

УДК 622.831.3

к.т.н. Касьян С. И.  
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

## ВЛИЯНИЕ ФАКТОРОВ НА НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ВОКРУГ ПОДГОТОВИТЕЛЬНОЙ ВЫРАБОТКИ В ЗОНЕ ВЛИЯНИЯ ЛАВЫ

*Изучены влияния факторов на напряженно-деформированное состояние вокруг выработки в зоне влияния лавы при компьютерном моделировании для условий Донецкого бассейна.*

**Ключевые слова:** напряженно-деформированное состояние, компьютерное моделирование, подготовительная выработка.

### **Проблема и связь ее с научными и практическими задачами.**

Устойчивость кровли на сопряжениях лав с выработками зависит от горногеологических и горно-технических факторов, основные из которых: прочность пород основной и непосредственной кровель, глубина разработки, угол падения и мощность пласта. Самыми «проблемными местами» можно назвать концевые участки лав и сопряжения лав с выработками, где возникают концентрации напряжений и, как следствие, образование трещин от взаимного влияния опорного давления лавы и давления вокруг выработки.

С увеличением глубины разработки растет гидростатическое давление, происходит выдавливания почвы выработок, сжатие со стороны боков, наблюдается рост деформаций в выработках находящихся в массиве, вне зоны влияния лав, при отсутствии опорного давления от очистных работ [1]. Начало формирования опорного давления связано с отходом очистных работ от монтажной камеры и первыми обрушениями кровли. Обрушение непосредственной кровли, оседание основной и каждого вышележащего слоя происходит при потере устойчивости, а на длину устойчивого пролета оказывают влияние мощность слоев пород и физико-механические свойства, но количественная оценка влияния прочности основной и непосредственной кровли не производилась. По мере подвигания лавы увеличивается

площадь обнаженной поверхности кровли пласта, соответственно изменяются величина горного давления и положение воспринимающих его опор [2]. В результате чего от технической обоснованности решений вопросов горного давления зависят рациональные параметры горных выработок, параметры систем разработки, технология горных разработок, и много другое [3].

Так при изучении проявлений горного давления в подготовительных выработках возможна качественная и количественная оценка. Качественная оценка заключается в описании наблюдаемых проявлений, определении их типа и систематизация. Для количественной оценки измеряют характерные показатели проявлений, а получаемые результаты сопоставляют с другими измеряемыми величинами. В результате анализа литературных источников установлено, что качественные показатели факторов влияющие на опорное давление изучены, но количественные значения этих факторов изучены недостаточно для условий Донбасса, поэтому исследования в этом направлении актуальны.

**Постановка задачи.** Целью настоящей работы является изучение влияния факторов на напряженно-деформированное состояние вокруг выработки в зоне влияния лавы.

Задачи:

а) проанализировать диапазоны условий отработки лав Донбасса;

б) изучить влияние глубины разработки и мощности пласта на напряженно-деформированное состояние вокруг выработки в зоне влияния лавы;

в) определить параметры опорного давления.

**Изложение материала и его результаты.** Изучение влияния мощности пласта и глубины разработки в натуральных условиях влекут за собой большие капиталовложения и трудности измерения напряженно-деформированного состояния массива. Поэтому для исследования было принято компьютерное моделирование с помощью ПК «Лира».

Изучение напряжённо-деформированного состояния массива горных пород вокруг примыкающей к лаве выработки проводилось с помощью составленных объёмных моделей методом конечных элементов, каждая из которых представляет собой горный массив, представленный 180000 объёмными элементами, в которых проектировалась примыкающая к лаве выработка, шириной 4 м и высотой 3 м; с одной стороны моделировался массив горных пород, а с другой стороны — очистная выработка; охрана примыкающей к лаве выработки осуществляется двумя рядами БЖБТ. Размеры модели составляют: вдоль выработки 650 м, вдоль лав 480 м. Для выявления влияния геологических факторов на вертикальные напряжения в кровле исследования проведены в широком диапазоне изменения глубины, мощности пласта, предела прочности пород на сжатие при отработке пологих пластов в Донбассе. Для исследования принимались минимальные, максимальные и средние значения глубины разработки, мощности пласта, а также литотип и пределы прочности непосредственной и основной кровель для условий Донецкого бассейна [4, 5], а именно: минимальная глубина разработки — 339 м; средняя глубина разработки — 680 м; максимальная глубина разработки — 1250 м; минимальная мощность пласта — 0,6 м; средняя мощность пласта — 1,23 м; максимальная мощность пласта — 2,15 м; непо-

средственная и основная кровли — аргиллит, алевролит и песчаник.

Для всех условий были составлены 13 задач МКЭ, решенные в упругой постановке, причем для сравнения влияющих факторов при изменении глубины разработки и прочности пород принималась средняя мощность пласта и наоборот. При анализе результатов моделирования исследовались вертикальные напряжения для определения параметров опорного давления. Параметры определяем на расстоянии до 5 м от выработки в зоне влияния лавы. Исследования проводились в элементах со стороны лавы, на расстояниях от 0,15 м до 5 м.

Изменение вертикальных напряжений впереди лавы и напряжений за очистным забоем на расстоянии 2,25 м от выработки при разных значениях глубины разработки и мощности пласта носят одинаковый характер, но максимумы напряжений увеличиваются с глубиной разработки. Так при минимальной глубине разработки напряжения приняты за 100%, при средней глубине разработки максимум напряжений составляет 193%, а при максимальной глубине разработке — 372 %. Изменение максимума не зависит от расстояния от выработки в глубь массива со стороны лавы.

При изменении мощности пласта наблюдается аналогичная зависимость, но расхождение результатов не превышает 10 %.

На рисунке 1 изображены изополя вертикальных напряжений в плане в зоне влияния лавы, где наблюдается распределение напряжений вблизи примыкающей к лаве выработки. Со стороны лавы наблюдается распределение опорного давления от лавы и от выработки, а со стороны массива только от выработки, при ширине до 25 м.

Вокруг выработки наблюдаются концентрации напряжений, которые могут быть причиной вывалообразования. В связи с этим дальнейшие исследования направлены на определение влияющих факторов на сопряжении лавы с примыкающей к ней выработке при изменении глубины разработки, прочности основной и непосредственной кровли и мощности пласта.

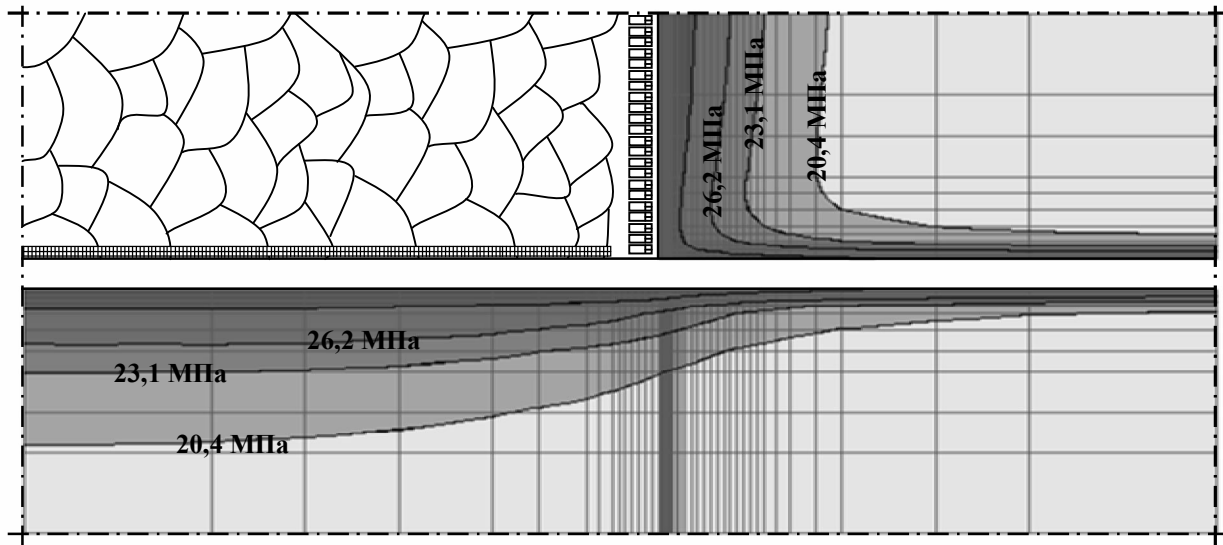


Рисунок 1 — Изополя вертикальных напряжений в плане

Для определения корреляционных зависимостей максимальных напряжений и факторов, результаты решения задач обработаны и получены уравнения множественных регрессий вертикальных напряжений. Первоначально анализировался массив данных для протяженности от 40 м до лавы и до 60 м за лавой, но из-за сложности описания вертикальных напряжений до и после прохода лавы рассмотрены только напряжения в массиве вблизи лавы, а напряжения за лавой отдельно в массиве с другой стороны от выработки. Получена зависимость для определения вертикальных напряжений впереди лавы

$$Nz = 52,6 - 0,22 + 1,77 / Lv + 9 \cdot 10^{-8} \cdot H^3 \cdot m / (Ll + 4) - 732,83 / \sqrt{H}, \text{ МПа}; \quad (1)$$

$$R^2 = 0,94; \quad \alpha = 1,17 \cdot 10^{-4}.$$

где  $Lv$  — расстояние от примыкающей к лаве выработки в сторону лавы, м (область применения от 0,1 м до 5,0 м);  $m$  — мощность пласта, м (область применения от 0,6 м до 2,15 м);  $Ll$  — расстояние от лавы по длине выработки, м (область применения от линии очистного забоя до 60 м впереди лавы);  $H$  — глубина разработки, м (область применения от 339 м до 1250 м);  $R^2$  — коэффициент детерминации.

После чего получено уравнение частных регрессий изменения вертикальных напряжений от глубины разработки вдоль лавы

$$Nz = 52,9 + 1,1 \cdot 10^{-7} \cdot H^3 / (Ll + 4) - 732,83 / \sqrt{H}, \text{ МПа}. \quad (2)$$

Далее проанализировано влияние мощности пласта и глубины разработки на длину зоны опорного давления, по результатам чего построен график изменения длины зоны опорного давления от глубины разработки и мощности пласта (рис. 2)

$$L_{on} = 24,57 + 87,6m - 896m / \sqrt[2.5]{H}, \text{ м}; \quad (3)$$

$$R^2 = 0,80; \quad \alpha = 5,38 \cdot 10^{-4}.$$

Сравнивая полученные результаты, согласно рисунку 2, с аналогичными исследованиями в условиях Кизеловского бассейна [6] можно сделать вывод о схожем характере распространения длины зоны опорного давления в зависимости от глубины разработки и мощности пласта. Несмотря на это, при детальном сравнении результатов наблюдаются изменения значений длины зоны опорного давления на 10 %, при средних глубинах разработки, и на 30 % при глубине разработки более 1000 м, что связано с особенностями свойств массива Донецкого бассейна.

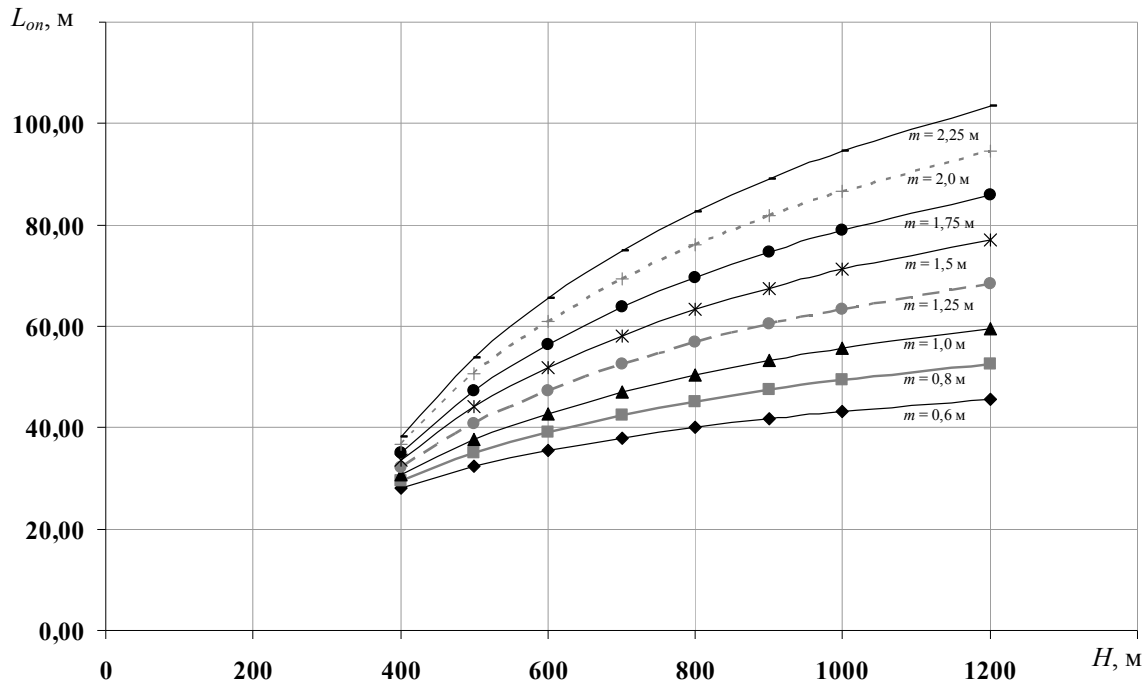


Рисунок 2 — График изменения длины зоны опорного давления от глубины разработки и мощности пласта

Далее исследован параметр максимума опорного давления ( $Nz(max)$ ) и расстояние от забоя до максимума зоны опорного давления ( $a$ ). В результате чего получены уравнения множественных регрессий:

$$Nz(max) = 0,61m - 2,61Lв + 0,07H - 0,12Rн - 0,12, \text{ МПа}; \quad (4)$$

$$R^2 = 0,98; \quad \alpha = 1,05 \cdot 10^{-4};$$

$$a = \frac{0,88m - 2,55Lв + 0,07H}{1,65} + \frac{0,12Rн - Nz(max) - 0,09}{1,65}, \text{ м}; \quad (5)$$

$$R^2 = 0,98; \quad \alpha = 1,37 \cdot 10^{-4}.$$

Преобразовывая формулы 4 и 5 получаем уравнение для определения расстояние от забоя до максимума зоны опорного давления, где влияющими факторами являются мощность пласта и расстояние от выработки в сторону лавы по ее длине

$$a = \frac{0,03 + 0,27m + 0,06Lв}{1,65}, \text{ м}. \quad (6)$$

Из уравнения 6 получаем уравнение чистых регрессий

- от мощности пласта

$$a = \frac{0,21 + 0,27m}{1,65}, \text{ м}; \quad (7)$$

- от расстояния от выработки вдоль лавы

$$a = \frac{0,37 + 0,06Lв}{1,65}, \text{ м}. \quad (8)$$

По результатам уравнения чистых регрессий строим график изменения расстояние от забоя до максимума зоны опорного давления, мощности пласта и расстояния от выработки вдоль лавы (рис. 3), где с увеличением расстояния от выработки (при области применения от 0,15 м до 5 м) и мощности пласта — увеличивается расстояние от забоя до максимума зоны опорного давления.

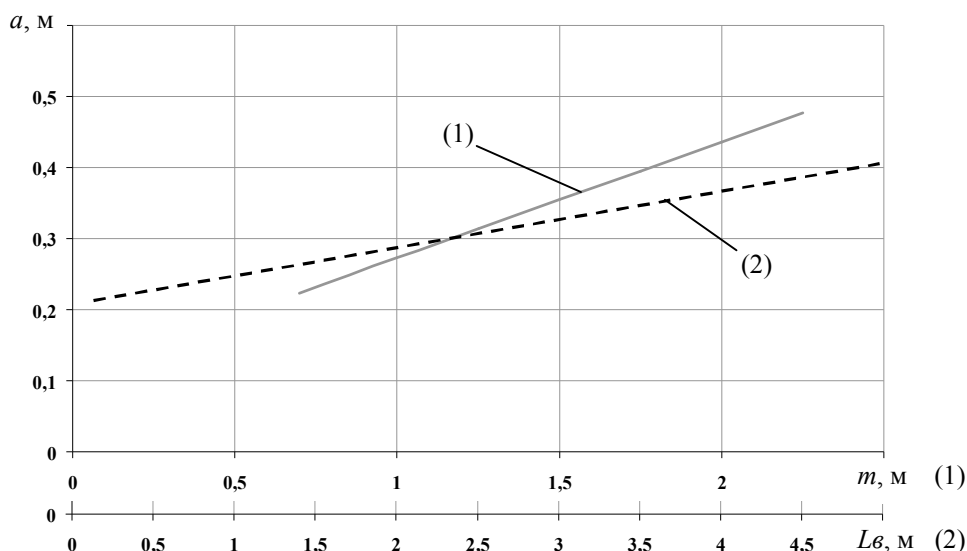


Рисунок 3 — График изменения расстояние от забоя до максимума зоны опорного давления, мощности пласта и расстояния от выработки вдоль лавы

### Выводы и направление дальнейших исследований.

В результате проделанной работы установлены корреляционные зависимости для определения длины зоны опорного давления и расстояния от забоя до максимума зоны опорного давления от горно-

геологических и технологических факторов.

Так как задача решена в упругой постановке дальнейшие исследования будут направлены на решение нелинейных задач теории упругости, определение параметров разрушения пород и расстояния до максимума опорного давления.

### Библиографический список

1. Авдеев Г. Ф. О формировании опорного давления / Г. Ф. Авдеев, Л. А. Штанько, А. И. Лагерь и др. // Известия вузов «Горный журнал». — 1973. — № 7. — С. 9–13.
2. Дядюра О. И. Исследование взаимного влияния горного давления спаренных лав // О. И. Дядюра / Уголь Украины. — № 2 — 3. — 2002. — С. 17–18.
3. Черняк И. Л. Управление состоянием массива горных пород: учебное пособие. Раздел горное давление в подготовительных выработках / И. Л. Черняк. — М.: Изд. МГИ. — 1981. — 59 с.
4. Каталог шахтопластов Донецкого угольного бассейна с характеристикой горно-геологических факторов и явлений: каталог / [сост. М. И. Устинов и др.; ред. С. А. Сжиренская]. — М.: ИГД им. А. А. Скочинского, 1982. — 368 с.
5. Кадастр угольных шахтопластов, предусмотренных к отработке шахтами и разрезами Госуглепрома Украины с характеристикой горно-геологических, горнотехнических условий и показателей качества углей: каталог / [авт. В. Я. Долгий и др.; ред. П. Я. Большаков]. — Донецк: Донуги, 2001. — 126 с.
6. Винокур Б. Ш. О характере деформирования вокруг очистного забоя / Б. Ш. Винокур, Г. С. Назаров // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. — 1968. — № 5. — С. 1–4.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. ДонГТУ Клишиным Н. К., к.т.н., проф. СУНИГОТ УИПА Алексеенко С. Ф.

*Стаття поступила в редакцію 12.03.14.*

**к.т.н. Касьян С. І.** (ДонДТУ, м. Алчевськ, Україна)

**ВПЛИВ ФАКТОРІВ НА НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН НАВКОЛО  
ПІДГОТОВЧОЇ ВИРОБКИ В ЗОНІ ВПЛИВУ ЛАВИ**

*Вивчено впливи факторів на напружено-деформований стан навколо виробки в зоні впливу лави при комп'ютерному моделюванні для умов Донецького басейну.*

**Ключові слова:** *напружено-деформований стан, комп'ютерне моделювання, підготовча виробка.*

**Kasian S. I.** *Candidate of Engineering Sciences (DonSTU, Alchevsk, Ukraine)*

**FACTORS INFLUENCE ON THE DEFLECTED MODE AROUND THE PREPARATORY  
DEVELOPMENT WITHIN THE LAVA'S AFFECTED ZONE**

*Factors influences on the deflected mode around the preparatory development within the lava's affected zone are examined for the conditions of Donetsk basin with the help of computer simulation.*

**Key words:** *deflected mode, computer simulation, preparatory development.*