

УДК 622.833:622.26

Е.А. Сдвижкова<sup>1</sup>, д-р техн. наук, проф.,  
 Д.В. Бабец<sup>1</sup>, канд. техн. наук, доц.,  
 А.В. Смирнов<sup>2</sup>, канд. полит. наук

1 – Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г.Днепропетровск, Украина, e-mail:sdvizhkova@front.ru; dbabets@i.ua  
 2 – Компания ДТЭК, Украина, e-mail: info@dtek.com

## АНАЛИЗ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ФОРМИРОВАНИЯ НАГРУЗКИ НА КРЕПЬ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ МОНТАЖНЫХ КАМЕР СТРУГОВЫХ ЛАВ В УСЛОВИЯХ ШАХТ ЗАПАДНОГО ДОНБАССА

Ye.A. Sdvizhkova<sup>1</sup>, Dr. Sci. (Tech.), Professor,  
 D.V. Babets<sup>1</sup>, Cand. Sci. (Tech.), Assoc. Professor,  
 A.V. Smirnov<sup>2</sup>, Cand. Sci. (Polit.)

1 – State Higher Educational Institution “National Mining University”, Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: sdvizhkova@front.ru, dbabets@i.ua  
 2 – DTEK company, Ukraine, e-mail: info@dtek.com

## SUPPORT LOADING OF ASSEMBLY CHAMBER IN TERMS OF WESTERN DONBAS PLOUGH LONGWALL

**Цель.** Установление закономерностей изменения напряженно-деформированного состояния породного массива при проведении монтажной камеры и формировании очистной полости, а также разработка инженерной методики определения нагрузки на крепь монтажной камеры с учетом возрастания горного давления при отходе лавы от разрезной печи.

**Методика.** Напряжения и деформации пород в окрестности монтажной камеры и разрезной печи определяются методом конечных элементов на основе упругопластической модели деформационной среды. Реализуется процедура накопления деформаций при последовательном изменении размеров моделируемой полости. Зоны разрушения определяются по критерию прочности Хюека-Брауна. Для построения обобщающих зависимостей используются методы математической статистики, в частности метод нелинейного оценивания, сочетающий множественную регрессию и дисперсионный анализ.

**Результат.** Выполнены многовариантные расчеты напряженно-деформированного состояния исследуемой области для различных значений прочности пород, мощности угольного пласта, глубины выработки и ее размеров. Полученные результаты обобщены для различных горно-геологических условий в виде зависимостей высоты зон разрушения и перемещений контура монтажной камеры от перечисленных выше факторов.

**Научная новизна.** Впервые установлены закономерности развития деформаций и формирования зон разрушения в породном массиве в окрестности монтажной камеры и разрезной печи в момент отхода стругового комплекса. Получены расчетные формулы для определения основных геомеханических характеристик, необходимых для выбора способа крепления указанных выработок в различных горно-геологических условиях.

**Практическая значимость.** Совокупность формул для определения основных геомеханических характеристик составляет инженерную методику определения нагрузки на крепь, а также является основой типовых материалов проектирования монтажных камер струговых лав в условиях Западного Донбасса.

**Ключевые слова:** *монтажная камера, струговая лава, напряженно-деформированное состояние*

**Постановка проблемы.** Приоритетным направлением развития шахт Западного Донбасса, входящих в состав ПАО „ДТЭК ПАВЛОГРАДУГОЛЬ“, является наращивание объемов добычи угля за счет концентрации горных работ и повышения их темпов благодаря применению высокопроизводительной техники.

Внедрение прогрессивных технологий сопровождается внесением новых элементов в технологические схемы, что, в свою очередь, требует глубокого обоснования принимаемых технических решений. В частности, при внедрении на шахтах ШУ „Першотравенское“ струговой установки скользящего типа GN800 и механизированного комплекса щитового типа DBT 65/130 одной из актуальных задач стала своевременная подготовка добычных участков, что предполагает осуществление монтажа и демонтажа оборудования в

кратчайшие сроки. Монтаж и демонтаж механизированных комплексов представляет собой многооперационный и трудоемкий процесс, который выполняется в стесненных условиях подземных выработок. К этим выработкам предъявляются особые требования как с точки зрения технологичности выполняемых в них операций по размещению и сборке-разборке оборудования, так и с точки зрения устойчивости, поскольку именно эти выработки в наибольшей степени испытывают влияние очистных работ.

В последние годы для осуществления монтажа добычного оборудования в условиях тонких пологих пластов, характерных для Западного Донбасса, повсеместной практикой стало проведение монтажной камеры в два этапа. Проводят оконтуривающую выработку полным сечением, как обычную подготовительную выработку, и затем (либо параллельно) у бочка выработки делают присечку пласта, шириной,

равной длине секции монтируемой крепи. Именно такая технология учитывает особенности монтажа секций механизированного комплекса DBT и является приемлемой при подготовке струговой лавы. При отходе секций комплекса от монтажной камеры присечная полость увеличивается вплоть до первичной посадки кровли, создавая тем самым дополнительное давление на крепь монтажной камеры.

**Выделение нерешенных частей проблемы.** Разработанные на сегодняшний день технологические схемы монтажа оборудования не содержат рекомендаций и инструкций по определению характеристик горного давления в окрестности разрезных печей и монтажных камер, их сопряжения, а также сопряжения с выемочными штреками. В отношении расчета индивидуальной крепи разрезной печи (крепь из деревянных, металлических или гидравлических стоек, которые устанавливаются под шпальный брус) есть только рекомендации нормативного документа [1], согласно которым индивидуальная крепь должна обеспечить отпор не менее 30 т./м<sup>2</sup>. Эти рекомендации не зависят от конкретных горно-геологических условий (глубина разработки, прочность вмещающих пород, мощность пласта или высота разрезной печи). Для крепи монтажной камеры, вприсечку к которой проводится разрез, образуя тем самым в массиве полость сложного очертания, тем более не разработаны рекомендации, учитывающие взаимное влияние камеры и присечной выработки, увеличение нагрузки при отходе секций механизированной крепи от разрезной печи и увеличении размеров обнажения.

Демонтаж стругового комплекса осуществляется в еще более сложных условиях, поскольку конструктивные особенности конвейера струговой лавы и секций механизированной крепи не позволяют применить традиционную схему с „заводкой секций под брус“ в тупике выемочного столба. Наиболее приемлемым решением является предварительное проведение демонтажной камеры достаточного сечения до подхода лавы к месту демонтажа. Процесс нарастания горного давления при подходе лавы к демонтажной камере в условиях шахты „Степная“ ШУ „Першотравенское“ подробно описан в [2] как результат численного моделирования, визуальных и инструментальных наблюдений.

Следует отметить, что характер формирования поля напряжений при отходе лавы от монтажной камеры и при подходе лавы к демонтажному штреку во многом схож, однако имеются и существенные отличия, обусловленные различной последовательностью образования в массиве полостей сложного очертания. В отношении камер монтажа и разрезной печи до настоящего времени не было выполнено количественных оценок величины горного давления, нарастающего по мере изменения конфигурации сопрягающихся выработок.

В данной работе рассмотрен начальный этап отработки выемочного столба струговой лавой, на котором осуществляется монтаж стругового комплекса и отход лавы от разрезной печи.

**Изложение основного материала. Напряженно-деформированное состояние породного массива при**

**проведении монтажной камеры и разрезной печи.** Сооружение монтажной камеры с точки зрения механики твердого тела представляет собой образование полости в породной слоистой среде, что вызывает соответствующее перераспределение напряжений относительно начального напряженно-деформированного состояния (НДС) углепородного массива. Последующее формирование присечной выработки, т.е. увеличение размеров и формы обнажения, вызывает дальнейшую концентрацию напряжений, т.е. образование зон повышенного (опорного) давления и разгрузки. Результатом совместного действия нормальных и касательных напряжений является формирование области разрушенных пород (неупругих деформаций), в пределах которой происходит разрыхление пород, потеря связи между слоями пород, заключенных в этой зоне, а также с основной частью массива. Именно с формированием этой зоны связано формирование нагрузки на крепь выработки. Поэтому при проектировании монтажной камеры и разрезной печи основным вопросом является определение зон разрушенных пород, создающих давление, на компенсацию которого должны быть направлены мероприятия по поддержанию данных выработок.

Монтажная камера вместе с присечной выработкой представляет собой полость сложной формы, образованную в слоистой среде. Поэтому определение НДС породного массива в их окрестности следует осуществлять одним из численных методов механики твердого деформируемого тела, например, хорошо апробированным в задачах геомеханики методом конечных элементов (МКЭ) в сочетании с теорией прочности, достоверно отражающей переход пород в неупругое состояние.

В данной работе в рамках МКЭ использована процедура так называемого „накопления деформаций“ в процессе изменения граничных условий задачи. Рассматривалось несколько стадий формирования поля напряжений. Первоначально моделировался нетронутый массив, нагруженный весом вышележащих слоев. Затем в массиве путем изменения граничных условий формировались полости различных размеров: 1 стадия – формируется полость, соответствующая монтажной камере арочной формы (рис. 1, а); 2 стадия – дополнительно формируется полость, соответствующая разрезной печи (рис. 1, б); 3 стадия – дополнительно формируется следующая полость размером 5 м, имитирующая выработанное пространство при отходе секций крепи на 5 м от разрезной печи в процессе выемки угля (рис. 1, в).

На каждой стадии определяются все компоненты напряжений, деформаций и перемещений, причем деформации массива на предыдущей стадии учитывались при определении НДС на последующей стадии. На каждом этапе решения оценивалась зона развития неупругих деформаций, которую в дальнейшем будем трактовать как зону разрушения пород. В качестве условий перехода пород в разрушенное состояние использовался хорошо апробированный для слабых трещиноватых пород эмпирический критерий Хоека-Брауна [3], а также аналитический критерий прочности Парчевского-Шашенко, разработанный в НГУ, как

альтернативный вариант для подтверждения адекватности применяемых теорий прочности по отношению к слабым породам Западного Донбасса [4].

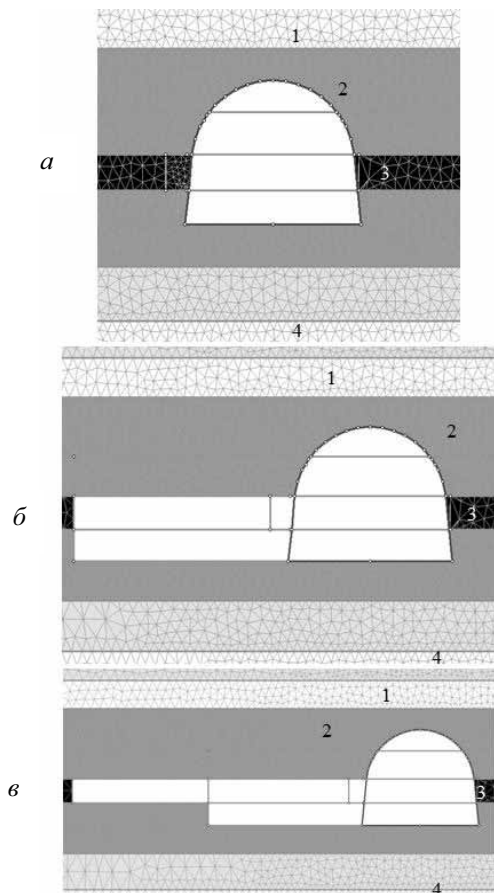


Рис. 1. Расчетные схемы к определению величины нагрузки на крепь монтажной камеры: 1 – аргил-лит; 2 – алевролит; 3 – угольный пласт; 4 – песчаник; а – стадия 1; б – стадия 2; в – стадия 3

Ниже приведены результаты расчетов, выполненные применительно к монтажной камере и разрезной печи 163-й лавы горизонта 470м шахты „Степная“. Начальное поле напряжений составляет 18МПа. Физико-механические свойства вмещающих пород приведены в табл. 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики угля и вмещающих пород

№	Название характеристики	Уголь	Аргил-лит	Алевролит	Песчаник
1	Модуль упругости (Юнга), МПа	11755	2913	3197	14485
2	Коэффициент Пуассона	0,26	0,3	0,3	0,3
3	Прочность на сжатие, МПа	20	20	25	55

На рис. 2–4 показаны результаты расчетов в виде зон разрушения на различных стадиях формирования выработок. Нагрузка на крепь монтажной камеры и присечной выработки определяются как вес пород в зоне разрушения, то есть

$$P = \gamma \cdot S \cdot k_d,$$

где  $S$  – площадь зоны разрушения;  $\gamma$  – объемный вес пород;  $k_d$  – коэффициент динамичности.

Будем определять площадь разрушения как площадь прямоугольника с высотой  $h_p$ , где  $h_p$  – наибольший размер зоны разрушения в направлении, перпендикулярном напластованию, и основанием, равным ширине выработки  $b$

$$P = \gamma \cdot S \cdot k_d = \gamma \cdot b \cdot h_p \cdot k_d.$$

Коэффициент динамичности следует принять равным 1,5, поскольку при определении расчетной глубины заложения выработки уже вводится коэффициент запаса 1,5. Тогда общий коэффициент запаса составит 2,25.

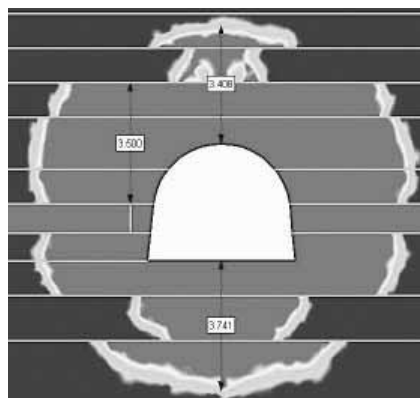


Рис. 2. Зона разрушения при сооружении монтажной камеры (стадия 1)

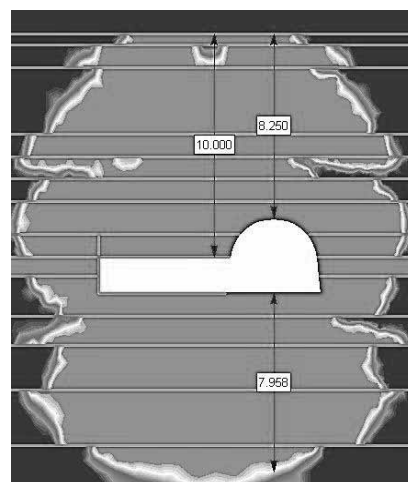


Рис. 3. Зона разрушения при проходке разрезной печи (стадия 2)

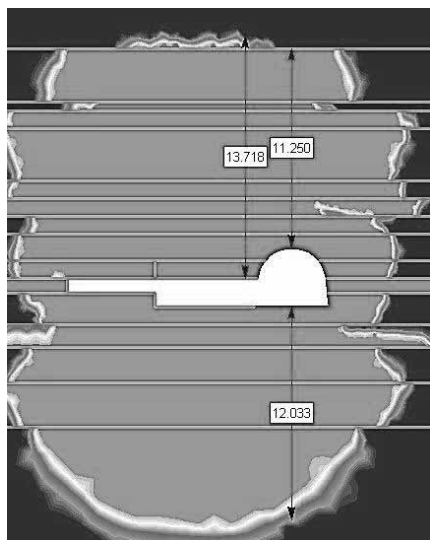


Рис. 4. Зона разрушения при отходе лавы на 5м (стадия 3)

В соответствии с расчетами, нагрузка на крепь монтажной камеры до проходки разрезной печи (стадия 1) составляет 54т./м. После формирования разрезной печи (присечной выработки) шириной 5,2м (стадия 2) нагрузка на крепь собственно камеры составит 131,4т./м, нагрузка на крепь присечной выработки составит 192,6т./м. При выезде секций из разрезной печи, то есть при дальнейшем увеличении размеров обнажения (стадия 3), давление пород на крепь присечной выработки увеличится до 263,5т./м. Для создания требуемого отпора и удержания пород кровли над монтажной камерой, устанавливается рамно-анкерная крепь, элементами которой являются арочная крепь КШПУ-11,7 с шагом установки 0,5м и 6 сталеполимерных анкеров длиной 2,4м между рамами крепи.

Для создания достаточного отпора в присечной выработке выполняется расчет несущей способности индивидуальной крепи. Рабочее сопротивление деревянной стойки длиной 1,25–1,5м и диаметром 0,14м составляет 30т. (300 кН). Для удержания пород в зоне разрушения при образовании присечной выработки, то есть для создания отпора 192т./м (2 стадия), необходимо не менее 7 стоек на 1 метр выработки. Но при выезде секций из разрезной печи и дальнейшем увеличении породного обнажения, давление на крепь присечной выработки увеличится до 264т./м. Тогда необходимое количество стоек индивидуальной крепи составит не менее 9, а для создания равномерного отпора и усиления в месте нахлеста горизонтальных планок число стоек следует увеличить до 11. Суммарный отпор стоек составит 330т./м.

Данный расчет, выполненный для конкретных условий, показывает, что основной геомеханической характеристикой является нагрузка на крепь, полученная как вес пород в зоне разрушения. При этом для инженерного расчета в качестве основной расчетной величины принимается наибольший размер

этой зоны ( $h_p$ ) в направлении, перпендикулярном напластованию. Алгоритм МКЭ позволяет определить и перемещения любой точки массива, в том числе и перемещения породного контура. В данной задаче перемещения получены на основе упруго-пластической модели среды с учетом перехода пород в запределное деформирование в соответствии с критерием Хоека-Брауна и реализации процедуры накопления деформаций. Рис. 5 иллюстрирует приращение смещений в монтажной камере в момент проведения разрезной печи.

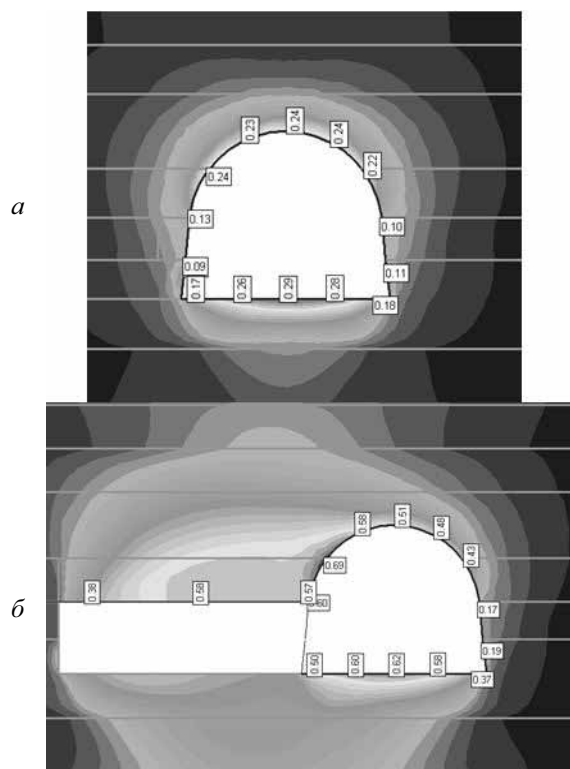


Рис. 5. Смещения контура: а – при сооружении монтажной камеры; б – при проходке разрезной печи

**Разработка расчетных формул для типовых материалов проектирования.** Описанный выше алгоритм позволяет выполнить многовариантные расчеты для различных горно-геологических и горнотехнических условий. Таким образом, формируется исходная база для создания типовых материалов проектирования монтажных камер для широкого спектра условий.

В качестве примера для условий шахты „Степная“ показано увеличение нагрузки на крепь монтажной камеры (рис. 6) и присечной выработки (рис. 7) на указанных выше стадиях проведения выработок (проведение монтажной камеры арочной формы, проведение разрезной печи, отход секций механизированного комплекса на 5м) для различной глубины отработки угольного пласта. В расчетах добавлена стадия, когда очистной забой продвигается еще на 5 м, что вызывает дальнейшее приращение нагрузки на крепь выработок.

Изменение глубины отработки в алгоритме МКЭ учитывается изменением начального поля напряжений (табл. 2). Начальные напряжения  $\sigma_x^0, \sigma_y^0, \tau_{xy}^0$  (МПа) определяются в соответствии с гипотезой А. Динника. Для условий слабометаморфизированных пород Западного Донбасса можно полагать начальное поле гидростатическим

$$\sigma_x^0 = \sigma_y^0 = \gamma \cdot H_p;$$

$$\tau_{xy}^0 = 0,$$

где  $H_p = 1,5H$  – расчетная глубина;  $H$  – истинная глубина разработки.

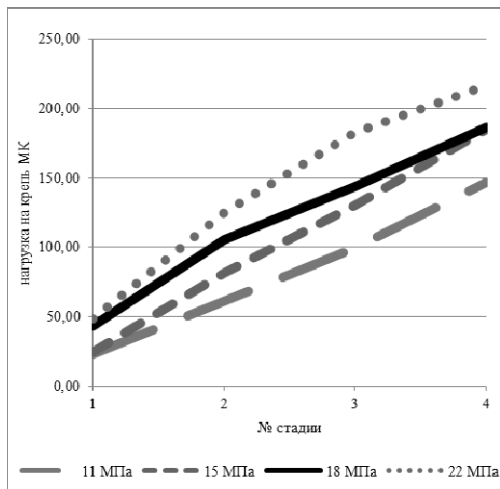


Рис. 6. Нагрузки на кровлю монтажной камеры

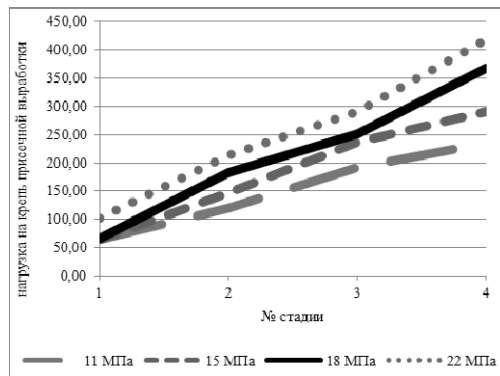


Рис. 7. Нагрузки на кровлю разрезной печи

Результаты многовариантного моделирования использованы для получения простых инженерных формул, позволяющих определить высоту ЗНД и перемещение контура выработки.

В качестве исходных параметров использовались:

- $b$  – ширина выработки в проходке;
- $\frac{b}{h}$  – отношение ширины к высоте выработки;
- $\gamma H$  – вертикальная составляющая начального поля напряжений;

- $R_c$  – средняя прочность вмещающего массива;
- $m$  – мощность угольного пласта.

Определяемыми параметрами (искомыми функциями) являются:

- высота зоны разрушений  $h_p$ ;
- максимальные перемещения в кровле камеры  $U$ ;
- максимальные перемещения борта камеры со стороны присечной выработки  $U_1$ ;
- максимальные перемещения борта камеры со стороны нетронутого массива  $U_2$ .

Для получения зависимостей геомеханических параметров от исходных данных использовался метод нелинейного оценивания, который обобщает в себе два метода: множественную регрессию и дисперсионный анализ. Нелинейное оценивание предполагает предварительный выбор характера зависимости искомой функции от исходных переменных: логарифмическую, степенную или любую другую композицию элементарных функций.

В общем случае, все регрессионные модели могут быть записаны в виде формулы

$$y = F(x_1, x_2, x_i, \dots, x_n),$$

где  $i = 1, 2, 3 \dots n$ .

При проведении нелинейного регрессионного анализа стоит вопрос о связи между искомой функцией и исходными переменными, т.е. как именно зависимая переменная (функция) связана с набором независимых переменных (аргументов). При обобщении результатов численного моделирования использована модель экспоненциального роста как один из методов нелинейного оценивания. Эта модель записывается в виде

$$y = c + \exp(b_0 + b_1 \cdot z_1 + b_2 \cdot z_2 + \dots + b_m \cdot z_m),$$

где  $y$  – искомое значение;  $a, b_i$  – неизвестные константы;  $z_i$  – исходные параметры.

Для оценки адекватности модели использовался так называемый критерий согласия „хи-квадрат“. Если значение критерия „хи-квадрат“ значимо, отвергаем нулевую гипотезу и принимаем, что независимые переменные значимо влияют на искомое выражение. В результате выполненного регрессионного анализа получены аналитические зависимости максимальных смещений контура монтажной камеры в зависимости от основных влияющих факторов.

Для монтажной камеры арочной формы, вприсечку к которой проведена разрезная печь (присечная выработка), высота зоны разрушения над монтажной камерой определяется формулой

$$h_p = \exp(0,64 + 0,4 \frac{b}{h} + 0,95 \frac{\gamma H}{R_c} + 0,005m) + 1,52).$$

Для высоты зоны разрушения над присечной выработкой получена зависимость

$$h_p = \exp(0,47 + 0,78 \frac{b}{h} + 0,67 \frac{\gamma H}{R_c} + 0,006m) + 3,75).$$

Для монтажной камеры арочной формы при сопряжении с присечной выработкой максимальные перемещения в кровле определяются формулой

$$U = \exp(0,09 \frac{b}{h} + 1,06 \frac{\gamma H}{R_c} + 0,003m - 1,12) - 0,48).$$

Максимальные перемещения борта камеры со стороны присечной выработки определяются формулой

$$U_1 = \exp(0,24 \frac{b}{h} + 1,1 \frac{\gamma H}{R_c} + 0,003m - 1,15) - 0,51),$$

а со стороны нетронутого массива зависимостью

$$U_2 = \exp(0,1 \frac{b}{h} + 1,09 \frac{\gamma H}{R_c} + 0,003m - 2,05) - 0,18).$$

### Выводы.

1. С привлечением апробированных численных методов механики горных пород, а также современных теорий прочности, прослежен процесс формирования зон разрушения над монтажной камерой и прирост нагрузки на крепь вследствие увеличения обнажения при присекании угольного пласта и отхода лавы от разрезной печи.

2. На основе многовариантного моделирования и применения метода регрессионного анализа получены обобщающие зависимости величины зоны разрушения и перемещений контура монтажной камеры от основных влияющих факторов, что является основой инженерного расчета и составления паспорта крепи.

### Список литературы / References

1. Правила технической эксплуатации угльных шахт: СОУ 10.1-00185790-002-2005.

*Rules of technical operation in coal mines: SOU 10.1-00185790-002-2005.*

2. Оценка устойчивости предварительно пройденной демонтажной камеры при различных формах ее поперечного сечения в условиях ПАО „ДТЭК Павлоградуголь“: міжн. наук.-техн. конф. „Форум гірників“ / [Мартовицкий А.В., Пилугин В.И., Сдвижкова Е.А., Бабец Д.В.] – Дніпропетровськ: РВКНГУ. – 2012. – С. 129–138.

Martovitskiy, A.V., Pilugin, V.I., Sdvizhkova, O.O. and Babets, D.V. (2012), “Stability estimation of dismantling chamber with various forms of the cross-section in terms of PAO DTEC “Pavlogradugol”, *Proc. of the International scientific conference “Forum of Mining Engineers”*, National Mining University, Dnipropetrovsk, pp. 129–138.

3. Хоек, Е. (2002), *Practical Rock Engineering*, Institution of Mining and Metallurgy, London 325 p.

4. Шашенко О.М. Деформационные модели в геомеханике / Шашенко О.М., Сдвижкова О.О., Гапеев С.М. – Днепропетровск: НГУ, 2008 – 223 с.

Shashenko, O.M., Sdvizhkova, O.O. and Gapeev, S.N. (2008), *Deformatsionnye modeli v geomekhanike* [Deformation Models in Geomechanics], NМУ, Dnepropetrovsk, Ukraine.

**Мета.** Встановлення закономірностей зміни напружено-деформованого стану породного масиву при проведенні монтажно-камери та формуванні очисної порожнини, а також розробка інженерної методики визначення навантаження на кріплення монтажно-камери з урахуванням зростання гірського тиску при відході лави від розрізної печі.

**Методика.** Напруження й деформації порід навколо монтажно-камери та розрізної печі визначаються методом скінченних елементів на основі пружно-пластичної моделі деформаційного середовища. Реалізується процедура накопичення деформацій при послідовній зміні розмірів порожнини, що моделюється. Зони руйнування визначаються за критерієм міцності Хоека-Брауна. Для побудови узагальнюючих залежностей використовуються методи математичної статистики, зокрема метод нелінійного оцінювання, що поєднує множину регресію та дисперсійний аналіз.

**Результати.** Виконані багатоваріантні розрахунки напружено-деформованого стану досліджуваної області для різних значень міцності порід, потужності вугільного пласта, глибини виробки та її розмірів. Отримані результати узагальнені для різних гірничо-геологічних умов у вигляді залежностей висоти зон руйнування та переміщень контуру монтажно-камери від перерахованих вище факторів.

**Наукова новизна.** Уперше встановлені закономірності розвитку деформацій і формування зон руйнування в породному масиві навколо монтажно-камери та розрізної печі в момент відходу стругового комплексу. Отримані розрахункові формули для визначення основних геомеханічних характеристик, необхідних для вибору способу кріплення зазначених виробок у різних гірничо-геологічних умовах.

**Практична значимість.** Сукупність формул для визначення основних геомеханічних характеристик складає інженерну методику визначення навантаження на кріплення, а також є основою типових матеріалів проектування монтажних камер стругових лав в умовах Західного Донбасу.

**Ключові слова:** *монтажна камера, стругова лава, напружено-деформований стан*

**Purpose.** To determine the changes of rock stress-strain state caused by constructing the assembly chamber and creating the excavation behind the longwall. Additional goal is to develop techniques for calculating the bearing capacity of assembly chamber support and consider the rock pressure increasing at the moment when longwall starts moving from the preparatory face.

**Methodology.** Stresses and displacements in rocks around assembly chamber and preparatory face are determined by finite element method based on elastoplastic deformation model. The procedure of strain accumula-

tion is implemented at the sequential change of cavity size. Failure zones are determined according to the Hoek-Brown strength criterion. Mathematical statistics methods are used to build general regularities. In particular, the nonlinear estimation method combining the multiple regression and variance analysis is used.

**Findings.** Multi-variant calculations of rock stress-strain state are made for different values of rock strength, coal seam thickness, mining depth and excavation size as well. The results are generalized for different geological conditions. The failure zone height and excavation contour displacements are represented as a function of factors mentioned above.

**Originality.** The new regularities of strain increasing and failure zone spreading in rocks around the excavations are obtained considering the moment when the

plough longwall starts moving. The formulas for determining the basic geomechanical characteristics are derived to design excavation support under various mining and geological conditions.

**Practical value.** The set of formulas determining the main geomechanical characteristics gives a simple techniques to calculate the necessary support capacity. It is the background for developing the standards of assembly chambers designing under conditions of the Western Donbass.

**Keywords:** *assembly chamber, plough longwall, stress-strain state*

*Рекомендовано до публікації докт. техн. наук  
О.В. Солодянкіним. Дата надходження рукопису  
12.11.13.*