

Дальнейшее изучение степени влияния ДОР и ДОПГД на технологию и интенсивность угледобычи, а также возможное и необходимое развитие новых технологий и способов дегазации углепородного массива является базой для разработки новых способов управления горным давлением с использованием его энергии для безопасной и высокопроизводительной угледобычи на больших глубинах при высокой газоносности вмещающих пород.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Руководство по дегазации угольных шахт, М., «Недра», 1990, 182 с.
2. А.Т. Айруни. Теория и практика борьбы с рудничными газами на больших глубинах. М., Недра, 1981. – 335 с.
3. Акимов А.Г., Земисев В.Н., Кацнельсон Н.Н. и др. Сдвижение горных пород при подземной разработке угольных и сланцевых месторождений, М., «Недра», 1970. – 224 с.
4. Справочник по маркшейдерскому делу / Под ред. проф. д-ра техн. наук А.Н. Омельченко.-4-е изд., перераб. и доп. – М., Недра, 1979. – 576 с.
5. Автореферат дисертації на здобуття звання д-ра техн. наук Назаренко В.А. «Геометризація процесу зрушення земної поверхні над рухомим очисним забоем», Дніпропетровськ, 2004, НГУ.
6. И.М. Петухов, А.М., Линьков, В.С. Сидоров, И.А. Фельдман. Теория защитных пластов, М., «Недра», 1976. – 224 с.
7. А.В. Мартовицкий, В.Б. Демченко. Анализ параметров каптажа метана участковыми дегазационными скважинами. / Межведомственный сборник научных трудов №48, Ин-т геотехн. механики им. Н.С. Полякова, Днепропетровск, 2004. – С. 108-114.
8. Б.В. Бокий. Трехмерное перераспределение давления метана в окрестности движущегося очистного забоя / Деформирование и разрушение материалов с дефектами и динамические явления в горных породах / Материалы XV международной научной школы им. Академика С.А. Христиановича, Алушта, 19-25 сентября, 2005 г.
9. И.А. Ефремов, Б.В. Бокий, В.В. Лукинов, О.И. Касимов. Эффективность комплексной дегазации лавы при высокой нагрузке на очистной збой / Межведомственный сборник научных трудов №53, Ин-т геотехн. механики им. Н.С. Полякова, Днепропетровск, 2005.

УДК 622.831.3

И.В. Назимко

ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ УСТОЙЧИВОСТИ ВЫРАБОТКИ ПРИ ВЫСОКОЙ СКОРОСТИ ПОДВИГАНИЯ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

Встановлено, що при збільшенні швидкості посування очисного вибою до 200м/міс уздовж конвеєрного штреку тимчасово зависає велика маса підпрацьованої товщі. Це спричинило інтенсифікацію здирання підосви виробки.

HEAD ENTRY MEINTANANCE TECHNOLOGY DEVELOPMENT DUE TO INTENCIEVE LONGWALL ADVANCE

Rate of longwall retreat up to 200 m per month causes intensive flow heave in head entry, because temporal cantilever rock beam effect.

Отработка производительных очистных забоев на современных угольных шахтах связана с проблемой обеспечения их прямоточного проветривания и поддержания выработки вслед за движущейся лавой. Именно такая схема обеспечивает безопасные условия при интенсивной отработке газонасыщенных угольных пластов. Вместе с тем проблема поддержания выемочной выработки

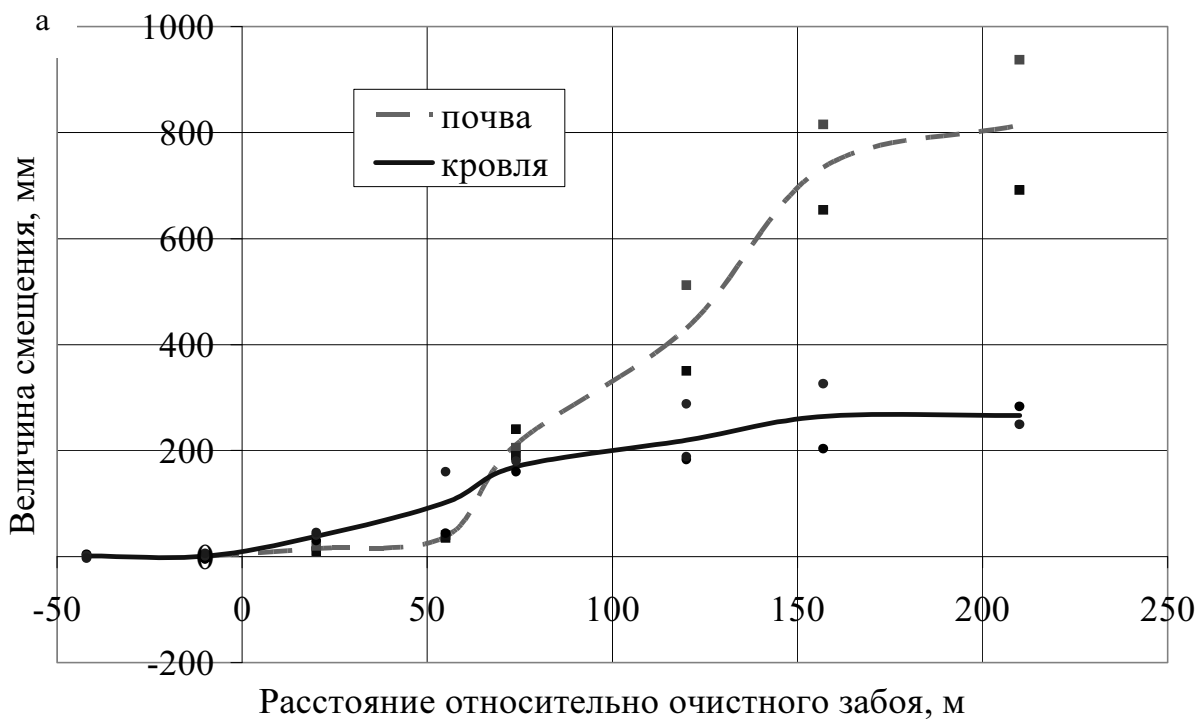
вслед за движущимся очистным забоем остается актуальной. В настоящее время применяются прогрессивные способы поддержания таких выработок литыми полосами [1], тумбами из газобетонных блоков [2], анкерными крепями и [3] др. Эти технологии создают благоприятные условия для сохранения заданного сечения выемочной выработки позади лавы. Однако опыт отработки новых выемочных участков интенсивно нагруженными очистными забоями свидетельствует о необходимости дальнейшего исследования сложных геомеханических процессов, протекающих в зоне активных сдвижений позади лавы.

Проблему поддержания выработки вслед за движущимся очистным забоем рассмотрим на примере выемочного конвейерного штрека 1 лавы южной панели блока №8 шахты Красноармейская-Западная №1. Лава отрабатывает пласт мощностью 1,4-1,7 м. Непосредственная кровля пласта представлена алевролитом мощностью 0,4-7,0 м имеющим прочность на одноосное сжатие 50 МПа. Выше залегает прочный песчаник. В непосредственной почве расположен такой же алевролит мощностью 0,5-4,5 м, ниже расположен слой песчаника. Длина лавы составляет 260 м, скорость подвигания изменяется в пределах 100-200 м/мес. Управление кровлей ведется путем ее полного обрушения с помощью механизированной крепи ЗКД-90Т.

Первая лава южной панели примыкает к выработанному пространству южной коренной лавы г. 708 м, отработанной в 1994-1998 годах (рис. 1). Выше примыкают выработанные пространства 2 южной лавы, отработанной в 1998 году, 4 южной лавы, отработанной в 2000 году, 3 южной лавы, отработка которой велась в 2001 году и 5 южной лавы, которая отрабатывалась в 2003 году. Указанные выработанные пространства примыкают к выработанному пространству южной коренной лавы сплошную без целиков, что обуславливает их максимальное взаимодействие и взаимовлияние.

Сопряжение конвейерного штрека с лавой поддерживается с помощью литой полосы. Крепление выработки осуществляется податливой рамной арочной крепью, которая комбинируется с анкерами. Ширина литой полосы составляет 1,6 м. Площадь сечения конвейерного штрека в свету составляет 15,24 м². Регулярное обследование конвейерного штрека и замеры габаритов выработки свидетельствовало о хорошей устойчивости сечения и окружающих выработку пород. Опускание кровли после прохода лавы составляло 0,4-0,7 м, при этом крепь сохраняла целостность и несущую способность. После отхода лавы от разрезной печи скорость ее подвигания начала увеличиваться и в сентябре 2004 года месячное подвигание достигло 192 м, а сама лава находилась от разрезной печи на расстоянии 412 м, что в 1,58 раза больше ее длины. В этот момент произошло массовое разрушение пород почвы конвейерного штрека и внезапное ее поднятие. При начальной высоте сечения 3,2 м величина пучения составила 1,5±0,5 м, а высота выработки уменьшилась до 1,7-1,8 м.

Результаты шахтных экспериментальных наблюдений за смещением пород кровли и почвы по станции К1 приведены на рис. 2а. Интенсификация смещений кровли и почвы произошла при отходе лавы от места заложения станции на 60 м. При дальнейшем отходе лавы смещения кровли начали затухать, что обусловлено



б

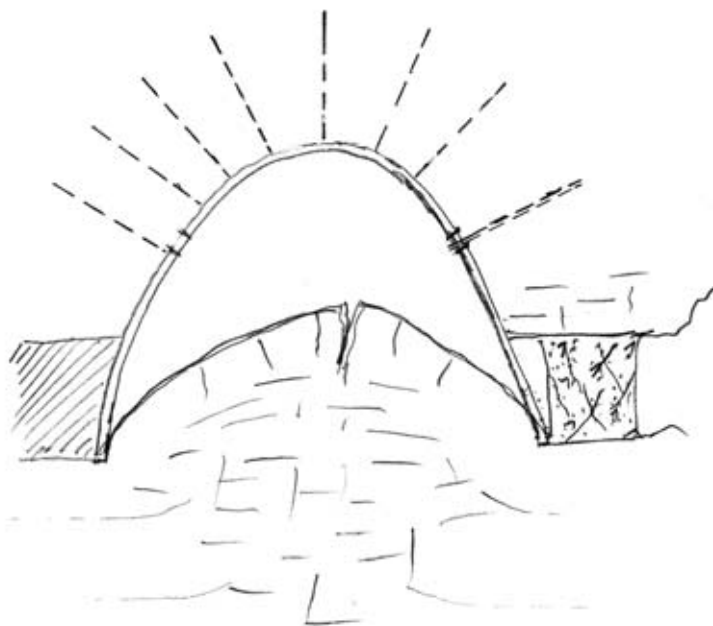


Рис. 2 – Результаты инструментальных наблюдений (а) и состояние конвейерного штрека на расстоянии 120 м позади лавы

Предполагалось несколько основных причин, из-за которых могло произойти внезапное разрушение пород почвы. Наиболее вероятная из них могла на первый взгляд быть связанной с локальным уменьшением прочности пород, залегающих в почве выработки. Анализ прочностных показателей вмещающих пород показывает, что слои алевролита, составляющие повсеместно непосредственную почву выработки имеют среднюю прочность на одноосное сжатие 56 МПа, а на растяжение 4-5 МПа, причем прочность на сжатие при водонасыщении практически не изме-

няется с учетом величины естественного разброса. Такие характеристики прочности следует признать весьма высокими. Ниже расположен песчаник, прочность на сжатие которого изменяется в пределах 47-68 МПа, что также характеризует указанную литологическую разность, как прочную породу. За разрезной печью скважина №3248 дает низкую величину прочности песчаника на сжатие. Прочность в естественном состоянии составляет 42 МПа а после водонасыщения 33 МПа. Однако следует отметить, что эти данные получены по результатам только одного испытания. Кроме того, слабый слой песчаника в данном месте залегает на глубине 4,9 м от подошвы выработки, что примерно равно ширине сечения выработки и согласно стандартной отраслевой методике не учитывается при определении средневзвешенной прочности пород почвы. Таким образом, проведенный анализ дает основание к исключению прочностных характеристик слагающих почву пород из списка возможных основных причин внезапного разрушения почвы конвейерного штрека.

Для выявления такой причины необходимо сначала дать общую геомеханическую оценку горного массива, вовлеченного в активное сдвигание вокруг выработанных пространств обрабатываемых лав. Такая оценка проводилась с помощью модели динамики обрушения пород кровли вслед за движущимся очистным забоем [4]. Перед началом моделирования динамики сдвижений и обрушений были проанализированы и оцифрованы горно-геологические и горнотехнические данные, характеризующие условия отработки выемочного столба первой лавы южной панели. Расчет напряжений в плоскости обрабатываемого пласта и высоты зоны обрушений осуществлялся с учетом реальной последовательности отработки смежных лав, начиная с южной коренной (рис. 1).

Пример распределения высоты обрушения (или зависания) пород кровли приведен на рис. 3 а, б для скорости подвигания очистного забоя, равной 80 м/мес. Светлые пятна на распределении обозначают области минимального зависания кровли (или максимального обрушения). Максимальное зависание кровли на высоту 30 вынимаемых мощностей (50 м) соответствует единице. Общей тенденцией является то, что максимальная степень обрушения кровли тяготеет к границе с ранее выработанным пространством коренной лавы. Это хорошо согласуется с геомеханикой сдвижений подработанной толщи, поскольку жесткость выработанного пространства ниже жесткости нетронутого массива. Пониженная величина жесткости обуславливает более интенсивное опускание кровли в зоне примыкания действующей лавы к ранее выработанному пространству. С другой стороны в указанной зоне происходит наложение остаточного или стационарного опорного давления от выработанного пространства коренной лавы и динамического опорного давления от действующей (рис. 3, в). Сочетание повышенного суммарного давления впереди движущегося очистного забоя и интенсивного опускания кровли позади лавы приводит к возникновению больших изгибающих моментов в направлении простирания и крутящих в окрестности стыка ранее выработанного и образующегося за действующей лавой пространства. Это обстоятельство порождает высокие растягивающие нормальные и касательные напряжения, в результате чего итоговый уровень эквивалентных напряжений возрастает. Поэтому в данной

области превышение эквивалентных напряжений над приведенным пределом прочности более вероятно, что смещает процесс обрушения в сторону границы с ранее выработанным пространством.

Кроме того, распределение высоты обрушения-зависания неравномерно как по длине выемочного столба, так и по длине лавы. Это, как уже объяснялось выше, обусловлено конкретным сочетанием трех основных физических параметров: величины эквивалентного напряжения, приведенного предела прочности и степени подбутовки кровли в каждом конкретном узле расчетной области. Именно эти параметры участвуют в физическом автоколебательном процессе обрушения-зависания кровли позади движущегося очистного забоя. При определенных обстоятельствах и сочетаниях указанных физических параметров возникают периодические процессы сдвижений, которые в данном случае можно увидеть на распределении динамического опорного давления, действующего впереди движущейся лавы (см. рис. 3, в). Максимум давления со стороны вентиляционного штрека колеблется по мере движения лавы от 32 МПа до 49 МПа.

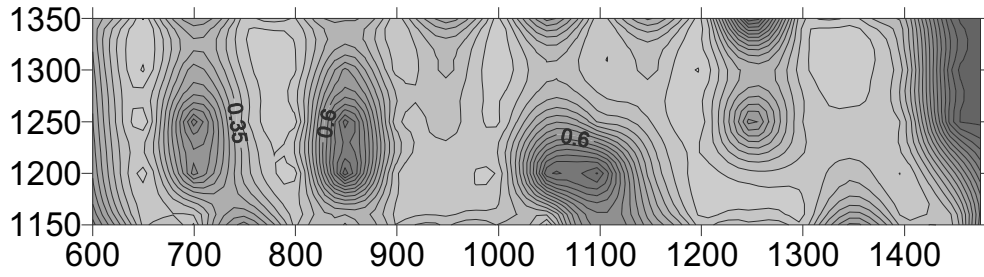
Повышение темпов подвигания лавы до 120 м/мес. усиливает периодический характер обрушаемости и изменения динамического опорного давления впереди лавы. Общие характеристики процесса обрушения, установленные для предыдущего случая сохранились, хотя наблюдаются некоторые особенности. Так можно отметить некоторую инверсию обрушений, когда периодические пики зависаний более выражены со стороны ранее выработанного пространства коренной лавы. Хотя максимумы обрушения (минимумы зависания) четко прослеживаются с этой же стороны выемочного столба первой лавы южной панели. Так в областях минимумов периодического зависания величины зависаний у границы с вентиляционным штреком и у границы с конвейерным соответственно составляют 0,21 и 0,27; 0,22 и 0,38; 0,23 и 0,36; 0,24 и 0,27; 0,22 и 0,24. Другими словами со стороны нетронутого массива минимальные зависания на 5-50% больше.

Отметим, что пока анализ динамики обрушений кровли не позволяет выделить явные причины внезапного пучения почвы в конвейерном штреке. При скорости подвигания лавы 160 м/мес. характер обрушений сильно изменяется. Прежде всего, исчезает ярко выраженная периодика обрушений и колебаний величины динамического опорного давления. Кроме того, возникает сильный перепад между высотами зависания у вентиляционного и конвейерного штрека. Так соотношения высот зависания на указанных уровнях составляет 0,27 и 0,45; 0,33 и 0,57; 0,34 и 0,80; 0,44 и 0,79; 0,49 и 0,70; 0,50 и 0,58. В целом разница зависаний изменяется от 14 до 85%.

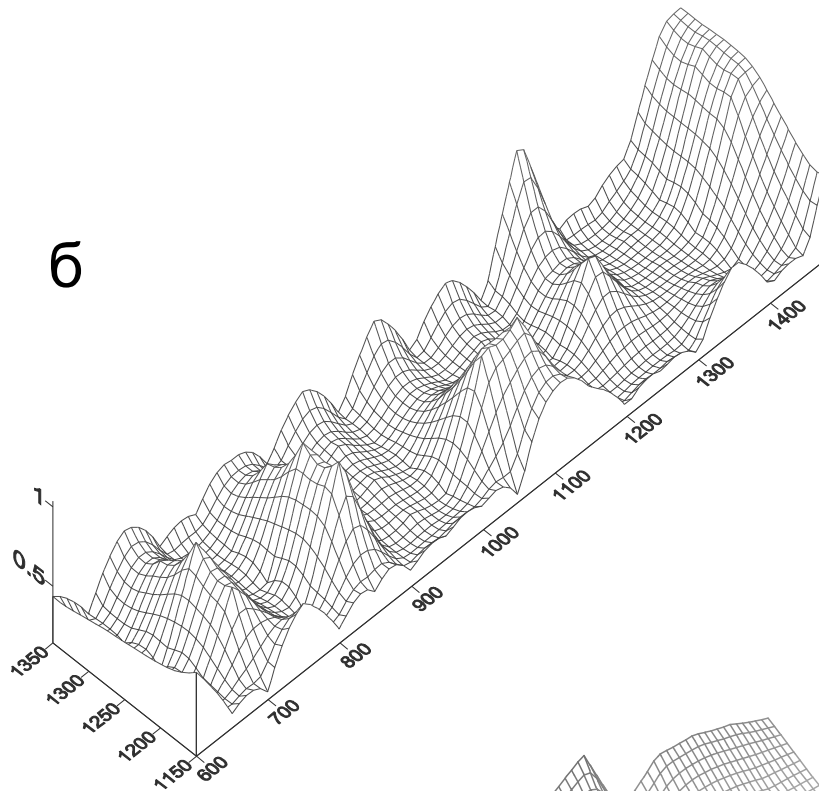
При скорости 200 м/мес. периодика обрушений исчезает полностью (рис. 4). Зависание над уровнем конвейерного штрека изменяется от 0,57 до 0,94 и практически по всей длине составляет не меньше 0,80. Именно это обстоятельство является одной из основных причин внезапного разрушения и пучения почвы конвейерного штрека. Большое зависание подработанной толщи вдоль конвейерного штрека означает больший уровень временного опорного давления, который обуславливает высокую концентрацию разрушающих напряжений вокруг сечения штрека и примыкающих к нему охранных сооружений.

80 м/мес

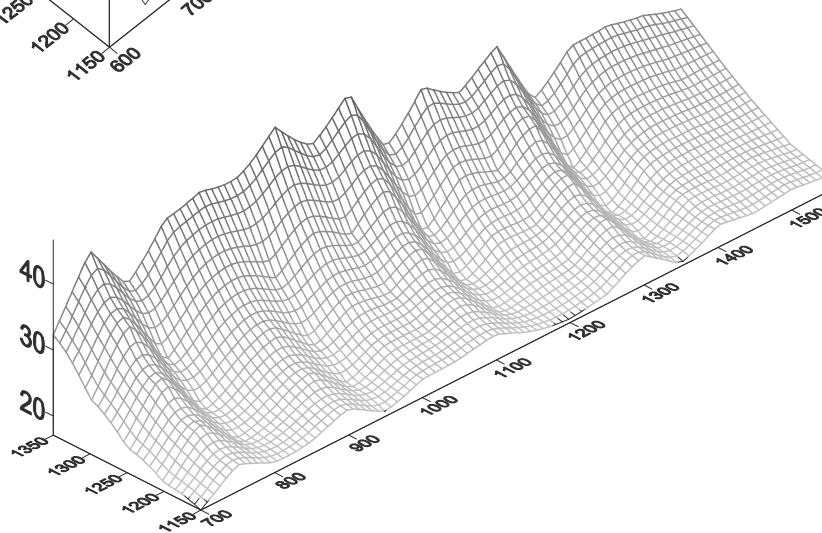
а



б



в

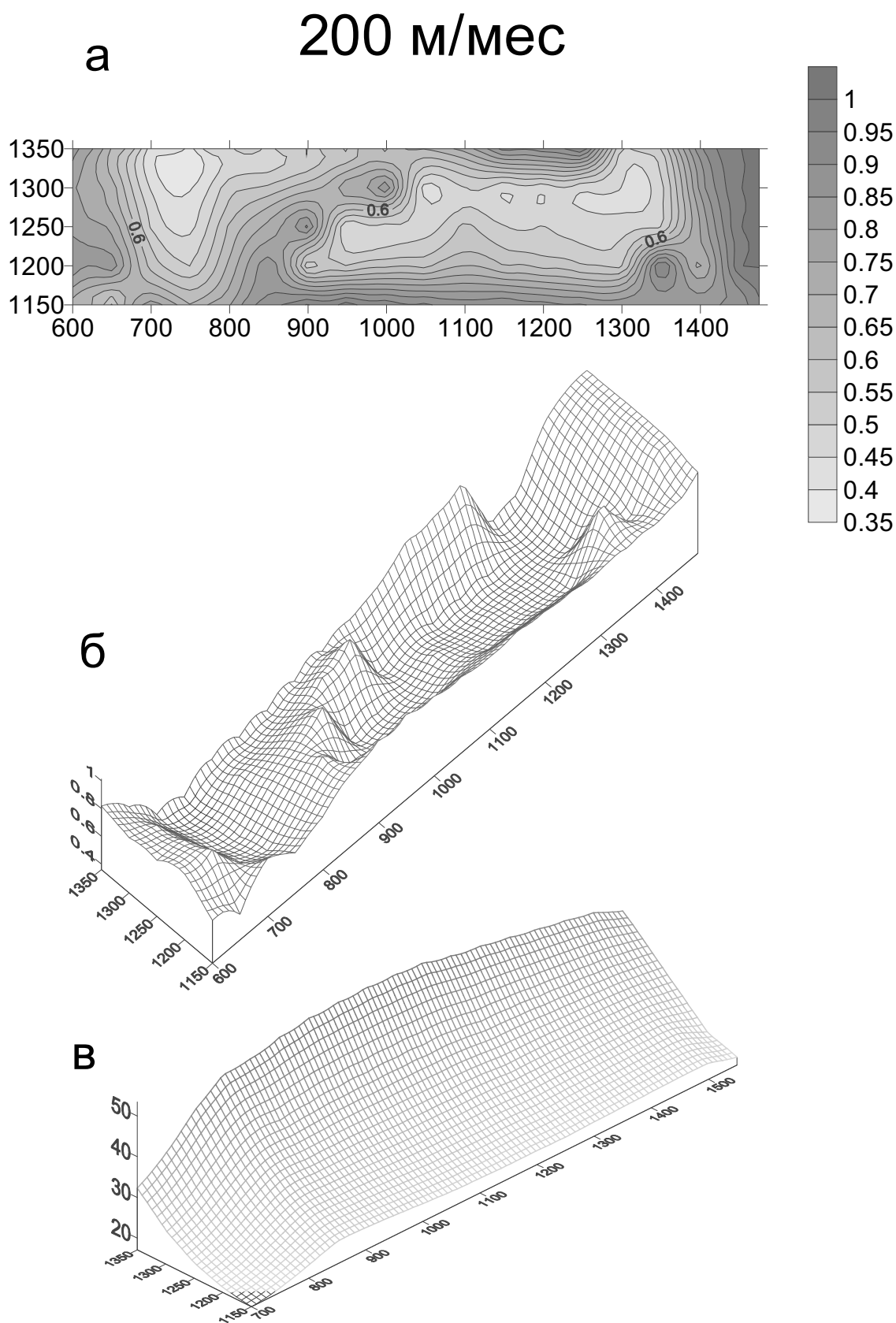


а, б – распределение высоты обрушения кровли в пределах выемочного столба;
в – перераспределение динамического опорного давления впереди движущейся лавы
Рис. 3 – Динамика сдвижений толщи в окрестности 1 лавы южной панели блока №8

Следует отметить, что значительное зависание подработанной толщи над неподвижной кромкой выработанного пространства вдоль конвейерного штрека является кратковременным. Поскольку указанная граница является неподвижной, зависшие породные консоли большой длины не могут сохранять длительное равновесие и в течение некоторого времени (нескольких недель, например) дообрушаются. В итоге угол полных обрушений становится больше, а объем зависших пород резко уменьшается, что понижает величину опорного давления вдоль конвейерного штрека. Таким образом причина разрушения почвы выработки является кратковременной и поэтому ее трудно определить экспериментальным путем. Именно в этом случае проявляются преимущества компьютерного моделирования.

На рис. 5 показаны совмещенные графики зависаний кровли вдоль конвейерного штрека для всех четырех вариантов подвигания очистного забоя на всю длину выемочного столба с южной стороны охранного целика. Отход лавы от разрезной печи на расстояние 412 м соответствует абсциссе 1012 м графика на рис. 5. Именно при этом положении лавы наблюдается пик зависаний кровли вдоль линии конвейерного штрека. Величины зависаний по сравнению с темпами подвигания 80-120 м/мес в 2,5-3 раза больше. Отметим, что такой бурный рост зависаний присущ только скорости подвигания 200 м/мес. При темпах подвигания 160 м/мес увеличение зависаний составляет только 1,2-2,0 раза.

Проведенный анализ позволил установить основную причину внезапного разрушения почвы конвейерного штрека. Эта причина заключается в физической сущности процесса разрушения твердого тела и, в частности, горных пород. Согласно теории проф. Журкова долговечность твердого тела при постоянной температуре зависит от механического напряжения [6]. Чем больше величина растягивающих напряжений, тем меньше долговечность. В данном случае это означает, что при высоких темпах подвигания очистного забоя время нахождения породных слоев плиты-кровли под нагрузкой уменьшается, в результате чего породы выдерживают большие эквивалентные напряжения и поэтому способны на большие зависания. Поскольку долговечность связана с механическим растягивающим напряжением нелинейной экспоненциальной зависимостью, кажущийся предел прочности при определенной скорости подвигания лавы начинает расти повышенными темпами, определяемыми характером нелинейности экспоненты. Именно этим физическим процессом объясняется причина внезапного разрушения почвы почти по всей длине конвейерного штрека. Уловить этот эффект инструментальными измерениями весьма сложно, поскольку он существует кратковременно. Аномально высокое зависание кровли существует не более нескольких десятков суток, после чего зависшие консоли дообрушаются, в результате чего устанавливается статический угол полных обрушений, равный для условий Донбасса 70-80°. Однако за этот короткий период породы почвы конвейерного штрека успевают разрушиться, поскольку действуют повышенные напряжения, которые почти в три раза превышают уровень напряжений, который существовал при обычных темпах подвигания очистного забоя не превышающих 150 м/мес.



а, б – распределение высоты обрушения кровли в пределах выемочного столба; в – перераспределение динамического опорного давления впереди движущейся лавы

Рис. 4 - Динамика сдвижений толщи в окрестности 1 лавы южной панели блока №8 при скорости подвигания 200 м/мес:

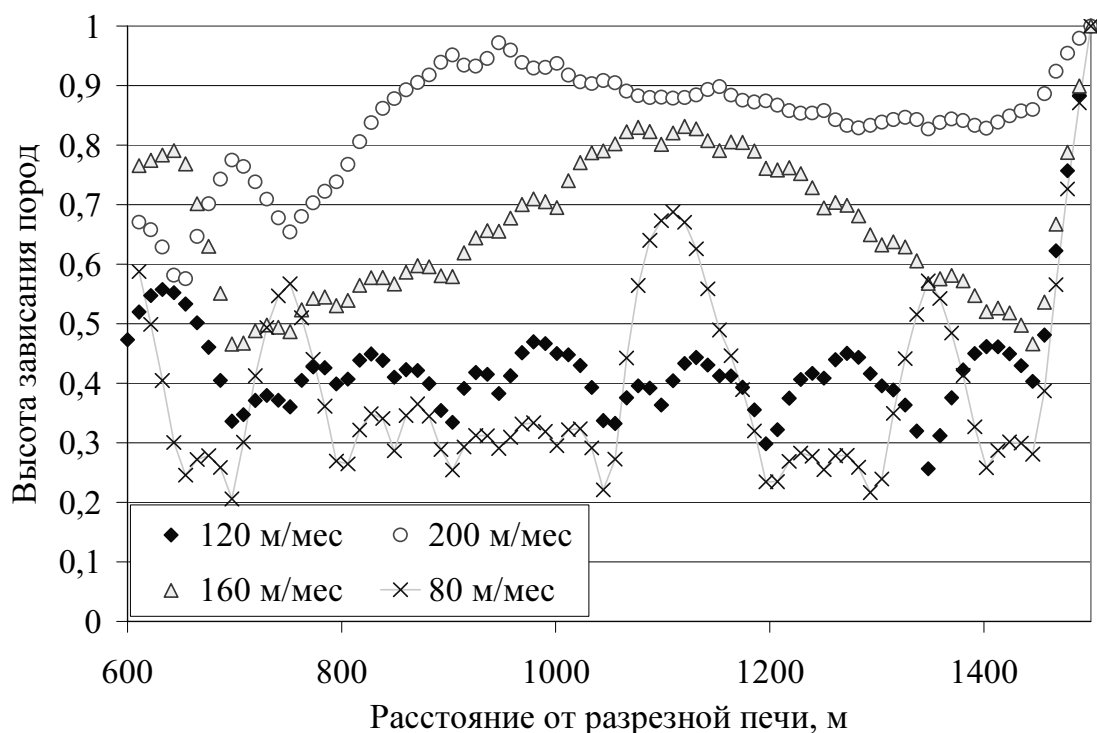


Рис. 5. Распределение величины зависания подроботанной товщи по лінії конвейерного штрєка

Можно сделать вывод о том, что для данных горно-геологических условий темпы подвигания больше 190 м/мес являются критическими. Поэтому необходимо предусмотреть дополнительные мероприятия по обеспечению устойчивости конвейерных штрєков вслед за лавой при их повторном использовании. В качестве такого мероприятия предлагается использовать разгрузочную щель в боковой стенке конвейерного штрєка со стороны нетронутого массива.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильяшов М.А., Костенко В.К., Костенко А.В. и др. Практика охраны подготовительных выработок литыми полосами при интенсивной отработке угольных пластов //Проблеми гірського тиску, №9.- Донецк ДоНТУ, 2003. - С. 40-74.
2. Канин В.А., Анциферов А.В. Охрана горных выработок газобетонной крепью.-Донецк, АЛАН, 2004. –396 с.
3. Байсаров Л.В. Обґрунтування параметрів і розробка технології комбінованого способу підтримки виробок, що використовуються повторно. Автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.15.02.-Дніпропетровськ.НГУ, 2004.-20 с.
4. Кузяра С.В. Назимко В.В. Геомеханические основы модели обрушения пород в окрестности движущегося очистного забоя//Проблеми гірського тиску, №10. - Донецк ДоНТУ, 2003. - С. 158-171.
5. Назимко В.В.,Красько Н.И. Геомеханическая модель для прогноза динамических проявлений горного давления в окрестности очистного забоя//Проблеми гірського тиску, №8.- Донецк ДоНТУ, 2002. - С. 81-102.
6. Ргель М.Г. Кинетическая теория прочности твердых тел. – М.: Наука, 1976. - 385с.