

УДК 622.002.5

ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО- ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ МАССИВА ПОРОД ВОКРУГ ДЕМОНТАЖНЫХ КАМЕР В УСЛОВИЯХ НЕУСТОЙЧИВЫХ КРОВЕЛЬ

Чуванов А. С., студент гр. ГИ-15,
Сиидов В. Н., канд. техн. наук, науч. рук.
(ГОУ ВПО «ДонГТУ»), г. Алчевск, ЛНР)
vova_sid@mail.ru

Приведены результаты математического моделирования методом конечных элементов монтажных камер в зависимости от места остановки лавы относительно последнего обрушения массива кровли.

Ключевые слова: монтажная камера, очистной забой, обрушение массива, моделирование, выработка, смещения.

В технологии подземной добычи угля основными производственными процессами являются очистные работы, эффективность которых зависит от уровня их механизации. Повышение темпов отработки запасов угля на пологих пластах предъявляет высокие требования к срокам монтажа механизированных комплексов, ввода очистных забоев и безопасности ведения работ.

Для повышения эффективности комплексной механизации очистных работ на угольных шахтах Донбасса существенное значение имеет сокращение числа и времени на монтаж очистных механизированных комплексов. В этом случае монтажные работы становятся одним из основных процессов, обеспечивающих поточность разработки, что значительно влияет на экономические показатели шахт.

Необходимо отметить, что ни в одной отраслевой инструкции (указании) этот вопрос широко не затрагивается, если не считать предлагаемые схемы размещения в монтажных камерах (ДК) рам деревянной крепи для создания условий перемещения и разворота разгруженных секций МК в камере [1].

На шахтах широкое распространение получили следующие основные схемы подготовки механизированных комплексов к

демонтажу: подготовка демонтажной камеры механизированным комплексом; ввод механизированного комплекса в заранее подготовленную демонтажную камеру и демонтажа механизированного комплекса с одновременным формированием подготовительной выработки по камере [2–4].

В работе [5] рассмотрены схемы ввода механизированных комплексов в заранее подготовленные демонтажные камеры в условиях отработки тонких угольных пластов Кузбасса, непосредственная кровля, как правило, отнесена к устойчивым и среднеустойчивым. При устойчивых породах непосредственной кровли рабочий бок предварительно пройденных демонтажных камер (ППДК) заблаговременно упрочняют арматурой.

По технологическим схемам [1] механизированный комплекс длиной 200 м демонтируют за 20...23 суток без учёта затрат времени на формирование демонтажной камеры выемочной машиной и крепление. На практике из ППДК демонтаж выполняется в существенно меньшие сроки – 7...12 суток.

Высокие темпы извлечения секций крепи обусловлены увеличением устойчивости вмещающих пород ППДК и демонтированного пространства за счет применения двухуровневой анкерной крепи и крепления рабочего бока камеры. При проявлении горного давления уменьшение распора крепи незначительное. При этом в демонтированном пространстве создаются безопасные и комфортные условия для монтажа стоечной и костровой крепи. Вслед за извлечением секций механизированной крепи достигается плавная посадка пород кровли демонтированного пространства на значительном расстоянии от места извлечения секций (120...150 м), а также сохранение ППДК для беспрепятственного прохода людей, транспортирования грузов, эффективного проветривания выработки.

В условиях отработки пластов с неустойчивыми кровлями область применения описанной выше технологии демонтажа очистного оборудования из заранее подготовленной демонтажной камеры ограничена возможностью использования анкерного крепления. Поэтому в таких условиях возможно применения вариантов схем с подготовкой ДК механизированным комплексом и демонтажа его с одновременным формированием подготовительной выработки по оси демонтажной камеры. Поскольку при отработке глубокими шахтами Донбасса пластов с неустойчивыми кровлями

вопрос поведения вмещающих пласт пород вокруг остановленной для демонтажа лавы исследован не достаточно, то возникает необходимость в детальном его изучении. С точки зрения практического применения решение этого вопроса является актуальным.

Важное влияние на устойчивое состояние ДК оказывает шаг последующих посадок ($Ш_n$) массива кровли. В связи с чем к рассмотрению для выше приведенных технологических схем предложено три основных варианта остановки лавы с целью дальнейшего демонтажа оборудования в зависимости от удаления очистного комплекса от места последнего обрушения массива кровли: I – на величину $1/3Ш_n$; II – $2/3Ш_n$; III – $Ш_n$ (рис. 1).

При моделировании учитывались следующие условия: глубина заложения выработок $H = 1000$ м, мощность пласта $m = 1,0$ м; угол его падения – $\alpha = 15^\circ$, непосредственная кровля (первый слой) – аргиллит мощностью 2,0 м, прочностью на одноосное сжатие 40 МПа, основная (второй слой) – аргиллит (6,0 м; 30 МПа); объемный вес пород и угля соответственно 2,7 и 1,6 кН/м³. Поскольку в рассматриваемых условиях значения шага последующих осадок массива кровли не превышают 15 м [6], то эта величина, исходя из размеров элементов в модели, принимается близкой к последней и составляет $Ш_n = 16$ м.

Моделирование напряженно-деформированного состояния массива в окрестности остановленной лавы осуществляется методом конечных элементов (МКЭ) с использованием программного комплекса «ЛИРА».

Для снижения вычислительных мощностей используется упрощенная двумерная модель в плоско-деформированной постановке задачи. В связи с отсутствием элементов для моделирования плоской деформации в программном комплексе «ЛИРА» используются объемные конечные элементы (КЭ) типа № 236 расположенные в один слой по толщине с использованием нелинейных механических свойств геоматериала [7]. Плосконапряженное состояние характеризуется отсутствием относительной деформации (ε_y) вдоль продольной оси Y . Поэтому для обеспечения необходимого условия $\varepsilon_y = 0$ узлы, которые располагаются на фронте и фасаде модели закрепляются и не перемещаются по оси Y [8].

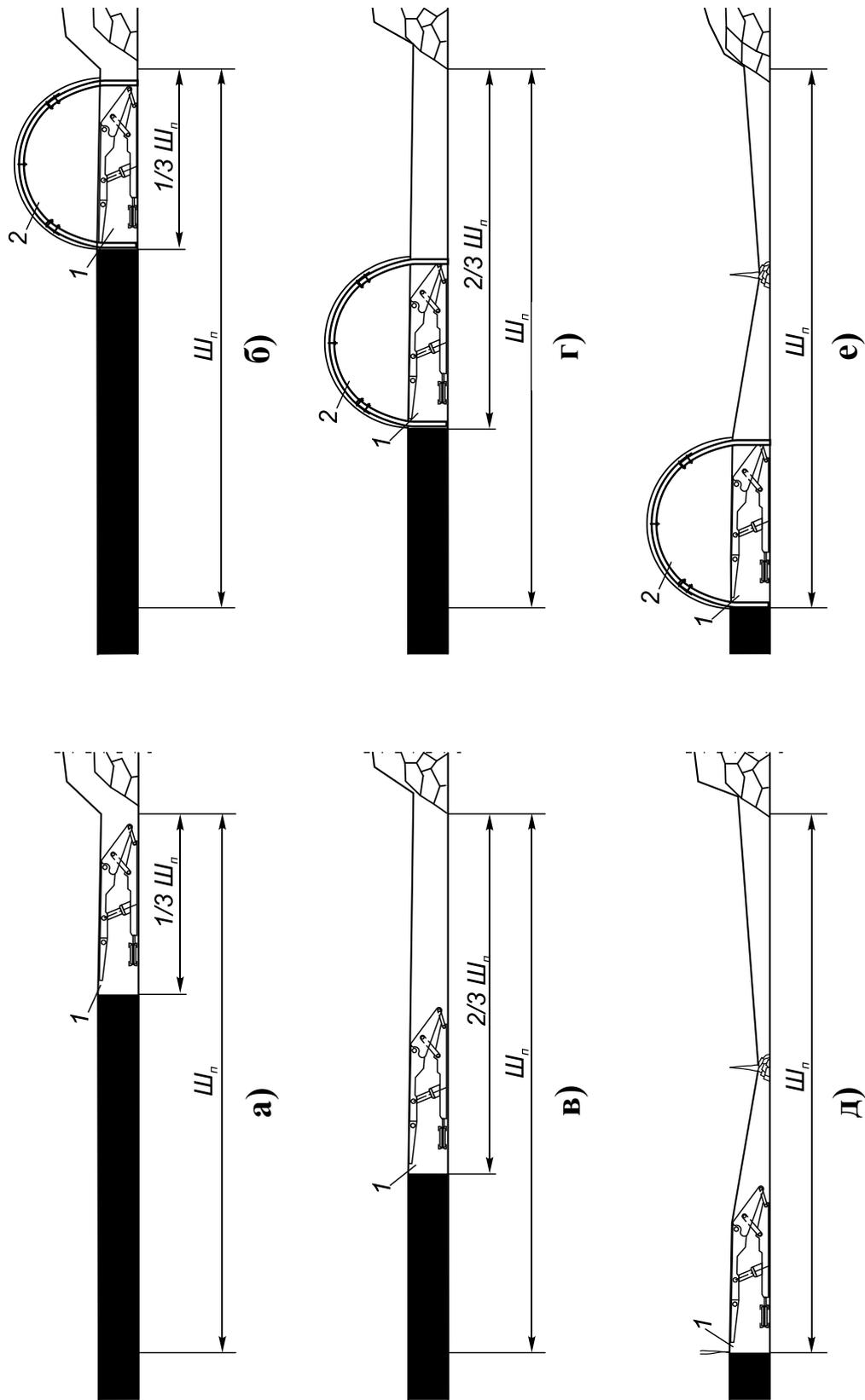


Рис. 1. Схемы расположения демонтажной камеры 1 и проводимой по её оси выработки 2 в зависимости от места останки лавы относительно последнего обрушения массива кровли на величину: $1/3 Ш_n$ (а, б); $2/3 Ш_n$ (в, г) и $Ш_n$ (д, е)

При расчете области породного массива под действием собственного веса ее размеры принимались не менее размеров области влияния очистных работ. При этом форма исследуемой области породного массива выбрана в виде прямоугольника [9].

Для определения горизонтальных и вертикальных размеров расчетной схемы, достаточных для включения области влияния очистной выработки, используются углы сдвижения (рис. 2): β_0 – со стороны падения пласта; γ_0 – со стороны восстания; ψ_1 и ψ_2 – углы полных сдвижений у границ выработки соответственно нижней и верхней.

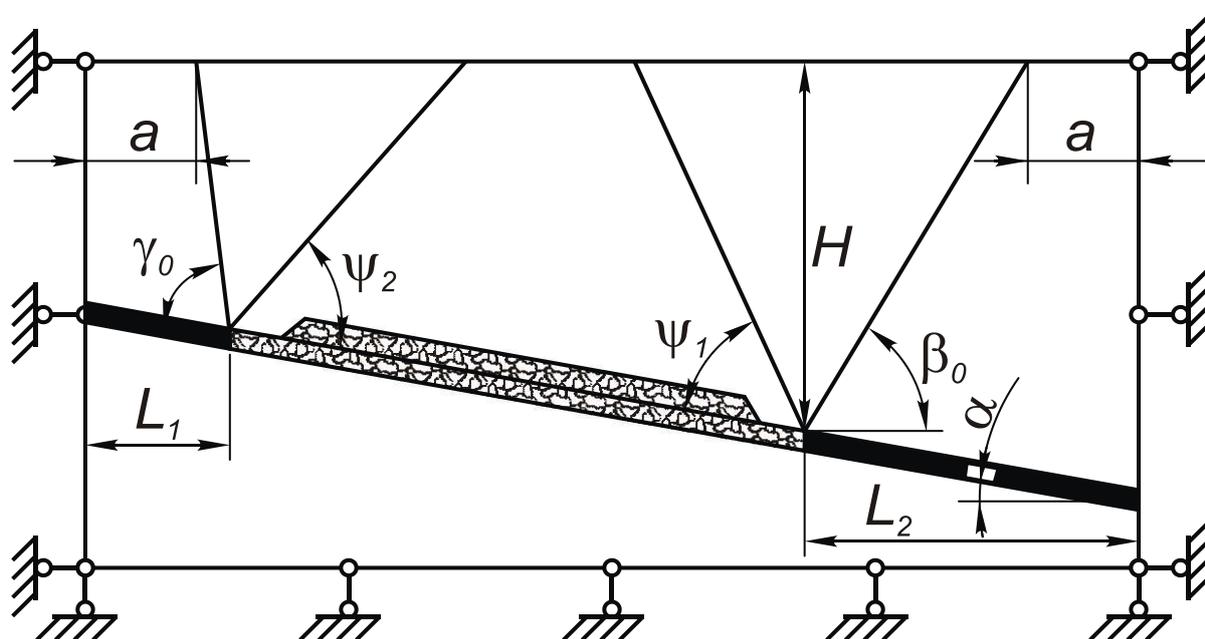


Рис. 2. Схема для определения минимальных размеров исследуемой области породного массива вокруг очистного забоя

При решении задачи плоской деформации расстояние от забоя до левой вертикальной границы расчетной схемы должно быть не менее

$$L_1 = H \operatorname{ctg} \gamma_0 + a, \text{ м}, \quad (1)$$

где a – запас расстояния, необходимый в связи с недостаточной точностью определения границы зоны сдвижения земной поверхности, 50...100 м.

Расстояние от забоя до правой вертикальной границы расчетной схемы

$$L_2 = H \operatorname{ctg} \beta_0 + a, \text{ м.} \quad (2)$$

Расстояние от забоя до верхней границы расчетной схемы принимается равным глубине разработки, а до нижней – не менее 300 м [9]. Для исследуемых условий $\beta_0 = 68^\circ$; $\gamma_0 = 80^\circ$; L_1 и L_2 не менее соответственно 172 и 328 м. Полученная расчетная схема, охватывающая область моделирования представлена на рисунке 3.

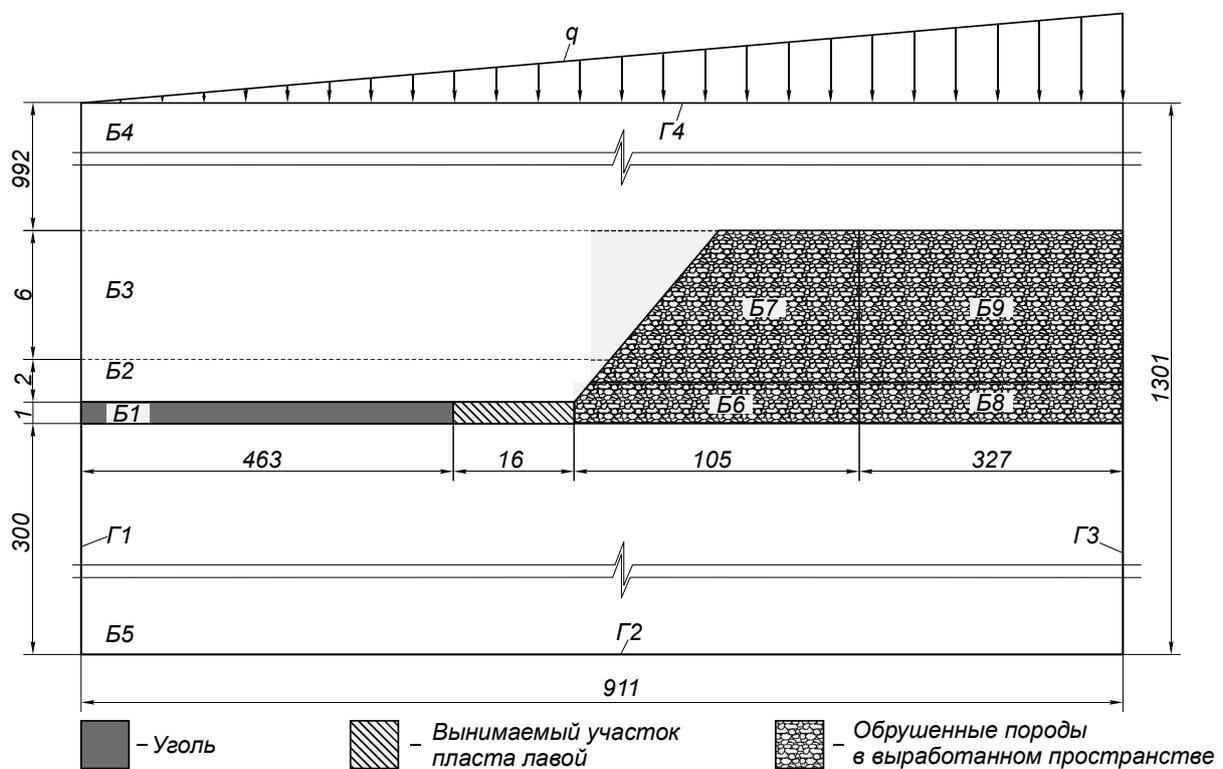


Рис. 3. Область моделирования: Б1–Б9 и Г1–Г4 – соответственно блоки и границы модели

Угол падения пласта учитывается добавленной трапецидальной нагрузкой q приложенной по границе Г4, выбранной с учетом давление вышележащих слоев породного массива. При этом используется гипотеза гидростатического распределения напряжений в исходном массиве.

$$q_n = 0; q_k = \gamma L \cdot \operatorname{tg} \alpha, \text{ Н}, \quad (3)$$

где q_n , q_k – соответственно начальное и конечное значение нагрузки, Н;

L – горизонтальный размер модели, м;

α – угол падения пласта, град;

γ – объемный вес пород, Н/м³.

На вертикальных границах Г1 и Г3 исследуемой области имеются только вертикальные перемещения; на нижней неподвижной границе Г2 отсутствуют как вертикальные, так и горизонтальные перемещения; на верхней – Г4 задана распределенная нагрузка q , компенсирующая угол наклона пласта.

Моделируемое пространство разделено на блоки (рис.3): угольный пласт – Б1, первый слой кровли – Б2, второй – Б3. Выше лежащая толща массива представлена блоком Б4, а ниже лежащая почва – Б5. Блоки Б6 и Б7 представляют обрушенные породы соответственно непосредственной и основной кровель. Блоки Б8 и Б9 – обрушенные породы соответственно непосредственной и основной кровель, для которых процесс перераспределения напряжений завершен и геостатическое давление восстановлено по величине близко к исходному. Минимальный размер КЭ принят равным 0,13×0,16 м, максимальный – 6,0×6,75 м. Сгущение сетки в блоках Б1–Б3 выполнено на исследуемом участке, имитирующем выемку угольного пласта при развороте линии очистного забоя, с использованием элементов в плоскости пласта трапециевидной формы.

Расчет НДС с использованием модели производится в физически нелинейной постановке шагово-итерационным методом с разделением на 2 равных по величине шага. Для всех КЭ модели принят экспоненциальный закон деформирования геоматериала [10].

В результате выполненного моделирования получены качественные изображения и количественные величины смещений нижнего слоя обнажаемой лавой кровли (рис. 4, 5 и 7) и вертикальных сжимающих напряжений N_z вокруг остановленной лавы для демонтажа в зависимости от шага последующих осадок массива (рис. 6).

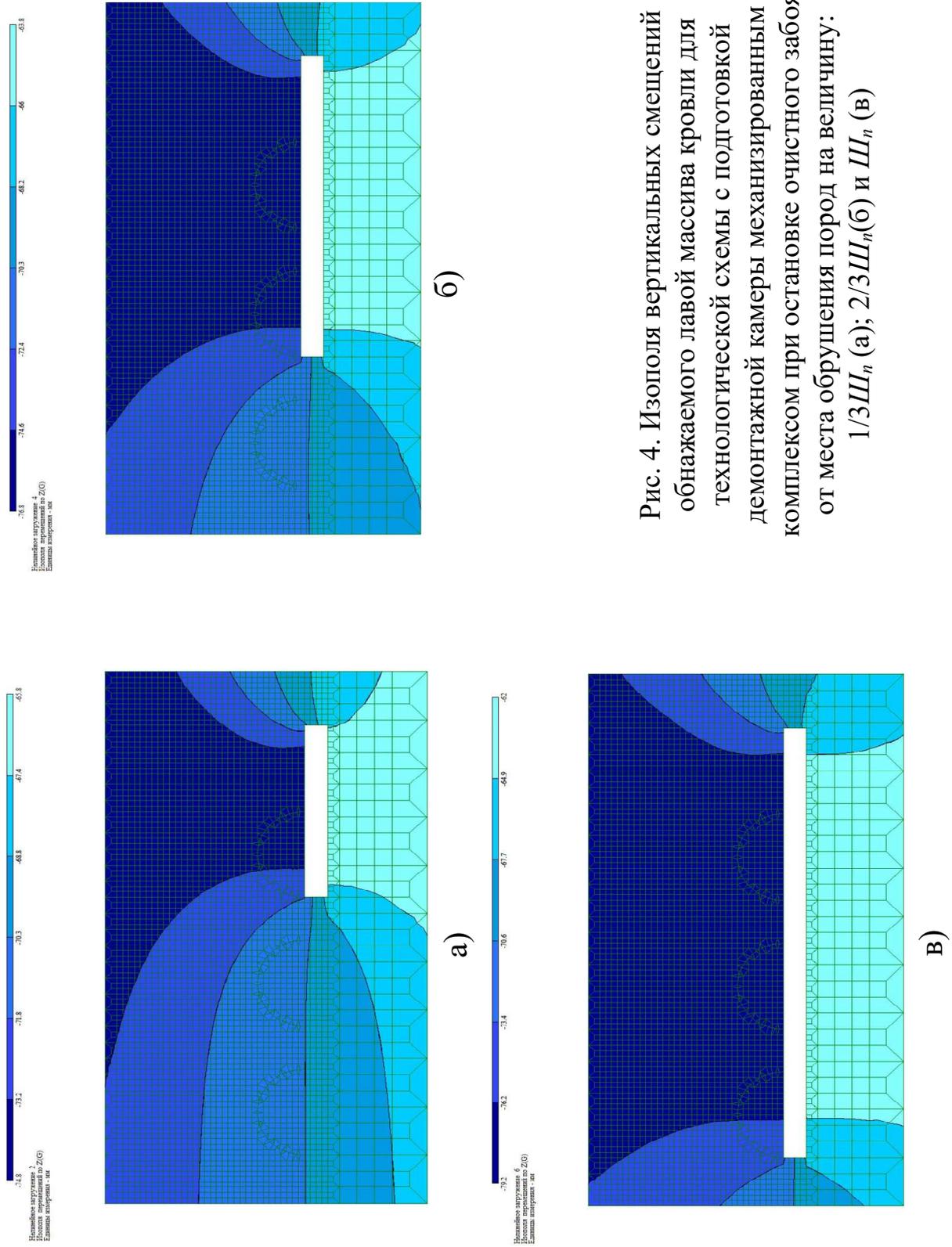


Рис. 4. Изополя вертикальных смещений обнажаемого лавой массива кровли для технологической схемы с подготовкой монтажной камеры механизированным комплексом при остановке очистного забоя от места обрушения пород на величину: $1/3Ш_n$ (а); $2/3Ш_n$ (б) и $Ш_n$ (в)

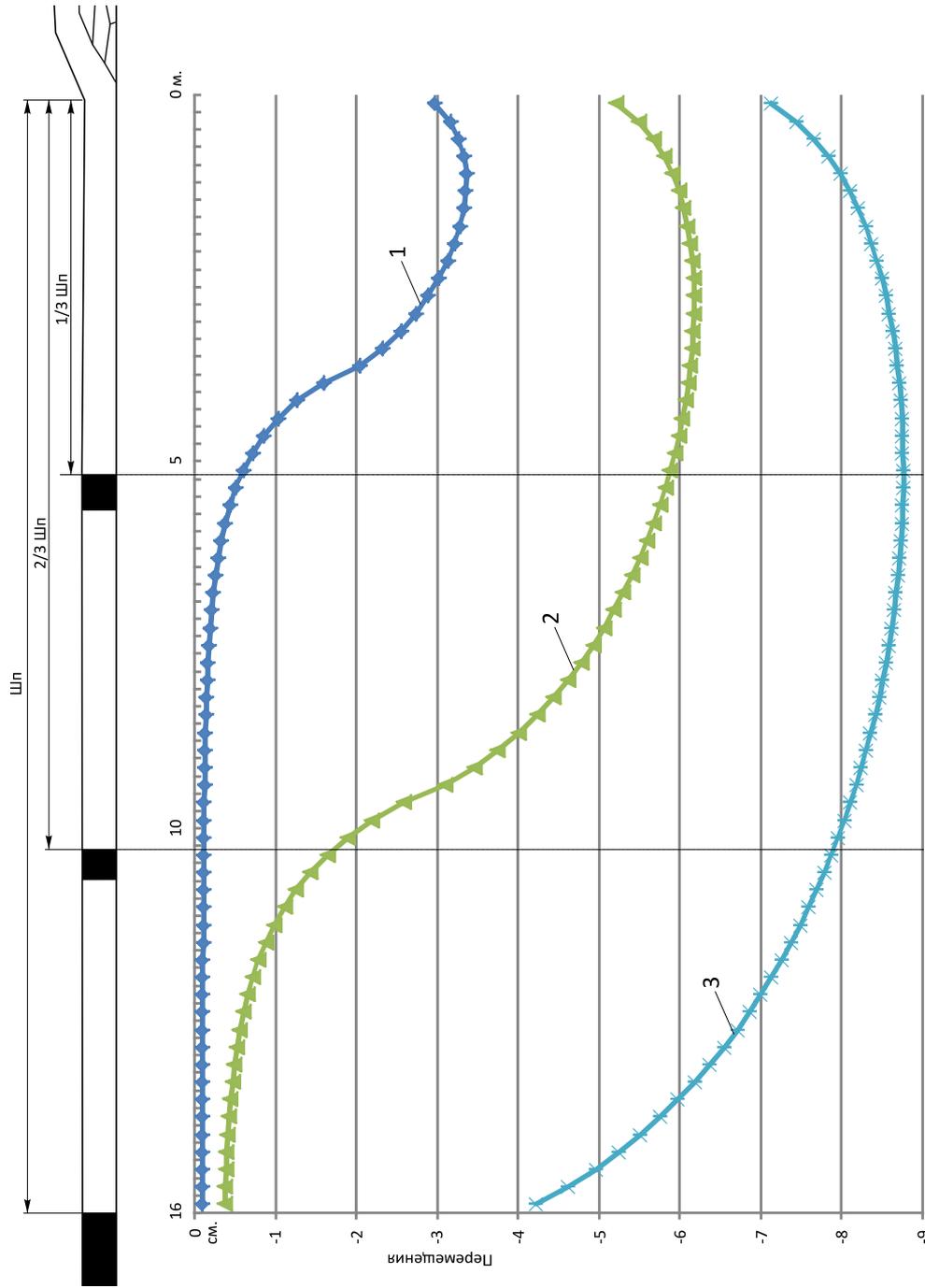
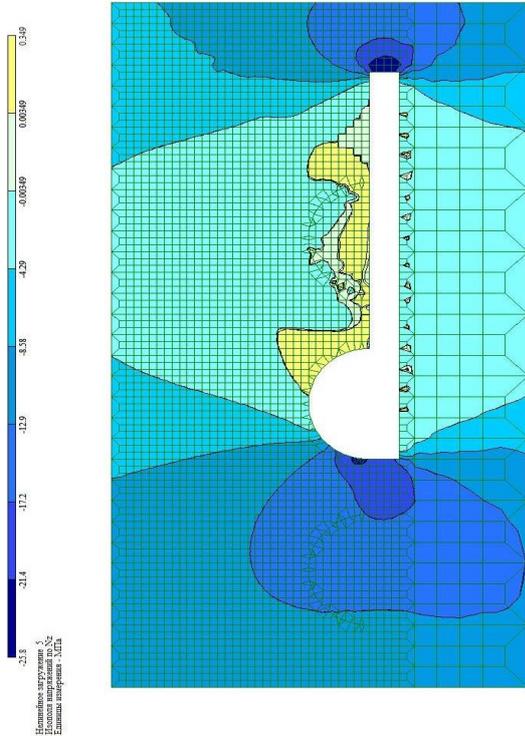
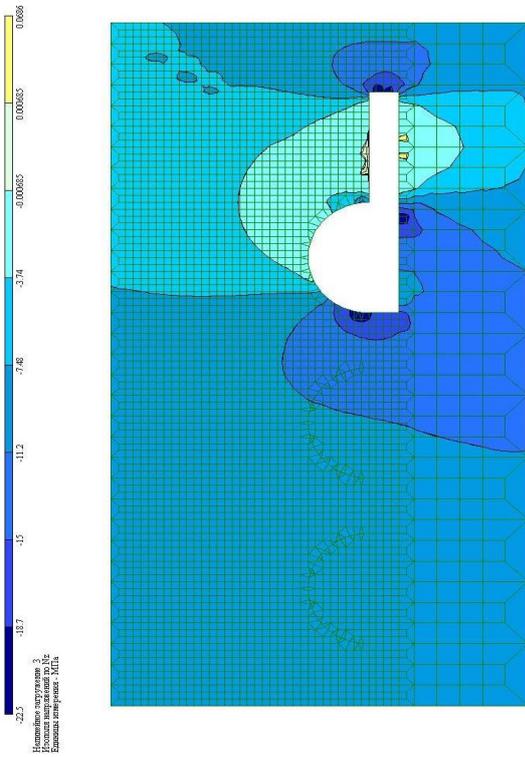


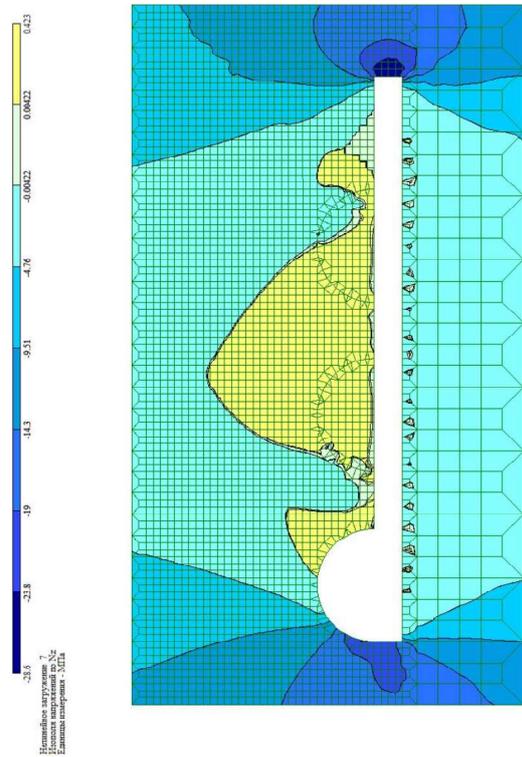
Рис. 5. Графики смещений нижнего слоя кровли для технологической схемы с подготовкой ДК механизированным комплексом при останковке очистного забоя от места обрушения пород на величину: $1/3Ш_n$ (1); $2/3Ш_n$ (2) и $Ш_n$ (3)



б)



а)



б)

Рис. 6. Изополю вертикальных напряжений N_z обнажаемого лавой массива кровли для технологической схемы демонтажа механизированного комплекса с одновременным формированием подготовительной выработки по оси демонтажной камеры при остановке очистного забоя от места обрушения пород на величину:
 $1/3Ш_n$ (а); $2/3Ш_n$ (б) и $Ш_n$ (в)

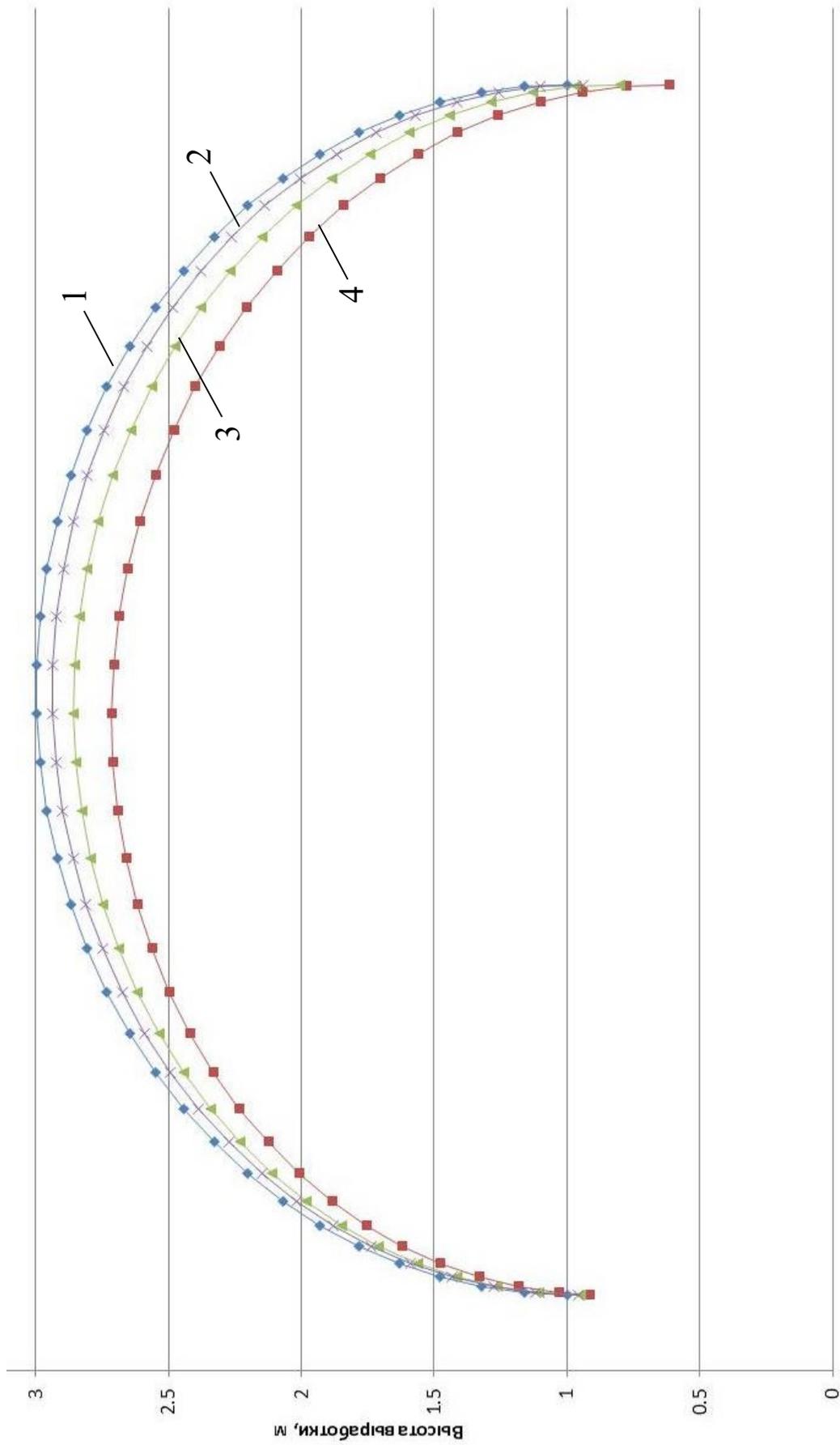


Рис. 7. Контуры смещения выработки, проводимой по оси демонтажной камеры при остановке очистного забоя от места обрушения пород: 1 — исходный контур; 2, 3 и 4 — соответствующие контуры при остановке лавы на величину $1/3Ш_n$; $2/3Ш_n$ и $Ш_n$

Анализируя графики смещений нижнего слоя кровли (рис. 5), видно, что максимальные величины составляют 34, 61 и 88 мм соответственно при остановке очистного забоя от последнего места обрушения массива пород на величину $1/3Ш_n$; $2/3Ш_n$ и $Ш_n$.

Анализируя изополя вертикальных напряжений при рассматриваемых вариантах технологических схем ведения демонстражных работ с проведением выработки по оси ДК и подготовкой демонстражной камеры механизированным комплексом видно, что максимальные сжимающие напряжения в первом случае перемещаются вглубь массива, способствуя повышению устойчивости демонстражной камеры и самой выработки. При этом смещения контура выработки, проводимой по оси демонстражной камеры, с увеличением отхода лавы от места последней осадки массива кровли возрастают и составляют 6, 15 и 29 см соответственно при $1/3Ш_n$; $2/3Ш_n$ и $Ш_n$.

Выводы

1. В условиях неустойчивых кровель для повышения устойчивости демонстражных камер рекомендуется останавливать очистной забой для демонстражных работ на расстоянии от места последнего обрушения массива кровли на величину не более $2/3$ шага последующих осадок.

2. Рекомендуется использовать вариант технологической схемы ведения демонстражных работ с проведением выработки по оси демонстражной камеры, что способствует повышению её устойчивости.

Библиографический список

1. Технологические схемы монтажа и демонтажа механизированных комплексов КМК98Д, КД80, 1КМ88, КМ87УМ (КМ87УМН, КМ87УМП), КМТ, КД90. – Луганск: ГОАО НИПКИ «Углемеханизация», 2000. – 211 с.

2. Борзых, А. Ф. Технология сооружения подготовительной выработки по демонстражной камере [Текст] / А. Ф. Борзых // Уголь Украины. – 2011. – № 7. – С. 6–9.

3. Борзых, А. Ф. Обеспечение устойчивости демонстражных камер до извлечения механизированной крепи [Текст] / А. Ф. Борзых, В. И. Сафонов // Уголь Украины. – 2006. – № 7. – С. 21–23.

4. Монтаж, наладка и демонтаж механизированных комплексов [Текст] / Ю. П. Холопов, Б. Ф. Негруцкий и др. – М.: Недра, 1985. – 232 с.
5. Технология демонтажа механизированных комплексов из предварительно пройденных камер на тонких пластах Кузбасса [Текст] / П. В. Гречишкин, А. В. Хаймин, А. С. Позолотин, Г. В. Райко, М. С. Филимонов // Уголь Украины. – 2014. – № 1. – С. 23–25.
6. Управление кровлей и крепление в очистных забоях на угольных пластах с углом падения до 35° [Текст] // Руководящий нормативной документацией Госдепартамента УП Минтопэнерго Украины КД 12.01.01.503-2001. – Киев: ДонУГИ, 2002. – 141 с.
7. Руководство пользователя программным комплексом «ЛИРА-Windows». 8 томов / А. С. Городецкий, И. Д. Евзеров, С. Л. Мельников и др. – Госкомградостроительства Украины, 1997 г.
8. Городецкий, А. С. Информационные технологии расчета и проектирования строительных конструкций. Учебное пособие [Текст] / А. С. Городецкий, В. С. Шмуклер, А. В. Бондарев – Харьков: НТУ «ХПИ», 2003. – 889 с.
9. Комиссаров, С. Н. Управление массивом горных пород вокруг очистных выработок [Текст] / С. Н. Комиссаров. – М.: Недра, 1983. – 237 с.
10. Лира[®] 9.4 Примеры расчета и проектирования: учебное пособие / В. Е. Борисов, Ю. В. Гензерский, Ю. Д. Гераймович и др. – К.: «ФАКТ», 2008. – 280 с.

Chuvanov A. S., Siidov V. N.

(DonSTU, Alchevsk, LPR)

INVESTIGATION OF A STRESSED-DEFORMED STATE OF A MASSIF OF ROCKS AROUND OF DISMANTLING CAMERAS UNDER CONDITIONS OF UNSTABLE ROOFS

Results of mathematical modeling by the finite-element method of dismantling cameras depending on the place of a stop of a lava concerning the last collapse of an array of a roof are given.

Key words: dismantling the camera, stope, the collapse of the array, modeling, development, displacement.