

УДК 622

ОЦЕНКА ХАРАКТЕРА ДИНАМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ КРОВЛИ ПРИ ЕЕ ОБРУШЕНИИ

В.Ю. Умрихина, аспирант

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

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева
г. Кемерово

Аннотация: в статье приведены результаты общего решения неоднородного дифференциального уравнения динамических колебаний блока кровли, нагруженного реакцией крепи в виде распределённой нагрузки.

Ключевые слова: кровля, динамические колебания.

При отработке угольных пластов с труднообрушаемыми кровлями нередко происходит процесс хрупкого разрушения пород, который может сопровождаться динамическими проявлениями горного давления («резкие осадки кровли») со стороны боковых пород [1, 2]. В процессе воздействия боковых пород на металлоконструкции крепи, параметры колебания блока кровли (амплитуда, скорость, частота) варьируется в широких пределах и определяется силовыми параметрами крепи, а также мощностью и свойствами пород слоев непосредственной и основной кровель [2–5].

В работах [6–11] была предпринята попытка математического описания процесса динамического воздействия блока кровли на крепь после хрупкого разрушения пород. При этом реакция со стороны крепи на блок кровли была представлена в виде сосредоточенной силы. В работе сопротивление крепи на блок кровли было представлено в виде распределённой нагрузки.

Колебания блока кровли были описаны неоднородным дифференциальным уравнением в частных производных четвёртого порядка. Решение дифференциального уравнения было найдено численным методом в программе Maple

В данной работе с помощью программы Excel было найдено общее решение дифференциального уравнения для реакции со стороны крепи на блок кровли в виде распределённой нагрузки. Уравнение решалось по методу Фурье, в виде произведения двух независимых функций, одна из которых зависит только от x , а другая только от t .

Расчётная схема для описания колебательного процесса блока кровли представлена на рис.1 и рис.2.

На схемах изображена равномерная пригрузка со стороны вышележащих пород и прогибы y , соответствующие деформированному блоку в момент времени, предшествующий хрупкому разрушению. Со стороны крепи на блок действует распределённая трапецеидальная нагрузка, соответствующая сопротивлению крепи.

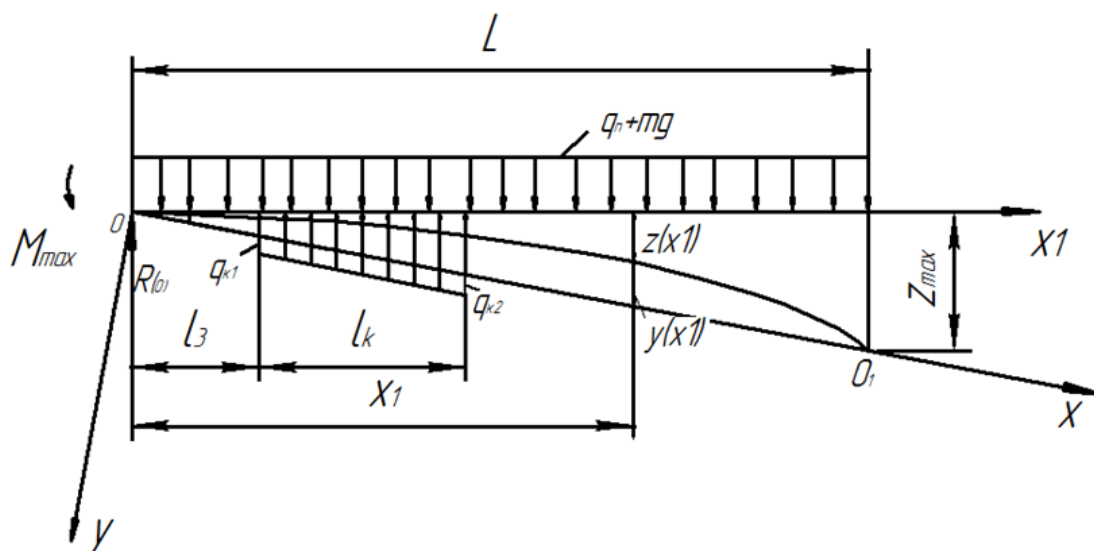


Рис. 1. Расчётная схема нагружения блока (кровли) перед его хрупким разрушением

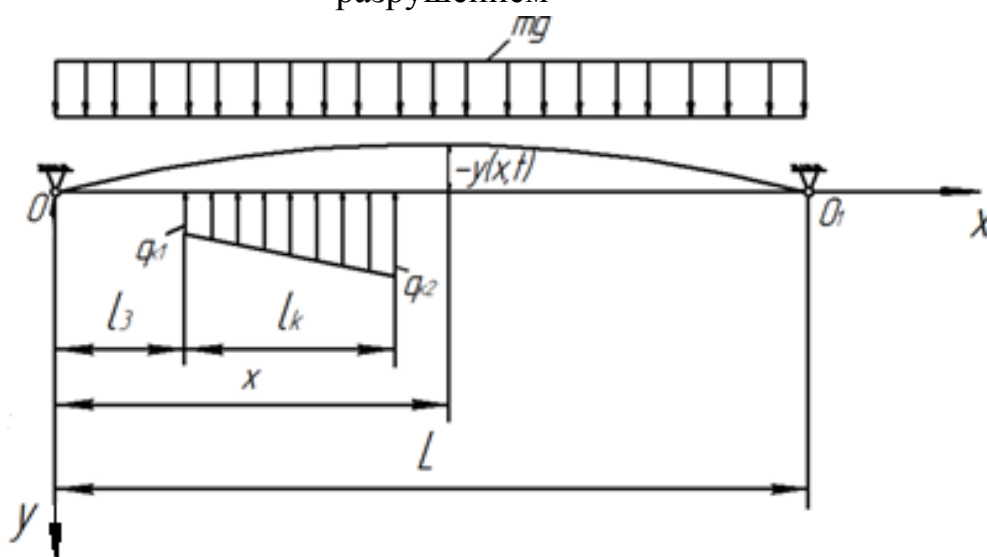


Рис. 2. Расчётная схема блока кровли после хрупкого разрушения

Обозначения на схемах (рис. 1 и 2):

где q_{k1} и q_{k2} – соответственно, величина распределённой нагрузки от секции крепи со стороны забойной и завальной концов перекрытия;

l_k – длина перекрытия секции крепи;

l_3 – расстояние от забоя до забойного конца перекрытия;

q_n – величина пригрузки со стороны вышележащих пород;

mg – величина пригрузки от веса блока;

M_{max} – максимальный изгибающий момент в заделке в момент времени, предшествующий хрупкому разрушению пород кровли;

$R_{(0)}$ – реакция в заделке в момент времени, предшествующий хрупкому разрушению пород кровли;

L – длина блока кровли;

z_{max} – максимальный прогиб блока кровли в момент времени, предшествующий хрупкому разрушению пород кровли;

$x1$ – направление оси для определения прогибов блока кровли в момент времени, предшествующий хрупкому разрушению пород кровли;

y и x – направление осей для определения параметров колебаний блока кровли в момент времени, после хрупкого разрушения пород кровли. Колебания блока кровли были описаны неоднородным дифференциальным уравнением в частных производных четвёртого порядка

$$\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} + \frac{E_0 J}{m} \cdot \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} = g$$

где $\partial^2 y / \partial t^2$ - вторая производная прогиба блока кровли по времени;

J - момент инерции поперечного сечения блока;

E_0 – модуль упругости первого рода пород кровли;

$\partial^4 y / \partial x^4$ - четвёртая производная прогиба блока кровли по его длине;

g - ускорение свободного падения;

m - распределённая масса блока кровли.

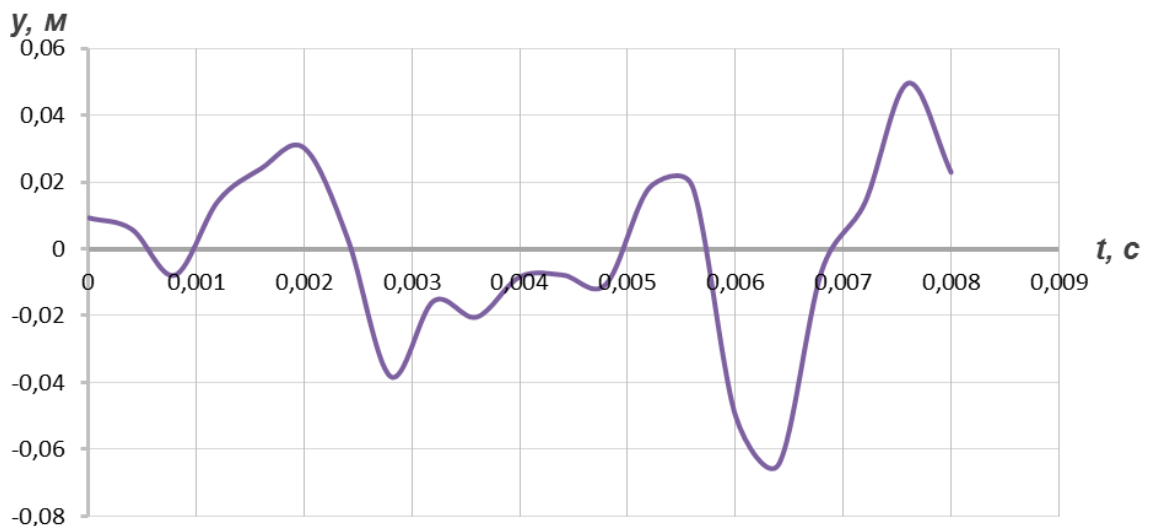


Рис. 3. Характер колебаний блока кровли над гидростойкой

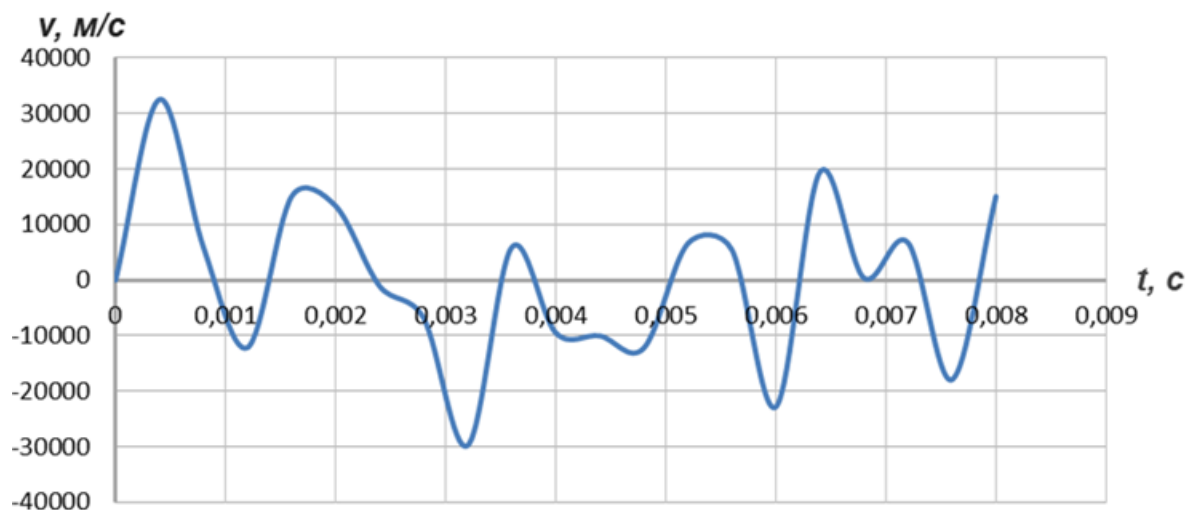


Рис. 4. Характер изменения скорости колебаний блока кровли над гидростойкой крепи

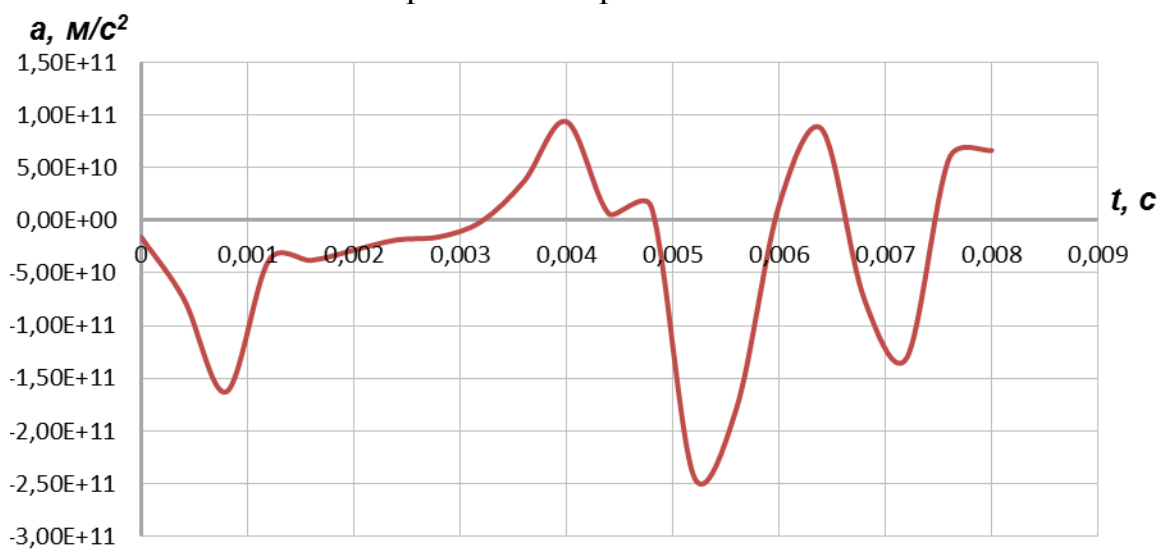


Рис. 5. Характер изменения ускорения колебаний блока кровли над гидростойкой крепи

Для значений мощности кровли $h=5$ м, модуля упругости $E_0=3 \cdot 10^{10}$ Па, реакции крепи $qk_1=3,3 \cdot 10^6$ Н/м, $qk_2=3,3 \cdot 10^6$ Н/м, длины перекрытия секции крепи $l_k=2,0$ м, расстояния от забоя до забойного конца перекрытия $l_3=0,5$ м по результатам расчётов получен характер колебаний и опускания кровли над гидростойкой после её хрупкого разрушения на рис. 3, а характер изменения скорости и ускорения опускания кровли в этой же точке – на рис. 4 и 5.

Анализ данных уравнений и графиков показывает, что в периоды интенсивных и весьма интенсивных осадок кровли крепь подвержена динамическому нагружению со стороны упругодеформированных пород, которое носит колебательный характер и зависит от параметров крепи, параметров обрушения и физико-механических свойств пород кровли, при этом период колебательного процесса по перемещению составляет порядка 0,01 с, а период изме-

нения скорости – порядка 0,0008 с.

Список литературы:

1. Механизм взаимодействия механизированных крепей с кровлями угольных пластов / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, В. И. Шейкин // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – Отд. вып. 3 : Горное машиностроение. – С. 122–125.
2. Буялич, Г. Д. Направления совершенствования механизированных крепей для отработки угольных пластов в сложных горно-геологических условиях // Горная техника : добыча, транспортировка и переработка полезных ископаемых : каталог-справочник. – СПб. : Славутич, 2007. – С. 10–16.
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. Буялич, Г. Д. Экспериментально-теоретическая оценка и обоснование параметров механизированных крепей для сложных горно-геологических условий пологих угольных пластов : автореф. ... док-ра техн. наук : 05.05.06 / Буялич Геннадий Даниилович. – Кемерово, 2004. – 32 с.
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. Математическая модель процесса динамического обрушения / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, К. Г. Буялич, М. В. Казанцев // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2012. – Отд. вып. 7 : Современные технологии на горнодобывающих предприятиях. – С. 233–237.
7. О модели динамического взаимодействия крепи с кровлей / Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, К. Г. Буялич, М. В. Казанцев, В. М. Римова // Природные и интеллектуальные ресурсы Сибири. Сибресурс 2012 : материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Кемерово, 1–2 нояб. 2012 г. В 2-х т. Т. 1 / КузГТУ. – Кемерово, 2012. – С. 149–153.
8. 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.
9. Особенности взаимодействия механизированных крепей с боковыми породами в сложных горно-геологических условиях пологих и наклонных пластов / Б. А. Александров, Г. Д. Буялич, Ю. А. Антонов, Ю. М. Леконцев, М. Г. Лупий. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2002. – 144 с.
10. Буялич, Г. Д. О форме динамических колебаний блока кровли при

реакции крепи в виде сосредоточенной силы / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // Перспективы инновационного развития угольных регионов России : сб. тр. IV Междунар. науч.-практ. конф. – Прокопьевск, 2014. – С. 133-134.

11. Буялич Г. Д. Моделирование динамических колебаний блока кровли / Г. Д. Буялич, К. Г. Буялич, В. Ю. Умрихина // 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.