

Данные табл. 1 свидетельствуют о следующих приоритетах в техническом перевооружении шахт для создания в отрасли угледобывающих предприятий нового технического уровня с современной организацией труда, а также для перевода шахт, находящихся в режиме устойчивой господдержки – в категорию способных для высокопроизводительной работы, а последних – в группу высокопроизводительных и доходных;

применение на шахтах групп 1-3 современных технологий проходки выработок с опорно-анкерным, комбинированным и усовершенствованным подпорным видом крепления; это прежде всего относится к шахтам 1-й группы по предложенной классификации; применение на шахтах групп 1-3 нового транспортно-технологического оборудования для транспортно-технологических линий "участки: дегазация пласта промышленного использования метана", "участок – ремонт (погашение) выработок – участок правки металла (его утилизации);

применение на шахтах 1-2 и 2-й групп очистных комплексов нового технического уровня при их обязательной комплектации новым транспортно-технологическим оборудованием в линиях "лава – выработки – подъем (обогащительный цех)", "проходческий забой – породный подъем", а также новых систем управления пылегазовым режимом шахт и ее обособленных по этому фактору подсистем;

применение на шахтах 1-й группы компьютеризованных комплексов мониторинга для управления шахтой, как сложной "человеко-машинной" системой, применение современных способов снижения уровня воздействия угледобычи на территории и водные ресурсы.

УДК [622.28.74:622.273.6]:681.3.06

А.А. Бобылев, В.Б. Усаченко

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ АНКЕРНОЙ СТЯЖНОЙ КРЕПИ С МНОГОСЛОЙНОЙ ПОТОЛОЧНОЙ КАМЕРНОЙ ВЫРАБОТКИ

Запропоновано обчислювальний алгоритм моделювання взаємодії анкерів, стяжок та багатослоєвої покрівлі гірничої виробки.

Бібліогр: 6 найм.

Одним из эффективных искусственных воздействий на окружающий горную выработку породный массив, направленных на повышение его устойчивости в обнажениях, является анкерная крепь.

Применение анкеров в качестве единственного вида крепи или в комбинации с рамными крепями позволяет значительно снизить издержки и повысить безопасность работ при креплении выработок.

Из большого разнообразия конструкций анкерных крепей следует выделить анкерные стяжные крепи (АСК) [1]. Конструктивные решения по применению АСК самостоятельно или в комбинации с рамными крепями для поддержания горизонтальных выработок и сопряжений штрек-лава приведены в [2]. Геомеханическое обоснование технологии возведения АСК в камерных выработках на основе обобщения результатов визуальных наблюдений и инструментальных измерений дано в [3].

В работе авторов [4] предложена математическая модель взаимодействия АСК с многослойной потолочинной камерной выработки при наличии межслоевых и внутрислоевых расслоений. В качестве расчетной схемы используется дискретно-континуальная модель, в соответствии с которой породный массив моделируется сплошной упругой слоистой средой с межслоевыми и внутрислоевыми расслоениями, а АСК – тросово-стержневой системой. Учитывая, что протяженность камеры значительно превышает размеры ее поперечного сечения, в качестве модели первого приближения рассматривается случай плоской деформации породного массива, при этом элементы АСК моделируются с использованием приведенных характеристик.

Для моделирования особенностей трибогеомеханического взаимодействия на поверхностях раздела породных слоев используются два типа граничных условий: условия полного сцепления на участках отсутствия расслоений и условия идеального одностороннего контакта на участках расслоений. На поверхностях внутрислоевых расслоений также задаются условия идеального одностороннего контакта.

В результате применения принципа возможных перемещений для выделенной расчетной области рассматриваемой геомеханической системы получена вариационная формулировка задачи:

$$\int_{\Omega} \sigma_{ij}(\bar{u})(\varepsilon_{ij}(\bar{v}) - \varepsilon_{ij}(\bar{u})) d\Omega + \int_{\Omega} \gamma(v_2 - u_2) d\Omega + \int_{\Gamma_0} \mathcal{H}(v_2 - u_2) d\Gamma + \quad (1) \\ + \sum_j \int_{m_j} T(\bar{u})(v_m - u_m) dm - \sum_i \bar{P}_i(\bar{v} - \bar{u}) \geq 0,$$

где $\bar{u}$ – искомое решение задачи; $\bar{v}$ – произвольное кинематически допустимое поле перемещений. Здесь сохранены обозначения, принятые в работе [4].

Первые три слагаемые вариационного неравенства (1) представляют собой вариации, соответственно, потенциальной энергии деформации породного массива, работы силы тяжести интенсивности γ и поверхностных сил γH , учитывающих вес вышележащих горных пород на верхней границе Γ_0 выделенной расчетной области. Четвертое слагаемое представляет собой вариации потенциальной энергии растяжения анкеров m_j , а последнее слагаемое (сумма) – вариацию работы локальных воздействий P_i со стороны стяжек на породный массив.

Как показано в [4], величины локальных воздействий P_i определяются из условия равновесия упругой стяжки и зависят от величины ее начального натяжения T_0 и перемещений точек крепления стяжки к анкерам и прокладкам

$$P_i = P_i(T_0, \vec{u}). \quad (2)$$

Отметим, что зависимость величин воздействий P_i от компонент вектора перемещений имеет нелинейный характер.

Таким образом, при использовании выбранной в [4] расчетной схемы взаимодействия АСК с многослойной потолочной камерной выработки задача расчета напряженно-деформированного состояния рассматриваемой геомеханической системы сводится к совместному решению вариационного неравенства (1) и системы нелинейных алгебраических уравнений (2).

В настоящей работе предложен вычислительный алгоритм решения нелинейной задачи (1)-(2), основанный на использовании принципа декомпозиции. Разобьем исходную задачу (1)-(2) на две более простые задачи.

Задача А. Определить величины локальных воздействий P_i со стороны стяжки на породный массив при заданных значениях усилия ее начального натяжения T_0 и перемещений точек крепления стяжки к анкерам и прокладкам.

Задача Б. Определить напряженно-деформированное состояние расслоившейся потолочины камерной выработки при наличии анкеров и заданных дополнительных локальных воздействиях P_i со стороны стяжки, приложенных в точках ее крепления к анкерам и прокладкам.

Используя решения задач А и Б, решение исходной задачи (1)-(2) может быть получено с помощью следующего итерационного алгоритма.

Шаг 1. Положить равным нулю перемещения точек крепления стяжки к анкерам и прокладкам.

Шаг 2. Решить задачу А при заданных перемещениях точек крепления стяжки к анкерам и прокладкам и определить величины локальных воздействий P_i стяжки на породный массив.

Шаг 3. Решить задачу Б при заданных локальных воздействиях P_i со стороны стяжки и определить перемещения точек крепления стяжки к анкерам и прокладкам.

Шаг 4. Проверить сходимость итерационного процесса. В качестве критерия сходимости используется условие

$$\left| T^{(n+1)} - T^{(n)} \right| \leq \varepsilon T^{(n+1)}, \quad (3)$$

где $T^{(n+1)}$ и $T^{(n)}$ – два последовательные приближенные значения усилия натяжения стяжки; ε - величина относительной погрешности определения усилия натяжения стяжки. Если условие сходимости (3) выполняется, то завершить итерационный процесс, в противном случае – перейти к шагу 2.

Проведенные авторами вычислительные эксперименты показали, что приложенный итерационный процесс всегда является сходящимся.

Решение задачи А сводится к вычислению локальных воздействий P_i со стороны стяжки на породный массив по формуле (2). Для численного решения задачи Б в настоящей работе используется метод конечных элементов. Полученная в результате дискретизации вариационного неравенства (1) конечномерная задача является задачей нелинейного программирования большой размерности. Для ее решения используется метод последовательной верхней релаксации, подробно рассмотренный в монографии [5].

Разработанный вычислительный алгоритм реализован в виде комплекса объектно-ориентированных программ для персональных компьютеров. Под объектно-ориентированной программой понимается программа расчета, жестко привязанная к конкретному классу подземных объектов, в данном случае – камерных выработок, подкрепленных анкерной стяжной крепью, в отношении возможных форм геометрии и механических характеристик их конструктивных элементов, специфики взаимодействия с массивом горных пород и горно-геологических условий [6].

Расчет параметров анкерной стяжной крепи с помощью такой программы требует минимальной входной информации и может быть выполнен специалистом-геомехаником, не имеющим специальной компьютерной подготовки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Булат А.Ф., Усаченко В.Б., Левит В.В. Перспективное направление создания охранных конструкций горных выработок с использованием анкерных натяжных систем// Геотехническая механика. Сб. научн. тр. ИГТМ НАН Украины. – Днепропетровск, 1997. – Вып. 3. – С. 3-10.
2. Kmets Warren. Roof trusses support. // Coal Adge.- 1970.- 75, №1. – Р. 64-68.
3. Булат А.Ф., Усаченко В.Б., Амелин В.А. Геомеханическое обоснование технологии возведения анкерной стяжной крепи в камерных выработках// Металлургическая и горнорудная промышленность. - 1998. - №2. – С. 91-94.
4. Булат А.Ф., Бобылев А.А., Усаченко В.Б. Математическая модель взаимодействия анкерной стяжной крепи с многослойной потолочной камерной выработки// Проблемы гірського тиску: Зб. наук. пр. ДДТУ. – Донецьк, 2001. - № 5. – С. 80-89.
5. Гловински Р., Лионс Ж.-Л., Тремольер Р. Численное исследование вариационных неравенств. – М.: Мир, 1979. – 574 с.
6. Бобылев А.А. Комплекс объектно-ориентированных программ механики подземных сооружений// Методы решения прикладных задач механики деформируемого твердого тела: Сб. научн. тр. ДГУ. – Днепропетровск, 1997. – С. 17-21.

УДК [622.831:539.37]622.281.74

В. А. Мазин, Г. П. Сидоренко

О ВЛИЯНИИ ПРОСТОЕВ ЗАБОЯ НА СОСТОЯНИЕ ОПОРНОГО ПЕРЕКРЫТИЯ ВЫРАБОТКИ

За допомогою чисельного метода, на основі багатопараметричної реологічної моделі, побудовано розв'язок задачі, в якій визначено напружений стан масиву гірських порід в околі привибійної частини підготовчої виробки. Наведено критеріальну оцінку впливу фактору часу на стійкість породного масиву.

Лл.: 3, Бібліогр.: 3 найм.

Эффективность работы активной анкерной крепи, используемой при поддержании подготовительных выработок, существенно зависит от остаточной несущей способности массива горных пород в окрестности выработки. При этом максимальная устойчивость системы «анкерная крепь – горный массив» обеспечивается в том случае, если горные породы деформируются без потери несущей способности. В связи с этим возникает вопрос о влиянии скорости проходческих работ и длительных простоев на развитие зоны неупругих деформаций горного массива в окрестности груди забоя подготовительной выработки. Экспериментальные исследования [1,2] указывают на то, что при одноосном и неравнокомпонентном трехосном сжатии с постоянной интенсивностью напряжений выше некоторого предельного значения,