

ВЛИЯНИЕ УГЛА ПАДЕНИЯ УГОЛЬНОГО ПЛАСТА НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПОРОД ПОЧВЫ ПАРНЫХ ШТРЕКОВ

А.В. Смирнов, ООО «ДТЭК», Украина

В.В. Панченко, ДТЭК Шахтоуправление Терновское, Украина

Исследовано влияние угла падения породных слоев на размеры зоны неупругих деформаций вокруг изменяющейся геомеханической системы «подготовительные выработки – лава». Установлено, что наиболее существенно это проявляется при угле наклона, равном $15-30^{\circ}$. Это обстоятельство должно быть учтено при определении нагрузки с тем, что правильно выбрать конструкцию рамно-анкерной крепи.

Введение. С увеличением глубины разработки устойчивость выработок угольных шахт снижается, что внешне чаще всего проявляется в деформировании элементов крепи и интенсивном незатухающем пучении пород почвы. Одним из эффективных путей управления устойчивостью горных выработок в таких условиях является применение рамно-анкерных систем крепи и умеренно жестких конструкций крепи сопряжений в районе окна лавы. Оценка эффективности применяемых конструкций возможна путем разработки и последующего анализа, соответствующих геомеханических моделей, в основе которых лежат особенности деформирования приконтурного массива в момент потери упругопластической устойчивости, как это было сделано в работах [1-5].

Исследования, приведенные в этих работах, были выполнены применительно к пологозалегающим угольным пластам. С точки зрения общности понимания процессов, происходящих в окрестности подготовительной выработки с пучащей почвой, представляют интерес исследования, выполненные для разных углов залегания угольного пласта.

Постановка задач исследований. Оценка напряженно-деформированного состояния в окрестности парных подготовительных выработок выполнена путем численного моделирования. Рабочим инструментом является программный комплекс «PHASE-2» канадской компании Rockscience, в основе которого лежит метод конечных элементов. Оценка прочности породных слоев производилась по критерию Хоека-Брауна [6]. Методика моделирования процесса вспучивания пород почвы, изложена в работе [7]. Горногеологические условия соответствуют тем, что имели место для ПСП «Шахта Степная». Физико-механические свойства горных пород и угля приведены в табл. 1.

Таблица 1.

Физико-механические свойства горных пород и угля

Наименование	Модуль упругости, МПа	Коэффициент Пуассона
Аргиллит	3193	0,3
Алевролит	6144	0,3
Песчаник	8164	0,3
Уголь	6144	0,26

Масштабный эффект учитывался путем введения коэффициента структурного ослабления [8], определяемого по формуле:

$$k_c = 1 - \sqrt{0,5\eta} \exp(-0,25\eta), \quad (1)$$

$$\eta = \sqrt{\frac{l_T + l_0}{l_T} (\eta_0^2 + 1)}, \quad (2)$$

где l_T - среднее расстояние между трещинами, l_0 - характерный размер стандартного образца горных пород, η_0 - коэффициент вариации испытаний стандартных образцов горных пород.

Горнотехнические условия моделирования: глубина разработки $H=490$ м, крепь выработки – рамно-анкерная, размеры выработки – в соответствии с паспортом крепления, способ проходки – комбайновый, коэффициент бокового распора равен единице.

Основная часть. Расчетные схемы решения задачи приведены на рис. 1 а,б,в.

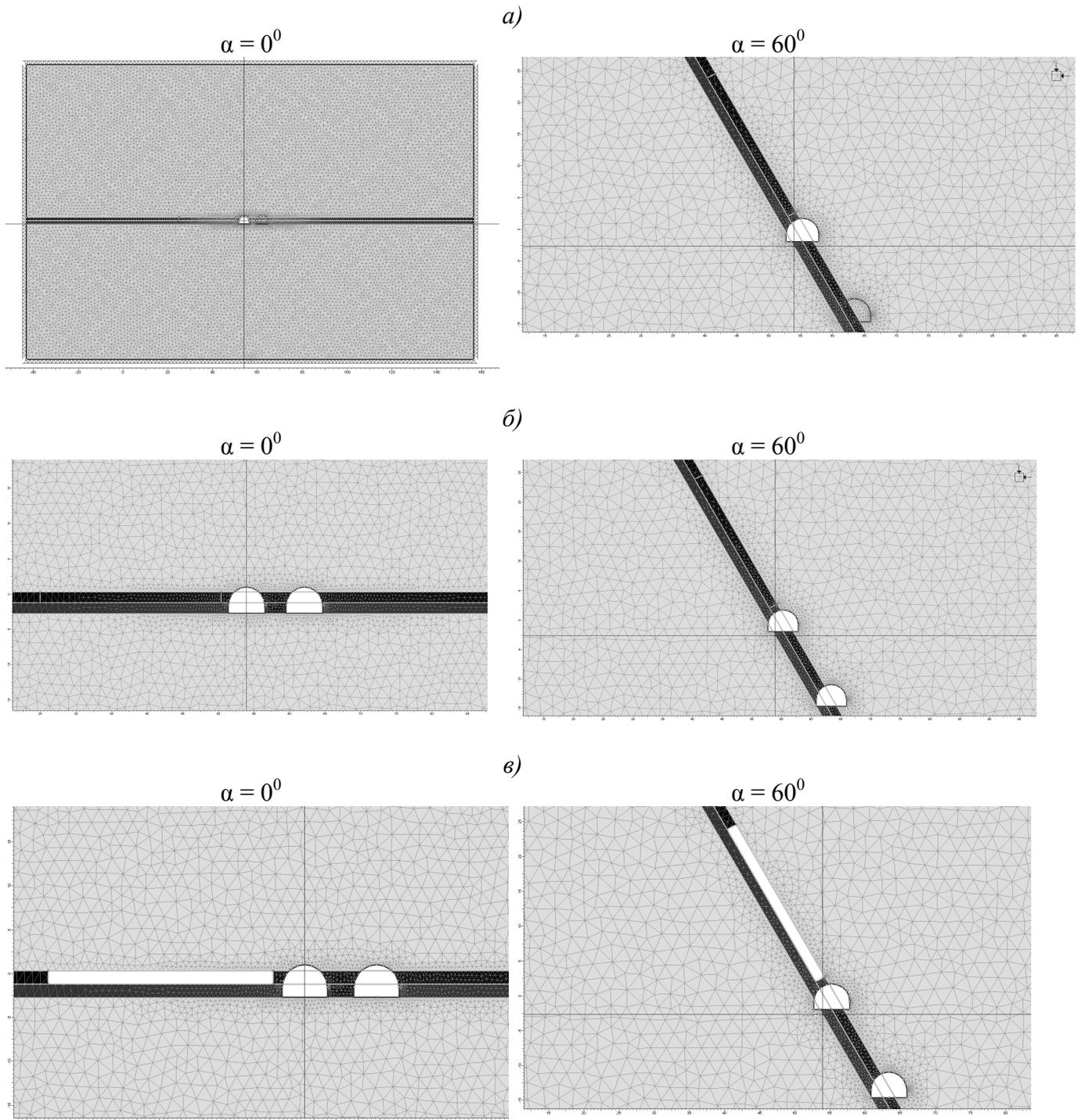


Рис. 1. Расчетные схемы к решению задачи: а – одиночная выработка; б – парные выработки; в – парные выработки в зоне влияния лавы

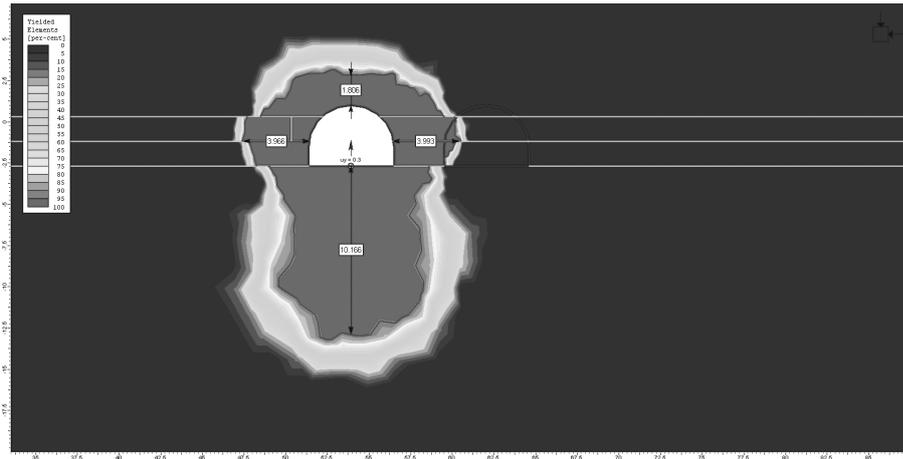
Угол залегания слоев пород входе решения задачи изменяется от 0^0 до 60^0 . На рис. 2 при приведены результаты расчетов при горизонтальном угле залегания породных слоев ($\alpha = 0^0$).

При этом рассматриваются три случая:

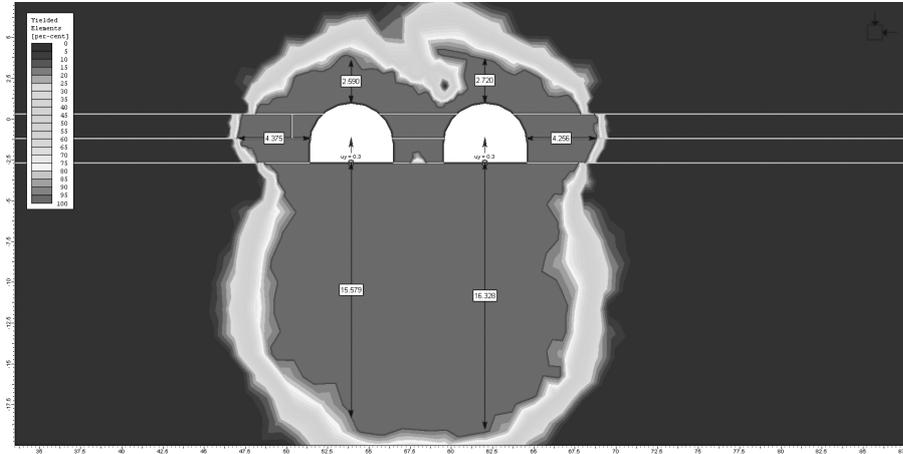
- подготовительная выработка расположена вне зоны влияния лавы;
- парные выработки, одна из которых пройдена вприсечку, с целиком 3 м вне зоны влияния лавы;
- парные выработки в зоне влияния лавы.

Из рис. 2 следует, что по мере усложнения геомеханической системы зона неупругих деформаций увеличивается. При этом возрастает нагрузка на крепь выработок и увеличиваются перемещения контура.

a)



б)



в)

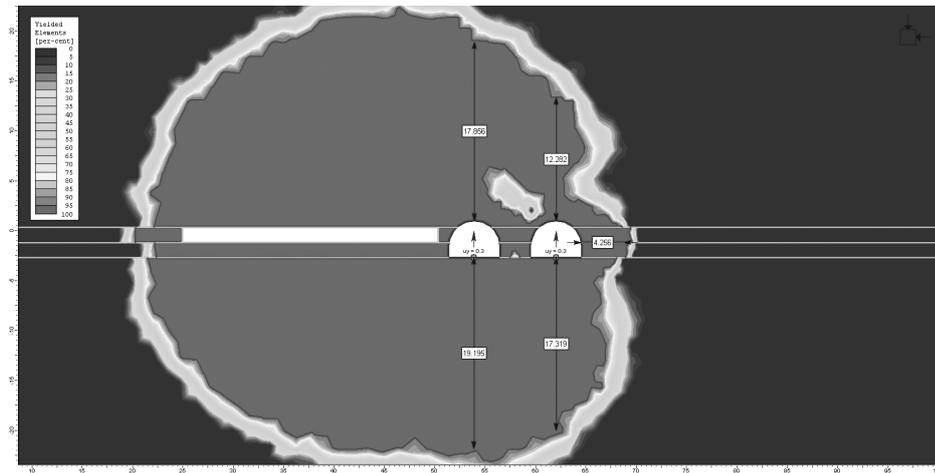
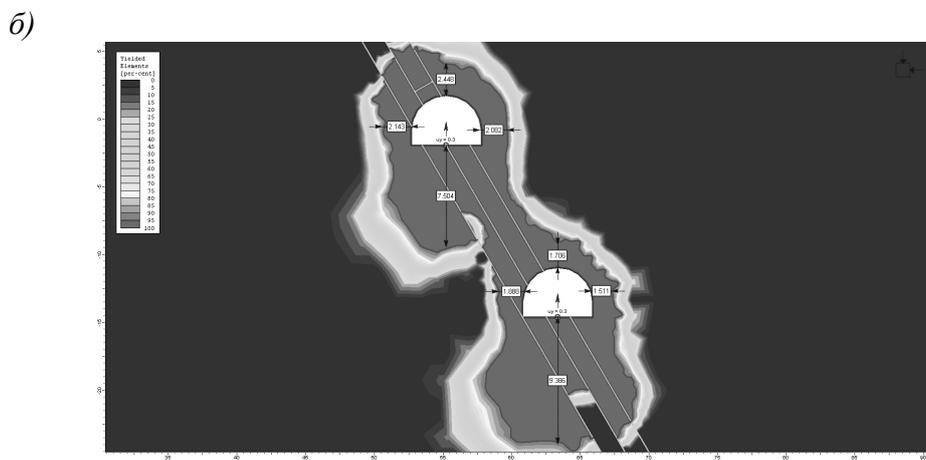
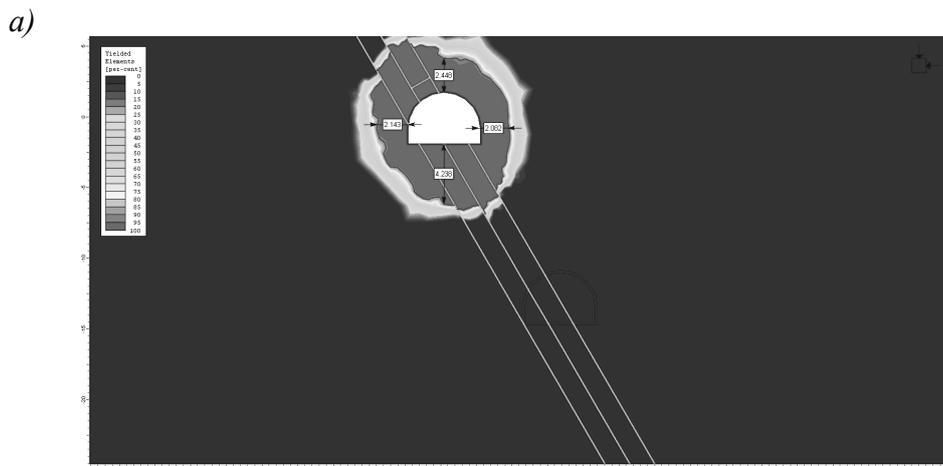


Рис. 2. Зоны неупругих деформаций для рассматриваемых расчетных схем при $\alpha = 0^{\circ}$:
 а – одиночная выработка; б – парные выработки;
 в – парные выработки в зоне влияния лавы

При изменении угла наклона пласта угла и вмещающих пород α изменяется и геомеханическая ситуация. Выработки иначе располагаются в пространстве. Зона неупругих деформаций вокруг них в зависимости от величины угла α приобретает иные очертания. Это обстоятельство особенно отчетливо прослеживается при величине угла наклона породных слоев, равном 60° , что представлено на рис. 3.



в)

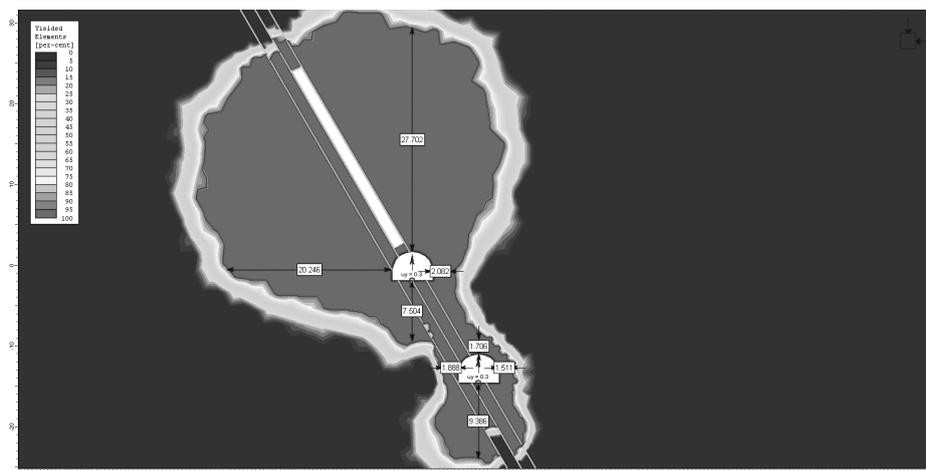


Рис. 3. Зоны неупругих деформаций для рассматриваемых расчетных схем при $\alpha = 60^0$:
 а – одиночная выработка; б – парные выработки;
 в – парные выработки в зоне влияния лавы

Соответственно изменяются и нагрузка на крепь выработки, в т.ч. и присечной, проводимой навстречу забою двигающейся лавы.

На рис. 4. приведены графики изменения размеров зоны неупругих деформаций в почве, кровле и боках, присечной выработки в зависимости от угла наклона породных слоев. Из них следует угол наклона α слабо влияет на размеры зоны неупругих деформаций в боках и кровле выработки и существенно изменяет их со стороны почвы.

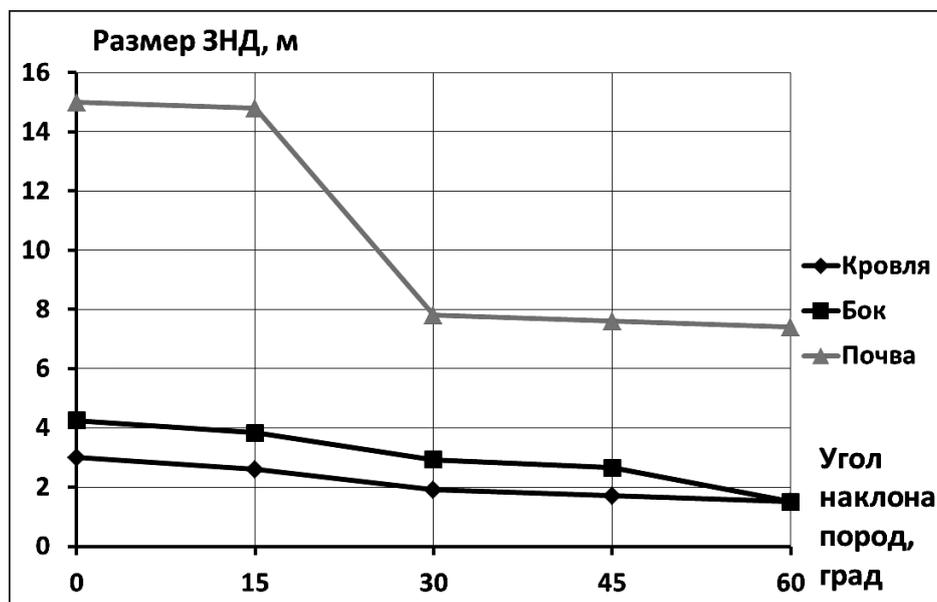


Рис. 4. Графики зависимости размеров зоны неупругих деформаций в почве, кровле и боках

При этом на графике изменения размеров зоны неупругих деформаций отчетливо просматриваются три области:

- I – повышение размеров при углах наклона от 0^0 до 15^0 ;
- II – изменяющихся в сторону уменьшения размеров при углах наклона от 15^0 до 30^0 ;
- III – уменьшенных размеров при углах наклонах от 30^0 до 60^0 .

Величина зоны неупругих деформаций в пределах I и III зон слабо зависит от угла наклона породных слоев, в два раза меньше в области III по сравнению с областью I, и линейно уменьшает от максимального значения до минимального в области II, что позволяет уточ-

нить нагрузку на крепь выработки и правильно подобрать соответствующие элементы и их количество при проектировании комбинированной крепи.

Выводы.

1. Размер зоны неупругих деформаций слабо зависит от угла наклона породных слоев при $0 \leq \alpha \leq 15^\circ$ и $30 \leq \alpha \leq 60^\circ$.
2. Его значение является максимальным на первом участке, минимальным на втором и линейно уменьшается от максимального до минимального значения в пределах $15 \leq \alpha \leq 30^\circ$.
3. Размер зоны неупругих деформаций в кровле и боках выработки практически не зависит от угла наклона породных слоев.

Список литературы

1. Король Г.Ю. До визначення критерію оцінки стану протяжних виробок глибоких вугільних шахт / О.М. Шашенко, О.В. Халимендик, Г.Ю. Король // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників - 2013», 2-5 жовт. 2013 р. Будівництво і експлуатація підземних споруд. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – Т. 2. – С. 126-131.
2. Король А.Ю. Численное моделирование процесса пучения пород почвы в горных породах / А.Н. Шашенко, К.В. Кравченко, И.Н. Попович, А.Ю. Король // Матеріали міжнар. конф. «Форум гірників - 2013», 2-5 жовт. 2013 р. Геомеханіка і геотехніка. – Д.: Національний гірничий університет, 2013. – Т. 2. – С. 170-17.
3. Шашенко А.Н., Кравченко К.В., Король А.Ю. /Численное моделирование потери устойчивости пород почвы в горных выработках глубокого заложения // Сучасні ресурсо-нергозберігаючі технології гірничого виробництва – Науково-виробничий журнал: Кременчуцький національний університет ім. М. Острогорського. – Кременчук: КрНУ, 2013. – Випуск 9 (12). – С. 105-112.
4. Шашенко А.Н. Оценка параметров геомеханической системы «парные выработки – очистной забой» / А.Н. Шашенко, А.Ю. Король // Международная научно-практическая конференция «Инновационные технологии и проекты в горно-металлургическом комплексе, их научное и кадровое сопровождение», 18-19 марта, 2104 г. – Казахский национальный технический университет им. К.И. Саптаева. – Алматы: КазНТУ, 2014. – С. 266-271.
5. Шашенко А.Н. Оценка параметров геомеханической системы «парные выработки – целик – очистной забой» / А.Н. Шашенко, Г.Г. Сторчак, А.О. Логунова, А.Ю. Король // Геотехнічна і гірнична механіка, машинобудування - Дніпропетровськ: «Науковий вісник НГУ». – Днепропетровск, 2014. – № 2. – С. 58-63.
6. Hoek E. (2002). *Practical Rock Engineering*. London: Institution of Mining and Metallurgy. pp. 325.
7. Король А.Ю. Закономерности деформирования приконтурного массива в окрестности одиночной выработки при вспучивании пород почвы / А.Ю. Король // Міжвідомчий збірник наукових праць «Геотехнічна механіка», 2014. - № 115: Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – С. 170-175.
8. Шашенко А.Н. Механика горных пород: Учебник / А.Н. Шашенко, В.П. Пустовойтенко. – Днепропетровск: НГУ, 2003. – 399 с.