

Как можно увидеть на рисунке 3а напряжения, возникающие при воздействии потока на стенку сопла малы, в связи с этим можно сделать вывод о том, что данное сопло будет оставаться работоспособным при большом количестве испытаний. Также из представленного на рисунке 3б поля распределений перемещений видно, что при максимальной скорости максимальное значение перемещений составило 0.55 мкм. Данное значение является допустимым для данной конструкции, а уровень возможных вибраций в конструкции не окажет существенного влияния на газодинамические характеристики вихревого кольца.

#### **Заключение**

В рамках данной статьи представлена разработанная авторами установка формирования вихревых колец, отличающаяся новой формой сопла. Проведены численные эксперименты. На первом этапе оценивалось влияние измененной формы сопла на газодинамические характеристики вихревого кольца. Было выявлено, что изменение формы соплового насадка влияет на:

а) начальный радиус (он становится больше, но при этом наблюдается снижение коэффициента скорости расширения кольца);

б) начальную скорость (обнаружено незначительное снижение начальной скорости вихревого кольца).

На втором этапе был проведен ряд вычислительных экспериментов в связанной постановке. Исследовалось влияние скорости поршня на напряженно деформированное состояние сменного соплового насадка. Анализ результатов показал, что величины главных напряжений и перемещений сравнительно малы, резонансных эффектов также не наблюдается.

*Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Правительства РФ по п. 220.*

Литература.

1. Kambe T. Acoustic emissions by vortex motions // J. Fluid Mech. – 1986, v.173, pp 643-666.
2. Ахметов Д.Г. Формирование и основные параметры вихревых колец // ПИМТФ. 2001. Т.42, № 5. С. 70-83.
3. Зайцев М.Ю., Копьев В.Ф. О смещении пика в спектре излучения вихревого кольца // Ученые записки ЦАГИ. – 1998. – Т. XXIX, № 3-4. – С. 83-91.
4. Храпцов И.В., Писарев П.В., Бульбович Р.В. О возможности численного моделирования формирования вихревых колец // Материалы XXIII Всероссийской школы-конференции молодых ученых и студентов «Математическое моделирование в естественных науках», г. Пермь, 1 – 4 октября 2014 г., С. 284-286.
5. Волков К.Н., Емельянов В.Н. Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 368 с.
6. Храпцов И.В., Писарев П.В., Пальчиковский В.В., Бульбович Р.В. Моделирование формирования и динамики вихревого кольца // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. – 2014. – № 39. – С. 127-144.
7. Лаврентьев М.А., Шабат Б.В. Проблемы гидродинамики и их математические модели. – М.: Наука, 1977. – 416 С.

#### **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ КОЛЕБАНИЙ КРОВЛИ ПРИ ЕЕ ОБРУШЕНИИ**

*Г.Д. Буялич\*, \*\*, д.т.н., проф., К.Г. Буялич\*, к.т.н., доц., В.Ю. Умрихина\*, аспирант*

*\* Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева  
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, тел. (3842)-39-69-40*

*\*\*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского*

*Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26*

*E-mail: gdb@kuzstu.ru*

При отработке угольных пластов с труднообрушаемыми кровлями нередко возникают ситуации, в процессе которых происходят вторичные осадки основной кровли с динамическими проявлениями горного давления со стороны боковых пород [1,2]. При этом скорость и величина воздействия блоков кровли на металлоконструкцию крепи варьируются в широких пределах и определяются 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 данной работе дано описание математического моделирования взаимодействия блока кровли с крепью, реакция которой представлена в виде распределённой нагрузки.

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

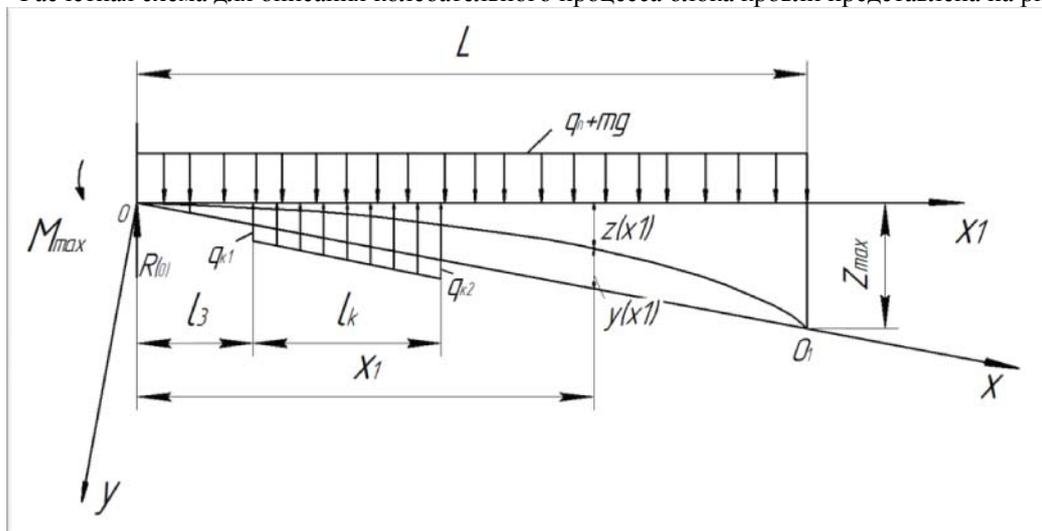


Рис. 1. Расчётная схема нагружения блока (кровли) перед его хрупким разрушением

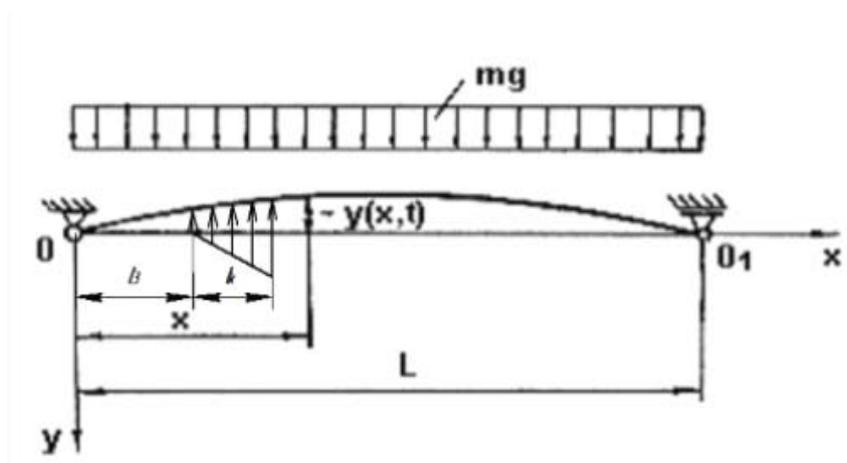


Рис. 2. Расчётная схема блока кровли после хрупкого разрушения

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.

Обозначения на схемах (рис. 1 и 2):

$q_{k1}$  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;

$x_l$  – 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 можно описать 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.

Решение данного дифференциального уравнения, найденное в общем виде по методу Фурье [4-6] для реакции крепи, представленной в виде сосредоточенной силы, показало, что в месте приложения реакции крепи перемещения пород кровли имеют ярко выраженный колебательный характер и определяются параметрами как крепи, так и кровли.

В данной работе приводится решение дифференциального уравнения численным методом при граничных и начальных условиях, соответствующих приведённым расчётным схемам с распределённой нагрузкой, приложенным усилиям и деформациям блока перед его хрупким разрушением.

По результатам расчётов получены амплитуды и формы колебаний блока кровли после его хрупкого разрушения в зависимости от физико-механических свойств пород, параметров кровли и параметров механизированной крепи.

Приведённый в работе метод позволяет по значениям параметров кровли и значениям параметров крепи определить форму колебаний и величину воздействия кровли на крепь очистной выработки.

Литература.

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 осадков 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-ратехн. 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 осадков 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.

### РАСЧЕТ МАНЖЕТНЫХ УПЛОТНЕНИЙ СИЛОВЫХ ГИДРОЦИЛИНДРОВ

*Г.Д. Буялич\*,\*\*, д.т.н., проф., К.Г. Буялич\*, к.т.н., доц.*

*\* Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева,  
650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28, тел. (3842)-39-69-40*

*\*\* Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета  
652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26  
E-mail:gdb@kuzstu.ru*

Герметичность силовых гидроцилиндров, к которым относятся гидродомкраты и гидростойки механизированных крепей, определяется величиной зазора между поршнем и рабочим цилиндром, а также работой манжетного уплотнения в этом зазоре.

В настоящей статье проведена сравнительная оценка работы трёх уплотнений, выполненных по ГОСТ 6678-72, ГОСТ 14896-84 и ГОСТ 6969-54, которые отличаются между собой формой и геометрическими размерами.

Оценка параметров работы уплотнения в уплотняемом зазоре производилась на осесимметричной параметрической конечно-элементной модели уплотнительного узла, исходными параметрами для которой являлись: геометрические размеры манжетного уплотнения и канавки поршня; уплотняемый зазор, свойства материалов, давление рабочей жидкости [1–2].

Разбиением модели манжетного уплотнения на конечные элементы производилось в соответствии с рекомендациями, изложенными в работах [3–6]. Пример разбиения на конечные элементы манжетного уплотнения по ГОСТ 6969-54 приведён на рис. 1, а.

В качестве рабочей жидкости была принята водо-масляная эмульсия, давление герметизации – 50 МПа. Поскольку манжетное уплотнение гидростоек изготавливается из малосжимаемого материала, то для описания его поведения наиболее подходит модель Муни-Ривлина с двумя параметрами [7].

В соответствии с моделью расчёт проводился в два этапа: на первом этапе моделировалось деформированное состояние манжетного уплотнения после сборки гидроцилиндра (рис. 1); на втором этапе – от воздействия рабочей жидкости в виде распределённой нагрузки на внутренние поверхности уплотнения (рис. 2 и 3) [8–10].

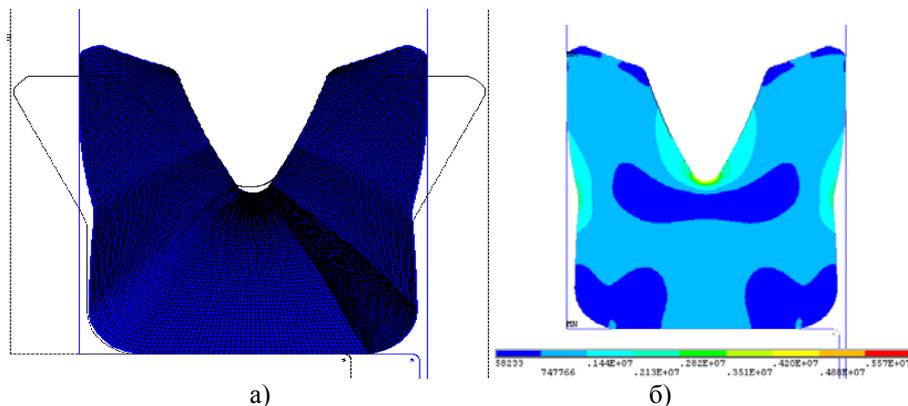


Рис. 1. Деформации (а) и распределение напряжений по Мизесу (б) в манжете по ГОСТ 6969-54 после сборки