

УДК 622.285

МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ МОДЕЛИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ КРОВЛИ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Умрихина В.Ю., аспирант III год

Научный руководитель: Буялич Г.Д., д.т.н., проф.

Кузбасский государственный технический университет

имени Т.Ф. Горбачева

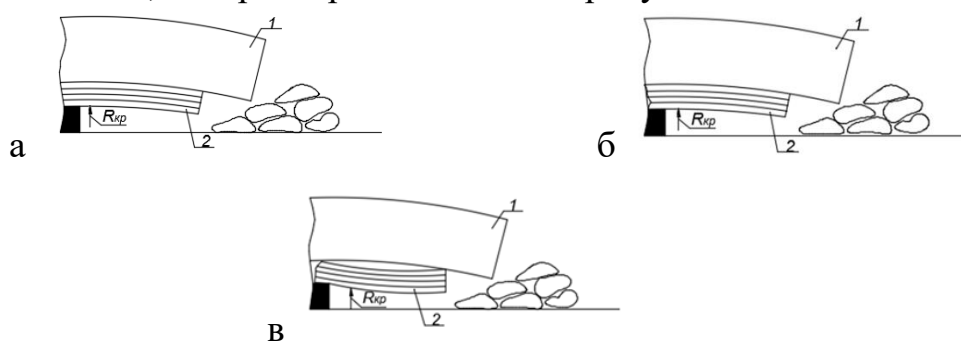
г. Кемерово

Выемка угольных пластов с тяжелыми кровлями и углом падения до 35° осложнена в периоды проявления осадок основной кровли. В большинстве таких случаев возникают аварийные ситуации в очистных забоях. Нередко возникают ситуации, в процессе которых происходят вторичные осадки основной кровли с динамическими проявлениями горного давления со стороны боковых пород [1–6].

Ранее в работах [7–12] динамические колебания блока кровли при ее обрушении были описаны неоднородным дифференциальным уравнением в частных производных четвертого порядка, произведены математические расчеты и получены результаты численного решения данного уравнения. Начальные подходы к исследованию методом конечных элементов были сделаны в работах [13–15].

В данной работе продолжено рассмотрение особенностей влияния параметров колебания кровли методом конечных элементов в момент перед хрупким обрушением кровли и после него.

Для непосредственной кровли при вторичных осадках выделяют три основных состояния, которые представлены на рисунке 1.

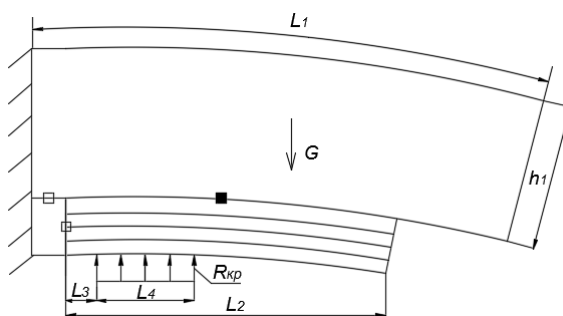


1 – основная кровля, 2 – непосредственная кровля, $R_{кр}$ – реакция (сопротивление) крепи

Рисунок 1 – Состояния непосредственной кровли при вторичных осадках: (а) упругое деформирование (перед хрупким разрушением), (б) образование трещины (в момент хрупкого разрушения $t = 0$), (в) динамическое взаимодействие с крепью – колебания кровли (после хрупкого разрушения)

Для описания состояния непосредственной кровли при вторичных осадках была построена модель методом конечных элементов, решение которой проводится в два этапа.

На первом этапе рассматривается схема перед хрупким разрушением непосредственной кровли, которая представлена на рисунке 2.



L_1 – длина основной кровли, м; L_2 – длина непосредственной кровли, м;
 L_3 – расстояние от забоя до козырька, м; L_4 – длина крепи, м;
 G – распределенная масса балки, кг/м и пригрузка от вышележащих пород, Н/м; R_{kp} – реакция крепи Н/м;
 ■ – контактная пара с учетом коэффициента трения; □ – контактная пара без трения

Рисунок 2 – Расчетная схема при распределенной нагрузке крепи (перед хрупким разрушением)

Основная кровля представлена в виде верхней балки, непосредственная кровля представляет собой нижнюю балку, состоящую из двух блоков. С левой стороны консольные балки жестко закреплены. На сопряжении основной кровли (верхнего блока) с непосредственной кровлей (нижний блок) для имитации их взаимодействия смоделирована контактная пара, при этом контактной поверхностью является нижний блок, а ответной верхний. Рассмотренная модель непосредственной кровли (нижний блок) перед хрупким разрушением, нагружена равномерно распределенной нагрузкой со стороны вышележащих пород и весом самой балки. С противоположной стороны на блок кровли действует реакция крепи в виде равномерно распределённой нагрузки, соответствующей рабочему сопротивлению. Полученная модель основной и непосредственной кровли в момент перед хрупким разрушением и график деформаций точки в месте приложения усилия крепи представлены на рисунке 3.

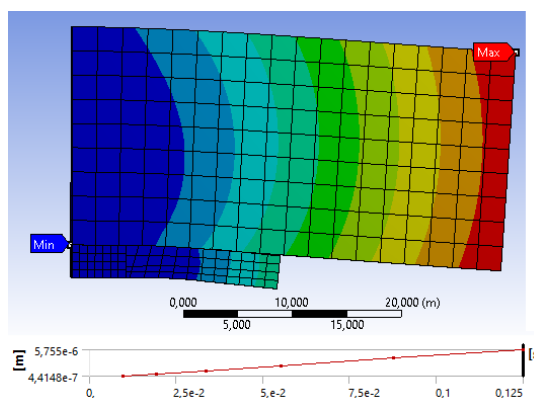
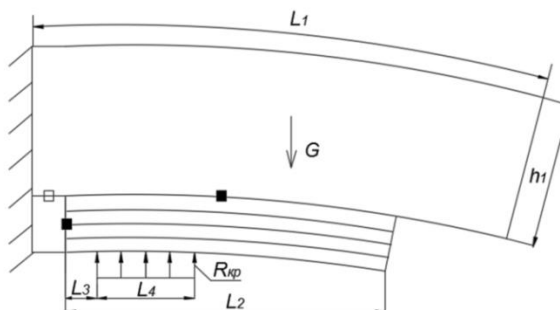


Рисунок 3 – Модель основной и непосредственной кровли в момент перед хрупким разрушением

На втором этапе была рассмотрена схема после хрупкого разрушения, которая представлена на рисунке 4.

Схема для второго этапа остается прежней, только исходными данными для решения теперь являются полученные результаты первого этапа, а также на сопряжении двух блоков непосредственной кровли для имитации хрупкого разрушения смоделирована контактная пара.



■ – контактная пара с учетом коэффициента трения; □ – контактная пара без трения.

Рисунок 4 – Расчетная схема при распределенной нагрузке крепи (после хрупкого разрушения)

Пример результата решения описанной модели разрушения непосредственной кровли после её хрупкого разрушения и график деформаций точки кровли в месте приложения усилия крепи представлены на рисунке 5, из которого видно, что воздействие на крепь очистной выработки со стороны кровли носит колебательный характер.

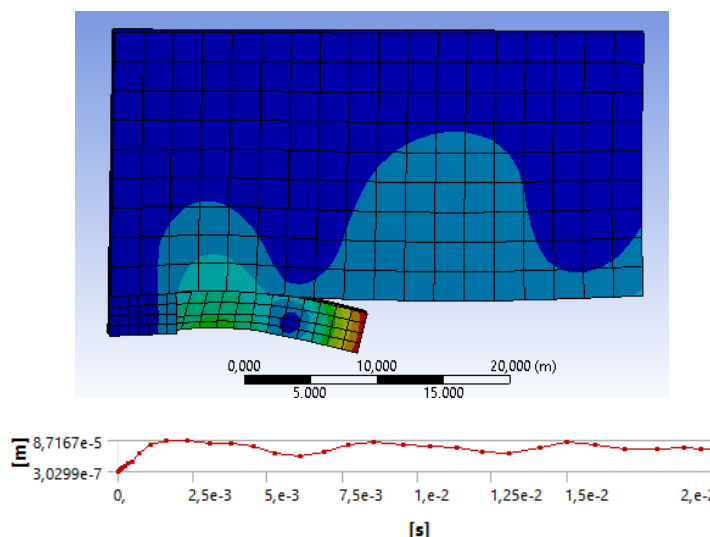


Рисунок 5 – Модель основной и непосредственной кровли после хрупкого разрушения

Описанная методика даёт возможность построить модель для оценки динамических колебаний блока кровли после хрупкого разрушения пород, которые могут возникнуть в процессе работы горных машин.

Список литературы:

1. Расширение технологических возможностей механизированных крепей / Александров Б. А., Коршунов А. Н., Шундулиди А. И., Буялич Г. Д., Леконцев Ю. М., Антонов Ю. А. – Кемерово : Изд-во Томского ун-та, Кузбас-свуиздат, 1991. – 372 с.
2. Качество взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами / Александров Б. А., Антонов Ю. А., Буялич Г. Д., Буялич К. Г., Шейкин В. И. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2009. – 121 с.
3. Буялич, Г. Д. Исследование работы предохранительного клапана ЭКП в период резких осадок кровли / Г. Д. Буялич, Ю. М. Леконцев, Б. А. Александров // Механизация горных работ : межвуз. сб. науч. тр. / Кузбас. политехн. ин-т. – Кемерово, 1978. – Вып. 2. – С. 49–55.
4. О направлении снижения напряженно-деформированного состояния призабойной зоны угольного пласта / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, В. И. Шейкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2011. – Отд. вып. 2 : Горное машиностроение. – С. 198–202.
5. Александров, Б. А. Влияние начального распора механизированной крепи на частоту и интенсивность резких осадок кровли / Б. А. Александров, Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2002. – № 6. – С. 21–22.
6. Буялич, Г. Д. Оценка характера взаимодействия крепи с труднообрушаемой кровлей // Совершенствование технологических процессов при разработке месторождений полезных ископаемых : сб. науч. тр. / Ассоциация «Кузбассуглетехнология». – Кемерово, 1995. – № 9. – С. 35–37.
7. Буялич Г.Д. Моделирование динамических колебаний блока кровли / Буялич Г.Д., Буялич К.Г., Умрихина В.Ю. // Инновации в технологиях и образовании : сб. ст. VII Между-нар. науч.-практ. конф., Белово, 28–29 марта 2014 г. В 4 ч. Ч. 1 / Филиал КузГТУ в г. Белово. – Белово, Велико Тырново : Изд-во филиала КузГТУ в г. Белово, изд-во ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия, 2014. – С. 115–119.
8. Буялич Г.Д. О форме динамических колебаний блока кровли при реакции крепи в виде сосредоточенной силы / Буялич Г.Д., Буялич К.Г., Умрихина В.Ю. // Перспективы инновационного развития угольных регионов России: сб.тр. IV Междунар. науч.-практ. конф., Прокопьевск, 4-5марта.2014 г. – Прокопьевск: изд-во филиала КузГТУ в г. Прокопьевске, 2014. – С.133–13
9. Calculation of fluctuations in secondary roof collapses / Buyalich G.D., Buyalich K.G., Umrikhina V.Y. // MINER'S WEEK – 2015 : Reports of the XXIII international scientific symposium. – 2015. – С. 520–525.
10. Буялич, Г.Д. О динамических колебаниях блока кровли при реакции крепи в виде распределенной нагрузки / Буялич Г.Д., Буялич К.Г., Умрихина В.Ю. // Энергетическая безопасность России. Новые подходы к развитию угольной промышленности : сб. тр. XVI Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 7–10 окт. 2014 г. [Электронный ресурс] – Кемерово : СО РАН, КемНЦ

СО РАН, ИУ СО РАН, Кузбас. гос. техн. ун-т, ООО КВК «Экспо-Сибирь», 2014. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – Загл. с этикетки диска. – ISBN 978-5-902305-42-2. – С. 108–110.

11. Буялич, Г.Д. Численное моделирование динамических колебаний кровли при ее обрушении / Буялич Г.Д., Буялич К.Г., Умрихина В.Ю. // Актуальные проблемы современного машиностроения : сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф., Юрга, 11–12 дек. 2014 г. / Юрг. технолог. ин-т. – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2014. – С. 199–202.

12. Буялич, Г.Д. Определение характера и величины воздействия колебаний кровли на крепь / Буялич Г.Д., Умрихина В.Ю. // Инновационные технологии и экономика в машиностроении : сб. тр. V Междунар. науч.-практ. конф., Юрга, 21–23 мая 2015 г. / Юрг. технолог. ин-т. – Томск : Изд-во Том. политехн. ун-та, 2015. – С. 441–444.

13. Буялич, Г. Д. Исследование параметров колебания кровли методом конечных элементов / Буялич Г.Д., Умрихина В.Ю. // Современная наука: проблемы и пути их решения : сб. материалов Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 10–12 дек. 2015 г. В 2-х т. Т. 1 / Западно-Сибирский научный центр. – Кемерово : КузГТУ, 2015. – С. 30–33.

14. Буялич, Г. Д. Параметры колебаний кровли при модальном анализе / Буялич Г.Д., Умрихина В.Ю. // Современные тенденции развития науки и производства: сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 21–22 янв. 2016 г. / Западно-Сибирский научный центр. – Кемерово : КузГТУ, 2016. – С. 17–19.

15. Буялич, Г. Д. Оценка динамических колебаний кровли / Буялич Г.Д., Буялич К.Г., Умрихина В.Ю. // Инновации в технологиях и образовании : сб. ст. VIII Между-нар. науч.-практ. конф., Белово, 5–6 марта 2015 г. В 5 ч. Ч. 1 / Филиал КузГТУ в г. Белово. – Белово, Велико Тырново : Изд-во филиала КузГТУ в г. Белово, изд-во ун-та «Св. Кирилла и Св. Мефодия, 2015. – С. 276–279.