

*Аспирант Касьян С.И.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СПОСОБОВ УПРОЧНЕНИЯ ГОРНЫХ ПОРОД НА СОСТОЯНИЕ КРОВЛИ В ОКРЕСТНОСТИ СОПРЯЖЕНИЯ ПОВТОРНО ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ВЫРАБОТКИ С ЛАВОЙ

Досліджений вплив способів зміцнення гірських порід, а також величини розкриття тріщин, на стан покрівлі в околиці сполучень лав з виробками, що повторно використовуються, побудовані графіки зміни еквівалентних напруг по довжині виробок від впливу лав.

Проблема и связь с научными и практическими задачами.

Для повышения уровня безопасности работ на угольных шахтах, а также для увеличения объемов добычи угля, огромное значение необходимо уделять состоянию кровли на сопряжениях лав с примыкающими к очистным забоям выработкам, особенно, если эта выработка повторно используется. Актуальность вопроса выбора способа упрочнения обусловлена, не только надежностью, но и экономичностью способа.

Анализ исследований и публикаций.

На состояние подготовительной выработки оказывает влияние работа лав, особенно если это выработка поддерживается после прохода первой лавы для повторного её использования. На основе шахтных исследований установлено, что выемочный штрек испытывает изменение геомеханической обстановки в шести зонах [1], начиная от влияния проходческого забоя и поддержания выработки в массиве вне зоны влияния очистных работ и заканчивая зоной динамических проявлений опорного давления и стабилизировавшегося горного давления позади второй лавы. Нарушенность пород, их разрушение, определяют зоны возможного образования вывалов на концевых участках лав [2]. Для обоснования параметров технологий упрочнения пород необходимо исследовать изменение напряжений, разрушение кровли вокруг выработки и, непосредственно, на сопряжении лавы. В качестве упрочнения массивов пород может применяться как анкерование [3], так и нагнетание скрепляющих составов [4], которое на шахтах получило наибольшее распространение [5].

Наша задача исследовать влияние способов упрочнения горных пород на состояние кровли в окрестности сопряжений лав с повторно используемой выработкой, которое изучено в недостаточной степени.

Постановка задачи.

Исследовать влияние различной трещиноватости, типа анкеров, разновидность скрепляющих составов на напряженно-деформированное состояние повторно используемой выработки и устойчивость кровли методом конечных элементов.

Изложение материала и его результаты.

Для исследования влияния ширины раскрытия трещин (2мм; 10 мм), типа анкеров (клиновые анкеры; анкеры, закрепленные по всей длине шпура, т.е. химическое анкерование), разновидностей скрепляющих составов (полиуретановых, модуль упругости $E=20$ МПа; карбамидных $E=200$ МПа; магнезиальных $E=3000$ МПа) и влияния опорного давления лав, были составлены 10 моделей методом конечных элементов.

Каждая из 10 моделей представляет собой горный массив, представленный 52000 объемными элементами, в котором проведена подготовительная выработка шириной 5 м и высотой 3,4 м, по пласту мощностью 1 м, со смешанной подрывкой боковых пород. Охрана выработки осуществляется железобетонными тумбами с целью повторного использования выработки; расстояние между лавами 500 м. Размеры модели следующие: вдоль выработки 1110 м, вдоль лав 395 м, глубина разработки пласта 580 м, от поверхности до граничных элементов модели 926 м. В боках выработки смоделированы трещины с раскрытием 2 мм в одних и 10 мм в других моделях, параллельно выработке. Трещины в некоторых моделях незаполненные, а в некоторых заполнены элементами с модулями упругости 1 МПа (имитирование пустоты трещин); 20 МПа; 200 МПа; и 3000 МПа (имитирование скрепляющих составов). Четыре модели составлены с анкерованием кровли, где анкеры представлены как в виде одного стержня (клиновые анкеры), так и в виде составного стержня (химическое анкерование).

Анализировались изополя эквивалентных напряжений, в зависимости от расстояния до опережающей и отстающей лав, а также на различных расстояниях от боков выработки, а именно 0,2 м; 1,2 м и 2,2 м по обе стороны от выработки. В таблице 1 приведены данные о эквивалентных напряжениях в кровле на расстоянии 0,5 м впереди отстающей лавы.

Таблица 1 - Результаты изменения эквивалентных напряжений в кровле на расстоянии 0,5 м впереди отстающей лавы в зависимости от раскрытия трещин и расстояния от стенки выработки

раскрытие трещин, мм	Эквивалентные напряжения при заполнителях трещин с модулями упругости, МПа											
	E=1,0			E=20,0			E=200,0			E=3000,0		
	расстояния от выработки вдоль лавы, м											
	0,2	1,2	2,2	0,2	1,2	2,2	0,2	1,2	2,2	0,2	1,2	2,2
2	4,5	11,0	6,8	2,7	1,8	-5,0	3,0	-4,7	-8,5	3,4	-6,2	-9,0
10	5,7	13,0	8,4	2,9	8,2	3,1	2,5	-0,7	-3,3	3,3	-5,7	-4,6

Так, при исследовании влияния раскрытия трещин на напряженное состояние вокруг подготовительной выработки выявлено, что если трещина не заполнена связующими составами, величины эквивалентных напряжений одинакова при трещинах 2 и 10 мм, на равнозначных участках. При заполненных трещинах ширина раскрытия трещин влияет на величины напряжений следующим образом: при заполнителе трещин имитирующем пустоту (E=1МПа) и полиуретановых заполнителях (E=20 МПа) величины напряжений моделей с 2 мм трещинами меньше, чем напряжения у моделей с 10 мм трещинами, а при карбамидных и магнизиальных заполнителях (200 МПа; 3000 МПа) уже наблюдается противоположная картина, т.е. у моделей с 2 мм трещинами величины напряжений больше, чем напряжения у моделей с 10 мм трещинами.

На рисунке 1 показано распределение эквивалентных напряжений в кровле, упрочненной анкерами на расстоянии 0,2 м от стенки выработки при различных расстояниях от лавы.

Максимальные напряжения отмечены на расстояниях 0,5 м перед и 0,5 м за линией очистного забоя, со значениями от 4,5 до 15,3 МПа, которые больше предела прочности пород кровли на растяжение, что свидетельствует о возможном вывалообразовании в этих местах.

Далее рассмотрены изменения эквивалентных напряжений в элементах на расстоянии 1,2 м от выработки со стороны отстающей лавы (рисунок 2). Величины эквивалентных напряжений по мере приближения к лаве начали повышаться на расстоянии 5 м впереди лавы, а на расстоянии 0,5 м до линии очистного забоя, величины составляли 11,8 – 13,4 МПа, после чего произошел спад напряжений, что также может свидетельствовать о том, что возможно произойдет вывалообразование в кровле.

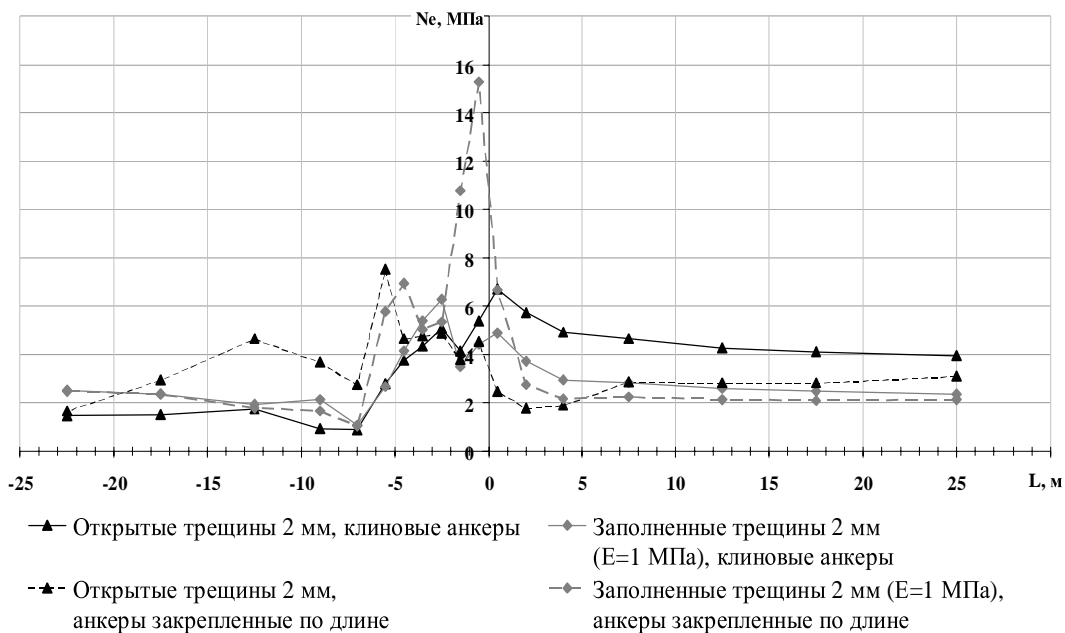


Рисунок 1 – График изменения эквивалентных напряжений в кровле, упрочненной анкерами, в зависимости от расстояния до лавы, и на расстоянии 0,2 м от выработки

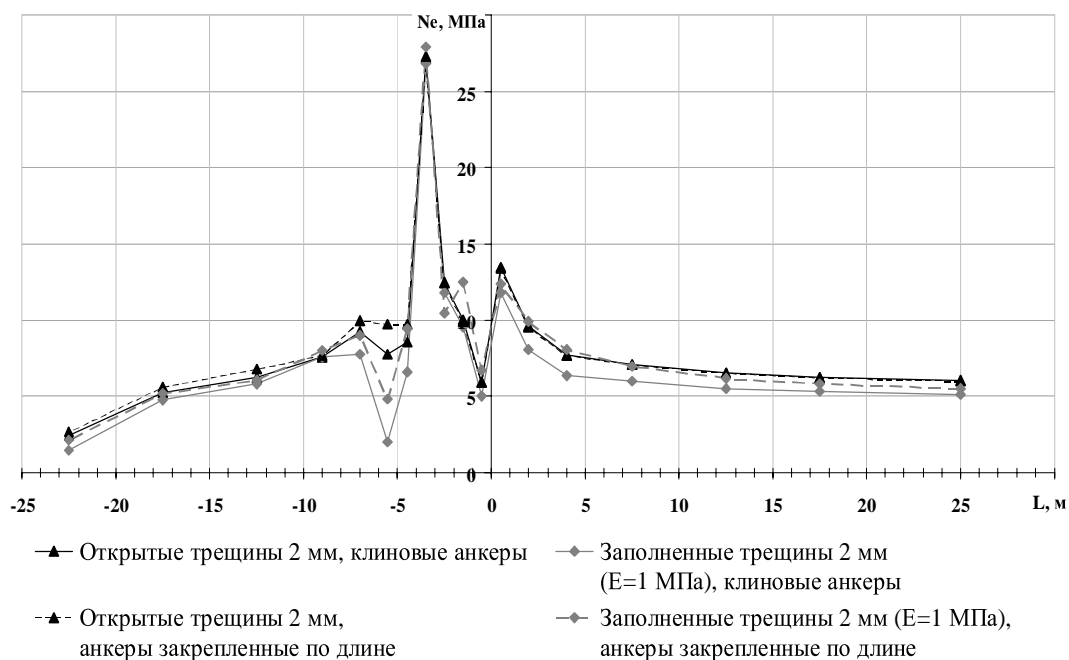


Рисунок 2 – График изменения эквивалентных напряжений в кровле, упрочненной анкерами, в зависимости от расстояния до лавы, и на расстоянии 1,2 м от выработки

Последние из рассмотренных элементов находятся на расстоянии 2,2 м от выработки со стороны отстающей лавы (рисунок 3). Эквивалентные напряжения увеличиваться начали на расстоянии 5 м впереди лавы от 6,8 до 8,9 МПа, и на линии забоя достигали 13,4 МПа, которые также больше предела прочности пород на растяжение.

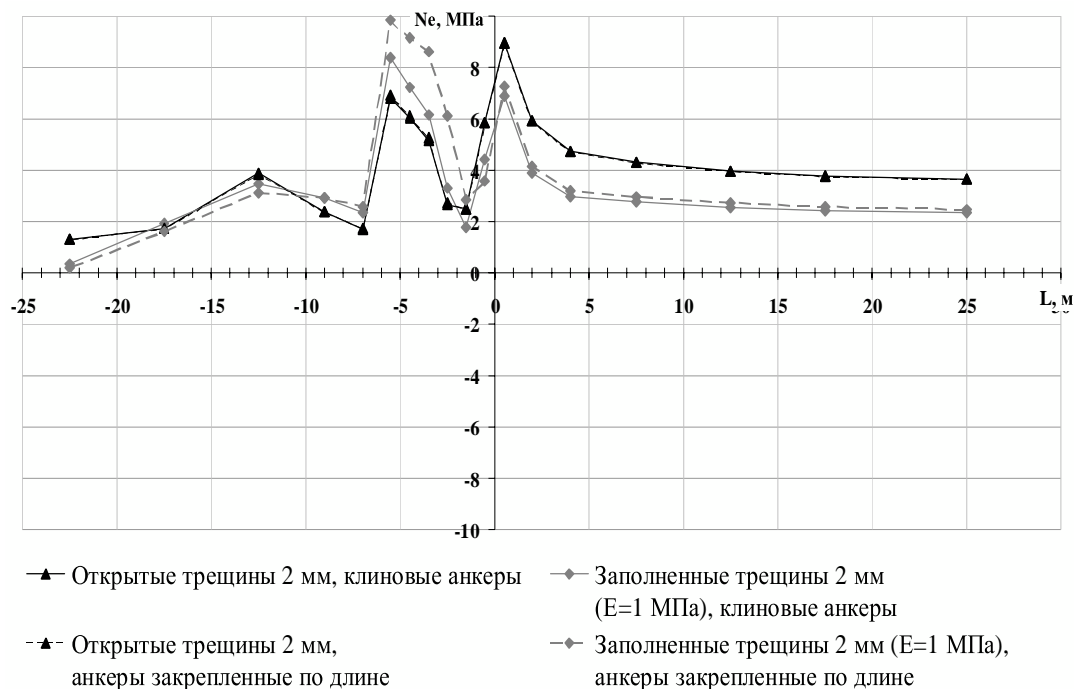


Рисунок 3 – График изменения эквивалентных напряжений в кровле, упрочненной анкерами, в зависимости от расстояния до лавы, и на расстоянии 2,2 м от выработки

Согласно анализу эквивалентных напряжений по длине выработки на расстояниях от выработки с 0,2 м до 2,2 м можно сделать вывод, что на расстоянии 0,2 м от выработки эквивалентные напряжения равны 4,5 МПа, на расстоянии 1,2 м они увеличиваются до 13,4 МПа, при 2,2 метровом удалении от выработки эквивалентные напряжения уменьшаются до 8,9 МПа.

Если при выборе анкера руководствоваться напряженно-деформированным состоянием моделей, то можно сделать вывод, что клиновые анкеры позволяют снизить напряжение в кровле на линии очистного забоя на величину от 0,4 МПа до 1,8 МПа, относительно анкеров закрепленных по длине, что составляет от 4 до 27 % от максимального значения напряжения.

После изучения напряженного состояния массива в моделях с анкерованием, составлены и изучены модели массива упрочненного нагнетанием скрепляющих составов.

Так, на расстоянии 0,2 м от выработки со стороны отстающей лавы (рисунок 4) эквивалентные напряжения в моделях с нагнетанием скрепляющих составов, начали увеличиваться на расстоянии 5 м до линии очистного забоя и на расстоянии 0,5 м достигли 3,4 МПа, которые меньше либо равны пределу прочности пород кровли на растяжения, после чего напряжения стали уменьшаться, и лишь над крепью, т.е. на расстоянии 2,5 м за линией очистного забоя, произошел резкий скачок растягивающих напряжений, который уже не имеет весомого значения, т.к. за лавой выработка погашается.

При удалении от выработки на расстоянии 1,2 м эквивалентные растягивающие напряжения перед лавой сменились сжимающими (рисунок 5), величина которых не превышает 6,2 МПа и только после прохода лавы появляются растягивающие напряжения, которые на расстоянии 2 м за линией очистного забоя вырастают до значения 9,8 МПа.

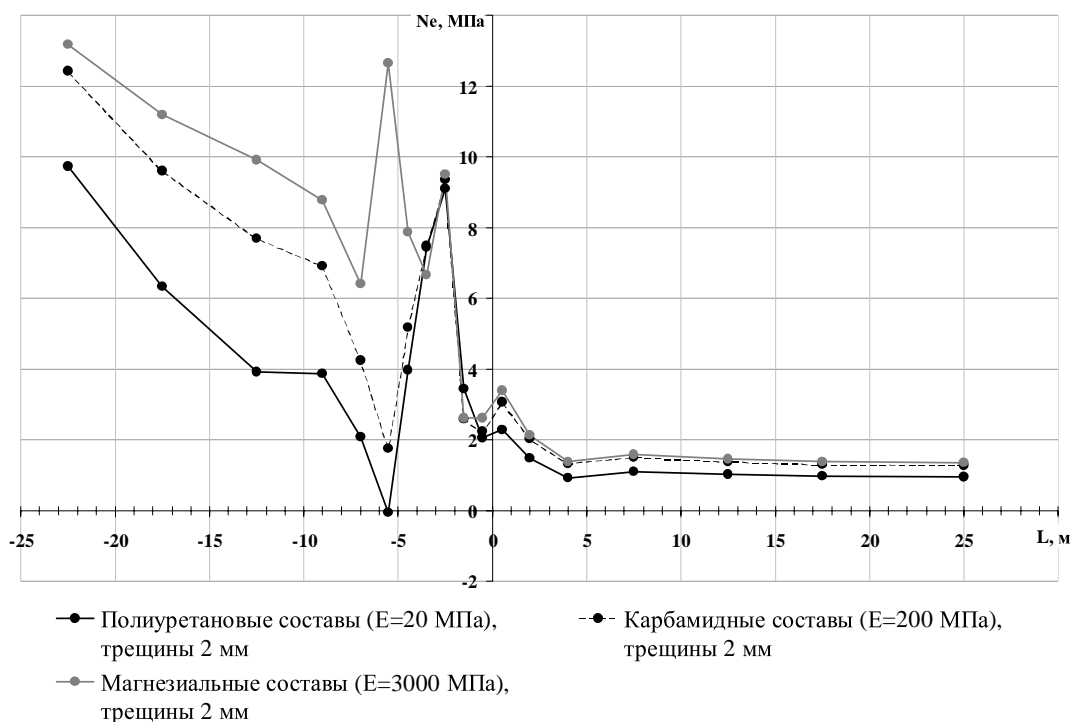


Рисунок 4 – График изменения эквивалентных напряжений в кровле, упрочненной скрепляющими составами, в зависимости от расстояния до лавы, и на расстоянии 0,2 м от выработки

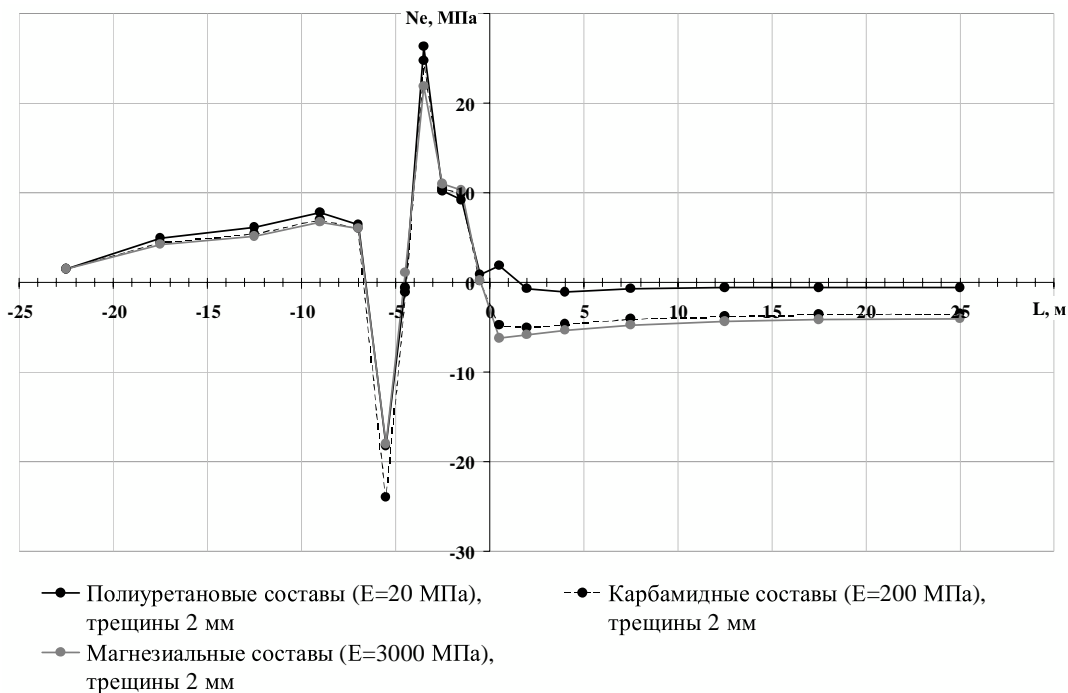


Рисунок 5 – График изменения эквивалентных напряжений в кровле, упрочненной скрепляющими составами, в зависимости от расстояния до лавы, и на расстоянии 1,2 м от выработки

На расстоянии 2,2 м от выработки эквивалентные сжимающие напряжения перед лавой увеличились, до величины 9 МПа (рисунок 6), а после прохода лавы появились растягивающие напряжения, которые на расстоянии 1,5 м за линией очистного забоя выросли до значения 4 МПа.

После анализа эквивалентных напряжений в моделях с нагнетанием скрепляющих составов можно сделать вывод, что величины напряжений до линии очистного забоя отстающей лавы не превышают: растягивающие 3,4 МПа; сжимающие 9 МПа, что меньше предела прочности пород, и соответственно вывалообразования пород не будет. Причем выяснено, что при увеличении модуля упругости скрепляющих составов увеличиваются и эквивалентные напряжения.

По мере удаления от выработки на расстоянии от 0,2 м до 2,2 м, наблюдается тенденция смены растягивающих напряжений сжимающими, так на расстоянии 0,2 м от выработки все эквивалентные напряжения, до линии очистного забоя, принимают положительные значения, на расстоянии 1,2 м большая часть исследуемых напряжений уже отрицательная, т.е. сжимающие, ну а при 2,2 метровом удалении от выработки все эквивалентные напряжения становятся сжимающими.

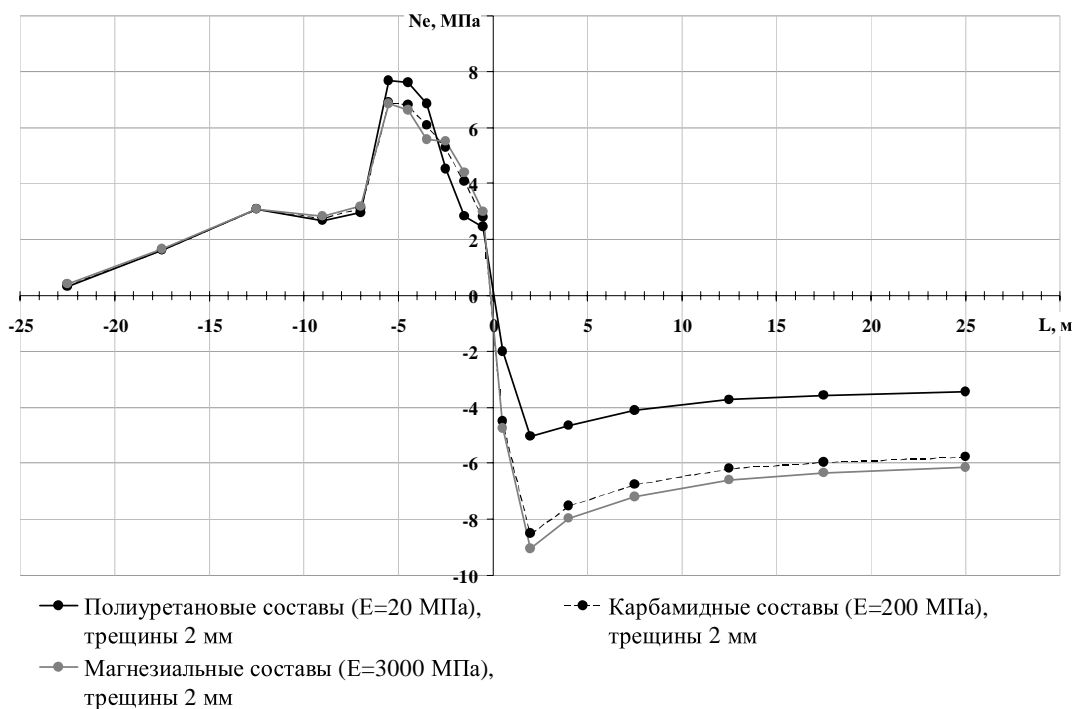


Рисунок 6 – График изменения эквивалентных напряжений в кровле, упрочненной скрепляющими составами, в зависимости от расстояния до лавы, и на расстоянии 2,2 м от выработки

В результате исследований установлено, что величина эквивалентных напряжений не зависит от ширины раскрытия не заполненной, связующими составами, трещины. При заполненных трещинах ширина раскрытия трещин влияет на величины напряжений следующим образом: при заполнителе трещин имитирующем пустоту ($E=1$ МПа) и полиуретановых заполнителях ($E=20$ МПа) величины напряжений моделей с 2 мм трещинами меньше, чем напряжения у моделей с 10 мм трещинами, а при карбамидных и магнезиальных заполнителях (200 МПа; 3000 МПа) уже наблюдается противоположная картина, т.е. у моделей с 2 мм трещинами величины напряжений больше, чем напряжения у моделей с 10 мм трещинами.

Из анализа моделей с анкерованием кровли видно, что величины эквивалентных растягивающих напряжений колеблются в пределах от 4,5 МПа, до 13,4 МПа, в зависимости от расстояния до выработки, а максимальные величины эквивалентных напряжений в моделях упрочненных нагнетанием скрепляющих составов составляют: растягивающие 3,4 МПа; сжимающие 9 МПа, что меньше напряжений при анкерование кровли. Таким образом, упрочненная составами кровля устойчива.

Для обоснования параметров технологии упрочнения скрепляющими составами необходимо изучить проницаемость, трещинную пустотность кровли вокруг повторно используемой выработки.

Influence of methods of consolidating of mountain breeds, and also sizes of opening of cracks, on the state of roof in neighbouring of interfaces of lavas with the repeatedly used making is explored, the graphs of change of equivalent tensions on length of making from influencing of lavas are built.

Исследовано влияние способов упрочнения горных пород, а также величины раскрытия трещин, на состояние кровли в окрестности сопряжений лав с повторно используемой выработкой, построены графики изменения эквивалентных напряжений по длине выработки от влияния лав.

Библиографический список.

1. Ткачев В.А. Комплексная оценка влияния горно-геологических и горнотехнических факторов на устойчивость подготовительных выработок / В.А. Ткачев, А.А. Хворост // Состояние и перспективы развития восточного Донбасса: в 2 ч. Сб. научн. тр. ЮРГТУ. – Новочеркасск, 2001. – Ч. 1. – С 78 – 107.

2. Касьян С.И. Исследование напряжено-деформированного состояния массива горных пород вокруг повторно используемой выработки / С.И. Касьян // Сборник научных трудов ДГМИ. – Алчевск, 2005. – Вып. 19. – С. 123 – 131.

3. Ренев А.А. Повышение устойчивости и надежности поддержания горных выработок с помощью анкерных крепей. / А.А. Ренев, С.А. Толмачев, Н.Б. Ковалёв // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых: Материалы конференции, посвященной 70-летию со дня рождения В.В. Егوشيной, Кемерово, 19 июля, 2001. Кемерово, 2001. – С. 31-34.

4. Черняк И.Л. Управление состоянием массива горных пород: учебн. для вузов / И.Л. Черняк, С.А. Ярунин. – М.: Недра, 1995. – 395 с.

5. Герасимов В.М. Технология упрочнения горных пород полиуретановыми смолами на шахтах Кузбасса / В.М. Герасимов, К.А. Зырянов, В.В. Синельников, Ю.А. Златицкая // Безопас. труда в пром-сти. – 2004. – № 5. – С. 17 – 19.