

пространства, темпы которого опережают строительство объектов поверхности.

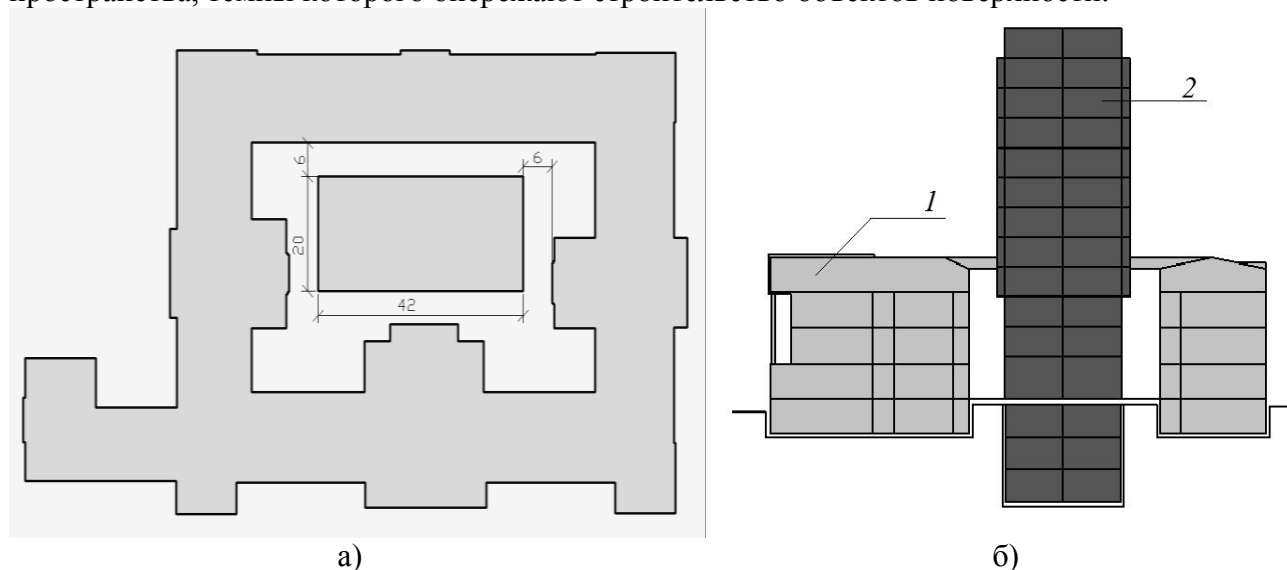


Рис. 3. Проект реконструкции главного корпуса Национального горного университета: а – план зданий, б – схема расположения и конструкция старого (1) и нового (2) зданий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Подземная урбанизация. Закономерный этап развития крупных городов // www.stroygorhoz.
 2. Краев Ю.К., Поленов Ю.А. Освоение подземного пространства – перспектива развития Уральского геологического музея // Известия вузов. Горный журнал. – 1994. – № 9-10. – С. 89-119.
- Национальная академия наук Украины решила реконструировать целый квартал Киева! // <http://www.kansas.ua>.

УДК 622.1:622.834

Халимендик Ю.М., д.т.н., проф., зав. каф. Маркшейдерии, Кучин А.С., докторант каф. Маркшейдерии, Леонов С.Ф., асп. каф. Маркшейдерии, НГУ, г. Днепрпетровск, Украина

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЯВЛЕНИЯ ГОРНОГО ДАВЛЕНИЯ ВПЕРЕДИ ДВИЖУЩЕГОСЯ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

Техногенное влияние подземных горных разработок на массив горных работ приводит к изменению его состояния равновесия и перераспределению нагрузок в пространстве. При этом вокруг магистральных, подготовительных и очистных выработок возникают зоны повышенных напряжений и снижения нагрузки. При изучении напряженно-деформированного состояния пород в этих зонах интерес представляет их пространственная локализация, распределение и величины напряжений.

При разработке пластовых месторождений наиболее масштабное проявление перераспределения напряжений в массиве горных пород наблюдается вокруг очистных выработок. При выемке полезного ископаемого в лавах процесс сдвижения доходит до земной поверхности, необратимо воздействуя на горный массив. Обрушение горных пород вокруг очистной выработки со стороны нетронутого массива формирует зону повышенного

горного давления.

В настоящее время исследование напряженно-деформированного состояния вокруг очистной выработки выполняется на основе комплексного применения экспериментальных и теоретических методов. При этом очевидно, что применение только теоретических методов, базирующихся на выдвинутых гипотезах без достаточного экспериментального подтверждения неприемлемо. Экспериментальные исследования позволяют с достаточной достоверностью описать геомеханические процессы в массиве горных пород, но из-за сложности и трудоемкости постановки эксперимента в производственных условиях они не многочисленны. Таким образом, изучение геомеханического состояния горных пород при подземной разработке должно осуществляться совместно с помощью применения экспериментальных и теоретических методов. При этом первостепенное место занимают экспериментальные натурные исследования.

Среди теоретических гипотез о сдвигении горного массива известны: гипотеза волны давления, свода давления, консольной балки, предварительного разрушения, сыпучей среды, ступенчатого опускания, блочного обрушения [1,2,3]. С совершенствованием средств автоматизации вычислительных процессов стал популярен метод конечных элементов, адаптированный для горных условий [4,5]. Каждый из приведенных методов с большей или меньшей степенью допущений и упрощений описывает процессы напряженного массива горных пород вокруг очистной выработки.

Экспериментальные методы исследования предполагают проведение маркшейдерских, геодезических, геофизических, динамометрических наблюдений, а также наблюдений на моделях из эквивалентных материалов. Последний метод дает лишь качественную картину происходящих процессов без количественной оценки в реальных условиях разработки пластов. Сложность выполнения экспериментальных наблюдений в производственных условиях приводит к трудностям постановки «чистого» эксперимента. Наиболее трудоемкими являются натурные наблюдения за изменением состояния горного массива и земной поверхности при движении очистного забоя. Часто исследования напряженного состояния горных пород впереди очистного забоя выполняют по наблюдениям за состоянием крепи горных выработок и изменением её геометрических параметров. Такой подход дает качественную картину о происходящих геомеханических процессах и приближенное представление о геометрии зоны опорного давления перед движущимся очистным забоем. Для установления состояния массива горных пород и количественных показателей его деформированности закладываются специальные наблюдательные станции. Возможности их заложения ограничены наличием производственных факторов и периодом «жизни» выработок. Таким образом, можно перечислить основные способы и места заложения наблюдательных станций:

- горизонтальные линии реперов, заложенные в под- и надрабатываемых выработках, на земной поверхности;
- вертикальные и наклонные линии реперов, заложенных в специально пробуренных скважинах или шпурах [6];
- геофизическое зондирование в скважинах и горных выработках;
- динамометрические измерения в камерах и нишах.

В зависимости от применяемого способа могут быть получены вертикальные и горизонтальные смещения точек, деформация толщи горных пород, показатели прироста горного давления, степень нарушенности и плотности пород.

К сожалению, сложность проведения натурных наблюдений на специальных наблюдательных станциях в горных выработках существенно ограничивает их количество. Это особенно актуально для Западного Донбасса, отличающегося своими горно-геологическими условиями от других угольных бассейнов Украины. Следовательно, проведение специальных наблюдений за состоянием массива является приоритетной задачей

в области становления науки о сдвигении горных пород.

С целью установления закономерностей деформирования массива горных пород впереди движущегося очистного забоя в условиях шахты «Самарская» ОАО «Павлоградуголь» была заложена специальная наблюдательная станция. Задача выполняемых наблюдений состояла в получении деформационных характеристик массива в динамической зоне опорного давления и вертикальных смещений горных пород.

Маркшейдерские инструментальные наблюдения выполнялись в 539-м сборном штреке при движении забоя 539-й лавы. Репера профильных линий заложены в вертикальную и наклонную скважины, пробуренные в кровле сборного штрека. Высота скважин составила 20 и 28 м, диаметр – 230мм. Устья скважин расположены на расстоянии около 0.7 м от борта, примыкающего к контуру очистной выработки.

Лава отрабатывается на глубине 170м длинным столбом по восстанию пласта. Массив горных пород в кровле очистной выработки представлен чередующимися аргиллитами, алевролитами и песчаниками низкой крепости. В основной кровле залегает аргиллит мощностью 8 м и средним сопротивлением сжатию 13-15 МПа.

Для определения вертикальных деформаций и перемещений породных слоев в скважинах закреплены репера, конструкция которых представлена на рис. 1.

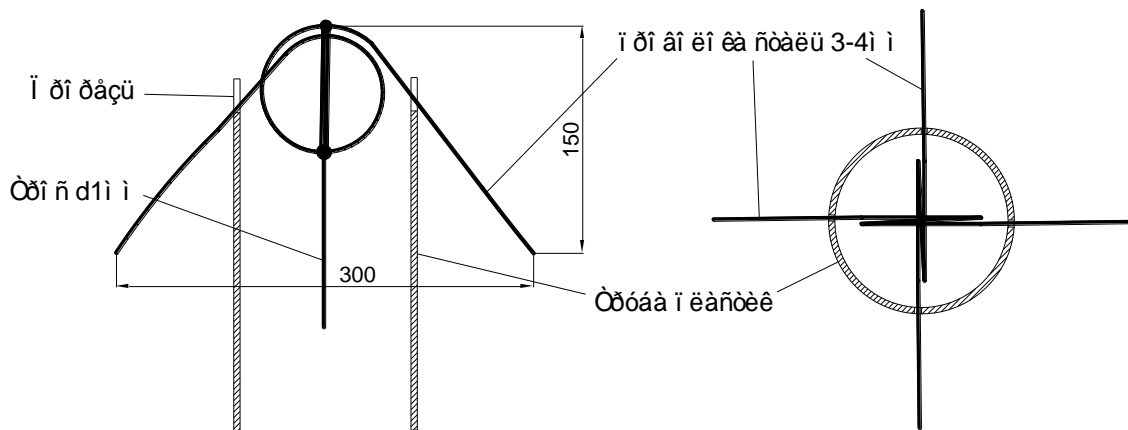


Рис. 1. Конструкция реперов для закрепления в скважинах

Репера (датчики) изготовлялись из стальной проволоки диаметром 4 мм с высокой упругостью, исключающей наличие пластических деформаций при натяжении. Репер имеет четыре точки фиксации к стенкам скважины, обеспечивающие надежное закрепление. К спиральной части датчика прикреплены стальные измерительные тросы диаметром 1 мм. Трос обеспечивает высокую надежность крепления и малую упругую деформацию на растяжение. Испытания показали, что при приложении силы к концу троса в 5Н эффект «спирали» полностью отсутствовал. При измерении с постоянной нагрузкой во всех наблюдениях линейная погрешность за счет упругой деформации отсутствует. Датчики доставлялись в скважины с помощью быстромонтируемых пластиковых труб для домашней канализации. Для исключения отсоединения труб при извлечении, последние фиксировались шурупами. Выбранная конструкция и способ установки позволил закрепить 12 датчиков на суммарную глубину 103 м за одну рабочую смену. Концы тросов выведены в выработку с выпуском 1.5 м и промаркированы по глубине. По окончании закладки станции концы тросов имели одинаковую абсолютную отметку.

Схема размещения реперов в скважинах представлена на рис. 2.

Максимальная технически возможная высота установки датчиков составила в вертикальной скважине 18.5м, в наклонной – 22м.

Маркшейдерские инструментальные наблюдения заключались в измерении расстояний между концами тросов и их нивелировку. Расстояния измерялись рулеткой при

постоянном натяжении с точностью взятия отсчета 0.5 мм. Измерения выполнялись минимум дважды разными исполнителями. В качестве исходного, при измерении расстояний принят репер, закрепленный на максимальной высоте.

Для нивелировки концов тросов использовался нивелир TOPCON AT-G6. Для производства измерений в сборном штреке закреплены 3 группы реперов: на ПК80 (240 м до скважин), на ПК90 (140 м) и на ПК 100 (40 м). В каждой группе имелись репера, закрепленные на анкерах (основные) и на арочной крепи выработки (контрольно-вспомогательные). Определение высотных отметок концов тросов осуществлялось по превышениям, измеренным от 3-ей группы реперов. Высота реперов на ПК100 получена проложением замкнутого нивелирного хода от группы реперов на ПК80. Измерения выполнялись по методике нивелирования IV класса. При производстве каждой серии наблюдений осуществлялся контроль превышений между группами реперов и реперами в группе.

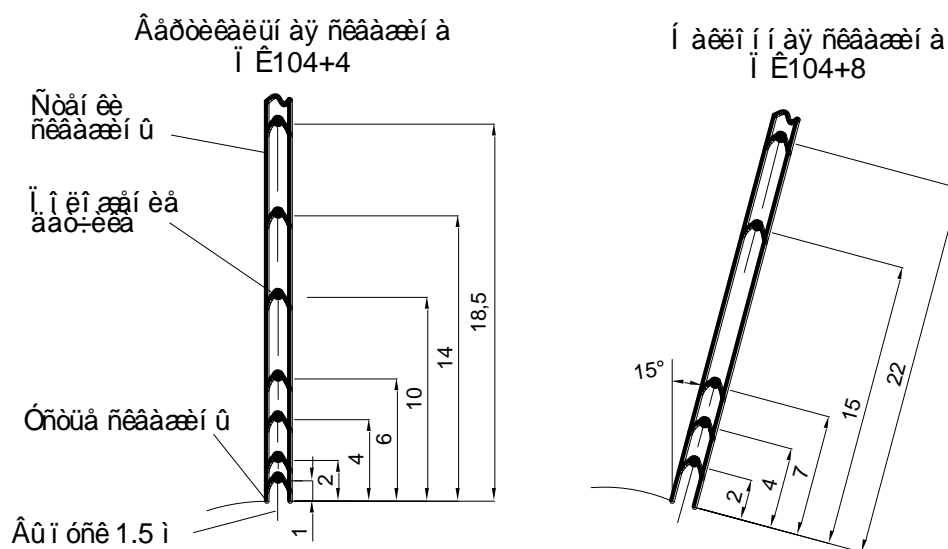


Рис. 2. Схема размещения реперов в скважинах

На момент первого наблюдения скважины находились на расстоянии 46 м от движущегося очистного забоя (скорость подвигания 4-5 м/сут). Всего выполнено 11 серий наблюдений со средней периодичностью 1-2 дня. Результаты 2-го и 3-го наблюдений показали отсутствие перемещения датчиков в скважинах. При приближении очистного забоя к вертикальной скважине на расстояние 22 м (4 наблюдение) зафиксированы незначительные относительные перемещения датчиков в пределах 0-3 мм. По результатам 5-го и 6-го наблюдений максимальные перемещения возросли соответственно до 7 и 10 мм. Интервал времени между наблюдениями в этот период составил 1 день.

После прохождения забоя наклонная скважина была “обрезана” на расстоянии 25 см от борта выработки. Репера на высоте 1 и 2 м в вертикальной скважине имели перемещения 111 мм в сторону выработки, что свидетельствует о расслоении пород основной кровли в интервале 4-6 м.

Анализ вертикальных деформаций толщи пород в перемещающейся зоне опорного давления указывает на наличие участков сжатий и растяжений. Это явление проиллюстрировано на рис. 3. На графике деформаций можно выделить две зоны: до высоты 7 м – растяжений, выше – сжатий.

При приближении очистного забоя к скважине вертикальные деформации постепенно увеличивались до значения 6×10^{-3} . Максимальные деформации растяжения сосредоточены в интервале 1-2 м, сжатия – в интервале 8-10 м. Точка смены знака деформаций по всем сериям наблюдений зафиксирована на высоте 7 м. По мере приближения очистного забоя

вертикальные сжатия массива в интервале 14-22м постепенно снижались от значения 1.5 мм/м до 0.4 мм/м. Результаты наблюдений по наклонной скважине качественно и количественно соответствуют результатам по вертикальной скважине, вследствие чего отдельно не рассматриваются в рамках данной работы.

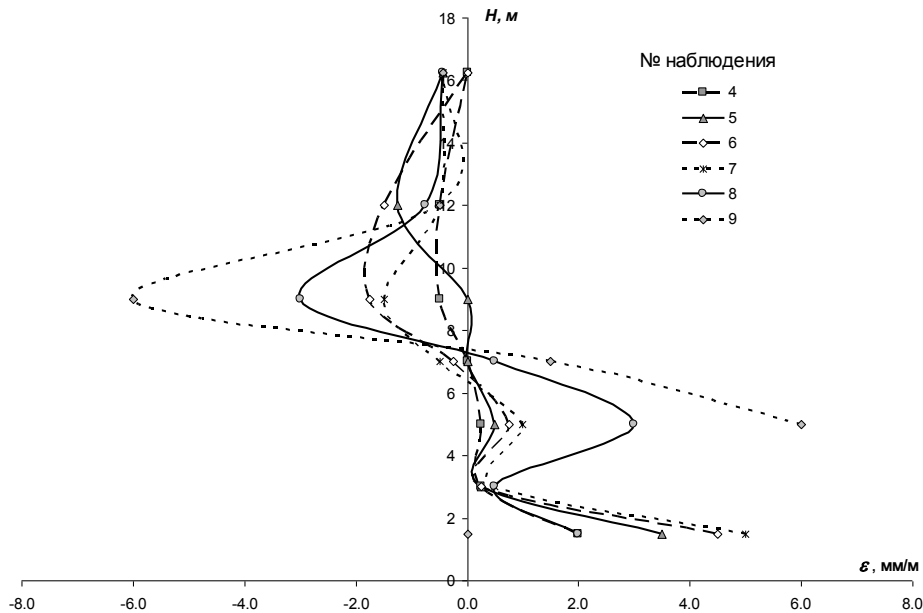


Рис 3. Вертикальные деформации скважины на ПК 104+4

Выводы.

В вертикальной плоскости впереди движущегося очистного забоя формируются зоны деформаций растяжения и сжатия. Граница между зонами не зависит от положения забоя и находится на высоте 7м от кровли выработки.

Высота зоны деформаций по результатам наблюдений может быть принята равной 16м при глубине разработки угольного пласта 170м.

После прохода очистного забоя пачка пород кровли на высоту 4-6м отделяется с возникновением неупругих деформаций.

Практический интерес полученных результатов заключается в установлении высоты зоны упругих и неупругих деформаций впереди движущегося очистного забоя, что позволяет обосновать длину анкеров для поддержания непогашаемых выработок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Управление горным давлением / [А.А. Борисов, В.И. Матанцев, Б.П. Овчаренко, Ф.Н. Воскобоев]; Под ред. А.А. Борисова. — М.: Недра, 1983. — 168 с.
2. Борисов А.А. Расчеты горного давления в лавах пологих пластов / Борисов А.А. — М.: Недра, 1964. — 298 с.
3. Беляев Е.В. / Теория подрабатываемого массива горных пород / Беляев Е.В. — М.: Наука. — 1987. — 176с.
4. Гавриленко Ю.Н. Математическое моделирование сдвижения горных пород и земной поверхности в слоистом массиве методом конечных элементов / Ю.Н. Гавриленко // Известия Донецкого горного института.— 1997. - №1. — С.87 — 93.
5. Фадеев А.Б. / Метод конечных элементов в геомеханике Фадеев А.Б. — М.: Недра, 1987, 221 с.
6. Гришин А.В. Определение параметров сдвижения по результатам краткосрочных наблюдений / Гришин А.В. // Горный информационно-аналитический бюллетень. — Москва.

– 2006. – № 10. – С. 144-150.

УДК 622-112.3+519.2

Мещанинов С.К., д.т.н, проф. каф. физики, Павлова Ю.Д., студ., НГУ, г. Днепрпетровск, Украина

ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В ПОРОДНОМ МАССИВЕ И ЕГО УСТОЙЧИВОСТЬ

Существует значительное число исследований, посвященных анализу напряженно-деформированного состояния (НДС) породных массивов и их долговременной устойчивости при ведении подземных горных работ. Однако они не учитывают в явном виде градиенты температур, возникающие в областях искусственно созданных породных обнажений, а также существующие естественные тепловые поля в массиве. Несмотря на это, в настоящее время установлена непосредственная взаимосвязь относительного напряженного состояния и температуры породного массива. В естественных условиях залегания пласта имеются аномалии в распределении температуры по шахтному полю, которые соответствуют аномалиям в распределении напряжений. Под влиянием горных работ также происходит изменение температуры в краевой части пласта. Все это свидетельствует о наличии связи между температурой и НДС породного массива.

Коэффициент теплопроводности горных пород зависит от плотности, трещиноватости, наличия пустот, фазового состояния, содержания влаги и водонасыщения, температуры. С точки зрения долговременной устойчивости, очевидно, что коэффициент теплопроводности зависит от изменения всей совокупности перечисленных параметров, что иначе можно назвать его зависимостью от степени поврежденности пород.

При рассмотрении вопросов устойчивости породного массива, как правило, речь идет об одновременном воздействии на приконтурную область массива статических и переменных (технологических) нагрузок.

При разрушении твердого тела образование каждой трещины приводит к выделению энергии W , запасенной в нагруженном теле. Трещинообразование возможно, если $W > 0$, т.е. если энерговыделение из тела больше его энергоемкости (способности поглощать выделяемую локальную энергию). При $W > 0$ образование трещины выступает как форма релаксации неравновесной незамкнутой системы, какой является нагруженное тело. Для эволюции таких систем характерно уменьшение свободной энергии F со временем, причем из всех возможных траекторий релаксации реализуется та, для которой величина F максимальна. При образовании одной трещины свободная энергия $F = W - TS$ понижается за счет возрастания статистической энтропии на величину $\Delta S = K \ln N$, вызванного наличием в теле эффективных мест возможного трещинообразования. Дальнейшее развитие этого подхода приводит к определению критической концентрации зародышевых трещин, обуславливающих потерю устойчивости и разрушение тела на основе концентрационного критерия разрушения. Последний вряд ли применим по отношению к разрушению горных пород на макроуровне (начиная от образца до породного обнажения) в связи с тем, что горная порода является материалом с ярко выраженной анизотропией физико-механических свойств. Изменение энтропии можно записать в следующем виде:

$$dS = \frac{\partial Q}{T} + dS_i, \quad (1)$$

где dS_i – рассматривается как прирост энтропии внутри твердого тела (породы) во время протекания процесса изменения его состояния.

Необратимый прирост энтропии внутри тела при неупругом и необратимом