

РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ ГЕОМЕХАНИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ ПОДГОТАВЛИВАЮЩИХ ВЫРАБОТОК ПРИ ПРОИЗВОЛЬНОМ РАЗВИТИИ ОЧИСТНЫХ РАБОТ

к. т. н. Захаров В. С. (ш. «Южно Донбасская №3»)

На современном этапе важнейшим условием функционирования и развития угольной отрасли Украины является обеспечение производительности труда и снижение себестоимости добываемого угля. Эффективность работы любой шахты коренным образом зависит от принятой в ее условиях планировки ведения горных работ во времени и пространстве. Она определяет уровень концентрации горных работ, сложность и сочетание технологических звеньев, необходимую их техническую оснащенность и т.д. В практике при обосновании таких планировок часто весьма поверхностно учитываются возможные осложнения в ведении горных работ в связи с проявлениями горного давления в очистных и подготовительных выработках.

При развитии очистных работ неизбежно возникают ситуации, при которых повышенное горное давление оказывает неблагоприятное воздействие на выработки, что сопряжено с увеличением опасности работ и существенным падением производительности труда горнорабочих. В региональных зонах повышенного горного давления (ПГД) площадь поперечного сечения подготовительных выработок уменьшается на 50-80%, а в призабойном пространстве лав увеличиваются интенсивность и размеры вывалов пород кровли пласта.

Следует отметить большую сложность решения задачи выбора рациональной пространственно-временной планировки горных работ. Это обусловлено уже сложившейся горнотехнической обстановкой в условиях шахты, ростом глубины разработки, числом обрабатываемых пластов, техническими и экономическими возможностями шахты и т.д. Установлено, что косвенные убытки от потери устойчивости основных подготовительных выработок на порядок и более превышают прямые затраты на их восстановление. При этом ошибки в планировке горных работ имеют долговременные последствия, особенно когда развитие очистных работ ведется от центра шахтного поля к его границам, что имеет место в подавляющем большинстве случаев.

В таких условиях необходима специальная система геомеханической оценки планировки горных работ [1]. Такая система синтезирована на основе отдельных блоков, компоновка которых приведена на рис. 1. Применение системы геомеханической оценки

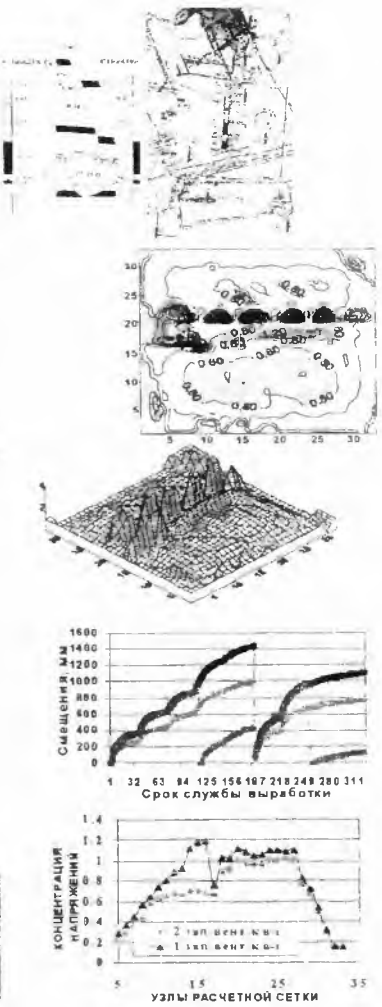
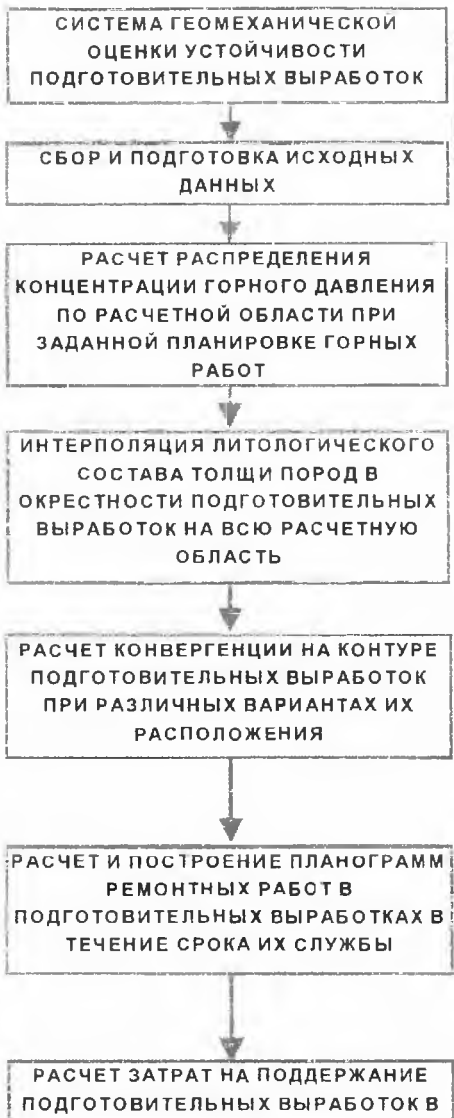


Рис. 1. Блок-схема комплекса вычислительных программ для проведения геомеханического аудита устойчивости подготовительных выработок

планировки горных работ начинается с *подготовки и обработки исходных данных*. При этом выделяется ключевой элемент анализа, который представляет собой как правило одну или чаще несколько подготавливаемых выработок, на основе которых произведена подготовка запасов блока, горизонта или панели к выемке. В качестве исходных данных используются следующие их группы.

Горно-геологическая. Сюда относятся прежде всего угол залегания пород, прочностные, деформационные, структурные и гидрогеологические данные. Для их конкретной оценки отбирают геологические разрезы и колонки в непосредственной близости от трассы анализируемой выработки (или выработок). Чем больше колонок отобрано, и чем ближе их местоположение к трассе, тем точнее будут данные анализа. В качестве прочностных характеристик главным образом используются пределы прочности на одноосное сжатие, хотя для уточнения и корректировки данных применяются и коэффициенты крепости, а также пределы прочности на одноосное растяжение.

Пределы прочности в образце корректируются параметрами трещиноватости и обводнения. При этом учитывается интенсивность трещиноватости и ее ориентация относительно продольной оси выработки, которые применяются для корректировки прочностных характеристик по известной методике. Снижение прочности обводненных пород учитывается по методике ВНИМИ.

В качестве деформационных характеристик используются модули деформации и коэффициенты Пуассона. Совместно с мощностью породных слоев эти данные используются для настройки параметров моделей при расчете горного давления.

Горнотехническая группа исходных данных включает прежде всего контуры горных работ и их эволюцию в ходе отработки анализируемого участка. Указанные контуры вводятся в виде координат выработанных пространств X , Y и координат трассы подготовительных выработок. При этом учитывается положение выработки как в плане, так и в вертикальной плоскости (с помощью координаты Z). Это весьма важно с точки зрения достоверности результатов геомеханического анализа, поскольку сечение выработки вписывается в конкретный разрез и учитывается конкретное положение отдельных породных слоев относительно поперечного сечения выработки.

Ввод координат выработанных пространств производится в том порядке, в котором они отрабатываются. Это дает возможность учесть порядок и очередность выемки запасов, что существенно повышает достоверность результатов анализа.

Горно-технологическая группа данных включает прежде всего основные характеристики подготовительных выработок, а именно: способ проведения, тип крепи и плотность ее установки, размеры сечения. Весьма важными характеристиками также являются

допустимые зазоры, при исчерпании которых производится ремонт выработки. В качестве таких параметров вводятся критическое опускание кровли, пучение почвы и смещения боков. Кроме того вводятся предельно допустимые вертикальный и горизонтальный габариты выработки. Это очень важные параметры, поскольку пучение почвы отдельно по критерию подрывки и опускания кровли по критерию необходимости замены крепи могут находиться в допустимых пределах, а с точки зрения прохождения негабаритного груза по данной выработке вертикальный размер вполне может оказаться исчерпан. То же касается и соотношения горизонтального габарита выработки и боковых смещений.

Весьма важный параметр – время проведения выработки, а часто и ее отдельных отрезков. От соотношения этого параметра и времени отработки смежных запасов выработка может попадать в принципиально разные ситуации. Например она может быть проведена в предварительно разгруженной региональной зоне, а может быть подвергнута последующей надработке. Во втором случае смещения на ее контуре при прочих равных условиях будут намного больше.

Кроме ввода указанных исходных данных осуществляется общий анализ анализируемой ситуации, качественно выделяются наиболее сложные позиции и моменты в планировке горных работ, а также предварительно намечаются пути ее совершенствования. Само собой разумеется, что производится анализ и подробное изучение схем вентиляции, транспорта и водоотлива, которые оказывают особое влияние на выбор возможной планировки горных работ.

Второй блок системы включает очень емкий этап расчета перераспределения напряжений в плоскости пласта, плоскости расположения выработки или другой интересующей нас плоскости при развитии очистных работ. По мере отработки лав меняется или эволюционирует напряженное состояние в окрестности трассы проектируемой или фактически существующей выработки. Как правило, после анализа исходной ситуации намечается несколько (чаще всего 3-4) возможных варианта планировки горных работ. Эти варианты тщательно увязываются и согласовываются со схемами вентиляции, транспорта и водоотлива. Это делается для того, чтобы геомеханически приемлемые возможные варианты могли быть реализованы технологически и отвечать требованиям правил безопасности.

Расчет перераспределения напряжений производится на основе алгоритмов, которые учитывают необратимое перераспределение напряжений при развитии горных работ. Напомним, что основными исходными данными для работы этого блока являются координаты выработанных пространств и их эволюция, а также прочностные и деформационные характеристики толщи и ее

строение. Все эти данные были охарактеризованы в блоке ввода исходной информации.

Получаемые распределения напряжений автоматически сохраняются в отдельных файлах, соответствующих конкретному этапу развития горных работ. Напряжения рассчитываются и сохраняются для узлов расчетной схемы с заранее заданной плотностью, необходимой для обеспечения достаточной точности решения общей задачи. Это очень удобно с точки зрения последующей работы системы для расчета смещений на контуре выработок. Однако перед началом расчета смещений необходимо привязать сечения выработок к соответствующим породным слоям и их физико-механическим свойствам.

Специальный блок *интерполяции прочностных характеристик пород* предназначен для такой цели. Выработка разбивается на расчетные узлы или используя маркшейдерский термин «пикеты». Шаг разбивки определяется, как уже было отмечено, необходимой точностью решения поставленной задачи. Так например для осуществления геомеханической оценки или аудита планировки горных работ в пределах панели или блока шириной несколько километров вполне достаточно разбивка с шагом 50м. Для анализа состояния камеры подъемной машины в капитальном уклоне необходима разбивка с шагом 2-3м и т.д.

В результате работы блока каждое сечение выработки (или выработок) привязано к конкретной структурной колонке, при этом известны мощности, прочности породных слоев и их расстояния от центра тяжести конкретного сечения. Такие наборы данных формируются в компьютере и сохраняются для каждого попикетного сечения анализируемой выработки. Типично, когда трассу выработки разбивают на 10-20 пикетов (сечений). Этого набора данных вполне достаточно для детализации горногеологической обстановки вдоль всей трассы выработки. Отметим, что при анализе состояния квершлагов и значительном угле залегания пород пикеты необходимо расставлять чаще, поскольку трасса выработки пересекает большее число породных слоев. После проведения интерполяции прочностных характеристик система готова к расчету смещений на контуре выработок.

Блок расчета конвергенции на контуре выработок является одним из основных и решающих в системе в целом. Алгоритмически блок реализован следующим образом. Компьютер извлекает из подготовленных предыдущими блоками файлов данные, характеризующие строение и прочность вмещающих каждое рассматриваемое сечение пород, напряженное состояние в окрестности этого сечения и производит расчет смещений по специальным методикам.

Важно отметить, что при изменении напряженного состояния, прочности пород, отпора крепи и другими изменениями си-

туации, при которой происходит скачкообразное изменение критерия устойчивости массива, применяется принцип эквивалентного времени, эквивалентной прочности или эквивалентных напряжений. Только благодаря разработанному принципу удалось произвести достоверную оценку смещений на контуре выработок, эксплуатируемых в реалистичных обстоятельствах, когда изменение критерия устойчивости массива является массовой и весьма типичной ситуацией.

Текущие смещения накапливаются в специальных файлах, что даст возможность производить учет состояния выработки. В частности осуществляется постоянная проверка допустимых зазоров и табаритов попикетных сечений выработок. Как только допустимые значения превышены, производится ремонт или подрывка почвы, а смещения сбрасываются до нуля. Отметим, что в практике работы шахт часто производится неоднократный ремонт одного и того же участка выработки. Это приводит к естественной саморазгрузке локальной области вокруг данного участка выработки. Такая локальная разгрузка учитывается специальными коэффициентами, уменьшающими напряжения вокруг выработки на таком участке.

Для наглядности результатов анализа и возможности визуальной его оценки инженерно-техническими работниками шахты или проектировщиками создан специальный блок построения *планограмм ремонтных работ*. Указанный блок использует данные расчетов смещений на контуре выработок и данные о перекреплении сечения и подрывке почвы. В координатах «длина выработки-время» наносятся отметки, отражающие факт перекрепления или подрывки. Такая диаграмма даст ясное представление, когда и на каком участке выработки будут вестись ремонтные работы при заданной планировке горных работ и заданных исходных условиях.

Достоинство таких планограмм ремонтных работ состоит в том, что они сразу высвечивают сложные узкие места с точки зрения состояния выработки. Эти места легко идентифицируются с причинами, их породившими. Так например проанализирован планировку горных работ на момент, когда ремонтные работы интенсифицировались, можно почти наверняка указать на причину, вызвавшую эту интенсификацию.

Завершающим блоком является блок *расчета суммарных затрат* на реализацию данной планировки горных работ с точки зрения поддержания выработки. Имея такие данные, можно интегрально оценить предложенные варианты планировки горных работ. Важно, что при таком анализе часто оказывается необходимым скорректировать отдельные элементы планировки или параметры крепления и поддержания выработок. Весьма типичным и простым в реализации является изменение очередности отработки смежных лав, изменения трассы выработки, при котором она рас-

полагается в другой толще пород или в породах с другой прочностью, а также изменение локальной системы крепь-окружающие породы путем усиления стационарной крепи, или упрочнения вмещающих пород.

Практика применения разработанной системы показала, что весьма целесообразно производить параллельно с оценкой планировки горных работ мониторинг состояния отдельных контрольных участков анализируемых выработок. Это дает возможность скорректировать параметры модели для конкретных условий разработки, что часто повышает точность расчетов смещений и достоверность результатов анализа в целом.

При необходимости скорректировать планировку производится повторный анализ начиная с работы блока №2. Конечные результаты от этого только выигрывают. В среднем типичным временем на проведение геомеханического аудита планировки горных работ в пределах блока, горизонта или панели при отработке свиты 2-4 пластов составляет 1-3 недели в зависимости от наличия и достоверности исходных данных. Данная система широко применяется в практике геомеханического аудита устойчивости подготавливающих выработок угольных шахт Донбасса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Захаров В.С., Пономарев М.А. Выбор рациональной планировки горных работ, обеспечивающей устойчивость магистральных выработок восточного крыла ш. Южно-Донбасская №3 //Проблеми гірського тиску. Труды ДонГТУ - Донецк, 2000, №4.-С.144-161.