УДК 624.131.627.4

М.Г.МУСТАФИН
ВНИМИ

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ РАЗРУШЕНИЙ ПРОЧНЫХ СЛОЕВ ПОРОД В ПОЧВЕ ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫХ ВЫРАБОТОК

Описан подход к прогнозированию и предотвращению динамических разрушений почвы подготовительных выработок. Используется математическое моделирование напряженно-деформированного состояния массива горных пород. Приводится алгоритм решения нелинейной задачи, который реализован в программных комплексах. Показан механизм разрушения прочного слоя в почве выработки. По результатам исследований разработаны практические рекомендации.

The approach to forcasting and prevention of dynamic failure of the floor of development workings is described herein. Mathematical modeling of the stressed – and – distorted state of rock mass is used. The algorithm to solve a non – linear problem is adduced in the paper involved too, which has been realized in software complexes. The mechanism of hard layers failure in the floor of development workings is shown here as well. Practical recommendations have been drawn up as a result of research conducted.

При проведении или эксплуатации подготовительных выработок возможно определенное сочетание геологических и горнотехнических факторов, которое приводит к горным ударам с разрушением пород ее почвы [4-6]. Эти явления возникают, когда в почве выработки залегают прочные слои пород, сдерживающие упругое деформирование подстилающей толщи. В этой связи актуальной является задача прогнозирования условий, в которых может реализоваться динамическое явление и создание мер по его предупреждению. Ее решение связано с оценкой напряженно-деформированного состояния (НДС) неоднородного массива горных пород, вмещающего горные выработки.

Ниже приводится метод изучения поведения горных пород и некоторые результаты, полученные с его использованием.

Процесс деформирования и разрушения пород принято разделять на два: до достижения предела прочности и запредельное деформирование. Напряженно-деформированное состояние пород на до предельных стадиях описывается на основе положений теории упругости. Поведение породы за пределом ее прочности описывается с применением деформационной теории прочности, включающей в себя теорию малых упругопластических деформаций [1]. Разделение в упругопластическом процессе деформирования областей, которые подчиняются упругому поведению, от пластических осуществляется с помощью критерия пластичности Сен-Венана – Леви [1]. Решение упругопластической задачи достигается путем последовательного решения упругих задач [1]. При этом применяется одна из модификации метода упругих решений, в которой варьируют параметрами упругости материала: модулем упругости и коэффициентом Пуассона.

Алгоритм расчета НДС массива горных пород с учетом его упругопластического поведения предусматривает следующий итерационный процесс.

Сначала для принятых упругих параметров пород решается упругая задача по методу конечных элементов [4, 5]. Вычисленные напряжения по каждому элементу сравниваются с предельными. В случае

большего количества вычисленных напряжений, т.е. разрушения породы, по методу упругих решений рассчитываются переменные параметры упругости для данного элемента, имитирующие степень разрушения рассматриваемой области. Далее процесс повторяется с новыми значениями параметров упругости. Завершается итерационный процесс в том случае, когда в каждом элементе прочность породы не будет нарушена.

Реализация приведенного алгоритма возможна с применением вычислительной техники, поэтому была разработана компьютерная технология моделирования породного массива, нарушенного горными выработками, и его напряженно-деформированного состояния (программные комплексы «Недра 2D» для случая плоской задачи и «Недра 3D» – для объемной [4, 5]).

В настоящей проблеме важным моментом является понятие «прочный слой», так как при прогнозировании разрушений в почве выработки, необходимо определять какие литотипы, и какой прочности следует относить к упомянутой категории. Для решения этого вопроса использована классификация пород по инженерно-геологическим свойствам (Ф.П.Саваренский, В.Д.Ломтадзе [3]). Установленная четкая разница между скальными и полускальными породами, проявляющаяся главным образом применительно к рассматриваемому вопросу в их дефектности, позволила «прочным слоем» считать породы, принадлежащие к скальной группе. К последней по данной классификации принадлежат песчаники с прочностью на сжатие не менее 50 МПа. В этом случае слой породы, залегающий в почве подготовительной выработки, можно рассматривать как монолитную хрупкую плиту, способную сдерживать значительные нагрузки и разрушаться в динамической форме. В какой то мере понятие «прочный слой» корреспондируется с понятием «порода – мост», которому, как известно, также свойственно разрушаться хрупко, и который представлен, как правило, песчаниками.

При моделировании НДС массива горных пород применен способ погружения. Модель (система «выработка – вмещающие породы») как бы погружается в массив, при этом на каждом шаге погружения на ее границах задаются соответствующие нагрузки и решается упругопластическая задача.

В результате моделирования установлено, что разрушение прочного слоя в почве подготовительной выработки может происходить в виде, который характерен проявлениям горных ударов или в виде бурного разрушения [6], а также и таким, при котором не возникает динамического эффекта. Форма разрушения прочного слоя зависит от величин напряжений, действующих в нем в продольном направлении под серединой выработки, которые отражают его прогиб, и касательных напряжений в прочном слое у границ выработки. От первых в основном зависит сила разрушения, а при недостаточности вторых для разрушения прочного слоя исключается его бурное разрушение или горный удар. На напряженное состояние прочного слоя влияют также упругость и прочность боковых пород, по которым пройдена выработка. Увеличение жесткости и прочности боковых пород приводит к возрастанию в прочном слое касательных напряжений и опасности проявления горного удара, а их снижение может быть использовано в качестве меры предотвращения горных ударов с разрушением пород почвы в подготовительных выработках. Между тем большое значение имеет последовательность нагружения. Так, для частных случаев было обнаружено, что при задании разовой относительно большой нагрузки на модель разрушение прочного слоя в почве подготовительной выработки может иметь бурный характер, но при постепенном нагружении этой же модели разрушение прочного слоя имеет место, но не с динамическим эффектом.

На основе приведенных подходов разработаны практические рекомендации по прогнозу и предотвращению динамических разрушений в почве подготовительных вы-

работок [2], что позволяет их использовать как для предотвращения этих явлений в различных геологических и горно-технических условиях, так и для решения различных задач инженерной геологии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильюшин А.А. Пластичность. М.-Л.: ГИТТЛ, 1948.

2. Инструкция по безопасному ведению горных работ на шахтах, разрабатывающих пласты, склонные к горным ударам / ВНИМИ. СПб, 1999.

3. Ломтадзе В.Д. Инженерная геология. Инженерная петрология. Л.: Недра, 1970. 528 с.

4. Мустафин М.Г. Геомеханическая модель системы «выработка – вмещающие породы» и ее использование при прогнозировании динамических проявлений горного давления // Горная геомеханика и маркшейдерское дело / ВНИМИ. СПб, 1999.

5. Мустафин М.Г. К созданию экспертной системы прогноза устойчивости горных выработок // Эффективная и безопасная подземная добыча угля на базе современных достижений геомеханики / ВНИМИ. СПб, 1996.

6. Расчетные методы в механике горных ударов и выбросов: Справочное пособие / И.М.Петухов, А.М.Линьков, В.С.Сидоров и др. М.: Недра, 1992. 256 с.