

УДК 622.837:622.016.25

**ГЕОМЕХАНИЧЕСКАЯ СХЕМА СДВИЖЕНИЯ ГОРНЫХ
ПОРОД НАД ОЧИСТНОЙ ВЫРАБОТКОЙ,
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОХРАНЕ ТЕХНИЧЕСКИХ
СКВАЖИН**

Хохлов Б. В.

(УкрНИМИ НАНУ, г. Донецк, Украина)

На основі сучасних уявлень про зрушення масиву гірських порід як базова модель розроблено геомеханічну схему зрушення присвердловинного масиву. Проаналізовано зони області зрушення, в яких можуть опинитися технічні свердловини при підробці; проведено оцінювання зазначених зон за мірою небезпеки для кріплення технічних свердловин.

Based on the contemporary notions of rock mass movement geomechanical pattern of borehole environment movement (as a basic model) is worked out. Movement area zones where technical wells can appear during undermining are analyzed. Evaluation of the specified zones according to the hazard rate for support of technical wells is made.

Для решения задач, связанных с охраной горных выработок, необходимо иметь точные знания об особенностях деформирования массива горных пород в различных его зонах. Область влияния очистной выработки распространяется на угольный пласт, покрывающие и подстилающие породы. В данной работе рассмотрены зоны сдвижения массива горных пород, в которых могут оказаться технические скважины при подработке.

Во всей области сдвижения массива над очистной выработкой можно условно выделить несколько характерных зон в зависимости от вида и величин сдвижений и деформаций горных пород. В

качестве базовой модели использованы современные представления о сдвигении массива горных пород. Разработанная геомеханическая схема, учитывающая влияние подработки на крепь технических скважин состоит из следующих зон (рис. 1):

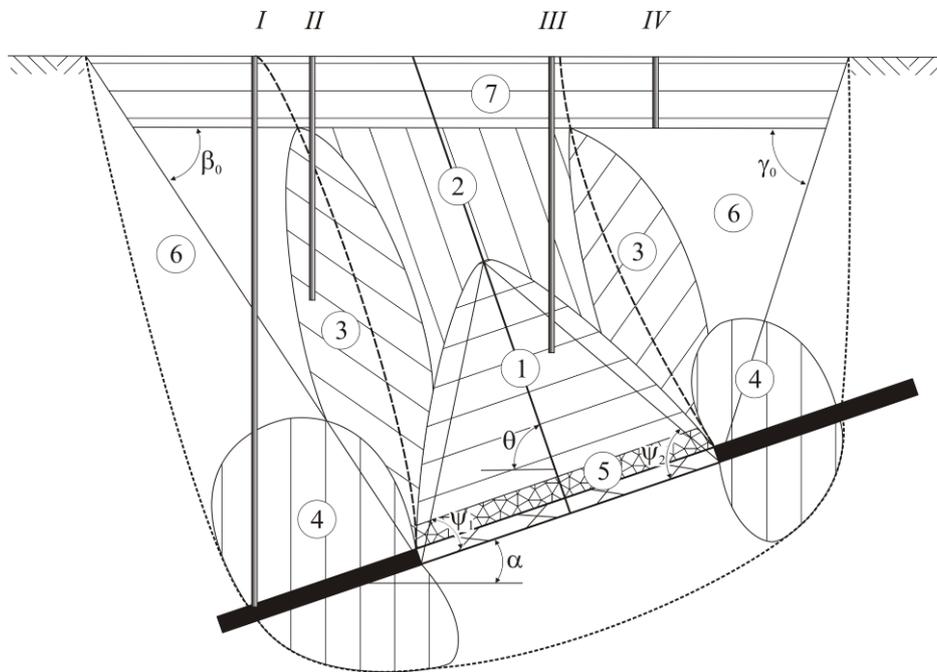


Рис. 1. Зоны сдвижений подрабатываемого массива горных пород: *I, II, III* и *IV* – возможные варианты расположения технических скважин при их подработке:

- зона полных сдвижений 1;
- зона прогибов 2;
- зоны послонных сдвигов 3;
- зоны опорного давления 4;
- зона полного обрушения 5;
- зоны малых знакопеременных деформаций 6;
- приповерхностная зона 7.

Зона полных сдвижений 1 (см. рис. 1) играет основную роль в формировании общей картины сдвижений и деформаций породного массива над выработанным пространством. Она расположена непосредственно над зоной обрушения 5 и условно ограничена углами полных сдвижений на разрезе по падению – ψ_1 и ψ_2 , по простиранию – ψ_3 . В зоне полных сдвижений участки породных слоев

после окончания процесса сдвижения занимают положение, параллельное первоначальному, а векторы сдвижения точек направлены по нормали к напластованию и практически равны между собой в пределах данного слоя. Выход зоны полных сдвижений на земную поверхность является признаком полной подработки земной поверхности. Абсолютные оседания в этой зоне уменьшаются с удалением вверх от пласта, в результате чего появляются относительные вертикальные деформации растяжения.

Такая тенденция наблюдается в результатах эксперимента на шахте "Волинская-Комсомольская" объединения "Торезантрацит" [1], где инструментальные наблюдения проводились в скважинах, оборудованных глубинными реперами (рис. 2). Из графика относительных вертикальных деформаций массива видно, что в пределах зоны полных сдвижений повсеместно наблюдаются деформации растяжения с двумя локальными максимумами – вблизи выработанного пространства и у верхней границы этой зоны.

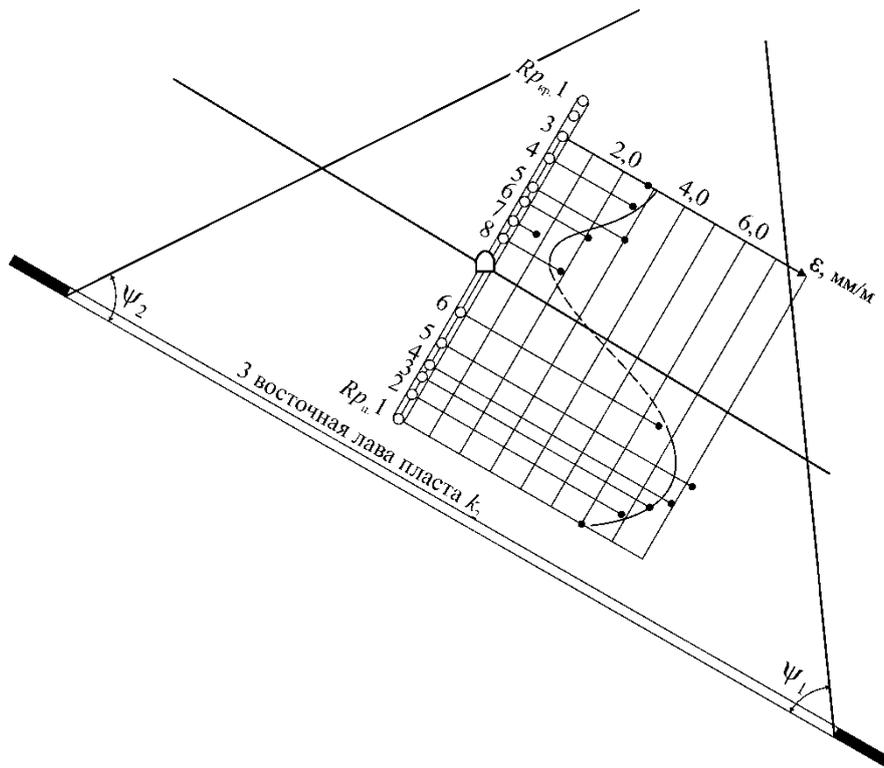


Рис. 2. Распределение вертикальных деформаций в зоне полных сдвижений по скважинам № 1 и № 3 шахты "Волинская-Комсомольская"

Концентрации вертикальных деформаций растяжения приурочены к двум участкам подработанного массива – над зоной полного обрушения 5 (см. рис. 1) и вблизи верхней границы зоны полных сдвижений, где наблюдается максимальное зависание вышележащих породных слоев над нижележащими. В верхнем локальном максимуме относительные деформации растяжения массива меньше, чем в нижнем, но все же их значения весьма существенны ($2,0 \times 10^{-3} - 4,0 \times 10^{-3}$).

Попадая в эту зону (нижняя часть скважины III на рис. 1), крепь технических скважин испытывает в основном деформации вертикального растяжения.

По результатам исследований [2] практически все технические скважины, попавшие в зону полных сдвижений, пришли в негодность. Таким примером является, водоотливная скважина № 801, шахты № 12 шахтоуправления "Алмазное" объединения "Донбассантрацит" [3]. После того, как лава отошла от скважины на 20 м, и последняя оказалась в зоне полных сдвижений, вследствие разрыва труб, вызванного деформациями вертикального растяжения, произошел прорыв воды.

Зона прогибов 2 (см. рис. 1) расположена над зоной полных сдвижений. Характер вертикальных сдвижений и деформаций горных пород в этой зоне аналогичен зоне 1, однако максимальные их величины всегда меньше. Величины оседаний и относительных вертикальных деформаций уменьшаются при удалении от зоны полных сдвижений к земной поверхности и от линии максимальных оседаний, проведенной под углом максимального оседания θ к границам области сдвижения. Примером, является эксперимент на комплексной наблюдательной станции, состоящей из трех скважин, оснащенных глубинными реперами, которая была заложена на поле шахты № 9 "Капитальная" шахтоуправления "Красная Звезда" объединения "Донецкуголь" (рис. 3) [4]. Станция была подработана 4-й западной лавой пласта h_6 на глубине 420 м. Угол падения 5° вынимаемая мощность – 1,25 м, управление кровлей – полное обрушение.

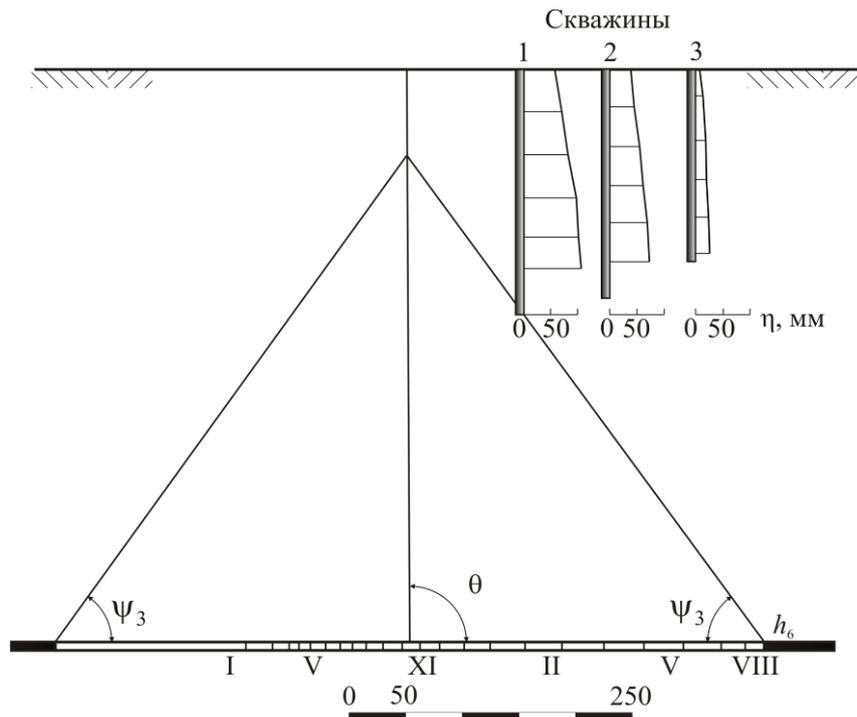


Рис. 3. Распределение оседаний в зоне прогибов по скважинам № 1, 2 и 3 шахты № 9 "Капитальная", шахтоуправления "Красная Звезда" объединения "Донецкуголь"

Анализируя взаимное положение выработок можно заключить, что скважины расположены в зоне прогиба над зоной полных сдвижений. На рисунке 3 приведены графики оседаний реперов скважин, из которых следует, что в результате процесса сдвижения исследуемый участок массива испытывал вертикальные деформации растяжения. При этом величины оседаний η уменьшались при удалении от пласта к земной поверхности и линии максимальных оседаний к границе области сдвижения.

На разрезе вкрест простирания шахты "Ремовская" объединения "Горезантрацит" (рис. 4) показана экспериментальная скважина, которая после отработки пласта h_3 попала в зону прогибов. Инструментальными наблюдениями за сдвижением 25 глубинных реперов, проводимыми с помощью магнитогерконовых датчиков [5], зафиксированы вертикальные растяжения массива, увеличивающиеся с глубиной. На графике (см. рис. 4) пунктиром показаны фактические относительные вертикальные деформации растяжения.

С точки зрения воздействия на крепь технических скважин (средняя часть скважины III на рис. 1) преобладающими деформациями массива в этой зоне являются относительные вертикальные деформации растяжения, уменьшающиеся с удалением от очистной выработки к земной поверхности. Это отчетливо видно из графика сглаженных деформаций по оси скважины (сплошная линия на рис. 4), который наглядно показывает характер увеличения относительных вертикальных деформаций растяжения при приближении к верхней границе зоны полных сдвижений.

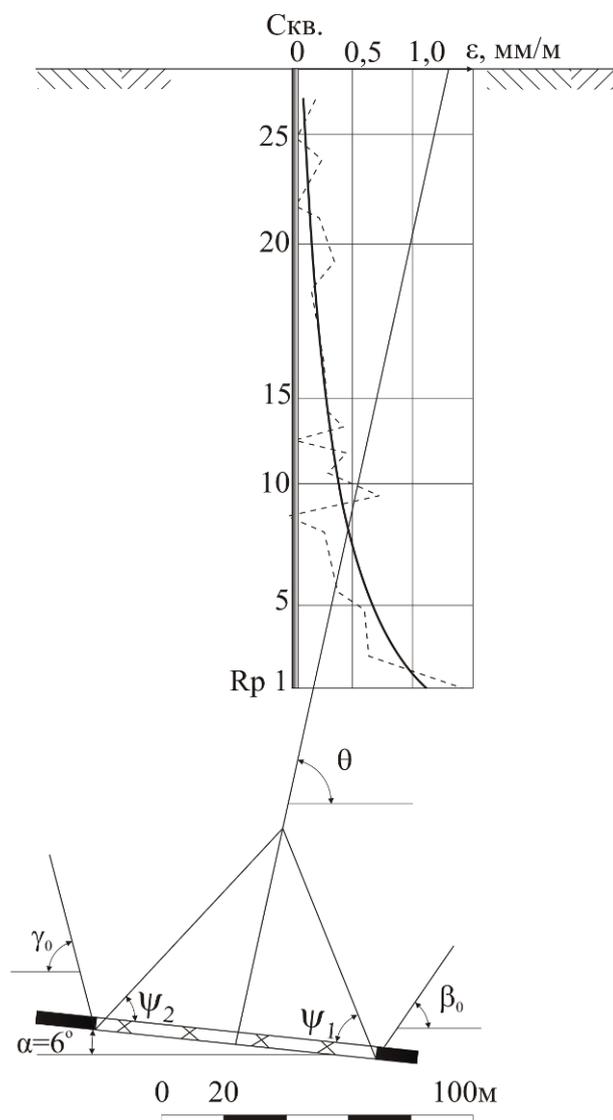


Рис. 4. Распределение величин относительных деформаций растяжения по скважине шахты "Ремовская" объединения "Торезантрацит"

Исходя из этого, можно предположить, что на определенном удалении от подрабатывающего пласта вертикальные деформации массива могут оказаться меньшими по величине, чем допустимые их значения для крепи скважины. В этом случае подработка скважин, пробуренных на меньшую глубину, не вызовет нарушений их крепи.

Так, в 1976 г. на шахте им. Челюскинцев объединения "Донецкуголь" на глубине 663 м 5-й западной лавой пласта k_8 была подработана вентиляционная скважина ВЗД-1900, пройденная в 1970 г. диаметром 1,9 м на глубину 450 м (рис. 5). После подработки скважина оказалась полностью в зоне прогибов, однако ее крепь при этом не претерпела каких-либо существенных деформаций, поэтому ее эксплуатационные свойства не были нарушены.

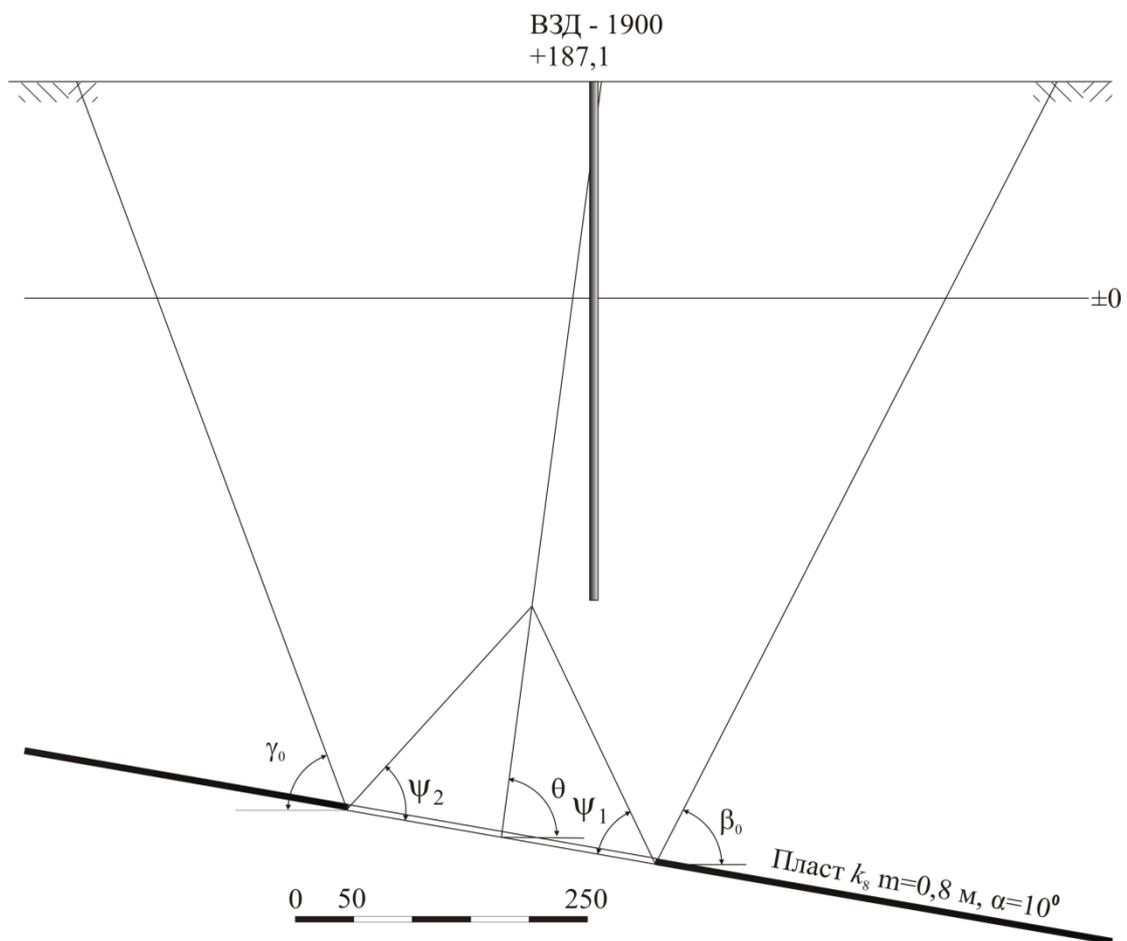


Рис. 5. Вертикальный разрез вкост простирания пласта k_8 шахты им. Челюскинцев

Зоны послойных сдвигов 3 в каждой полумульде сдвижения расположены по бокам от зоны прогибов 2 (см. рис. 1). В этих зонах происходит последовательный перегиб слоев горных пород с развитием сдвиговых деформаций по контактам напластований. Деформации пород характеризуются расслоением толщи на отдельные тонкие слои (плиты) и их совместным изгибом [6]. Вследствие изменения величины и направления горизонтальных смещений в пределах слоя, изгибающегося без расслоений, возникают сдвиги соседних слоев друг относительно друга [7]. Послойные сдвиги, при определенных условиях, могут привести к срезу крепи технических скважин.

Величины послойных сдвигов в зоне изгиба пропорциональны мощности слоев, изгибающихся без расслоений, и их наклону, образовавшемуся в процессе сдвижения [2, 8]. Следовательно, образование срезов или смятия крепи скважин в параллельном напластованию направлении при подработке наиболее вероятно в зонах послойных сдвигов, где локализируются максимальные наклоны слоев.

Иллюстрацией такого вида деформаций является приведенный выше пример среза скважин на шахте "Южно-Донбасская № 1" объединения "Донецкуголь" в результате подработки [8].

Зоны опорного давления 4 (см. рис. 1) образуются выше и ниже разрабатываемого пласта в области, примыкающей к границе очистной выработки. В этих зонах породы испытывают, в основном, деформации сжатия по нормали к напластованию в результате зависания слоев над выработанным пространством.

Технические скважины в зонах опорного давления (нижняя часть скважины 1 на рис. 1) испытывают деформации всестороннего сжатия, крепь скважин способна воспринимать их практически без нарушений. Из всех 154 собранных случаев подработки технических скважин [3] 22 % попали в зону опорного давления, при этом было зафиксировано всего два случая поломки крепи. В тоже время известно [9], что опорное давление является преобладающим видом влияния очистных выработок на вертикальные шахтные стволы, пройденные буровзрывным способом и закрепленные монолитным бетоном. По данным обследования глубоких

вертикальних стволов Донбасса, проведенного УкрНИМИ 1983 – 85 гг. [10], из 194 обследованных глубоких вертикальных стволов по причине влияния очистных выработок нарушенными оказались 75, из которых 40 стволов (53 %) – по причине влияния опорного давления. Технические же скважины, как показывают приведенные выше данные, в зоне опорного давления ведут себя более устойчиво, чем вертикальные шахтные стволы, за счет меньшего диаметра, способа проходки и крепления.

Так, на шахте "Пионер" объединения "Добропольеуголь" в 1977 г. были подработаны две водоподающие скважины № 3114 и № 3115, пройденные в 1976 г. диаметром 0,273 м на глубину 197 м (рис. 6, 7). Подработка осуществлялась лавой 4-го северного яруса пласта m_4^2 на средней глубине 215 м. Несмотря на то, что в результате подработки нижние участки скважин оказались в зоне опорного давления, поскольку барьерный целик, используемый для их охраны, был недостаточных размеров для исключения его влияния, скважины не были нарушены, режим их эксплуатации ухудшился.

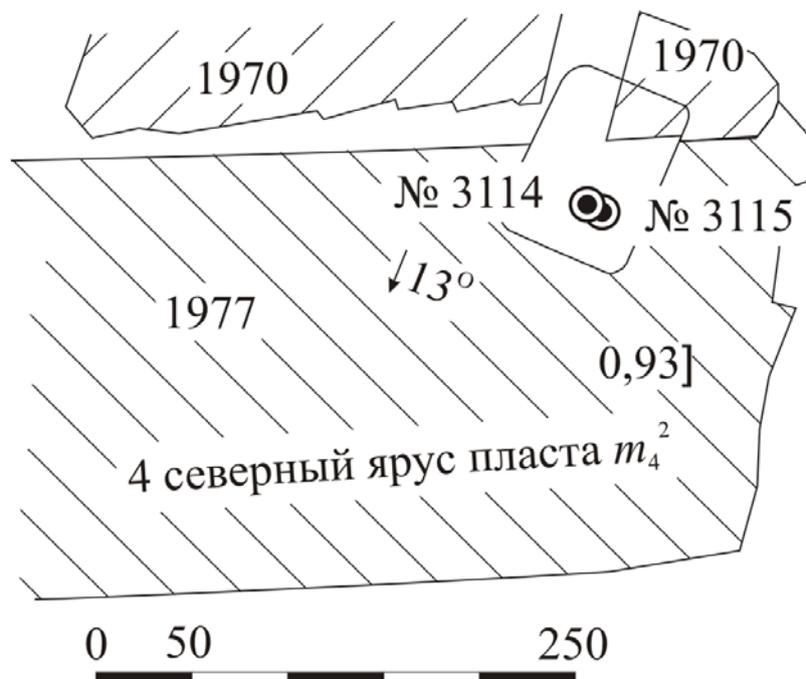


Рис. 6. Выкопировка с плана горных выработок пласта m_4^2 шахты "Пионер"

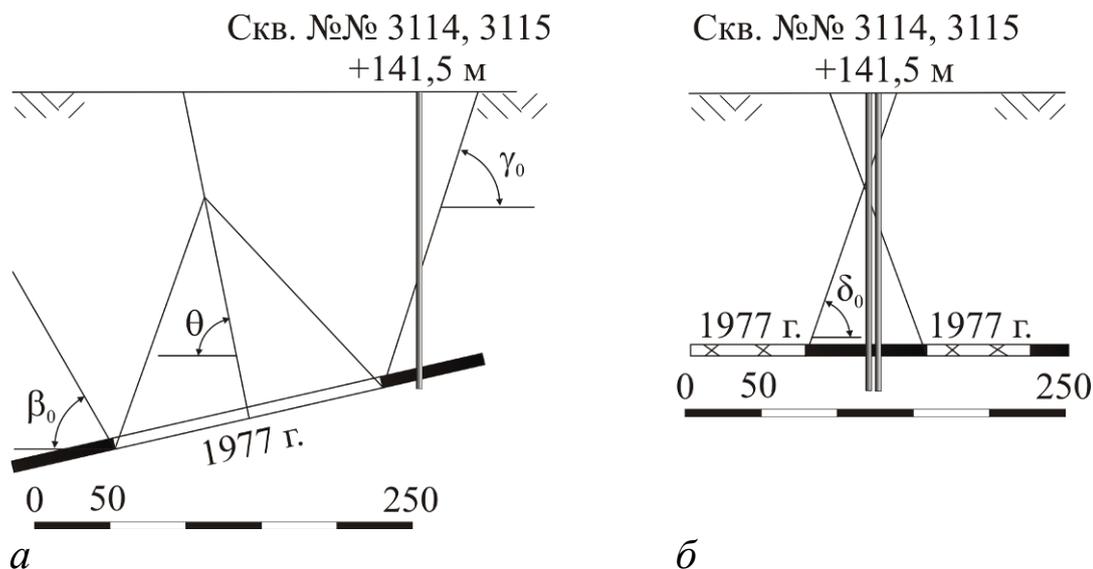


Рис. 7. Вертикальные разрезы вкрест простирания (а) и по простиранию (б) пласта m_4^2 шахты "Пионер"

Аналогичный случай успешной подработки зафиксирован в 1972 г. в условиях шахты "Россия" объединения "Селидовуголь", где одновременное влияние опорного давления от 2-й и 3-й южных лав пласта m_3 испытала вентиляционная скважина, именуемая на шахте Вентиляционным шурфом № 5 (рис. 8 и 9).

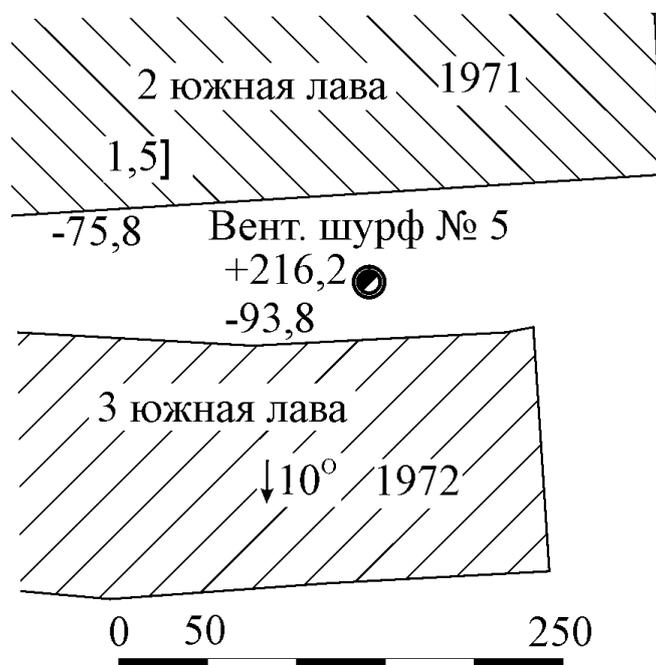


Рис. 8. Выкопировка из плана горных выработок пласта m_3 шахты "Россия"

Скважина пробурена в 1971 г. на глубину 310 м диаметром 1,9 м, и закреплена металлическими стальными трубами с толщиной стенки 10 мм. Как после первой, так и после повторной подработки скважины, деформаций ее крепи обнаружено не было.

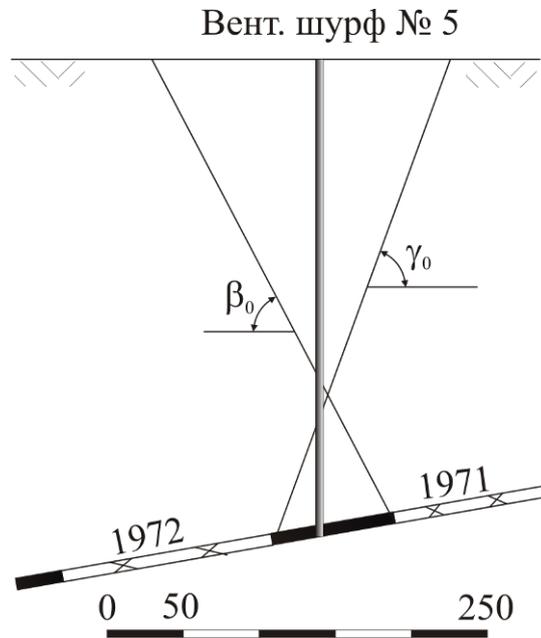


Рис. 9. Вертикальный разрез вкрест простирания пласта m_3 шахты "Россия"

Зона полного обрушения 5 (см. рис. 1) расположена непосредственно над выработанным пространством. Боковые границы этой зоны уже ширины выработанного пространства за счет некоторого зависания пород над опорными частями массива, а ее высота составляет несколько мощностей вынимаемого пласта [11]. После отработки лавы здесь полностью нарушается строение толщи, образуются трещины в слоях, по которым происходит разлом пород, обрушившаяся порода находится в разрыхленном состоянии, и при дальнейшем развитии процесса сдвижения частично уплотняется. Деформации массива в этой зоне настолько велики, что крепь технических скважин (как, впрочем, и любых других горных выработок) не выдерживает нагрузок и нарушается.

Зоны малых знакопеременных деформаций 6 (см. рис. 1) расположены в полумульде сдвижения над зонами опорного дав-

ления 4 между зоной прогибов 2 и границей области сдвижения массива (средняя часть скважины I на рис. 1). Здесь отмечаются небольшие деформации вертикального сжатия и растяжения, на величину которых оказывает значительное влияние состав, мощность породных слоев, слагающих массив, а также их физико-механические свойства [1, 7].

Случаев выхода из строя технических скважин, при попадании в эту зону зафиксировано не было. Отсутствие нарушений, очевидно, явилось следствием того, что малые величины деформаций массива в этой зоне не превысили критических значений для крепи технических скважин [2].

Приповерхностная зона 7 (см. рис. 1) расположена над зонами прогибов, послойных сдвигов и малых переменных деформаций, а верхней ее границей является земная поверхность [12]. Приповерхностная зона представляет собой в общем случае пачку породных слоев, изгибающихся без расслоений по внутренним контактам, в ней практически отсутствуют как межслоевые сдвиговые, так и относительные вертикальные деформации. По этой причине крепь расположенной в ней технической скважины (скважина IV на рис. 1) равномерно оседает, не испытывая каких-либо деформаций, способных нарушить ее крепь. Это подтверждается данными инструментальных наблюдений в скважинах № 1 и № 2 на шахте им. Киселева объединения "Торезантрацит" [1]. Скважины были пробурены с земной поверхности на глубины соответственно 27 м и 60 м, и оснащены пружинными глубинными реперами, оседания которых регулярно измерялись с помощью магнито-герконового датчика [5]. Подработка осуществлялась 6-й западной лавой пласта h_4^B , длина которой составляла 150 м при средней глубине разработки 396 м, вынимаемой мощности пласта 0,90 м и угле его падения 14° (рис. 10). В результате эксперимента было зафиксировано, что исследуемый участок толщи горных пород осел равномерно на величину около 60 мм без каких-либо заметных деформаций растяжения. Это характерно для приповерхностной зоны, мощность которой рассчитанная для данных условий по [12] составила 62,2 м, т.е. обе скважины оказались в ее пределах.

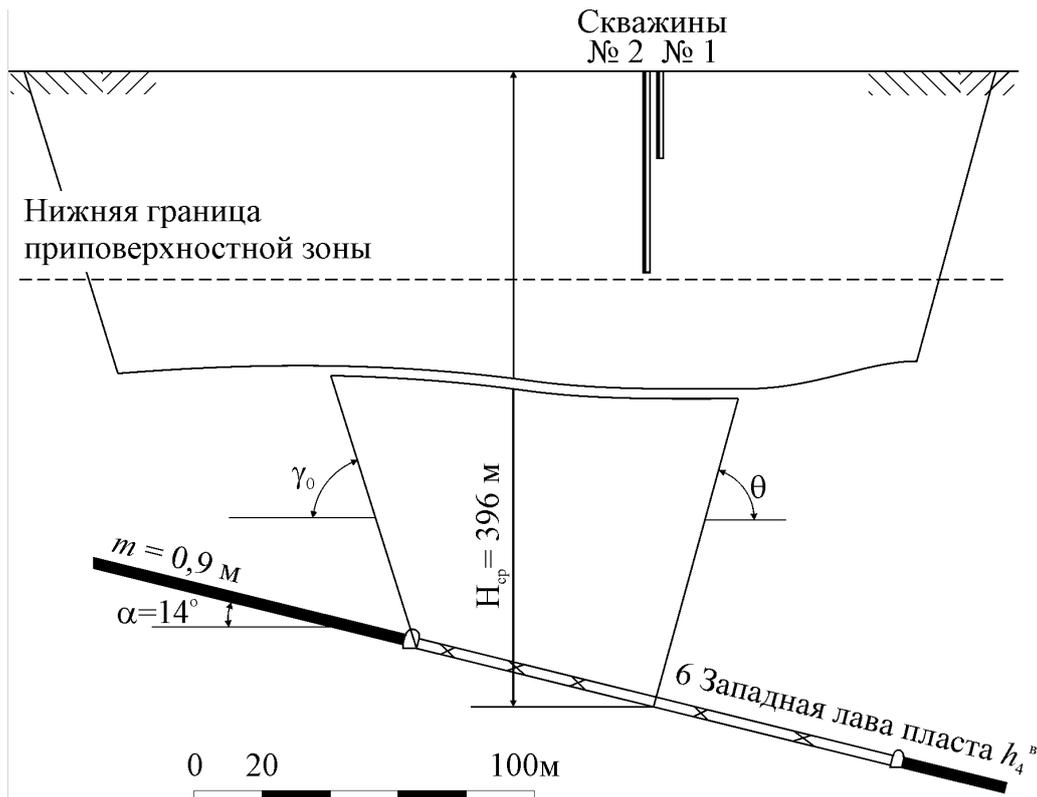


Рис. 10. Вертикальный разрез вкрест простирания пласта h_4^B шахты им. Киселева объединения "Торезантрацит"

ВЫВОДЫ

В зонах 1 и 2 имеют место вертикальные деформации растяжения. В зоне 3 происходит изгиб слоев горных пород со сдвигами по межслоевым контактам при этом, возникает опасность срезов крепи скважин. В зонах опорного давления 4 имеют место деформации сжатия, при этом следует отметить, что тех скважины обладают большей устойчивостью в этой зоне, чем вертикальные стволы ввиду специфических особенностей их конструкции. И, наконец, приповерхностная зона особенностью, которой является то, что пачка породных слоев изгибается без расслоений и межслоевых сдвигов. Крепь расположенной в ней технической скважины оседает равномерно без деформирования.

Наиболее опасной является зона полных сдвижений, все скважины, попавшие в эту зону, потеряли свои функциональные способности и поэтому попадание скважин в эту зону при подработке должно быть исключено. Затем зона прогибов и зоны по-

слоиных сдвигов, после этого следует зона опорного давления, где имелось только два случая нарушения крепи и, наконец, приповерхностная зона, где нарушений крепи не возникало вообще. Наибольший интерес для исследования представляют приповерхностная зона и зоны послыйных сдвигов, поскольку при определении размеров приповерхностной зоны можно установить гарантированные параметры подработки, а зоны послыйных сдвигов вообще плохо изучены.

СПИСОК ССЫЛОК

1. Провести исследования по обоснованию геомеханических схем распределения сдвижений и деформаций в массиве горных пород вокруг очистных выработок и их влиянию на крепь глубоких шахтных стволов: Отчет о НИР (промежуточный) 022050300/ УФ ВНИМИ; № ГР 01850013657. – Донецк, 1985. – 81 с.
2. Хохлов Б.В. Оценка критических деформаций породного массива при подработке технических скважин / Б.В. Хохлов // Уголь Украины. – 2009. – № 3. – С. 35 – 37.
3. Кулибаба С.Б. Оптимізація розташування очисних виробок в зоні впливу на технічні свердловини / С.Б. Кулибаба, Б.В. Хохлов, Ю.В. Пакін // Наукові праці УкрНДМІ НАН України : зб. наук. пр. – Донецьк, 2008. – № 3. – С. 105 – 113.
4. Южанин И.А. О деформациях подрабатываемой толщи в зонах влияния разрывных тектонических нарушений / И.А. Южанин, А.В. Шиптенко, В.И. Коваленко, С.Б. Кулибаба // Разработка месторождений полезных ископаемых. – К.: Техніка. – 1984. – Вып. 67. – С. 76 – 80.
5. Петухов И.А. Новый способ измерения смещений толщи горных пород с использованием магнитогерконовых датчиков / И.А. Петухов, В.П. Самарин, В.К. Шляхецкий // Уголь. – 1975. – № 3. – С. 28 – 34.
6. Земисев В.Н. Расчеты деформаций горного массива / В.Н. Земисев – М.: Недра, 1973. – 145 с.

7. Акимов А.Г. Защита вертикальных стволов шахт от влияния очистных работ / А.Г. Акимов, А.М. Козел. – М.: Недра, 1969. – 129 с.
8. Кулибаба С.Б. Деформации крепи технических скважин при их подработке / С.Б. Кулибаба, Б.В. Хохлов // Проблеми гірського тиску. – Донецьк: ДонНТУ. – 2007. – Вип. 15. – С. 141 – 150.
9. Акимов А.Г., Обеспечение безопасной эксплуатации шахтных стволов / А.Г. Акимов, Х.Х. Хакимов. – М.: Недра, 1988. – 216 с.
10. Разработка рекомендаций по охране глубоких шахтных стволов: Отчет о НИР (промежуточный) 0202104100 / Уф ВНИМИ; № ГР 01850009850. – Донецк, 1985. – 88 с.
11. Зборщик М.П. Геомеханика подземной разработки угольных пластов. Т. 1 / М.П. Зборщик, М.А. Ильяшов. – Донецк: ДонНТУ, 2006. – 256 с.
12. Кулибаба С.Б. Особенности процесса сдвижения массива горных пород в приповерхностной зоне / С.Б. Кулибаба, А.В. Шиптенко, Б.В. Хохлов, А.А. Шоломицкий // Вісті Донецького гірничого інституту ДонНТУ. – Донецьк, 2007. – Вип. 1. – С. 137 – 145.