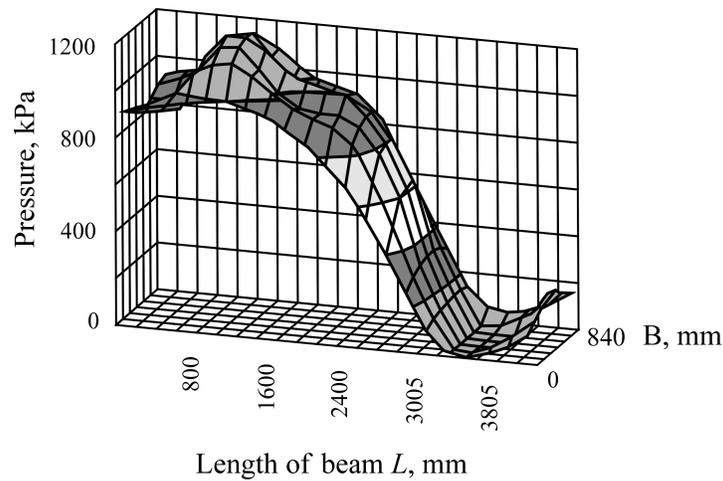


Fig. 5. Pressure distribution over the length L and width B of the beam of the M130 support

The qualities of the face bracket pressing may be estimated on the basis of the coefficient of specific pressure nonuniformity over the roof

$$k = \frac{S}{M},$$

where S and M are the standard deviation and mathematical expectation of the pressure exerted by the face bracket on the roof.

With nonuniform pressure over the length of beam, this equation takes the form

$$k = \sqrt{n \left[n \sum_{i=1}^n P_i^2 / \left(\sum_{i=1}^n P_i \right)^2 - 1 \right] / (n-1)},$$

where P_i is the mean contact pressure over the support width at the i th section of the face bracket, Pa; n is the number of sections along the face bracket in contact with the roof rocks.

High k indicates considerable nonuniformity in the support resistance distribution over the given region, which increases the probability of local disturbance of immediate roof integrity.

For the face bracket of the M130 support, $k = 1.153$ with a mean pressure on the roof of 62.4 kPa and a total face-bracket force of 36.1 kN.

Table 1 gives k and the total forces exerted using device I (Fig. 1) for various spring configurations.

Introducing device I increases the pressing force by a factor of 9.53. In this case, spring is located at the distance $x = 200$ mm from the front edge of the bracket. Correspondingly, k is reduced by a factor of 1.49, to 0.776. If the point of spring attachment is shifted to the hinge of connecting the bracket to the ceiling, the resistance distribution at the face bracket becomes more uniform, with overall reduction in its carrying capacity (Fig. 6).

Introducing device II has a similar effect (Figs. 1 and 7). In this case, the best resistance distribution over the length of the bracket is observed when the total pressing force is a maximum; however, the force itself is somewhat less than for device I .

TABLE 1

x , mm	0	200	400	600	Without device <i>I</i>
k	0.923	0.776	0.485	0.123	1.153
Total force, kN	308.8	343.9	273.7	185.5	36.1

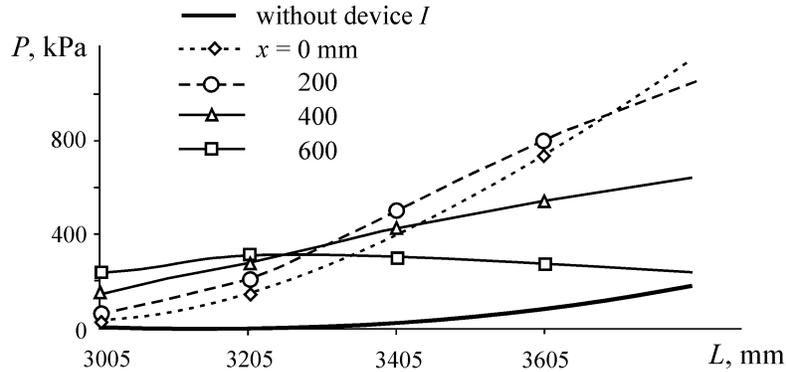


Fig. 6. Pressure P exerted on roof by face bracket of the M130 support equipped with device *I* for face holding

For both devices, the reduction in the total pressing force with increase in x is governed both by decrease in the vertical component from the hydraulic jacks and spring and by redistribution of the force over the ceiling section. The coefficient of pressure nonuniformity is also reduced.

Table 2 gives k and the total pressing forces of the face bracket with device *II* (Fig. 1) for various configurations of supporting a hydraulic jack rod.

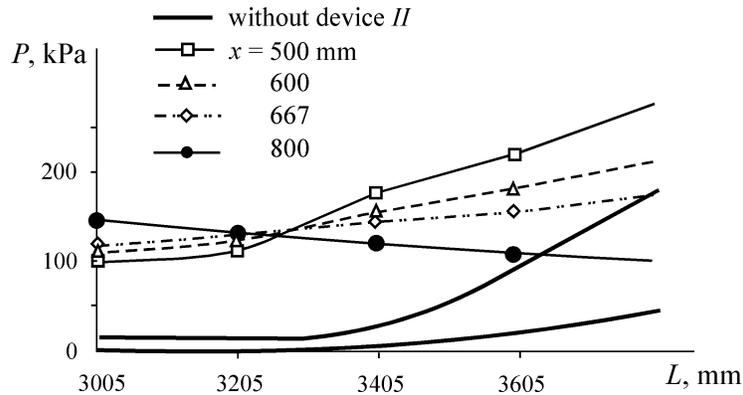


Fig. 7. Pressure P exerted on roof by face bracket of the M130 support equipped with device *II* for face holding

TABLE 2

x , mm	500	600	667	800	Without device <i>II</i>
k	0.426	0.282	0.169	0.133	1.153
Total force, kN	111.4	99.9	92.2	76.8	36.1

CONCLUSIONS

1. Introducing active devices for face holding in the M130 support increase its carrying capacity in the working space — by a factor of 8.55 for device *I* and 3.09 for device *II* — and decrease the coefficient of pressure nonuniformity at the face bracket — by a factor of 1.25 for device *I* and 2.71 for device *II*.

2. Device *I* ensures better contact interaction between the face bracket and the roof rocks, while device *II* is compact in the rest position, which is especially important for the moving combines.

REFERENCES

1. *Supplements to the Safety Standards for Face Machinery* [in Russian], VostNII, Kemerovo (1985).
2. A. N. Korshunov, B. A. Aleksandrov, Yu. A. Antonov, et al., “The USSR Authors’ Certificate 1067221. MKI E21D23/04. Device for face supporting,” *Byull. Izobret.*, No. 2 (1984).