

УДК 622.831.27

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ОПОРНОГО ДАВЛЕНИЯ В ПРОЦЕССЕ РАБОТЫ ОДИНОЧНОЙ ЛАВЫ

Антипов И. В., Лобков Н. И., Савенко А. В.

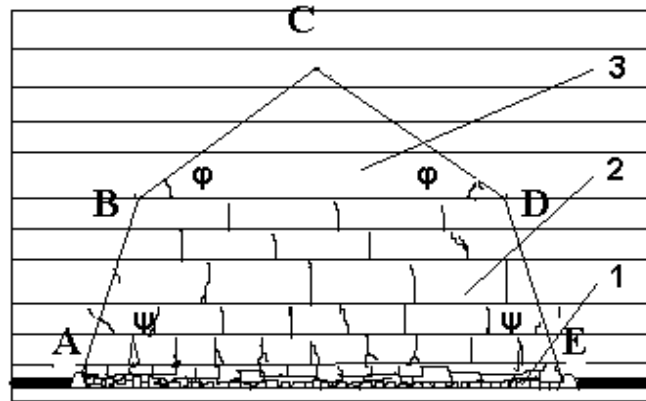
(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

За результатами досліджень поведінки порід над виробленим простором одиночної лави встановлено особливості зсуву породних шарів, що дозволяє прогнозувати опорний тиск на крайові частини вугільного шару.

By results of breeds behavior researches over single lava open area, features of layers strata movement that allows to predict basic pressure upon regional parts of layer are established.

Результаты многочисленных исследований проявлений горного давления в очистных забоях [1- 4] позволяют сделать вывод, что кроме действия на горную крепь сил, обусловленных геологическими процессами в земной коре и собственного веса пород, под горным давлением следует считать опорное давление, формируемое изгибом породных слоев над выработанным пространством.

Исследования сдвижения вмещающего массива горных пород над выработанным пространством [1,4,5], позволили установить следующее. Над выработанным пространством породные слои прогибаются и обрушаются последовательно в направлении от пласта к поверхности. Область сдвижения породных слоев *ABCDE* по высоте ограничена, ее высота составляет в среднем $2/3$ ширины выработанного пространства (рис.1). Область сдвижения включает в себя зону беспорядочного обрушения кровли (1), зону упорядоченного обрушения кровли и прогиба слоев с потерей несущей способности (2), зону прогиба слоев без потери несущей способности (3).



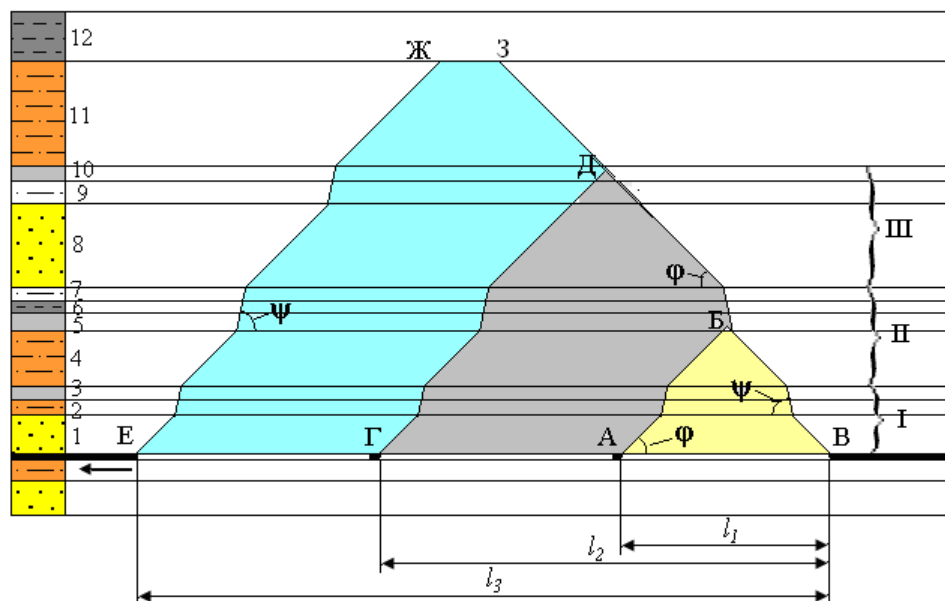
ABCDE – область сдвижения породного массива в выемочном поле действующей лавы;

1;2;3 – соответственно зоны беспорядочного обрушения, упорядоченного обрушения и прогиба слоев без потери несущей способности

Рис. 1. Область сдвижения пород над выработанным пространством действующей лавы

Зоны (1) и (2) ограничены линиями, проведенными под углом обрушения пород ψ к плоскости залегания пласта, а зона (3) ограничена линиями, проведенными под углом изгиба пород ϕ . Имея область сдвижения кровли логично предположить, что опорное давление формируется изгибом слоев, входящих в эту область. Приведенная на рисунке область сдвижения характеризует напряженно-деформированное состояние породного массива над выемочным полем отработанной лавы. Формирование области сдвижения начинается с момента отхода лавы от разрезной печи. Максимальный изгиб породных слоев в пределах упругости происходит до их первичной посадки.

По мере отхода лавы от разрезной печи растет длина выработанного пространства l (рис. 2). Увеличение площади выработанного пространства (при постоянной длине лавы) ведет к увеличению числа породных слоев, изгибающихся над ним, под действием силы тяжести, что видно на рисунке по увеличению областей сдвижения пород над выработанным пространством.



АВВ, ГДВ, ЕЖЗВ – области сдвижения породных слоев при отходе лавы от разрезной печи на расстояние l_1, l_2, l_3 соответственно;

1...12 – порядковые номера породных слоев кровли;

$\varphi = 45...50^\circ$ – угол изгиба породных слоев;

$\psi = 78 - 80^\circ$ – угол обрушения породных слоев кровли;

← – направление подвигания лавы;

← – I, II, III – группы породных слоев

Рис. 2. Формирование области сдвижения пород при отходе лавы от разрезной печи

При отходе лавы от разрезной печи на расстояние l_1 в сдвигение приходят слои № 1...№ 4. Причем слои № 1 и № 4 изгибаются в пределах упругости, а слои № 2 и № 3 обрушаются на слой № 1. С отходом лавы на расстояние l_2 в сдвигение приходят слои № 1 – 10. В этом случае слои № 2 и № 3 обрушаются на слой № 1, а слои № 5, № 6 и № 7 на слой № 4. Слои № 1 и № 4 изгибаются и служат породами – мостами, т.е. несут на себе вес обрушившихся породных слоев. Перед первичной посадкой слоя № 1 (при отходе лавы на величину l_3 предельного пролета слоя № 1) в сдвигение приходят породные слои №1–11. Слои № 1, № 4, № 8 и № 11 изгибаясь, висят над выработанным пространством. Добавляется обрушение слоев № 9 и № 10 на слой № 8.

Таким образом, для породного массива, представленного на рисунке 2, формировать опорное давление на краевые части пласта перед первичной посадкой слоя №1 будут три группы слоев I, II, III. При дальнейшем подвигании лавы и превышении предельного пролета слоя №1 произойдет первичная посадка первой группы слоев. С дальнейшим увеличением длины выработанного пространства и превышением предельного пролета второй и третьей групп слоев произойдет последовательное их обрушение. С обрушением групп слоев значение максимального давления уменьшается.

Напряжения, возникающие в зоне действия временного опорного давления от прогиба слоев как плит, жестко защемленных с четырех сторон, вызывают разрушение породы.

Применение в качестве выемочного оборудования механизированных комплексов предопределяет повсеместное использование способа управления кровлей полным обрушением. При этом способе отмечаются максимальные прогибы породных слоев над выработанным пространством и формируются повышенные напряжения в зоне опорного давления [6, 7]. Под действием повышенных или максимальных напряжений кровля разрушается крупными блоками или мелкими фракциями в зависимости от прочности породы, характера и величины действующих напряжений. Большой объем наблюдений позволил сделать выводы, что обрушения кровли в очистных забоях в виде крупных блоков (более 1 м) происходят при разрушении пород от действия растягивающих напряжений. Мелкими фракциями обрушается кровля, разрушение которой происходит под действием касательных напряжений. Указанные обрушения кровли ведут к длительным остановкам очистных забоев, потерям добычи угля. Кроме того дополнительные затраты на ликвидацию последствий аварийных обрушений пород увеличивают себестоимость угля. Вышеуказанные причины потерь в угольной промышленности требуют разработки универсального метода прогноза поведения кровли при проектировании и ведении очистных работ.

Попытки создания расчетных методов разрушения и обрушения пород в призабойном пространстве лав пологих пластов предпринимали научные школы Донбасса, Ленинграда, Москвы,

Алма-Аты и других регионов СНГ. Однако созданные методы удовлетворительно использовались на отдельно исследуемых участках угольных пластов. Распространение их на другие бассейны или даже па другие участки одного бассейна давало значительные погрешности в расчетах и требовало дополнительных исследований.

Главной причиной, тормозящей решение данной проблемы, является на наш взгляд недостаточно четкое представление различий в механизме сдвижения породного массива и формирования опорного давления в процессе работы лавы и над выработанным пространством после отработки выемочного поля лавой.

Последовательный изгиб породных слоев над выработанным пространством в процессе отработки угольного пласта, приводящий к развитию области сдвижения в породном массиве, предопределяет необходимость исследования характера взаимодействия породных слоев до первичной посадки основной кровли. Наиболее доступным методом исследований является физическое моделирование на моделях из эквивалентных материалов. Согласно методике моделирования [8], для обеспечения максимального подобия моделируемого массива натурным условиям, применялись модели из эквивалентных материалов масштабом 1:300, позволяющие моделировать последовательную выемку трех лав. На рисунке 3 представлена одна из схем образования области сдвижения пород перед первичной посадкой основной кровли, наблюдаемых при моделировании.

Вмещающий массив, состоящий из породных слоев, представлен балками лежащими одна над другой. По мере выемки угольного пласта происходит изгиб слоя №1 над выработанным пространством, при этом слои №2 и №3 изгибаются вместе с ним и служат пригрузкой первому. Максимальная величина изгиба (см. рис. 1) слоя № 1 (до обрушения) наблюдается в середине выработанного пространства и ее значение (рис. 4а) говорит об упругом деформировании слоя.

При выемке следующей заходки, над выработанным пространством с течением времени наблюдался процесс нарушения сплошности массива, последующее обрушение слоя №1 и вышележащих слоев (рис. 4б). Аналогично образуются области сдви-

ження породних слоев над выработанным пространством в породных массивах различного строения.

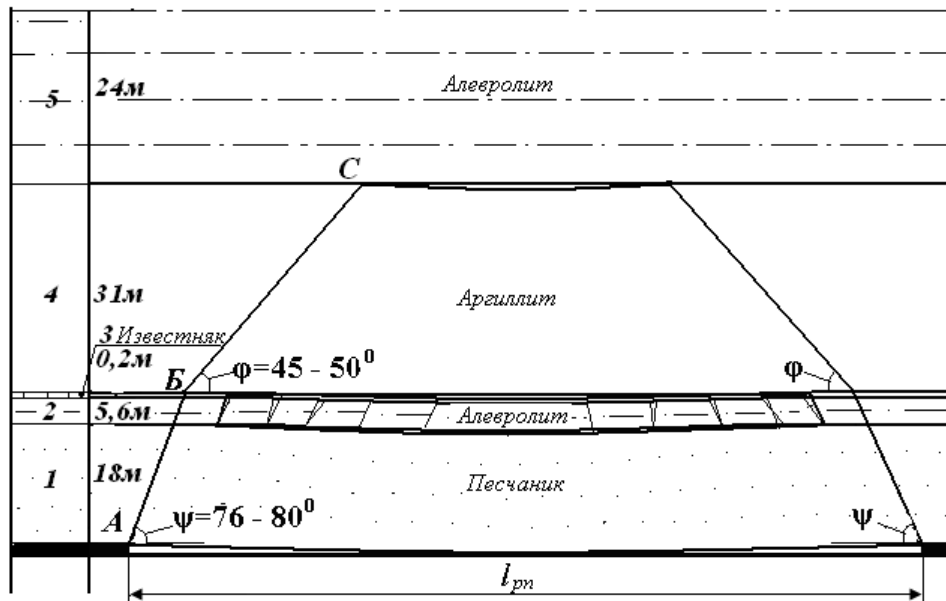


Рис. 3. Схема образования области сдвижения пород перед первичной посадкой основной кровли

Последовательность и количество изгибающихся и обрушающихся слоев в процессе выемки пласта позволили определить углы наклона линий изгиба и обрушения над выработанным пространством, необходимые для построения области сдвижения пород. В свою очередь, параметры области сдвижения пород над выработанным пространством позволяют по данным геологоразведки установить число слоев, пришедших в сдвижение, что дает возможность определять величину опорного давления.

При определении максимальной величины изгиба следует учитывать, что породные слои в кровле длинных одиночных очистных забоев (лав) являются тонкими плитами, заделанными с четырех сторон. Максимальная величина изгиба в центре и напряжений в заделки плиты над выработанным пространством до первого их обрушения (посадки), с точностью более 99% может быть определена как при изгибе единичной балки-полоски [9]. Если в породной толще присутствуют мощные породные слои (мощность слоя более 20м), образующие отношение изгибающегося слоя к его пролету 1/5 – 1/10 (граница между толсты-

ми и тонкими плитами), простая замена расчета максимальных напряжений и смещений плиты расчетом балки будет давать ошибку до 40%. При таком строении породного массива следует использовать метод расчета, основанный на определении величины изгиба двух, пересекающихся в центре плиты, балок-полосок [10]. Для обоих случаев необходимо рассчитать предельную величину пролета породного слоя перед обрушением (величину посадки слоя). Определив максимальную величину пролета слоя перед обрушением можно рассчитать максимальную величину опорного давления, как давление единичной балки – полоски на опору.

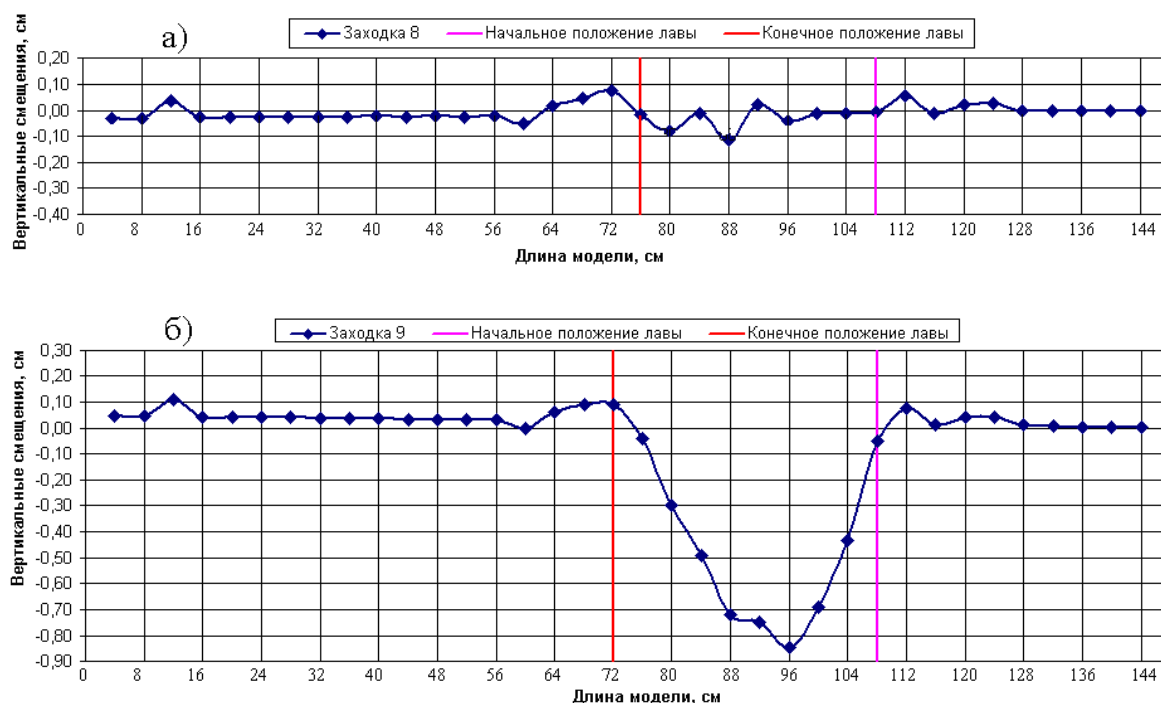
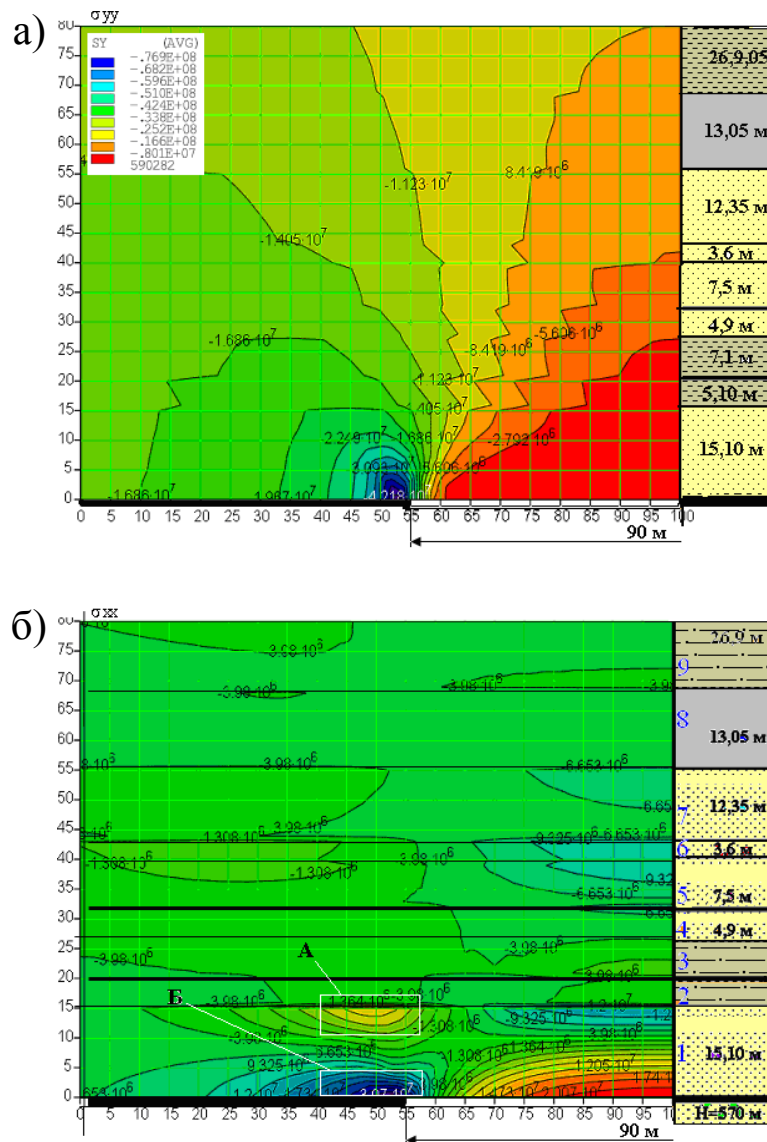


Рис. 4. Вертикальные смещения слоя №1 перед (а) и после (б) первичной посадки

Обрушение породного слоя (первичная посадка) происходит при потере им несущей способности над выработанным пространством т.е. разрушении вследствие действия разрушающих напряжений.

Аналитические исследования формирования напряжений в кровле пласта [10] при отходе лавы от разрезной печи к месту первичной посадки кровли, позволяют получить картину распре-

деления напряжений в изгибающемся породном слое (рис. 5). Из рисунка видно, что величина максимальных растягивающих напряжений на порядок превышает величину максимальных сжимающих. А если учесть, что предел прочности породы на растяжение вдоль напластования также, в среднем, на порядок меньше предела прочности породы на сжатие, то разрушающими следует считать горизонтальные растягивающие напряжения.



А и Б – зоны максимальных растягивающих и сжимающих напряжений

Рис. 5. Распределение вертикальных (а) и горизонтальных (б) напряжений в изгибающемся слоистом, породном массиве

Это подтверждают и результаты физического моделирования на моделях из эквивалентных материалов. Над пластом, отмечается концентрация сжимающих горизонтальных напряжений (Б). На верхней кромке непосредственной кровли сконцентрированы растягивающие напряжения (А). Распределение напряжений в слое над заделкой примет следующий вид (рис. 6).

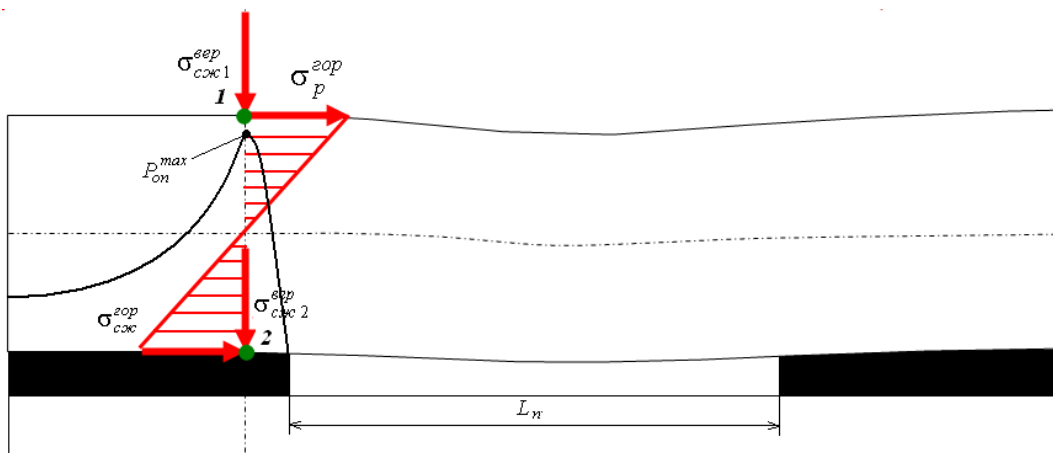


Рис. 6. Схема распределения напряжений в заделке слоя при его изгибе

На верхней кромке слоя действуют вертикальные сжимающие напряжения, $\sigma_{сжс1}^{вер}$, вызванные опорным давлением $P_{он}^{max}$, а также горизонтальные растягивающие $\sigma_p^{гор}$. На нижней кромке слоя действуют горизонтальные сжимающие напряжения $\sigma_{сжс}^{гор}$ от изгиба слоя и $\sigma_{сжс2}^{вер}$, возникшие в результате действия опорного давления и изгиба слоя. Очевидно, что под действием горизонтальных растягивающих напряжений $\sigma_p^{гор}$ и при отходе лавы на величину L_n в точке 1 начнет зарождаться трещина. При пересечении трещиной слоя по всей мощности (достижении точки 2) произойдет обрушение слоя.

Выводы.

1. Установленные особенности формирования опорного давления позволяют определять количество породных слоев и разрушающие напряжения в каждом слое, входящем в область сдвижения пород.

2. Применяя энергетический критерий или критерий Кулона-Мора для описания предельного состояния пород перед разрушением можно определить шаг обрушения каждого породного слоя и величину максимального опорного давления в пределах выемочного поля лавы.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Канлыбаева Ж.М. Закономерности сдвижения пород в массиве.– М.: Наука, 1968.– 108 с.
2. Давидянц В.Т. Измерения проявлений горного давления на шахтах Донецкого бассейна / Давидянц В.Т., Козелев Г.Л. – М.: Углетехиздат, 1952. – 116 с.
3. Борисов А.А. Управление горным давлением / Борисов А.А., Матанцев В.И., Овчаренко Б.П. – М.: Недра, 1983. – 168 с.
4. Лобков Н.И. К вопросу о механизме формирования горного давления в лавах пологих пластов / Н.И.Лобков // Физико-технические проблемы горного производства; под общ. ред. А.Д. Алексеева.– Вып.№6. – Донецк: ООО «Апекс», 2003. – С. 81-87.
5. Хохлов И.В. Комплексное исследование массива горных пород / Хохлов И.В.– М.: Наука, 1986.- 163 с.
6. Управление кровлей в сложных горно-геологических условиях / В.Ф. Андрушко, Ю.Г. Саратикянц, Н.И. Лобков и др.; под ред. К.Ф. Сапицкого. – Киев.: Техника, 1985. – 128 с
7. Борисов А.А. Основы геомеханики горных массивов / Борисов А.А. – Л.: ЛГИ, 1989, – 294 с.
8. Насонов И.Д. Моделирование горных процессов \ Насонов И.Д. – Изд. 2.– М.: Недра, 1978. – 256 с.
9. Бубнов И.Г. Труды по теории пластин / И.Г. Бубнов. – М., Государственное изд-во технико-теоретической литературы, 1953. – 423 с.
10. Определение разрушающих напряжений от прогиба слоев над выработанным пространством / Н.И. Лобков, А.И. Сергиенко, Л.В. Сергиенко и др. – Физико-технические проблемы горного производства; под общ. ред. А.Д. Алексеева. – Вып.№10. – Донецк: ИФГП НАНУ, 2007. – С. 119-127.