

Кизияров О.Л.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СХЕМ УПРОЧНЕНИЯ НЕУСТОЙЧИВОЙ КРОВЛИ В ЛАВЕ КОМБИНИРОВАННЫМИ СПОСОБАМИ

Наведені результати досліджень впливу комбінованих схем зміцнення на напружений стан покрівлі в лаві.

Ключові слова: комбіновані схеми зміцнення, зони втрати стійкості, еквівалентні напруження.

Приведены результаты исследований влияния комбинированных схем упрочнения на напряженное состояние кровли в лаве.

Ключевые слова: комбинированные схемы упрочнения, эквивалентные напряжения, зоны потери устойчивости.

Для сохранения темпов подвигания очистных забоев, снижения себестоимости добываемого угля и повышения безопасности ведения работ на участках с неустойчивыми породами, а так же в местах геологических нарушений необходимо применение технологии упрочнения кровли. На шахтах Донбасса наибольшее распространение получили два прогрессивных способа: нагнетание скрепляющих составов и химическое анкерование неустойчивой кровли. Область применения первого способа - мощность неустойчивого слоя кровли более 0,8 м и трещиноватости кровли $q > 4$ шт/м [1], второго - трещиноватые породы, расстояние между трещинами которых больше 0,25 м ($q < 4$ шт/м) [2]. В условиях неоднородной неустойчивой кровли, а так же при трещиноватости $q = 4 - 6$ шт/м, являющейся граничной для обоих способов упрочнения, применения одного из них может оказаться недостаточным для предотвращения вывалаобразования. В этом случае более целесообразно использование технологии комбинированного упрочнения кровли в лаве. Кроме нагнетания и химанкерования для упрочнения неустойчивой кровли очистного забоя применяются еще два способа - набрызг составов на поверхность вывала и заполнение пустот над крепью. Эти способы не нашли широкого применения как самостоятельные, а применяются лишь в сочетании с основными способами упрочнения. Анализ литературных источников показал, что недостаточно изучено влия-

ние комбинированных способов упрочнения на состояния кровли в лаве, особенно неоднородного строения.

Цель работы - оценить эффективность упрочнения кровли в лаве комбинированными способами.

Объект исследования - технология комбинированного упрочнения неустойчивой кровли в лаве.

Предмет исследования - устойчивость кровли в лаве, упрочненной комбинированным способом.

Критерий эффективности - отсутствие зоны потери устойчивости кровли, уменьшение ее размеров или изменение места расположения, при которых предотвращается образование вывала из кровли.

Для исследования напряженного состояния кровли в окрестности очистного забоя решена объемная задача с использованием МКЭ [3].

На рисунке 1 представлены схемы (вид со стороны забоя) вариантов комбинированного способа упрочнения в зависимости от трещиноватости q и степени неоднородности неустойчивой кровли.

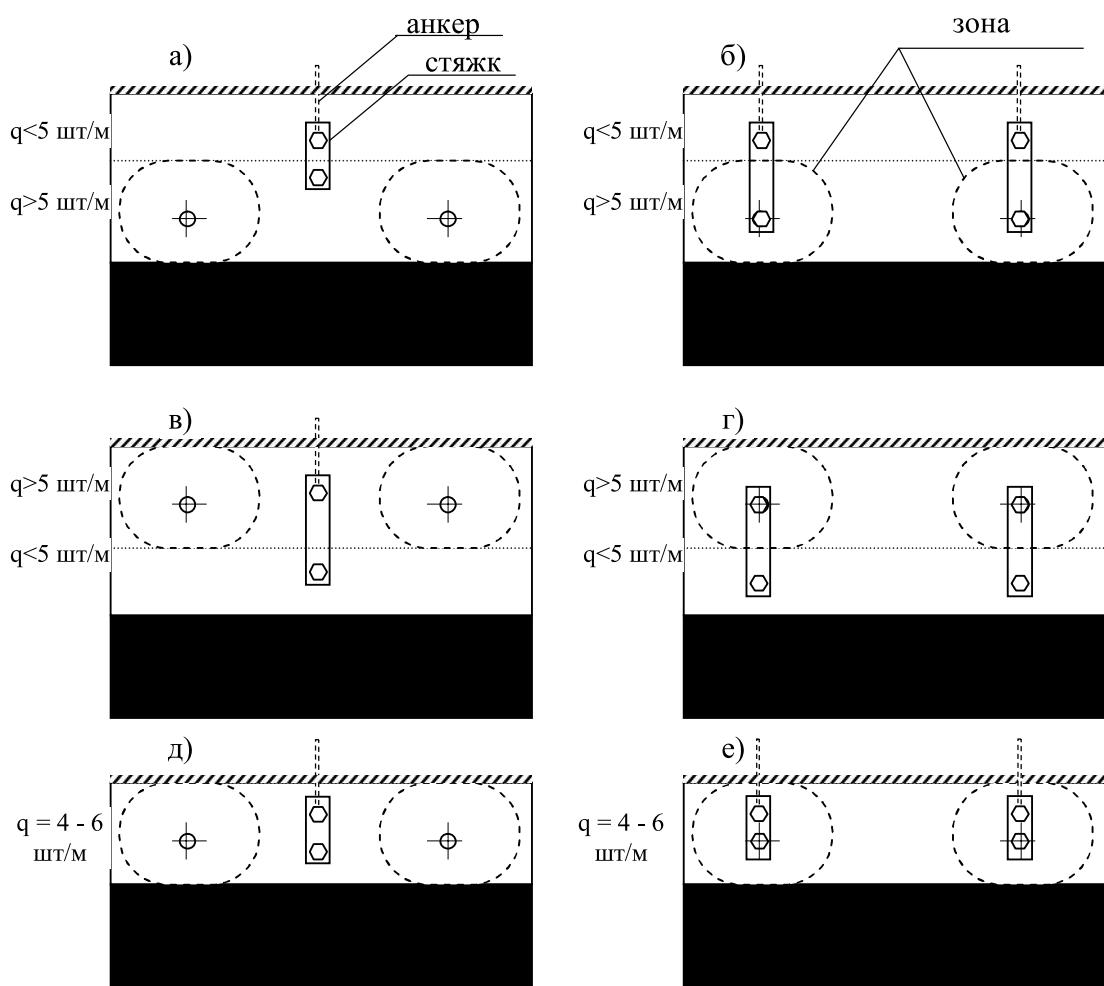


Рисунок 1 - Схемы вариантов комбинированных схем упрочнения: а-г - при неоднородной кровле; д, е - при однородной кровле

Задачи решались для следующих условий: высота вывала 1,6 м, расстояние между шпурами для нагнетания - 1,8 м. Мощность нижнего слоя неустойчивой кровли - 0,9 м.

Необходимо оценить влияние неоднородности структуры неустойчивой кровли, а так же каждого способа на состояние кровли. Анализ всех схем упрочнения проведен на основании эквивалентных напряжений, принятых как критерий устойчивости кровли. Для этого анализировались следующие сечения: вертикальное сечение перпендикулярно линии очистного забоя по шпуру нагнетания (А-А); вертикальное сечение перпендикулярно линии очистного забоя в неупрочненной зоне (Б-Б); горизонтальное сечение в плоскости шпуров нагнетания (В-В); вертикальное сечение параллельно линии очистного забоя через границу герметизации (Г-Г).

На рисунке 2 приведены изополя эквивалентных напряжений при неоднородной кровле (нижний слой $q>5$ шт/м) и упрочненной только нагнетанием составов.

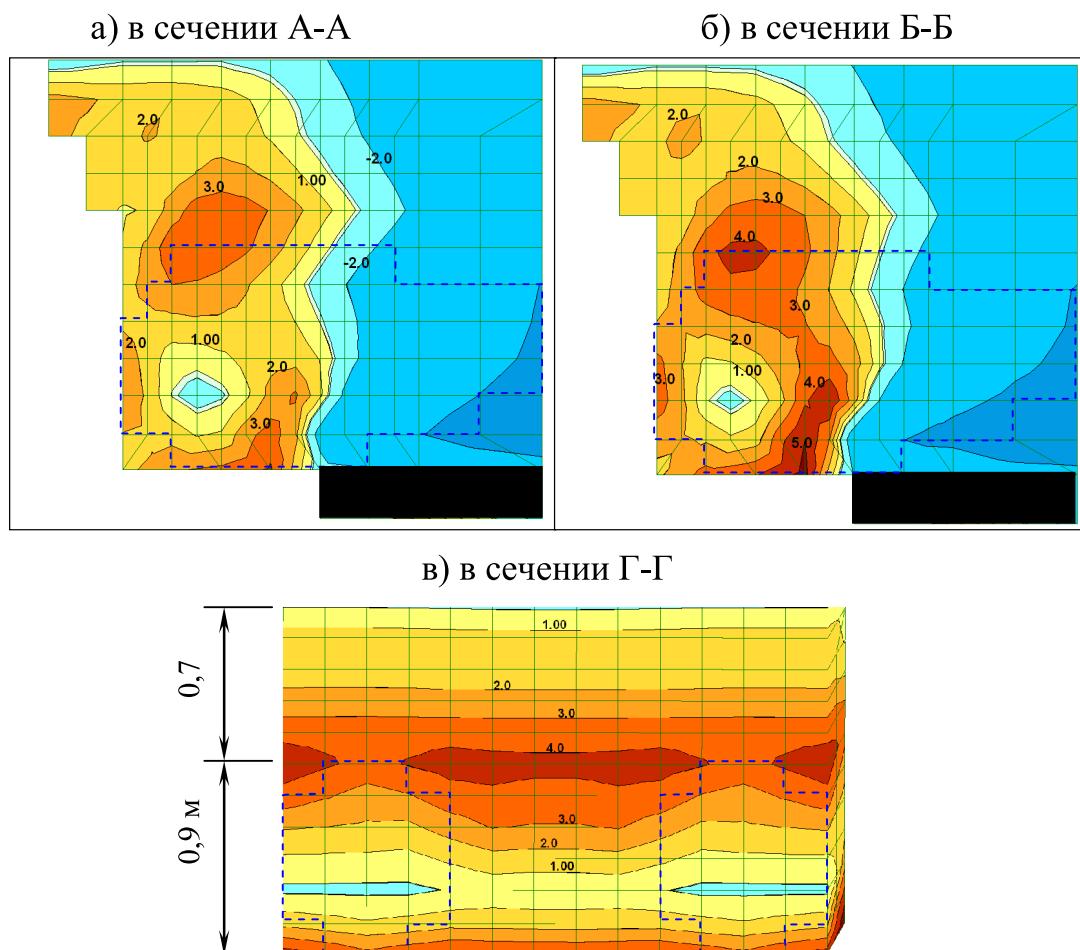


Рисунок 2 - Изополя эквивалентных напряжений при неоднородной кровле, упрочненной нагнетанием составов

Из рисунка 2 видим, что в упрочненных зонах, очерченных пунктирными линиями, эквивалентные напряжения меньше критической величины (4 МПа), а на границе двух слоев кровли, различных по трещиноватости, образуется зона потери устойчивости (изолиния 4 МПа на рисунке 2в).

Дополнительной установкой анкеров решают две задачи: удержать нарушенные породы от обрушения; уменьшить размеры зон потери устойчивости.

На рисунке 3 представлены изополя эквивалентных напряжений при применении комбинированного способа упрочнения по схеме 1-а.

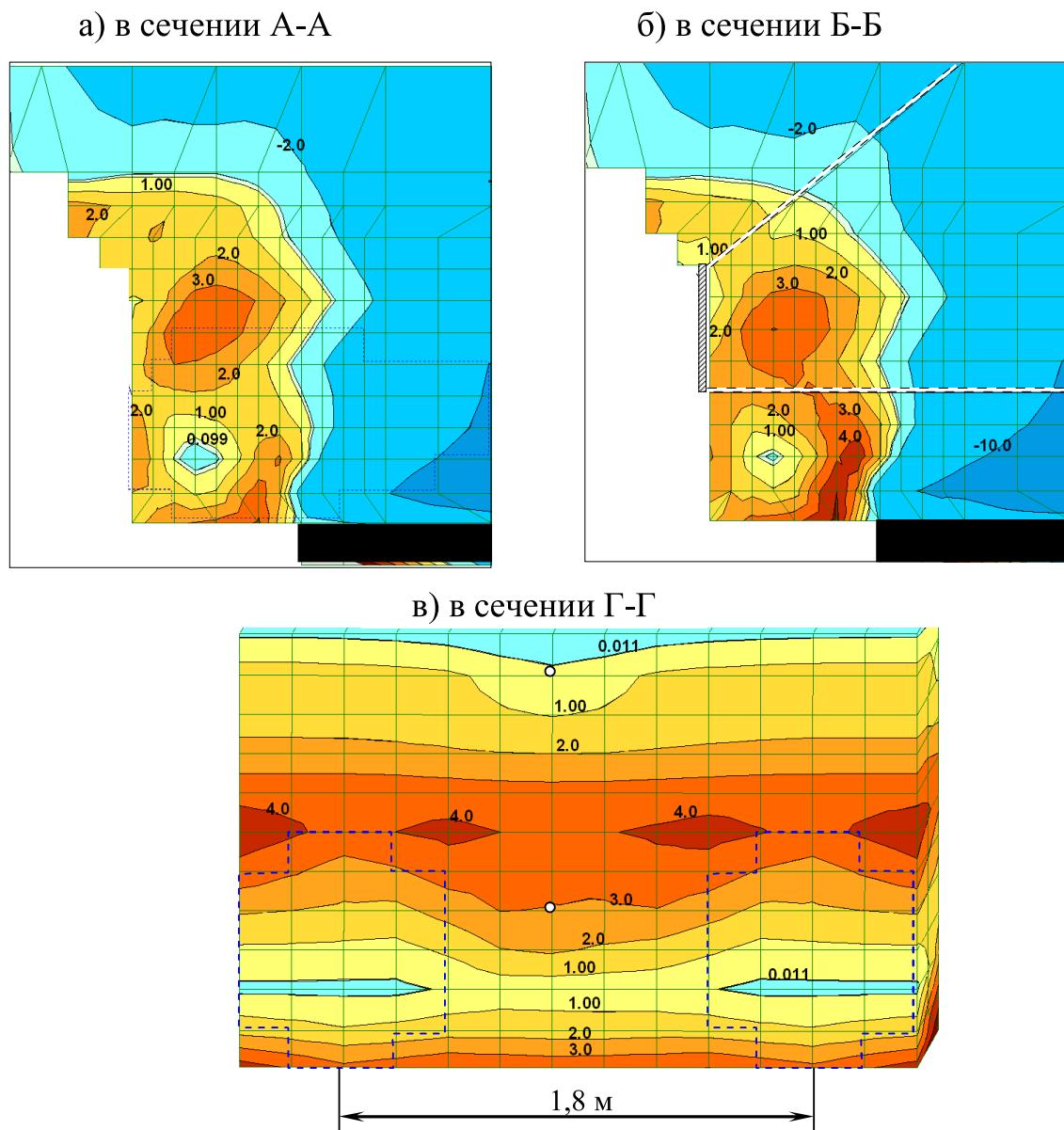


Рисунок 3 - Изополя эквивалентных напряжений при комбинированном способе упрочнения по схеме 1-а

Зоны потери устойчивости наблюдаются только у границ упрочненной кровли и отсутствуют в районе влияния анкеров, что хорошо видно из рисунка 3в. При таком распределении напряжений вывал не произойдет.

На рисунке 4 приведены изополя эквивалентных напряжений при снятой полосе угля в сечении Г-Г для схемы 1-б.

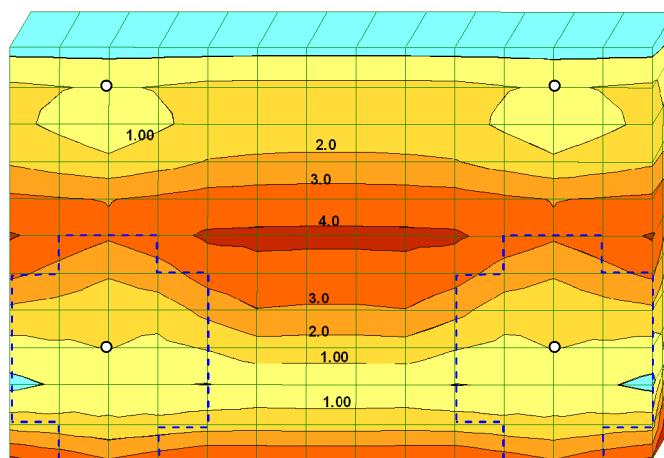


Рисунок 4 - Изополя эквивалентных напряжений в сечении после снятия полосы угля при комбинированном способе упрочнения по схеме 1-б

Схема 1-б не эффективна, так как зона потери устойчивости пород между упрочненными нагнетанием составов зонами практически не изменилась.

Далее рассмотрена схема 1-в. Эта схема применяется при сильно трещиноватой кровле, расположенной в верхней части неустойчивой кровли. На рисунке 5 приведены изополя эквивалентных напряжений в характерных сечениях после снятия полосы угля.

В нижней части образуется большая зона потери устойчивости, т. е. возможно ее обрушение. В связи с незначительной шириной зоны по направлению подвигания лавы возможно образование трещин. Для предотвращения обрушения дополнительно применяют анкерование кровли. При этом, нижний анкер соединяет разрушенные породы, а верхний удерживает от обрушения всю кровлю.

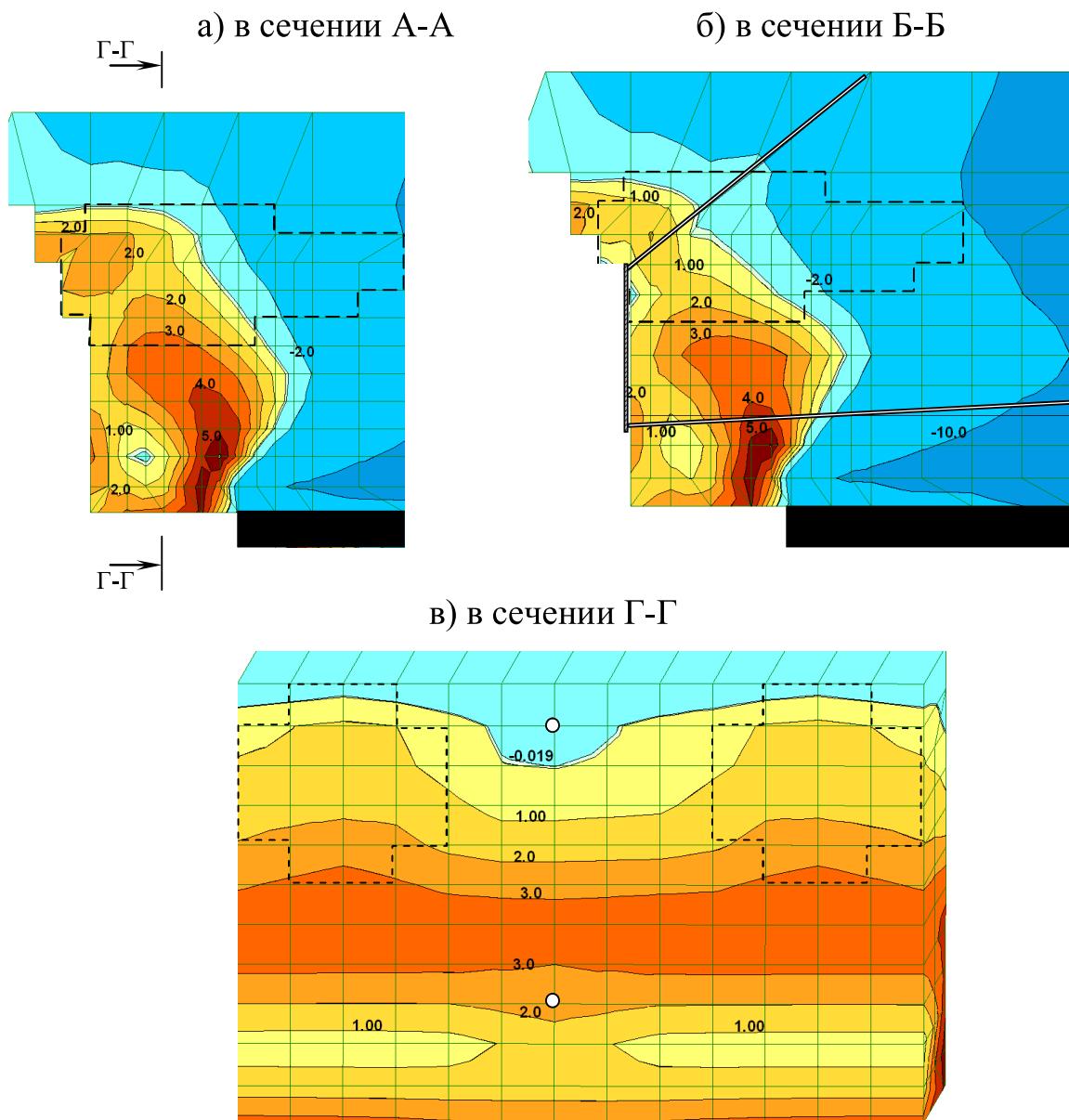


Рисунок 5 - Изополя эквивалентных напряжений после снятия полосы угля при комбинированном способе упрочнения по схеме 1-в

Следующим этапом рассмотрена задача комбинированного упрочнения кровли 1-г. На рисунке 6 представлены изополя напряжений, полученных для этой схемы, где зона потери устойчивости (4 МПа) расположена в нижней части кровли. В этом случае возможно вывалообразование, следовательно эта схема не эффективна.

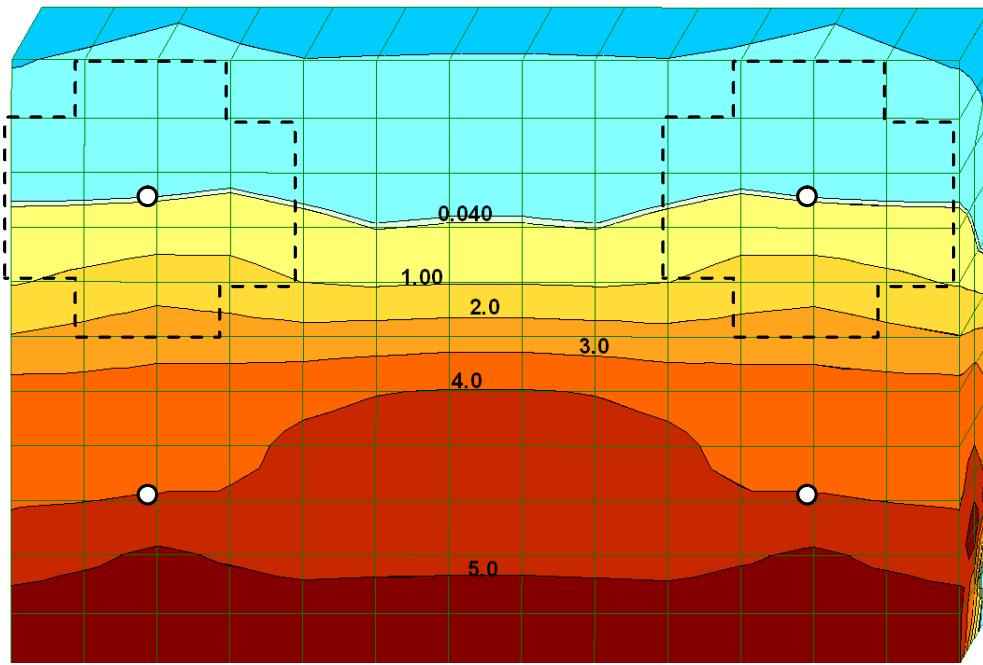


Рисунок 6 - Изополя эквивалентных напряжений в сечении после снятия полосы угля при комбинированном способе упрочнения по схеме 1-г

Исследование распределение эквивалентных напряжений для схемы 1-д проводилось для условий: высота вывала - 1 м, расстояние между шпурами для нагнетания - 2,8 м, трещиноватость неустойчивой кровли $q = 5$ шт/м. Результаты представлены на рисунке 7.

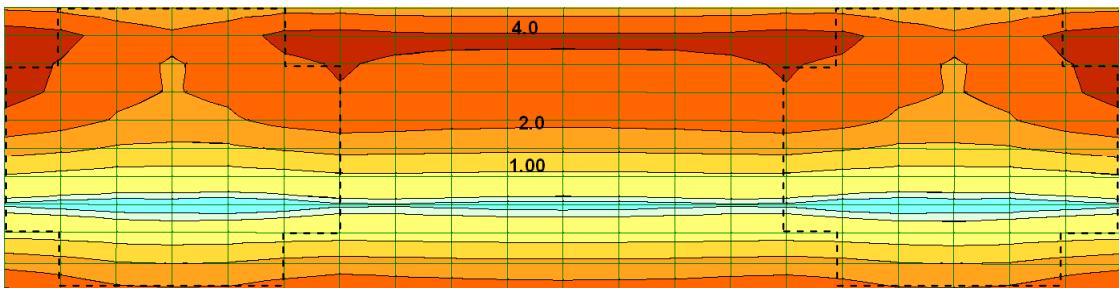
При применении только нагнетания (рисунок 7а) в верхней части упрочняемой кровли образуется зона потери устойчивости. При дополнительной установке двух анкеров между областями упрочнения зона потери устойчивости разбивается на более мелкие части, в связи с чем состояние кровли значительно улучшается (рисунок 7б).

В случае дополнительной установки одного анкера, состояние кровли так же улучшается за счет уменьшения зон потерь устойчивости (рисунок 7в).

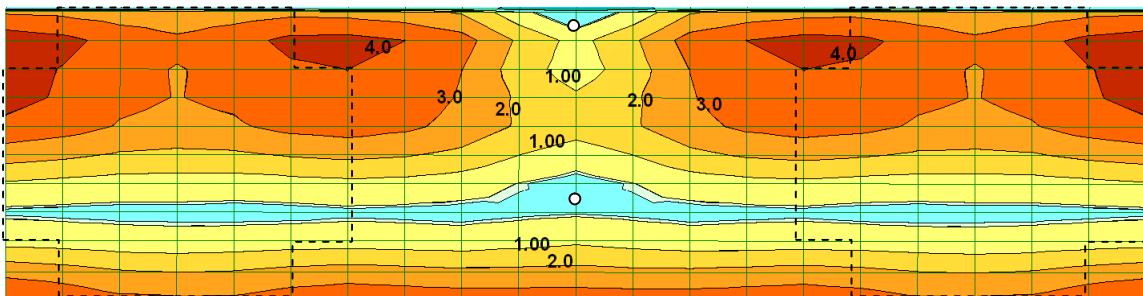
Анализ эквивалентных напряжений для схемы 1е показал, что данная схема не эффективна, в связи с большой зоной потери устойчивости, образовавшейся между зонами упрочнения.

Проанализируем результаты для всех схем упрочнения. В нарушенном слое кровли образуются 2 зоны потери устойчивости: 1- в верхней части вывала, на границе раздела неустойчивой и устойчивой кровли; 2 - в нижней части кровли пласта, вблизи забоя выемки.

а) только нагнетание



б) верхний + нижний анкер



в) нагнетание + верхний анкер

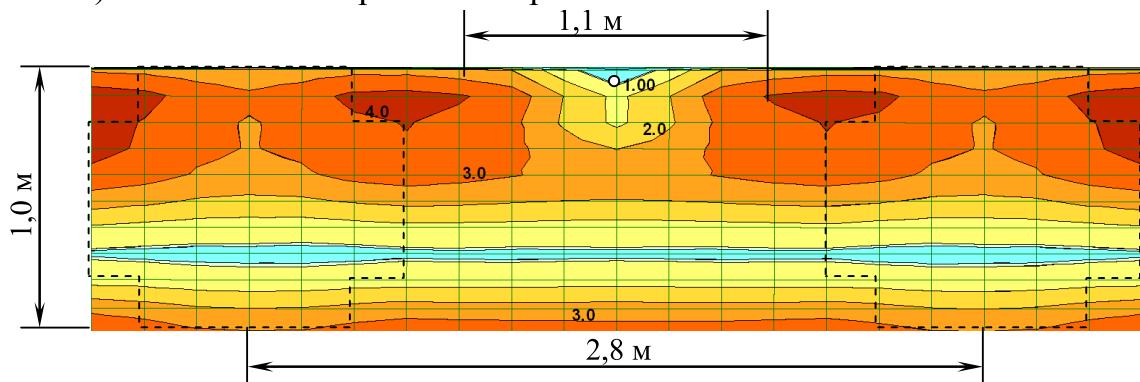


Рисунок 7 - Изополя эквивалентных напряжений
для схемы 2-д после снятия полосы угля

При применении нагнетания составов верхняя зона потери устойчивости уменьшается, но не исчезает полностью. В случае применения дополнительного анкерования эта зона разбивается на более мелкие части, что значительно улучшает состояние кровли. Дальнейшими исследованиями установлено, что уменьшения расстояния между шпурами для нагнетания до 2 м с применением дополнительного анкера практически приводит к исчезновению этих зон. Характерной особенностью схемы является то, что устойчивость кровли достигается уже при установке только верхнего анкера. Применение двухрядной схемы установ-

ки анкеров хотя и улучшает состояние кровли, но в отдельных случаях приводит к излишним затратам.

Комбинированная технология упрочнения нагнетанием и анкерованием неустойчивой кровли опробована в 5-бис западной лаве пласта l_6 ГОАО «шахты Белореченская». Горно-геологические условия следующие: мощность пласта 1,6 м, высота вывала 1,4 м. На основании предварительного исследования трещиноватости кровли, осуществляющей прибором ВОТ, а так же сейсмоакустической активности звуковых волн при бурении, измеренных прибором ПСЛ-2 установлено, что проникаемость пород находится на верхней границе области применения нагнетания скрепляющих составов и на нижней - для химического анкерования, т.е. в данных условиях необходимо применение технологии комбинированного упрочнения неустойчивой кровли по схеме 1г. На основании полученных результатов замеров пустотности и трещиноватости кровли определены основные параметры нагнетания составов в кровлю: расход состава $q = 25$ л/шп, расстояние между шпурами 2,0 м; анкерования: расстояние между анкерами вдоль лавы - 2 м. Проверка устойчивости кровли 5-бис лавы дала положительные результаты, за время проверки на упрочненном участке кровля не обрушилась.

Выводы:

- схема комбинированного упрочнения нагнетанием составов с анкерами, расположенными между зонами упрочнения более эффективна, чем схема с установкой анкеров в зоне упрочнения нагнетанием для однородного и неоднородного строения кровли;
- при упрочнении комбинированным способом однородной кровли с трещиноватостью $q = 4 - 6$ шт/м в отдельных случаях достаточно установки только верхних промежуточных анкеров.

Направления дальнейших исследований: обоснование параметров технологии комбинированного упрочнения неустойчивой кровли в очистном забое на основе упрочнения нагнетанием составов и анкерованием.

Библиографический список

1. Руководство по упрочнению неустойчивых горных пород и угля нагнетанием пенополиуретанового состава. - М.: Ин-т горн. дела им. А.А. Сочинского, 1988. - 28 с.
2. Методическое руководство по укреплению углепородных массивов химическим анкерованием / ИГД им. А.А. Сочинского. – М.: 1987. – 39 с..
3. Кизяров О.Л. Модель для исследования параметров технологии комбинированного упрочнения кровли в лавах// Сборник научных трудов. - Алчевск: 2004, вып. № 18. – С. 87 - 91.

Рекомендовано к печати д.т.н., проф. Н.К. Клишиным