

А.В. Ремизов, В.В. Фомичев

## СПОСОБ РАЗГРУЗКИ МАССИВА ПОРОД ВОКРУГ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ ДЛЯ ЕЕ ПОВТОРНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

*Рассматриваются вопросы охраны и поддержания подготовительных участков выработок в зоне разгрузки на примере шахт Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района Донбасса. Проведено моделирование в этих горно-геологических условиях, выполнены расчеты, характеризующие влияние разгрузочной зоны на устойчивость выемочной выработки, построены эпюры напряжений и деформаций с их изменением с течением времени при отработках выемочных столбов при сплошной системе разработки полого-наклонных угольных пластов.*

---

## СПОСІБ РОЗВАНТАЖЕННЯ МАСИВУ ПОРІД НАВКОЛО ПІДГОТОВЧОЇ ВИРОБКИ ДЛЯ ЇЇ ПОВТОРНОГО ВИКОРИСТАННЯ

*Розглядаються питання охорони та підтримки підготовчих дільничних виробок у зоні розвантаження на прикладі шахт Алмазно-Мар'ївського геолого-промислового району Донбасу. Проведено моделювання в цих гірничо-геологічних умовах, виконано розрахунки, що характеризують вплив розвантажувальної зони на стійкість виїмкової виробки, побудовані епюри напружень і деформацій з їх зміною з часом при відпрацьовуванні виїмкових стовпів при суцільній системі розробки полого-похилих вугільних пластів.*

---

## UNLOADING PROCEDURE OF MASSIF AROUND DEVELOPMENT WORKING FOR REPEATED USE

*The problems of the protection and maintenance of district preparatory workings in the unloading area for example diamond mines Marevskogo geological and industrial region of Donbass. The simulation of these geological conditions, calculations, characterizing the effect of the discharge zone on the stability of the winning production, establish stress and strain with their change over time as the castings extraction pillars at continuous development system gently inclined coal seams.*

---

## ПРОБЛЕМА И ЕЕ СВЯЗЬ С НАУЧНЫМИ И ПРАКТИЧЕСКИМИ ЗАДАЧАМИ

В суммарных издержках производства значительную часть составляют расходы на поддержание горных выработок. Доля этих расходов и их величина определяются

большим количеством взаимовлияющих естественно-геологических и горнотехнических факторов. Последнее создает известные затруднения, с которыми встречается горная наука и практика при решении вопросов поддержания горных выработок.

Поскольку в реальных условиях разработки угольных месторождений свобода

выбора и возможность влияния на естественно геологические факторы в известной степени ограничены, решение вопросов поддержания выработок чаще всего сводится к выбору рационального типа крепи и способа охраны выработок.

Наряду с креплением выработок для повышения их устойчивости используют разнообразные способы снижения напряжений в массиве горных пород: надработка и подработка [1], создание разгрузочных щелей [2], разгрузка массива компенсационными полостями [3-7], бурение и камуфлетное взрывание разгрузочных скважин. Широко распространены способы управления горным давлением, основанные на изменении форм сечения выработок [6] и механические способы упрочнения массива предварительно напряженными анкерами [8].

Однако решение этих вопросов представляет весьма сложную задачу и не всегда приводит к желаемому результату, при котором поддержание выработок требует трудовых и материальных затрат.

Так в условиях шахт Восточного Донбасса полная стоимость проведения 1 м выработки составляет 7-16 тыс. грн., в зависимости от площади поперечного сечения и горно-геологических условий. Стоимость перекрепления 1 м выработки с заменой арочной крепи, как правило, превышает затраты на проведение на 20-50%. Поскольку при существующих типах поперечных сечений и металлокрепей безремонтного поддержания выработок добиться не удастся, становится очевидно, что увеличение протяженности поддерживаемых выработок будет значительным образом сказываться на себестоимости 1 т угля.

Помимо трудовых и материальных затрат на поддержание, неудовлетворительное состояние горных выработок, являющихся артериями современного горного предприятия, оказывает весьма существенное отрицательное влияние на целый ряд процессов угледобычи – транспорт, вентиляцию, организацию производства в целом, наносит тем самым значительный ущерб

производству, оценить который в денежном выражении весьма затруднительно.

Учитывая чрезвычайную сложность вопросов крепления и охраны горных выработок, решение поставленных в работе вопросов осуществлялось на основании экспериментально-производственных исследований комплекса основных факторов влияющих на состояние выемочных выработок.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

По мере подвигания лавы вокруг выемочных выработок образуются зоны повышенных напряжений, сопровождающие смещение пород на контур выработки. Значительные деформации крепи выработки и пучение почвы проявляются в зоне интенсивного влияния очистных работ.

С дальнейшим ведением горных работ прочные породы основной кровли пласта после обрушения непосредственной кровли прогибаются в сторону выработанного пространства в виде консолей и дополнительно придают напряжения боковых пород, что приводит к ухудшению устойчивости выемочных выработок.

В основу методов понижения напряжений положено образование специальных разгрузочных зон, назначение которых имеет место в перераспределении максимального опорного давления с боков выработки в глубину массива или в выработанное пространство.

Нами предлагается принципиально новый способ охраны повторно используемых выемочных выработок в зоне влияния очистных работ, в котором предусматривается применение вяжущего материала на базе цементно-минеральной смеси с податливыми опорами, который подтвержден Декларационным патентом Украины [9].

Наиболее близким техническим решением, принятым в качестве прототипа, являлся способ по авторскому свидетельству [9], который содержит возведение жестких отдельно стоящих опор. Впереди лавы на расстоянии, превышающем зону опорного давления, по угольному пласту подготавли-

ваются разгрузочные ниши. В нишах осуществляют выкладку опор из бетонных блоков или возведения литых опор из твердеющих материалов. Недостатком этого способа является выполнение большого объема ниш, значительные затраты и трудоемкость работ, формирование напряжений в боках выработки после прохода лавы.

В основе технического решения поставлены задачи совершенствования охраны выемочной выработки: исключить применение трудоемких охранных сооружений, предотвратить значительные деформации арочного крепления от смещения боковых пород, повысить устойчивость выработки в течение срока ее службы.

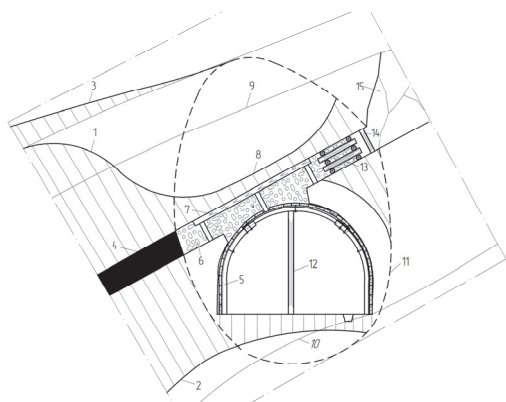


Рис. 1. Характеристика распределения напряжений вокруг выемочной выработки при ее охране в зоне разгрузки: 1 – эпюра опорного давления над угольным массивом; 2 – эпюра повышенных напряжений под угольным массивом; 3 – характер эпюры опорного давления для верхнего слоя породы; 4 – угольный пласт; 5 – арочное крепление; 6 – вспенивающийся материал; 7 – инвентарная крепь; 8 – эпюра пониженных напряжений над выемочной выработкой; 9, 10 – плавный прогиб пород кровли и почвы без разрыва сплошности; 11 – разгруженный массив горных пород вокруг выработки; 12 – деревянная стойка (ремонтна); 13 – деревянный костер; 14 – органка; 15 – выработанное пространство

Данный способ предусматривает проведение выемочной выработки под пла-

стом угля с опережением забоя лавы не менее 30 м, а извлечение угля над выемочной осуществляют одновременно с выемкой полезного ископаемого в лаве. Созданное искусственное пространство закрепляют инвентарной крепью и заполняют вспенивающим материалом. На бровке лавы со стороны выработанного пространства выкладывается ряд деревянных костров, выше которых пробивается обрезная органка. Внутренняя полость костра также заполняется легким быстротвердеющим материалом.

Таким образом, техническое решение обеспечивает над выемочной зону разгрузки, что позволяет выработке находиться в разгруженном от опорного давления массиве горных пород. Характеристика напряжений вокруг выемочной выработки показана на (рис. 1).

Кроме того, уменьшение размеров охранных сооружений по падению, дает возможность обрушаться породам кровли, что уменьшает величину нависших консолей и обеспечивает незначительное горное давление, которое будет восприниматься арочной крепью не нарушая при этом ее конструкцию. В этом случае выработка будет находиться в устойчивом состоянии в течение всего срока службы.

## ИЗЛОЖЕНИЕ МАТЕРИАЛА И РЕЗУЛЬТАТЫ

Применение любой технологии поддержания и охраны горных выработок требует проведения ряда экспериментальных исследований, целью которых является выявление особенностей совместимости разработанной системы крепления и реальных горно-геологических характеристик горного массива [10]. Необходимо оценивать не только общую несущую способность конструкции крепи, но и изменение картины напряженно-деформированного состояния системы «крепь-массив» с ростом деформаций контура выработки и, как результат, перераспределением внутренних усилий. Подобный анализ можно проводить с использованием: натуральных

наблюдений, лабораторного моделирования и вычислительного эксперимента. Самым выгодным, с точки зрения скорости подготовки и выполнения, а также с учетом себестоимости и возможности варьирования параметров взаимодействия крепи и пород горного массива, является вычислительный эксперимент [11-12].

При проведении вычислительных экспериментов при решении задач геомеханики широкое распространение получило применение метода конечных элементов [13]. Основная идея, которого состоит в возможности разбиения расчетного объекта на конечное число элементов, ограниченных «простыми» геометрическими поверхностями. При этом каждый элемент может обладать собственными механическими характеристиками, включая выбор описания их изменения.

Таким образом, использование МКЭ позволяет решить любую задачу геомеханики в рамках выбранного представления физической среды и учитывая задаваемые исследователем ограничения [14].

Для проведения анализа зависимостей параметров крепи выработки и горно-геологических характеристик пород были выполнены расчеты состояний выемочных выработок на шахтах «Золотое» (угольный пласт  $m_3$ ), «Карбонит» (пласт  $k_8^B$ ) и «Пер-

вомайская» (пласт  $k_8$ ) ГП «Первомайск-уголь». Структура и механические характеристики пород горного массива, с учетом реальных горно-геологических условий Алмазно-Марьевского геологопромышленного района Донбасса.

Исходя из постановки задачи, вычисления выполнялись для упругопластической среды и с учетом реологии пород. Вычислительный эксперимент выполнялся в объемной постановке, с моделированием двух метров выемочной выработки по ее оси. При этом среднее сечение модели, по условиям расчета, располагалось в шестнадцати метрах за плоскостью очистного забоя. Во всех вариантах выполнения вычислений моделировалась одна схема охраны выработки, применяемая в натуральных условиях.

В результате выполнения расчетов были получены эпюры напряжений и деформаций характеризующие влияние разгрузочной зоны на устойчивости выемочной выработки в различных горно-геологических условиях и их изменение с течением времени.

При выполнении первичного анализа полученных результатов рассмотрим эпюры интенсивности напряжений полученных для различных горно-геологических условий Алмазно-Марьевского района. Данные эпюры приведены на рис. 2.

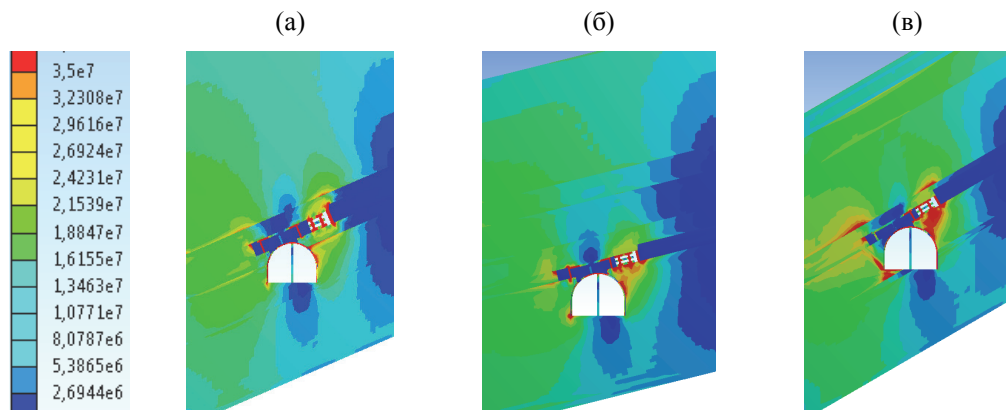


Рис. 2. Эпюры интенсивности напряжений полученные для горно-геологических условий шахт: «Золотое» (а); «Карбонит» (б); «Первомайская» (в)

Поскольку интенсивность напряжений позволяет определить зоны максимальной разности между главными напряжениями  $\sigma_1 - \sigma_3$  без выбора вектора проекции напряжений, то картина ее максимумов указывает на места наиболее вероятного разрушения горного массива при сложном виде нагружения [15]. Абсолютные значения интенсивности  $\sigma_{int}$  используются для определения величины концентрации напряжений в конкретном элементе расчетной модели

В этом смысле характер распределения напряжений в системе «крепь - массив» для всех вариантов расчетов имеет общий вид. Величины концентрации напряжений  $R_\sigma$  не превышают 12, а абсолютные значения максимумов  $\sigma_{int}$ , в горном массиве равны: для ш. «Золотое» - 37 МПа; для ш. «Карбонит» - 28 МПа; а для ш. «Первомайская» - 36 МПа. Каждая из приведенных эпюр (см. рис. 2) схематически разделяется на три области анализа: первая – разгрузочная зона и породы, примыкающие к ней сверху; вторая – объем пород под костром и правый бок выработки; третий – левая сторона выработки и породы, примыкающие к ней.

Рассмотрение первой области заключается в анализе особенностей состояния элементов крепи в разгрузочной зоне и консоли пород оказывающей давление на них сверху. Легко видно, что во всех трех вариантах расчета распределение напряжений в породах приводит к формированию по краям консоли области опорного давления, а в середине - область пониженных напряжений. Эта область по высоте, для различных горно-геологических условий, остается примерно равной высоте разгрузочной зоны, но имеет различные размеры. Ширина и форма данной области зависит от параметров породных слоев в приконтурном горном массиве. Если последовательно рассмотреть рис. 2, в, а и б, то видно, что с ростом угла падения размеры этой области растут. При этом величи-

на концентрации напряжений на правом краю породной консоли увеличивается от 3,5 раз до 8.

Во всех вариантах расчета органная крепь и деревянный костер находятся в состоянии близком к предельному. Но только для случая, представленного на рис. 2, а, примыкающие к ним сверху породы сохраняют исходную степень сопротивления горному давлению. Следовательно, угол падения не является определяющим фактором при переходе пород в предельное и запредельное состояние. Очевидным является влияние на распределение напряжений в кровле выемочной выработки геометрических и механических характеристик породных слоев. Как видно на рис. 2, в, влияние выемочной выработки на напряжения в породах кровли распространяется в высоту до 16 м и приводит к формированию значительной по размерам несущей области со слабыми градиентами напряжений. При этом аналогичная картина наблюдается и на рис. 2, б, хотя средняя величина напряжений для этого варианта составляет всего 11 МПа в отличие от 20 МПа для варианта на рис. 2, в.

Так же с ростом угла падения четко просматривается зависимость по снижению напряжений в левой стойке инвентарной крепи от 21 МПа до 14 МПа. Очевидно данный эффект напрямую связан с перераспределением внутренних усилий в направлении плоскости напластования. В результате изменение  $\sigma_{int}$  в стойке инвентарной крепи указывает на снижение эффективности отпора силового каркаса инвентарной крепи и переход от концентрации внутренних усилий к росту деформаций на поверхности разгрузочной зоны (рис. 3). Данные зависимости качественно не зависят от структурных особенностей горного массива, за исключением угла падения, и носят вполне универсальный характер для данной системы поддержания выемочной выработки. Значения во всем диапазоне углов падения указанном на графике были получены путем квадратич-

ного экстраполирования точечных результатов расчетов.

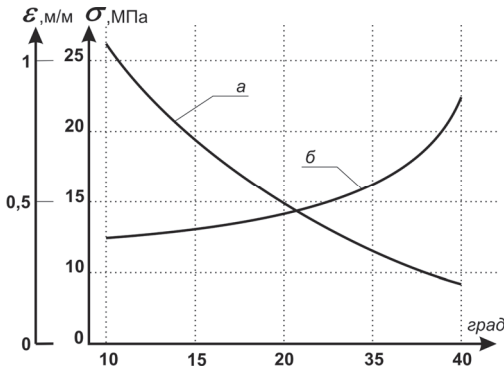


Рис. 3. Графики зависимости изменения максимальной интенсивности напряжений  $\sigma_{int}$  в левой стойке инвентарной крепи (а) и величины деформации в кровле разгрузочной зоны (б)

На основании совместного анализа представленных на рис. 3 зависимостей следует сделать вывод о том, что рассматриваемая схема поддержания выемочной выработки наиболее эффективно работает в диапазоне от 17 и до 32°. На это указывает наиболее оптимальное, с точки зрения прочностных показателей, соотношений напряжений и деформаций. С увеличением угла падения расчетная система «крепь выработки – горный массив» все больше переходит в предельное и запредельное состояние, что в значительной степени повышает вероятность обрушения кровли разгрузочной зоны. Исходя из этого, становится критически важным рассмотрения условий формирования магистральных трещин в боках выемочной выработки при данной схеме поддержания осесимметричной деформации многослойного упругоизотропного полупространства с цилиндрической выемкой, подкрепленной жестким включением.

Рассмотрим состояние левого и правого боков выработки в комплексе, с применением сравнительного анализа. Первый и основной вывод, который позволяет сделать анализ эпюр напряжений на рис. 2,

заключается в ощутимом влиянии на НДС этих областей геологической структуры горного массива. Причем, сравнение результата этого влияния на картину напряжений, позволяет однозначно утверждать, что прохождение границы породных слоев выше геометрического центра поперечного сечения выработки приводит к снижению опорного давления под деревянным костром и не влияет на величину напряжений в породах левого бока. Прохождение границы породных слоев ниже этого центра, наоборот вызывает скачок напряжений в породах левого бока и не изменяет картину концентраций напряжений в правом боку выработки.

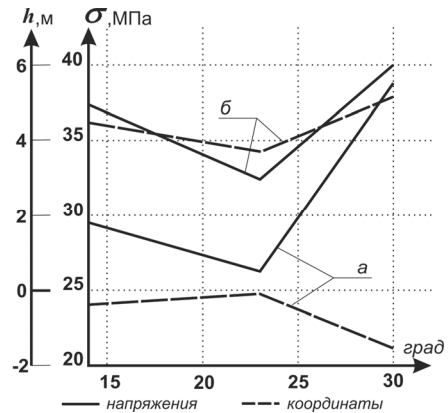


Рис. 4. Изменение максимума интенсивности напряжений  $\sigma_{int}$  и вертикальной координаты его расположения относительно почвы выработки для левого (а) и правого (б) боков выемочной выработки

Для детального анализа рассмотрим диаграммы, представленные на рис. 3 и 4. По характеру диаграмм видно, что величина горного давления и местоположение его очагов относительно выемочной выработки наиболее сбалансировано в случае расчета с углом падения 23° (см. рис. 2, а) – в рассматриваемых зонах имеют место слабые концентрации напряжений и их воздействие на крепь сосредотачивается в зонах контакта левой и правой стойки крепи.

Фактически наличие породного слоя малой мощности в своде выработки, под разгрузочной зоной, обеспечивает выравнивание показателей горного давления в ее левом и правом боках. Следовательно, происходит перераспределение напряжений в глубину горного массива, результатом чего становится повышение устойчивости свода выработки [12].

Наличие границы породных слоев в нижней части выработки (см. рис. 2, в) приводит к формированию зоны повышенного горного давления в нижней части левого бока выемочной выработки. Учитывая абсолютные значения напряжений в этой зоне и ее геометрию, следует сделать такое заключение – в этом варианте НДС системы создаются условия по формированию вывала пород левого бока выработки. Исходя из опыта расчетов полученного в рамках данной исследовательской работы следует увеличить ширину зоны разгрузки путем извлечения угля в сторону падения на 0,3-0,7 м. Это должно привести к снижению коэффициента концентрации напряжений до уровня 29-32 МПа.

Другой отрицательной особенностью варианта расчета по шахте «Первомайская» является наличие зоны повышенного горного давления в правом боку выработки. Именно в данном случае происходит объединение двух зон концентрации напряжений: зона у контура выработки возле узла податливости рамной крепи и зона опорного давления под основанием деревянного костра. В таких условиях, при интенсивности напряжений  $\sigma_{int}$  в диапазоне от 37 до 40 МПа, исходя из положений энергетической теории [15], возникают условия, при которых накопленная энергия деформаций может перейти в кинетическую, с разрушением целостности участка горного массива. Чтобы уменьшить вероятность такого сценария необходимо снизить уровень концентрации напряжений. Это можно достигнуть, как показали дополнительные расчеты, за счет укладки еще одного деревянного костра в вырабо-

танном пространстве или установки двух, трех рядов органной крепи ниже уже существующего.

В целом графики, приведенные на рис. 3 и 4, показывают, что наличие влияния прохождения границы породных слоев через контур выемочной выработки не приводит к коренному изменению тенденции развития зон разупрочнения вокруг выработки, то есть при построении тренда изменения НДС системы «крепь - массив» относительные отклонения для напряжений в среднем составляют 9%, а для деформаций – 6%. Тем не менее, как показано выше, минимизация этого влияния может быть осуществлена путем увеличения размеров разгрузочной зоны или установкой дополнительных элементов крепи к боку выработки по восстанию.

Для выбора любых мероприятий по поддержанию и охране выемочной выработки в условия рассматриваемых в данном вычислительном эксперименте необходимо четко представлять общий геомеханический принцип, на основе которого формируется НДС системы «крепь выработка – горный массив» [12]. Как видно, из эпюр напряжений, представленных на рис. 2 и рис. 5, создание разгрузочной зоны приводит к формированию породной консоли, с одной стороны жестко заземленной в нетронутым горном массиве, а с другой - свободно опирающейся на деревянный костер и органную крепь. В этом плане применение инвентарной крепи в сочетании с пеной «Карбофил» позволяет не повысить жесткость образовавшегося пролета, а обеспечивает снижение градиента роста деформаций на нижней поверхности породной консоли [1]. Таким образом, концентрация напряжений в наполнителе невозможна по условиям рассматриваемой задачи, а напряжения в стойках и брусе инвентарной крепи указывают на геометрию зоны пониженных деформаций в породной консоли. То есть, данный элемент поддержания выработки выполняет функции демпфера при передаче усилий на рамную крепь, что также соответствует ус-

ловиям эксплуатации.

Для рассмотрения режимов работы элементов поддержания выемочной выработки в разгрузочной зоне и оценки их эффективности рассмотрим картину напряженного состояния в виде эпюр вертикальных напряжений  $\sigma_y$  (см. рис. 5). Эпюры  $\sigma_y$  позволяют, прежде всего, объективно оценить качество выполненных расчетов путем сравнения полученных данных с общепринятыми теориями состояния горного массива, сопоставив обобщенные показатели эпюр и результаты аналитических решений [3].

Распределение вертикальных напряжений в элементах крепи разгрузочной зоны показывает наличие как сжимающих, так и растягивающих внутренних усилий. Максимумы сжимающих напряжений составляют 32-37 МПа, а растягивающих не превышают 5 МПа. Гидростатическое давление для вариантов расчетов, представленных на рис. 5, а и б, составляет 9,6 МПа, а для варианта рис. 5, в – 7,4 МПа, что соответствует глубине заложения рассматриваемых выработок. При этом концентрации растягивающих напряжений в последнем варианте расчета выше в 1,7-2,2 раза, чем в предыдущих.

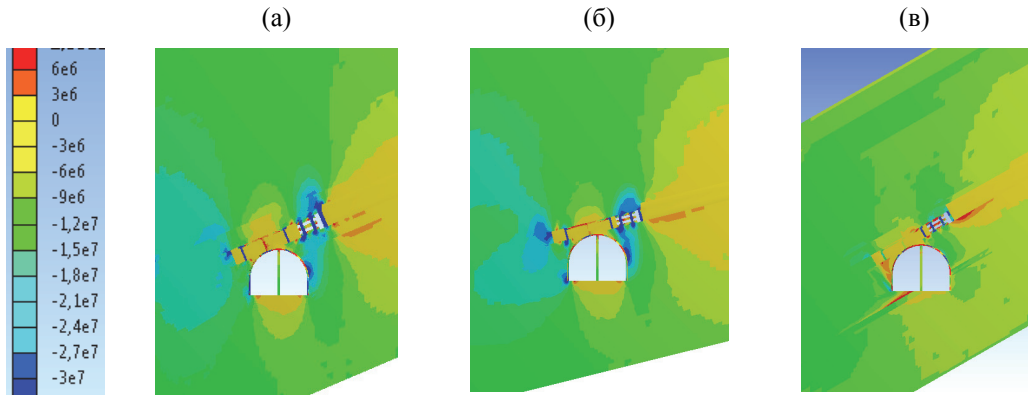


Рис. 5. Эпюры вертикальных напряжений полученные для горно-геологических условий шахт: «Золотое» (а); «Карбонит» (б); «Первомайская» (в)

Тем не менее, проведенные расчеты и анализ изменения НДС системы «креп выработки – горный массив», позволяют, с использованием элементов математической статистики, вывести закономерности перемещения точек кровли и почвы выработки с учетом угла падения породных слоев в течении рассматриваемого интервала времени. Для определения изменения величины

$H$  выемочной выработки, используем величину  $U_H$ , которая представляет собой сумму максимальных перемещений в почве и кровле. Данная величина описана в виде эмпирической функции угла падения в определенный момент времени [16] для конкретных горно-геологических параметров породного массива и описывается следующим выражением

$$U_H = \frac{t_d^{1,2}}{\left(\alpha + \frac{\pi}{3}\right)^{0,08}} \left( \frac{1}{\frac{\sin(\alpha)}{K_1} + K_2 \cdot \cos(2\alpha)} - \log\left(\frac{\alpha}{4}\right) \right); \quad (1)$$



где  $K_1$  – коэффициента структурного ослабления приконтурного горного массива, допустимый диапазон значений  $1,6 \leq K_1 \leq 18,2$ ;

$K_2$  – коэффициент прочности породного массива по шкале Протождьяконова.

В свою очередь горизонтальные смещения боков выработки используются для

$$U_B = 0,8 \cdot t_d \left( \frac{3,61 \cdot K_2}{t_d^{\cos(2,127\pi/\alpha)}} + 4,62 \operatorname{tg}(1,3\alpha - 0,675\pi/t_d) \right), \quad (2)$$

где  $K_2$  – коэффициент прочности породного массива по шкале Протождьяконова.

## ВЫВОДЫ

Нами предлагается принципиально новый способ охраны повторно используемых выемочных выработок в зоне влияния очистных работ, в котором предусматривается применение вяжущего материала на базе цементно-минеральной смеси с податливыми опорами

вычисления изменения величины  $U_B$ , которая показывает насколько изменились значения  $B$  для различных показателей угла падения породных слоев и в течении рассматриваемого времени эксплуатации выработки. В результате анализа полученных данных, представленных выше, была получена эмпирическая зависимость следующего вида

На основе метода граничных элементов и программного продукта Solid Works разработан эффективный алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния для решения задач геомеханики с использованием современных ЭВМ.

Таким образом, это позволяет прогнозировать изменение контура выемочной выработки охраняемой с применением разгрузочной зоны в горно-геологических условиях Алмазно-Марьевского геолого-промышленного района Донбасса.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Зборщик, М.П. Охрана выработок глубоких шахт в зонах разгрузки [Текст] / М.П. Зборщик, В.В. Назимко. – К.: Техника, 1991. – 248 с.
2. Черняев, В.И. Основные параметры разгрузочных щелей [Текст] / В.И. Черняев // Изв. ВУЗов. Горный журнал. – 1978. – № 7.
3. Потураев, В.Н. Закономерность разрушения предельно-напряженных горных пород при слабых воздействиях [Текст] / В.Н. Потураев, А.Н. Зорин, В.В. Виноградов, А.Ф. Булат // Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Диплом № 1. – М., С.-П. – 2000. – С. 20.
4. Бондаренко, В.И. Закономерность омоноличивания рыхлых водонасыщенных пород под воздействием электрического тока [Текст] / В.И. Бондаренко, Г.Г. Пивняк, А.Н. Зорин // Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Диплом № 12. – М., С.-П. – 2000. – С. 27-88.
5. Агеев, В.Г. Закономерность изменения устойчивости обнажений в выработках [Текст] / В.Г. Агеев, С.В. Кужель, Е.А. Сдвижкова, С.Б. Тулуб, А.Н. Шашенко // Научные открытия (научные гипотезы, научные идеи). Диплом № 131. – М., С.-П. – 2000. – С. 114.
6. Кириченко, В.Я. Явление образования перемещающихся нарушенных зон в напряженных горных породах [Текст] / В.Я. Кириченко, Е.Л. Звягильский, А.В. Лишин, Б.М. Усаченко, Ю.М. Халимендик // Научные от-

крытия (сборник кратких описаний научных открытий, научных идей, научных гипотез). Диплом № 188. – М., 2000. – С. 62-63.

7. Байсаров, Л.В. Закономерность самоорганизации грунтовых и породных массивов вокруг протяженных подземных выработок [Текст] / Л.В. Байсаров, М.А. Ильяшов, В.В. Левит, Т.А. Паламарчук, В.Е. Сергиенко, В.Б. Усаченко, А.А. Яланский, В.В. Потоцкий // Научные открытия, идеи, гипотезы (1992-2007). Информационно-аналитический обзор. Диплом № 318. – М.: МААНОИ, 2008. – С. 298-299.

8. Булат, А.Ф. Опорно-анкерное крепление горных выработок угольных шахт [Текст] / А.Ф. Булат, В.В. Виноградов. – Днепропетровск: ИГТМ НАНУ, 2002. – 372 с.

9. Спосіб охорони виїмкової виробки [Текст]: пат. № 52896 (UA) Україна /Л.А. Штанько, О.В. Ремізов. – № д.р.201004071; опубл. 10.09.2010, Бюл. № 17.

10. Кузнецов, Г.Н. Методы и средства решения задач горной геомеханики [Текст] / Г.Н. Кузнецов, К.А. Ардашев, Н.А. Филатов и др. – М.: Недра, 1987. – 248 с.

11. Вылегжанин, В.Н. Структурные модели горного массива в механизме геомеханических процессов / В.Н. Вылегжанин, П.В. Егоров, В.И. Мурашев. – Новосибирск: Наука, 1990. – 295 с.

12. Виноградов, В.В. Геомеханика управления состоянием массива вблизи горных выработок [Текст] / В.В. Виноградов. – К.: Наукова думка, 1989. – 192 с.

13. Амусин, Б.З. Метод конечных элементов при решении задач горной геомеханики [Текст] / Б.З. Амусин,

А.Б. Фадеев. – М.: Недра, 1975. – 143 с.

14. Господариков, А.П. Алгоритм расчета напряженно-деформированного состояния кровли с учетом оптимального выбора параметров технологических схем в условиях Старобинского месторождения [Текст] / А.П. Господариков, Ю.Г. Сиренко, М.А. Зацепин // Записки Горного института, СПб, Т. 170, Ч.1, 2007. – С. 106-110.

15. Ткачев, В.А., Компанейцев, А.Ю. Обеспечение устойчивости подготовительных выработок в сложных горно-геологических условиях [Текст]: сб. науч. тр. Часть 1. Перспективы развития Восточного Донбасса / Шахтинский институт (филиал) ЮРГТУ (НПИ). – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2008. – 414 с. (с. 145-151).

16. Ферстер, Э. Методы корреляционного и регрессионного анализа [Текст] / Э. Ферстер, Б. Ренц. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 302 с.

## ОБ АВТОРАХ

Ремизов Алексей Валерьевич – ассистент кафедры технологий горного производства Стахановского научно-педагогического института горных и образовательных технологий Украинской инженерно-педагогической академии.

Фомичев Вадим Владимирович – к.т.н., доцент кафедры подземной разработки месторождений Национального горного университета.