

УДК 622.831

**ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ УГЛЕДОБЫВАЮЩИХ
КОМПЛЕКСОВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

д.т.н., проф. Антипов И.В. (ИФГП НАНУ)*

Викладено найбільш суттєві результати багаторічних досліджень в галузі взаємодії механізованого кріплення з гірничими породами. Результати досліджень покладені в основу створення та впровадження високопродуктивних вугледобувних механізованих комплексів нового покоління.

**PHYSICAL AND TECHNICAL SUBSTANTIATION PARAMETERS OF
HIGH PRODUCTIVITY NEW GENERATION MINING ENGINERY**

Antypov I.V.

The most essential results of long-term researches in the field of interaction mechanized supports with rocks are stated. Results of the researches are put in basis of creation and application of the high-efficiency coal-mining mechanized complexes of new generation.

1. Актуальность проблемы

Около 90% энергии, потребляемой в мире, получают из ископаемых источников энергии – угля, нефти и газа. Мировые запасы этих полезных ископаемых составляют 1.152,2 млрд. т SKE (единиц условного топлива), из которых 786 млрд. SKE приходится на уголь, что составляет более 68% всех ископаемых источников энергии [1].

В связи с ограниченными запасами нефти и газа, а также повышением цен на эти энергоносители, уголь начинает занимать передовые позиции в мировой стратегии энергетической безопасности. По прогнозу Международного энергетического агентства (МЭА) до 2030 года можно ожидать повышение добычи угля на равные 1, 4–2% на год [2].

Исходя из мировых тенденций развития угледобычи и принимая во внимание обеспечение национальной безопасности Национальной Энергетической Программой Украины предусмотрено увеличение доли угля в топливно-энергетическом балансе государства до 50%.

Запасы угля в Украине составляют 117,4 млрд., из которых на действующих шахтах 6,5 млрд. т, вскрыто 2,2 млрд. т, подготовлено к выемке 248 млн. т. Соотношение запасов природных энергоносителей следующее: уголь – 95,4 %; газ – 2,6 %, нефть – 2,0 % [3].

* В проведении исследований под руководством автора статьи принимали участие и использовали результаты при подготовке диссертационных работ в Институте физики горных процессов НАН Украины кандидаты технических наук П.Е. Филимонов, В.Е. Кравченко, А.В. Савенко.

В начале 80-х годов были разработаны геомеханические и технологические основы нового уровня крепей очистных забоев, что обеспечило создание механизированных крепей второго поколения – 1МК103, «Донбасс-80», М137 и др. Новые крепи позволили расширить область применения комплексов на пласты с малоустойчивыми породами кровли. С внедрением механизированных комплексов 1КМ103, КД80, КМ137 и др. наблюдалась некоторая стабилизация показателей. Но уже в 1992 году 248 комплексов, что составляло 42% общего количества комплексно-механизированных забоев, работали с присечкой вмещающих пород, а около 45% комплексов - в условиях неустойчивых кровель, то есть за пределами области применения механизированных крепей второго поколения. Это привело к снижению средней нагрузки до 470 т/сут., производительности труда – до 5,91 т/выход; около 80 комплексов ежегодно работало с нагрузкой менее 300 т/сут. [4]

При явном недоиспользовании возможностей отечественных механизированных комплексов средняя нагрузка на них составила 1208 т/сут., что в 2 раза выше, чем на забои с мехкомплексами на базе крепей предыдущих поколений (КД80, МТ, М87, М88, МК97, МК98), и в 12 раз выше, чем на лавы с индивидуальным креплением.

Практика ведущих угледобывающих стран свидетельствует о том, что наибольший экономический эффект достигается за счет повышения нагрузки на очистные забои комплексами на базе двухстоечных щитовых механизированных крепей, которые обеспечивают высокую производительность и безопасность ведения работ. Основной проблемой, которая препятствует реализации этого направления в угледобывающей промышленности Украины, являются сложные горно-геологические условия залегания угольных пластов, характеризующиеся малой мощностью, неустойчивыми боковыми породами и наличием значительного количества геологических нарушений.

Таким образом, объективно возникла потребность в крепях нового поколения [5], позволяющих расширить область применения механизированных комплексов на маломощные пласты с неустойчивыми породами кровли и обеспечить выемку угля без риска здоровью и жизни рабочих. Для этого необходимо разработать геомеханические и технологические основы создания крепей нового поколения – изучить особенности взаимодействия крепей с неустойчивыми кровлями и разработать новые принципы сохранения сплошности пород, обосновать требования к крепям и разработать методы расчета их параметров.

2. Теоретические исследования

Физические процессы, происходящие в горном массиве, отличаются большой сложностью и неоднозначностью. Изучение геомеханических процессов весьма затруднительно не только при непосредственных наблюдениях в натуральных условиях, но и в теоретических и лабораторных исследованиях. Одним из методов решения геомеханических задач является моделирование.

При решении геомеханических задач применяются физические, аналитические и численные методы моделирования [6].

Численные методы моделирования, в отличие от физических и аналитических, позволяют моделировать неоднородность горного массива, различные включения и зоны трещиноватости. Кроме того при численном моделировании природы учитывается большее количество физико-механических характеристик пород.

Наиболее распространенными среди численных методов являются метод конечных разностей (МКР) и метод конечных элементов (МКЭ).

Преимущества МКЭ по сравнению с другими численными методами заключаются в следующем: возможность задания любых граничных условий, получение результатов в абсолютных, а не относительных показателях, возможность учета в расчетах любых физико-механических свойств горных пород при любой последовательности нагружения, возможность сгущения сети конечных элементов в местах высоких градиентов напряжений, простота и визуальная наглядность получаемых решений.

Суть алгоритма МКЭ [7] заключается в том, что искомая непрерывная величина перемещения точек горного массива аппроксимируется кусочным набором простейших функций, заданных над ограниченным количеством элементов. Это позволяет свести интегрирование дифференциальных уравнений к решению системы линейных уравнений. Оптимальный по сложности расчетов и точности результатов алгоритм МКЭ реализуется с помощью треугольных элементов (рис. 1).

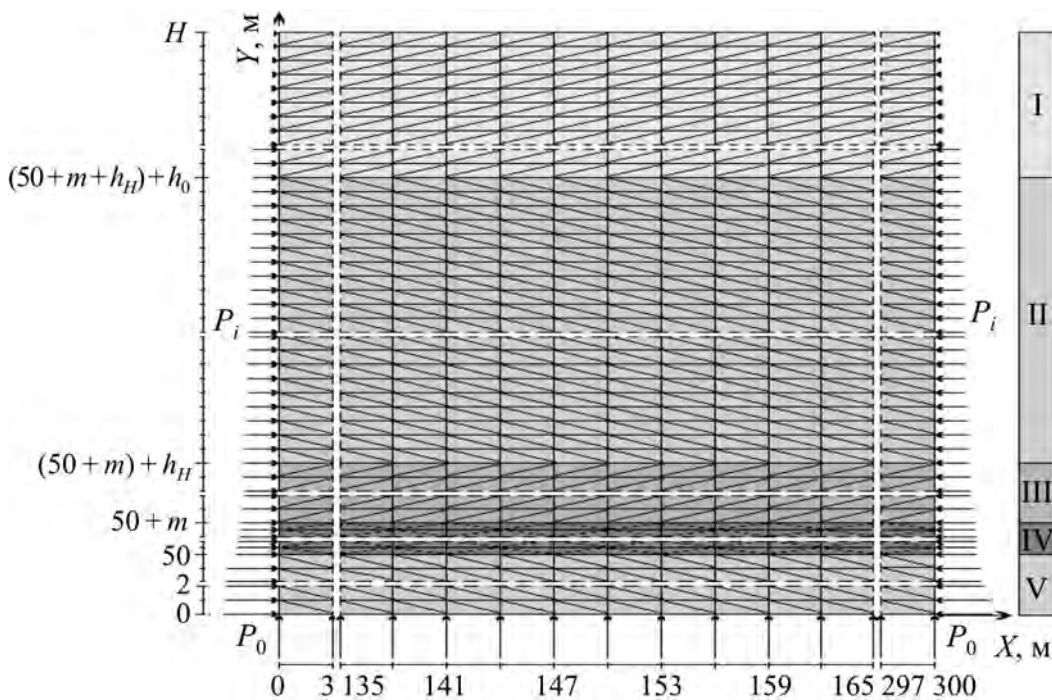


Рис. 1. Расчетная схема (геомеханическая модель) массива горных пород для расчетов с помощью МКЭ

Для обоснования параметров высокопроизводительных угледобывающих комплексов нового поколения моделировалась отработка пологого угольного пласта мощностью до 2,0 м на глубине около 1000 м [8]. В основной кровле пласта залегают породы категории А₂, или А₃, мощность которых варьируется в моделях с шагом 1 м. Непосредственная кровля относится к категории Б₂ или Б₃ и ее мощность варьируется в моделях с шагом 0,5 м. Почва слагается породами категории П₂₋₃.

На рис. 1 представлена модель со следующими размерами: расстояние от земной поверхности до нижней границы модели изменяется в зависимости от мощности слоев основной и непосредственной кровель, составляя около 1000 м. Горизонтальный размер модели – 300 м. Сетка треугольных элементов сгущается в районе угольного пласта.

Вначале выполняется расчет для массива не подверженного влиянию очистных работ и проверяется равновесие модели, затем моделируется разрезная печь. Проведение разрезной печи вызывает незначительные перемещения узлов в модели и перераспределения напряжений.

Далее моделируется выемка угля путем увеличения пролета кровли в выработанном пространстве на величину $\Delta L = 3$ м, обусловленную горизонтальным размером элемента. Расчеты выполняются до тех пор, пока не будет зафиксировано разрушение элементов, составляющих основную кровлю (2-я группа элементов), то есть, пока не произойдет первичное обрушение.

Если посадка основной кровли произошла на определенном этапе расчетов, то решение полученное на предыдущем этапе принимается в качестве исходного для выделения в общей модели участка меньших размеров. При этом, полученные напряжения являются граничными условиями для исследуемой области меньших размеров. В этой области моделируется призабойная крепь путем приложения противодействующих сил к узлам элементов, имитирующих породы кровли в призабойном пространстве.

Разработанная модель горного массива отличается наиболее полным учетом физико-механических характеристик пород, гибкостью, обусловленной возможностью варьирования горно-геологических характеристик массива в широких пределах, а также высоким быстродействием расчетов на ЭВМ, обусловленным использованием в алгоритме МКЭ не матричного, а аналитического метода формирования матриц жесткости элементов.

Шахтные наблюдения [9] показали, что устойчивые обнажения пород непосредственной кровли на концевых участках лав составляют не более 2 метров. Такие породы относятся категории Б₂ (неустойчивые) и Б₃ (малоустойчивые). Применять механизированные крепи второго поколения в таких условиях неэффективно из-за возможных вывалообразований в призабойном пространстве, что подтверждается на практике [10].

Для обеспечения эффективного применения крепи в условиях неустойчивых и малоустойчивых пород на концевых участках лав необходимо определить ее силовые параметры и режимы работы к которым относятся удельное

сопротивление и режим взаимодействия крепи с вмещающими породами, а именно характер изменения сопротивления и податливости.

Выбор параметров двухстоечной механизированной крепи выполнен путем моделирования ее взаимодействия с неустойчивыми и малоустойчивыми породами кровли на этих участках с использованием модели (см. рис. 1) и алгоритма МКЭ, реализованного пакетом программ FEM.

Всего было сформировано и реализовано четыре модели взаимодействия крепи с непосредственной кровлей для следующих сочетаний горно-геологических условий: A_2B_2 ; A_3B_2 ; A_2B_3 и A_2B_3 .

Усилия призабойной крепи имитировались путем приложения внешних сил к узлам на нижней границе исследуемой области. При этом, сопротивление крепи варьировалось от 200 до 600 кН/м².

Расчеты показали, при сопротивлении крепи 350 кН/м² и ниже в непосредственной кровле возникают растягивающие напряжения, которые превышают пределы прочности пород и вызывают разрушение непосредственной кровли на полную мощность.

Частичное нарушение сплошности пород происходит при сопротивлении крепи менее 400 кН/м² в условиях пород категории B_3 и аналогичные разрушения происходят при сопротивлении крепи 500 кН/м² в условиях неустойчивых кровель, которые относятся к категории B_2 . При сопротивлении крепи 500 кН/м² и выше в непосредственной кровле возникают сжимающие напряжения, под действием которых породы также разрушаются. Завышенное (более 500 кН/м²) или заниженное (менее 300 кН/м²) сопротивление крепи вызывает потерю устойчивости непосредственной кровли и вывалы породы на концевом участке лавы.

Рациональные силовые параметры двухстоечной крепи с учетом горно-геологических условий залегания и физико-механических характеристик массива составляют 400–500 кН/м², или в среднем – 450 кН/м² [11]. Для эффективной работы двухстоечных крепей в условиях неустойчивых пород кровли необходимо обеспечить режим рациональных силовых параметров.

3. Шахтные инструментальные исследования

Шахтные инструментальные наблюдения в действующих очистных забоях – наиболее эффективный и достоверный метод исследования геомеханических процессов в породном массиве.

Горные породы до проведения в них выработок находятся в состоянии напряженного геостатического равновесия. При ведении горных работ равновесие нарушается и породы приходят в движение. Кинематика горных пород является следствием проявления сложных процессов в толще, окружающей угольный пласт, в самом пласте и в механизированной крепи. Поскольку для наблюдений доступны движения слоев, непосредственно прилегающих к угольному пласту, шахтные наблюдения дают возможность изучения горного давления, проявляющегося в видимых движениях кровли и почвы пласта.

Основные причины неудовлетворительного состояния кровли, вывалообразований неустойчивых пород в очистных забоях, а также способов и средств их предотвращения представлены в многочисленных научных работах отечественных и зарубежных исследователей. Например, топтание кровли при передвижке крепи с полной разгрузкой приводит к потере сплошности нижнего слоя пород [12].

При наличии породной подушки на перекрытии точка первого контакта верхняка с кровлей удаляется от груди забоя лавы на расстояние более 0,3 м [7–10]. Инертность крепей при передвижке приводит к запаздыванию крепления и обнажениям пород в призабойном пространстве лав. Все эти факторы отрицательно сказываются на состоянии неустойчивых и малоустойчивых пород непосредственной кровли и приводят к вывалообразованиям в призабойном пространстве лавы.

Исследованиями установлено, что при выполнении операций по выемке угля и передвижке секций крепи скорость конвергенции вмещающих пород изменяется [13]. В зависимости от интенсивности выполнения основных производственных операций в очистном забое изменяется скорость протекания геомеханических процессов в горном массиве. При этом получены численные значения ускорения конвергенции вмещающих пород в лаве, составляющие 0,005–0,045 мм/мин² на концевых участках и 0,045–0,055 мм/мин² в средней части лавы.

Исследования выполненные на АП «Шахта им. А.Ф. Засядько» в 1997 г. [14,15] и 2001 г. [16] не предусматривали фиксирование скорости конвергенции на каждой секции крепи. Кроме того, во время инструментальных наблюдений в лаве не была обеспечена непрерывная фиксация показаний измерительной стойки при передвижке секций механизированной крепи. Выводы, сделанные после обработки шахтных наблюдений базировались на аппроксимации значений конвергенции пород до передвижки секции крепи и после установки измерительной стойки в новое положение.

Для уточнения выдвинутых гипотез в 2004–2005 гг. проведены дополнительные инструментальные наблюдения в высокопроизводительной 17-й восточной лаве пласта m_3 АП «Шахта им. А.Ф. Засядько» [17]. Цель проведенных исследований заключалась в установлении влияния процесса передвижки секций крепи на интенсивность геомеханических процессов в горном массиве.

Наблюдения в 17-й восточной лаве пласта m_3 проводились с 1 декабря 2004 г. по 30 мая 2005 г. При этом было исследовано 42 цикла выемки угля комбайном и передвижки секций механизированной крепи. Общая продолжительность наблюдений составила 25 рабочих смен, или около 150 часов. Подвигание лавы за период наблюдений составило 850 м; было зафиксировано 14 посадок основной кровли.

Для измерения конвергенции вмещающих пород использовалась стойка СУИ-П с индикатором часового типа ИЧТ-0,01. Хронометраж продолжи-

тельности производственных операций выполняются с помощью секундомера. При этом показания приборов впервые фиксировались вербально через микрофон, установленный в противопылевом респираторе наблюдателя, на портативный магнитофон. Данные, записанные на магнитофон впоследствии расшифровывались и заносились в специальные формуляры. Такой метод наблюдений позволил одновременно фиксировать не только показания приборов и секундомера, но и получить объективное вербальное описание технологических операций в очистном забое.

Инструментальные наблюдения показали, что при достаточном удалении комбайна от измерительной стойки скорость опускания кровли составляет около 0,02–0,05 мм/мин и не зависит от операций по выемке угля. Однако, при приближении комбайна к измерительной стойке на расстояние 3–5 секций механизированной крепи (4–7 м), скорость опускания кровли начинала быстро увеличиваться. Наибольшее ее значение наблюдается в период прохода комбайна около измерительной стойки. Далее по мере удаления комбайна от измерительной стойки скорость опускания кровли убывает до 0,02–0,05 мм/мин. Отрезок пути комбайна до измерительной стойки, на котором резко возрастает скорость опускания кровли, представляет собой зону влияния операций выемки угля впереди комбайна, длина которой составляет около 4–7 м. Аналогичный отрезок пути длиной 7–10 м был зафиксирован при удалении комбайна от измерительной стойки. На этом участке скорость опускания кровли уменьшалась до уровня, который предшествовал началу влияния выемки. Этот участок представляет собой зону влияния операций выемки угля позади комбайна. Отмеченные изменения интенсивности опускания кровли наблюдались при каждом проходе комбайна в районе измерительной стойки.

Метод вербальной записи результатов наблюдений позволил впервые зафиксировать влияние операций по передвижке секций механизированной крепи на интенсивность геомеханических процессов в горном массиве. Так, перед измерительной стойкой наблюдалось плавное изменение скорости конвергенции пород, а после передвижки секции выше измерительной стойки скорость конвергенции пород увеличивалась ступенчато. Причем, интенсивность конвергенции пород обусловлена временем передвижки секции и расстоянием до измерительной стойки. При этом, операции по передвижке секций крепи расположенных ниже измерительной стойки не оказывали существенного влияния на изменение скорости конвергенции пород.

При проведении исследований впервые в мировой практике был проведен эксперимент по изменению технологической схемы передвижки механизированной крепи [18].

Анализ процесса перемещения отдельной секции при последовательной схеме передвижки крепи показал, что максимальное время, затрачиваемое на перемещение секции в новое место, составляет 26 с. Среднее время передвижки секции, за время проведения инструментальных наблюдений, за-

фиксировано на уровне 22 с. Минимальное время передвижки секции – 18 с. Увеличение скорости перемещения технологических операций по креплению и управлению кровлей ограничено схемой передвижки, при которой секции должны задвигаться по очереди.

При выполнении шахтных инструментальных наблюдений, по согласованию с руководством АП «Шахта им. А.Ф. Засядько»*, была проведена опытно-экспериментальная апробация комбинированной схемы передвижки секций механизированной крепи. Особенность комбинированной схемы состоит в опережающей передвижке секций механизированной крепи (по аналогии с шахматной) за проходом исполнительного органа комбайна и последующей задвижкой не передвинутых секций с отставанием в 1–2 секции.

Во время эксперимента в течение смены выполнялись два замера. Первый замер производился во время выполнения первого выемочного цикла при передвижке секций механизированной крепи последовательно вслед за проходом исполнительного органа комбайна. Второй замер произведен в течение следующего очистного цикла при комбинированной схеме передвижки секций механизированной крепи.

Кроме замеров конвергенции вмещающих пород производился хронометраж выполнения технологических операций очистного цикла. Анализ полученных хронометражных данных показал, что при применении комбинированной схемы передвижки механизированной крепи, скорость перемещения технологических операций по выемке угля находилась в пределах 4,6–5,4 м/мин. Максимальная зафиксированная скорость составила 5,6 м/мин.

Для выявления опасности вывалообразования в призабойное пространство и исключения травматизма рабочих, был проведен сравнительный анализ последовательной и комбинированной схем передвижки секций механизированной крепи на основе измеренных значений конвергенции вмещающих пород. Результаты замеров обработаны при помощи метода группового учёта аргументов [19] и получены зависимости конвергенции, скорости конвергенции вмещающих пород от времени, а также значения ускорения конвергенции. По результатам инструментальных замеров построены соответствующие графики ускорений для этих схем передвижки (рис. 2).

Установлено, что при использовании комбинированной схемы передвижки механизированной крепи, снятие распора с ближайшей, расположенной выше замерной станции секции, интенсивность смещений и значения ускорения конвергенции боковых пород меньше, чем при схеме с последовательной передвижкой секций. Следует отметить что, чем больше значения ускорения конвергенции вмещающих пород, тем больше напряжения, возникающие в массиве горных пород. Увеличение амплитуды ускорения конвергенции при использовании последовательной схемы передвижки указывает на то, что изменения напряжённо-деформированного состояния массива

* Автор статьи благодарит доктора технических наук Бокия Бориса Всеволодовича за участие и помощь в проведении шахтных исследований.

ва горных пород при этой схеме, значительно больше по сравнению с комбинированной схемой передвижки секций.

Применение комбинированной схемы передвижки секций позволило сократить количество простоев горношахтного оборудования, связанных с ликвидацией вывалов; увеличить скорости подвигания очистного забоя за счёт интенсификации процессов крепления и управления кровлей и повысить качество добываемого угля, за счёт снижения зольности [18,20].

4. Выводы

Впервые в шахтных условиях исследовано и раскрыто явление топтания кровли в статическом положении механизированной крепи, которое заключается в периодическом нагружении и разгрузке вмещающих пород вследствие значительной ступенчатой податливости крепей предыдущих поколений. Благодаря раскрытию этого неблагоприятного явления впервые в отечественной и зарубежной практике создано новое адаптивное гидравлическое оборудование и оригинальные схемы насосных станций, которые применяются в высокопроизводительных угледобывающих комплексах нового поколения.

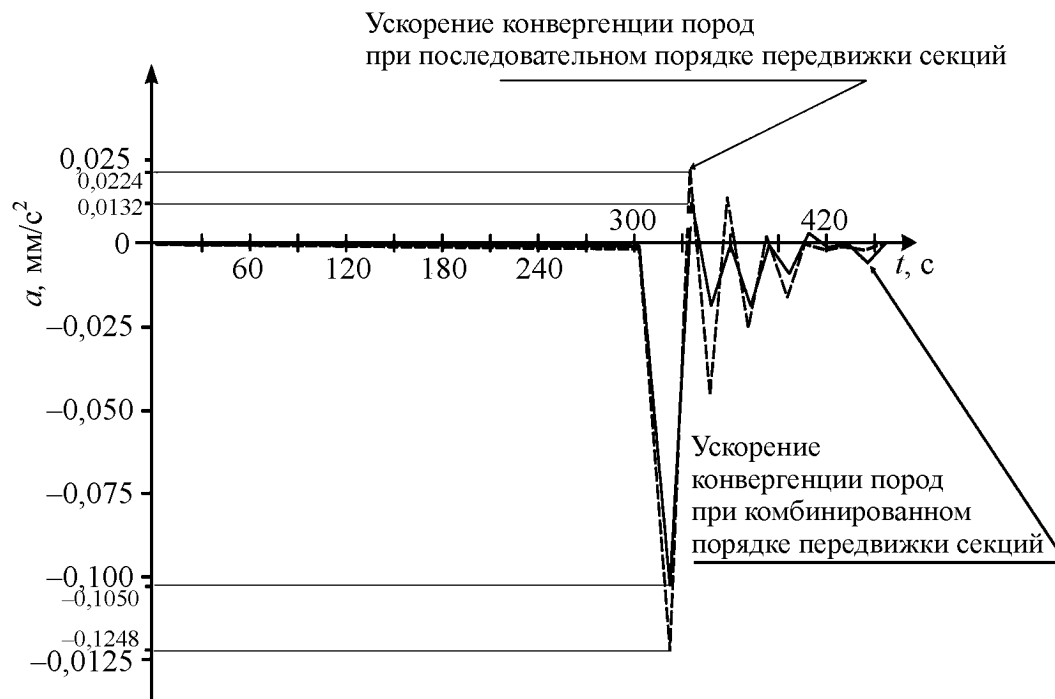


Рис. 2. График ускорения конвергенции вмещающих пород при последовательной и комбинированной схемах передвижки секций механизированной крепи

Для условий неустойчивых пород кровли очистного забоя выдвинут и обоснован новый подход к сохранению естественной сплошности пород на контакте с перекрытием крепи, который заключается в поддержании систе-

мы "крепь – породный массив" в состоянии равновесия при применении высокопроизводительных угледобывающих комплексов нового поколения.

Впервые в мировой практике установлены четкие закономерности изменения скорости конвергенции вмещающих пород вдоль лавы для условий высокой скорости подвигания очистного забоя и предложен количественный критерий оценки длины концевых участков очистных забоев, который использован для разработки программного обеспечения кинематического и силового анализа секций щитовой крепи на стадии проектирования.

Предложено и обосновано новое понимание ускорения конвергенции вмещающих пород, как критерия изменения напряженно-деформированного состояния горного массива для установления протяженности зон интенсивного влияния технологических операций выемки угля и передвижки секций механизированной крепи, что позволило оптимизировать значения кинематических и силовых параметров двухстоечных щитовых крепей в высокопроизводительных угледобывающих комплексах нового поколения.

В период выполнения исследований автор статьи работал в должности заведующего отделом Института физики горных процессов НАН Украины. Результаты исследований положены в основу комплекса работ ГП "Донгипроуглемаш" по созданию и внедрению высокопроизводительных угледобывающих комплексов нового поколения (рис. 3), которые выдвинуты на соискание Государственной премии Украины в области науки и техники. По результатам исследований подготовлены и защищены три кандидатские диссертации.

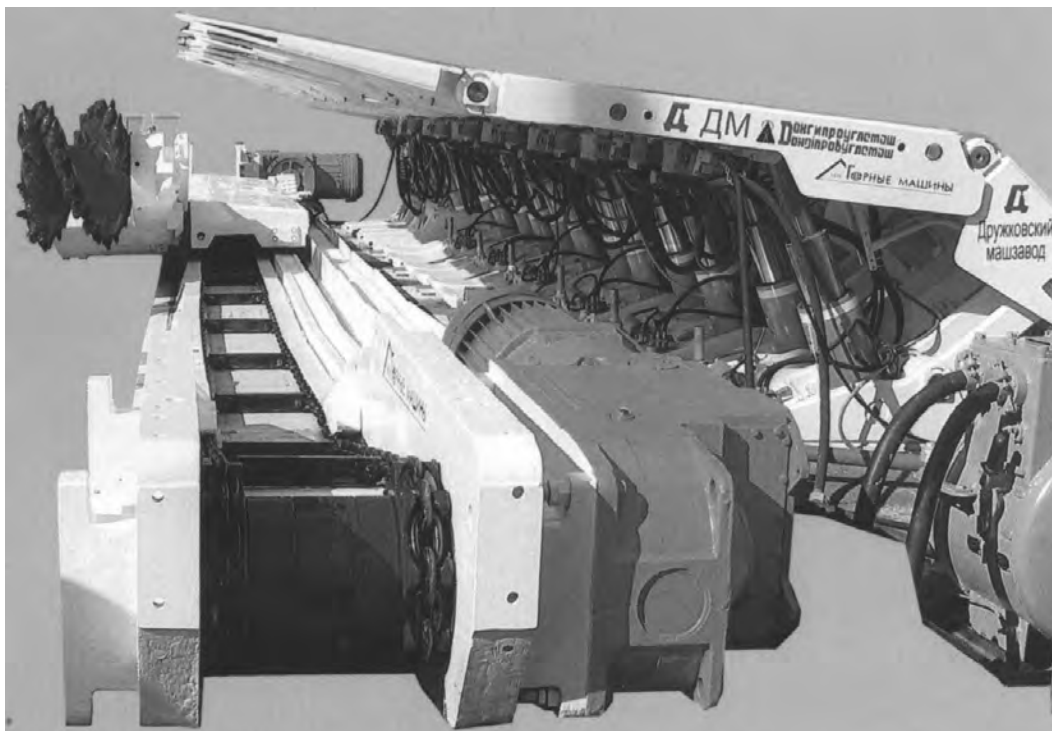


Рис. 3. Механизированный комплекс ДМ нового поколения

Производительность и надежность комплексов нового поколения значительно превышает аналогичные показатели комплексов предыдущего поколения и высшие по сравнению с лучшими зарубежными образцами. Благодаря этому высокопроизводительные комплексы нового поколения вытеснили из украинского рынка зарубежных производителей аналогичной горной техники. За последние шесть лет изготовлены и эксплуатируются на шахтах Украины 42 комплекса нового поколения на базе крепей КДД, ДМ и ДТ, которые обеспечивают добычу свыше 9 млн. т в год. Добыча этими комплексами составляет 15% комплексно-механизированной добычи в Украине. Производительность комплексов нового поколения на 30% превышает аналогичный показатель комплексов предыдущего поколения и комплексов зарубежного производства. С внедрением новых комплексов прекратилась эксплуатация механизированных крепей фирмы Glinik на шахтах Украины. Экономический эффект от внедрения механизированных комплексов нового поколения составляет 10224,6 млн. гривен.

Автор выражает искреннюю признательность коллективу Института физики горных процессов НАН Украины, лично член-корреспонденту НАН Украины, доктору технических наук Алексею Анатолию Дмитриевичу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сапидкий К.Ф., Антипов И.В. Современный уровень и перспективы развития механизированных крепей для тонких пластов // Известия вузов. Горный журнал. – 1994. – № 7. – С. 20–26.
2. Антипов И.В., Филимонов П.Е., Щербинин Д.В. Мировые рынки угля и техника для очистных забоев // Геотехнологии на рубеже XXI века. – Донецк: ДУНПГО, 2001. – Т. 1. – С. 25–31.
3. Антипов И.В., Сухаревский Э.Ю. Современные тенденции развития топливно-энергетического комплекса Украины // Проблемы развития внешнеэкономических связей и привлечения иностранных инвестиций: региональный аспект: Сб. научн. тр. – Донецк: ДонНУ, 2006. – С. 30–34.
4. Sapicki K., Antypov I. The present state and the prospects of the development of mechanised wall lining constructions for small seam thickness // VI Sympozjum "Wybrane problemy eksploatacji zloz na duzych glebo-kosciach". – Gliwice, 1994. – P. 95–110.
5. Антипов И.В. Новое направление в разработке механизированных крепей очистных забоев для тонких пластов // Уголь Украины. – 1996. – № 10. – С. 19–21.
6. Антипов И.В., Филимонов П.Е., Гатауллин Н.Н. Численное моделирование геомеханических процессов в породном массиве / Геодинамика и напряженное состояние недр Земли. Труды международной конференции. – Новосибирск: ИГД СО РАН, 2004. – С. 51–54.
7. Антипов И.В., Филимонов П.Е. Имитирование условий взаимодействия крепи с горным массивом методом конечных элементов // Геотехническая механика: Сб. научн. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2004. – № 49. – С. 99–106.

8. Антипов И.В., Щербинин Д.В. Определение силовых и геометрических параметров механизированной крепи // Физико-технические проблемы горного производства. – Донецк: Китис, 1999. – С. 97–101.
9. Antypov I., Jarembash I. The peculiarities of interaction between powered support and immediate roof in the very thin seams // International Scientific Conference of moving Technical University from Pribram to Ostrava. – 1996. – P. 74–80.
10. Антипов И.В., Поважный С.Ф. Шахтные исследования особенностей взаимодействия механизированных крепей с вмещающими породами // Известия вузов. Горный журнал. – 1994. – № 3. – С. 45–50.
11. Антипов И.В., Филимонов П.Е., Грядущий В.Б., Гатауллин Н.Н. Шахтные исследования и моделирование геомеханических процессов / Геотехническая механика: Сб. научн. тр. – Днепропетровск: ИГТМ НАН Украины, 2003. – № 30. – С. 160–165.
12. Антипов И.В., Кравченко В.Е., Щербинин Д.В. Шахтные исследования конвергенции вмещающих пород // Уголь Украины. – 2000. – № 10. – С. 24–27.
13. Антипов И.В., Щербинин Д.В., Дегтярь Р.В. Особенности механизма деформаций угольного пласта в зоне влияния очистных работ // Физико-технические проблемы горного производства. – Вып. 8. – Донецк: ИФГП НАН Украины, 2005. – С. 104–110.
14. Антипов И.В., Ильюшенко В.Г., Кравченко В.Е. Ускорение конвергенции вмещающих пород в очистных забоях // Физико-технические проблемы горного производства. – Донецк: Китис, 1999. – С. 56–63.
15. Антипов И.В., Кравченко В.Е. Шахтные испытания механизированной крепи нового уровня // Известия Донецкого горного института, 1999. – № 3. – С. 47–51.
16. Звягильский Е.Л., Филимонов П.Е., Антипов И.В., Щербинин Д.В. Ускорение конвергенции вмещающих пород в очистных забоях // Уголь Украины. – 2002. – № 8. – С. 33–36.
17. Антипов И.В., Савенко А.В., Сухаревский Э.Ю. Комплексные натурные исследования в 17-й восточной лаве пласта m_3 АП «Шахта им. А.Ф. Засядько» // Проблеми гірського тиску. – Донецьк: ДонНТУ, 2005. – № 13. – С. 213–222.
18. Антипов И.В., Савенко А.В. Обоснование комбинированной схемы передвижки секций механизированной крепи в высокопроизводительных очистных забоях на глубоких горизонтах // Проблемы горного дела и экологии горного производства: Монография. – Донецк: «Вебер», 2007. – С. 9–15.
19. Антипов И.В., Шкуматов А.Н. Моделирование производственных процессов методом группового учета аргументов // Проблемы экологии. Общегосударственный научно-технический журнал. – 2000. – № 1. – С. 5–9.
20. Антипов И.В., Щербинин Д.В., Поляков М.В. Новая малометаллоемкая механизированная крепь для очистных забоев // Уголь Украины. – 2001. – № 4. – С. 26–28.