

## МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ РОЛИКОВЫХ НАПРАВЛЯЮЩИХ СКИПОВ ДЛЯ СТВОЛОВ С НАРУШЕННОЙ ГЕОМЕТРИЕЙ

У статті розглянута задача визначення раціональних параметрів роликів напрямних для систем «скап - жорстке армування» стовбурів, що знаходяться в зоні зрушення гірських порід. Визначено параметри, що забезпечують зниження динамічних навантажень на провідники.

В статье рассмотрена задача определения рациональных параметров роликовых направляющих для систем «скап - жесткая армировка» стволов, которые находятся в зоне сдвижения горных пород. Определены параметры, обеспечивающие снижение динамических нагрузок на проводники.

The article considers the problem of rational parameters determination of roller directors for systems "skip - rigid reinforcement" of shafts, being in the zone of mining soil movement. The parameters, that ensure reduction of dynamic loads on the guides, are determined.

**Введение.** Исследования, посвященные определению рациональных параметров систем «сосуд – армировка», показали, что существуют два направления по снижению контактных динамических нагрузок на проводники в стволах с нарушенной геометрией: коррекция профилей проводников и изменение упруго-диссипативных параметров роликовых направляющих. Снижение скорости движения сосуда на искривленном участке для снижения динамических нагрузок является либо превентивной, либо крайней технологической мерой. Оно может применяться только в том случае, когда предыдущие решения исчерпали свои технические возможности или до проведения корректирующих технических мероприятий для перевода системы «сосуд – армировка» в более безопасное техническое состояние

**Материалы и результаты исследований.** Для определения степени влияния профилей проводников грузоподъемного отделения на динамические нагрузки в системе «сосуд – армировка» необходимо выполнить динамический расчет системы с использованием программного комплекса в системе SolidWorks – SolidMotion – SolidSimulation и какого-либо математического процессора, например, вычислительной системе MATHCAD [1, 2].

На этапе подготовки исходных данных для расчета выполняются в промышленных условиях на исследуемом подъеме аппаратурные измерения диаграммы рабочей скорости.

Кроме того, проводятся измерения лобовых отклонений проводников от вертикали в развертке по номерам ярусов и глубинным отметкам в стволе маркшейдерской аппаратурой СИ. Полученные данные синхронизируются в развертке по времени в цикле и сохраняются в табличных файлах в формате, совместимом с системой SolidMotion, отдельно для цикла спуска порожнего сосуда и отдельно для подъема груженого.

В лабораторных условиях методом испытания на метрологически аттестованном измерительном прессе определяются фактические жесткости роликовых направляющих

В системе SolidWorks – SolidSimulation на основании данных, взятых из паспорта ствола по конструкции ярусов армировки и сортаментам балок, рассчитываются лобовые опорные жесткости проводников.

В системе SolidMotion строится твердотельная модель системы «сосуд – армировка», в которой массы и размеры сосуда соответствуют фактическим значениям, определенным по паспорту ШПУ, опорные жесткости проводников берутся из результатов расчетов системе SolidWorks – SolidSimulation, опорные жесткости роликов берутся из результатов лабораторных испытаний.

Производится динамический расчет системы «сосуд – армировка», результатом которого являются выходные таблицы данных, содержащих лобовые перемещения сосуда, лобовые перемещения (с учетом динамических прогибов) проводников, контактные нагрузки на проводники по всем 4-м направляющим верхнего и нижнего поясов сосуда.

По результатам расчета строятся графики найденных параметров в развертке по времени цикла (рис. 1).

Из этих графиков определяются участки наибольших искривлений осей проводников (участок диаграммы скорости 60–80 с цикла подъема) и определяется уровень максимальных нагрузок на проводники (30–50 кН). Если уровень нагрузок превышает 10 кН, соответствующих безударному проектному режиму взаимодействия (например, участок диаграммы скорости 35–45 сек), то проводятся дальнейшие исследования, направленные на определения параметров минимально достаточной коррекции профилей проводников по критерию снижения контактных нагрузок до безударного уровня.

Для этого в системе SolidSimulation определяются собственные частоты колебаний сосуда (рис. 2) и спектральные характеристики возмущений со стороны проводников (рис. 3).

Проводится сопоставительный анализ значений собственных частот и частот возмущений со стороны проводников. В спектре проводников выделяются частоты, близкие к собственным частотам колебаний сосуда.

Для изменения амплитудно-частотной характеристики возмущений от проводников проводится построение серии сглаженных профилей с возрастанием коэффициента сглаживания (0 – 9) методом Гаусса:

$$U_{i,cp} = \frac{\sum_{j=1}^n Kgs\left(\frac{U_{i,x} - U_{j,x}}{b}\right) \cdot U_{j,y}}{\sum_{j=1}^n Kgs\left(\frac{U_{i,x} - U_{j,x}}{b}\right)}, \quad (1)$$

где окно Гаусса

$$Kgs(x) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi \cdot 0.37}} \cdot \exp\left(\frac{-x^2}{2 \cdot 0.37^2}\right), \quad (2)$$

$b$  = параметр сглаживания,  $U_{i,sp}$  – координаты сглаженного профиля проводника.

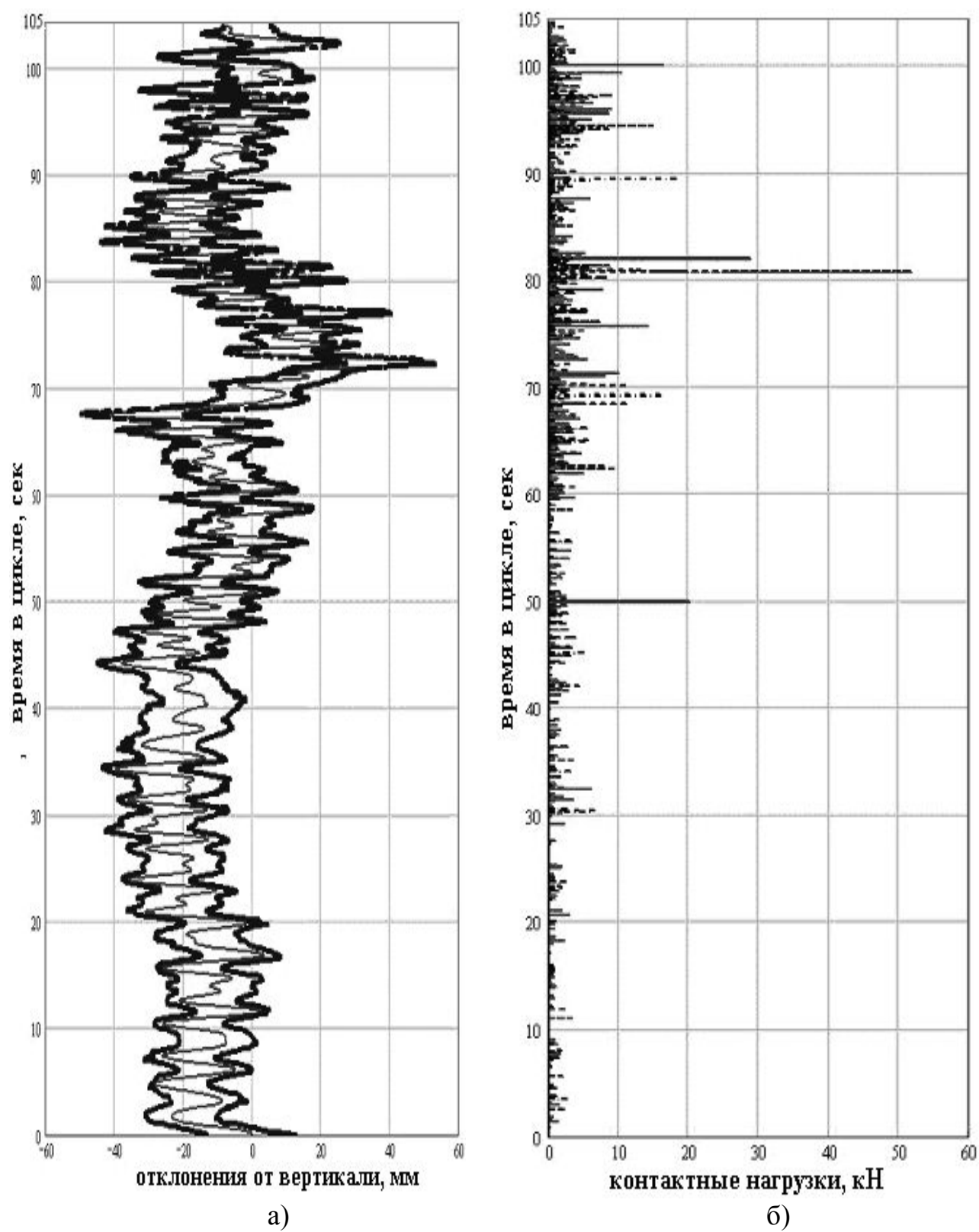
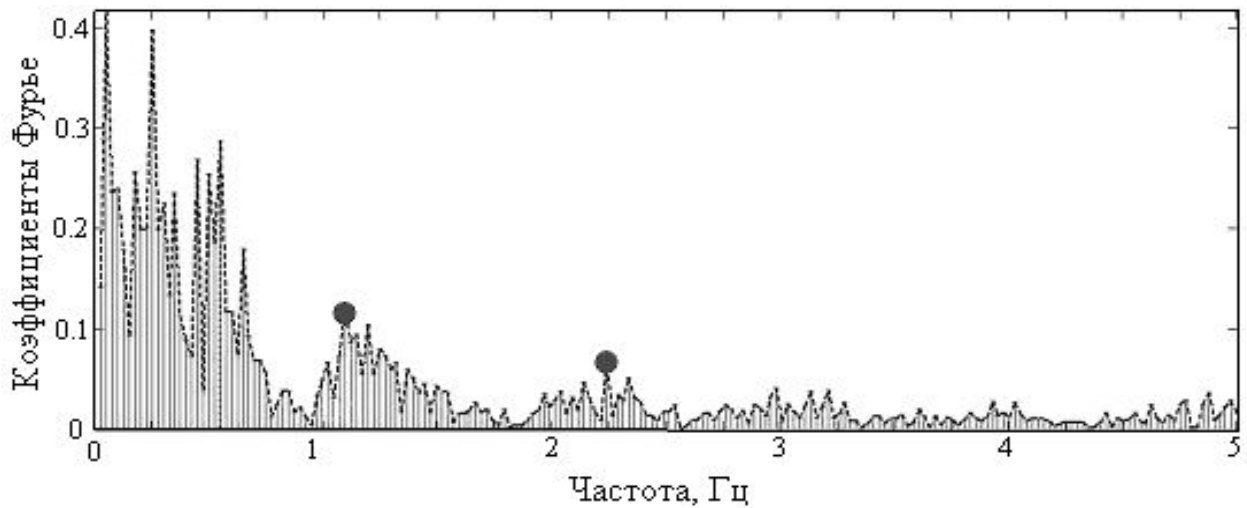


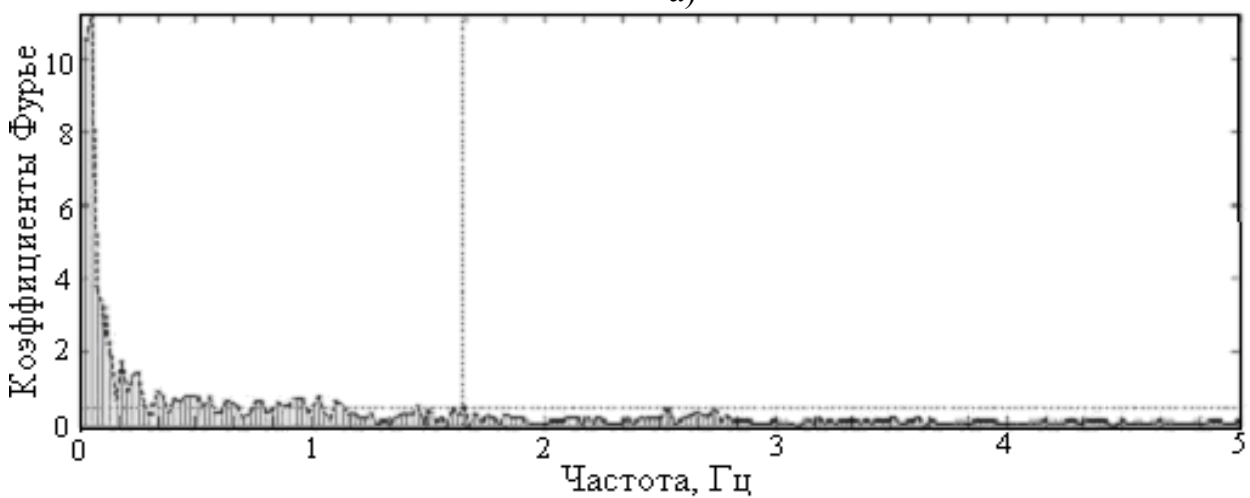
Рис. 1. Графики перемещений башмаков (а) и контактных нагрузок на проводники (б)



Рис. 2. Собственные частоты системы «скип – роликовые направляющие»:  
 1 – поступательная частота в лобовой плоскости; 2 – угловая частота в лобовой плоскости вокруг боковой оси инерции; 3 – поступательная частота в боковой плоскости; 4 – угловая частота в боковой плоскости вокруг лобовой оси инерции; 5 – угловая частота в боковой плоскости вокруг оси каната



а)



б)

Рис. 3. Спектр возмущений скипа проводниками: (а) по углу наклона его оси, (б) по его поступательному перемещению

Вычисляются отклонения каждого проводника на шаге армировки от вертикали для каждого яруса и сравниваются их значения с нормативным 10 мм.

Выбирается вариант сглаженного профиля, для которого отклонения на смежных ярусах по всему стволу будут меньше 10 мм, и проводится тестовый динамический расчет системы «сосуд – армировка» в модели движения сосуда по сглаженному профилю.

Если расчетные нагрузки не снижаются меньше 10 кН, то синтезируется более сглаженный профиль с коэффициентом сглаживания 7–9 и проводятся тестовые динамические расчеты. Если расчеты показывают, что снизить нагрузки до безударного режима невозможно из-за большой остаточной кривизны генеральных линий проводников в зоне сдвижения горных пород, то проводится проверка возможности снижения нагрузок за счет изменения упруго-диссипативных параметров роликовых направляющих.

Как показали исследования, для надежного гашения горизонтальных колебаний сосуда на участках ствола со сверхнормативными отклонениями профилей проводников от вертикали, произошедших из-за влияния сложных горно-технических условий, необходимо использовать роликовые направляющие, конструкция которых содержит пружинный (резиновый) блок для надежного центрирования башмаков относительно проводников с гарантированным кинематическим зазором и амортизатор с повышенной диссипативной характеристикой для максимального рассеивания энергии колебаний, возбуждаемых неровностями профилей проводников.

Для определения рациональных упруго-диссипативных параметров амортизатора необходимо выполнить тестовые динамические расчеты с вариацией жесткости роликовых направляющих и вариацией коэффициента их вязкого сопротивления (КВС). Затем, по полученным результатам расчетов строятся графики и определяются резонансные частоты системы.

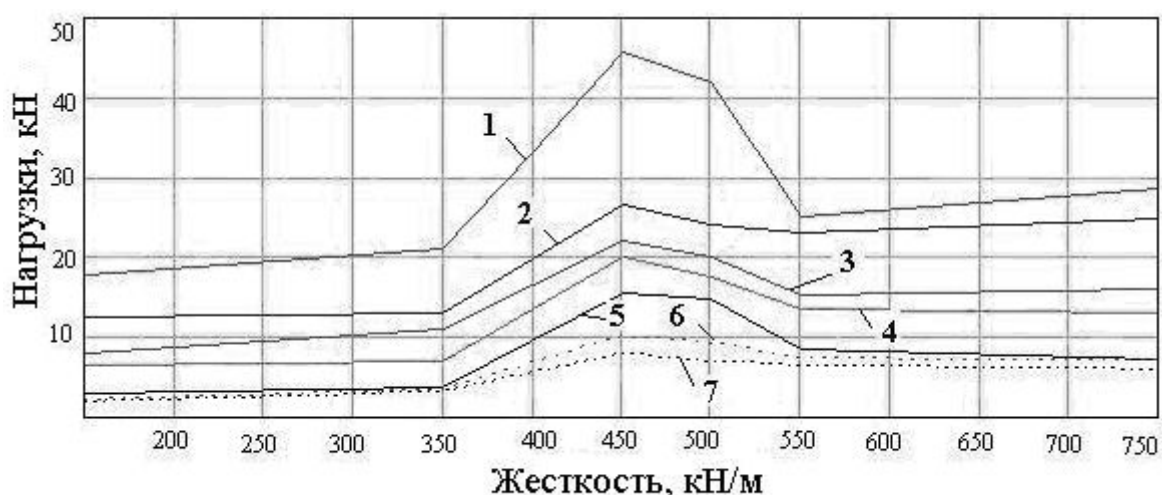


Рис. 4. Зависимость уровня динамических нагрузок на проводник от жесткости и параметров вязкого сопротивления направляющих:  
1 – КВС=0; 2 – КВС=60 Нс/мм; 3 – КВС=170 Нс/мм; 4 – КВС=400 Нс/мм;  
5 – КВС=600 Нс/мм; 6 – КВС=800 Нс/мм; 7 – КВС=1000 Нс/мм

Параметры жесткости направляющих выбираются по критерию работы системы в дорезонансном режиме (300–350 кН/м). После этого выбираются параметры диссипации, снижающие максимальные нагрузки до уровня ниже 10 кН (в примере на рис. 4 – это кривая 3, значение  $KBC=170$  Н/(м/с)).

С целью максимально возможной унификации конструкции и адаптации ее к существующему в эксплуатации оборудованию предлагается в качестве базовой использовать конструкцию универсальных направляющих с диаметром блока 250 мм, работающих на скипах собственной массой до 22 т. Эти направляющие имеют двухплечий рычаг, на одном конце которого крепится основной ролик, а другой упирается в пружинно-резиновый демпфер.

На рис. 5 приведена конструкция такой направляющей.



Рис. 5. Роликовая двухрычажная направляющая

В качестве базовой модели выбирается роликовая двухрычажная унифицированная направляющая с диаметром ролика 250 мм, применяющаяся на скиповых и клетевых подъемах ЗАО «Запорожский ЖРК» (рис. 5).

Проведенные расчеты показали, что в приведенных конструкциях рычажных направляющих длины плеч основных рычагов выбраны так, что рабочий ход и скорость перемещения штока в резино-пружинном демпфирующем блоке примерно в 2 раза меньше, чем на оси направляющего ролика. Это приводит к тому, что для обеспечения требуемой по проекту жесткости всей на-

правляющей, приведенной к точке взаимодействия ролика с проводником, жесткость опорного блока должна быть в 2 раза больше.

Активный участок рабочего хода штока демпфера, на котором ролик будет оказывать сопротивление сближению башмака сосуда с проводником, должен соответствовать максимальному кинематическому зазору между предохранительным башмаком и проводником, который согласно Правилам безопасности не может превышать 23 мм на сторону. Из этого следует, что активный участок рабочего хода штока упругого блока не должен превышает 12 – 13 мм (в качестве кинематического запаса можно ограничиться рабочим ходом до 30 – 40 мм).

В качестве основного предмета модернизации, с целью придания направляющей противоударных свойств в стволах с нарушенной геометрией, прием дополнения резинового демпфера специальным гидроамортизатором, установленным сбоку от пружинного блока на отдельной стойке. Это обеспечит условие максимальной приближенности скорости перемещения плунжера в корпусе к скорости относительного перемещения оси ролика на корпусе сосуда.

Рациональные диссипативные характеристики гидроамортизатора определены в результате динамических расчетов, представленных в работе [2]. Показано, что для профиля проводников, сглаженного до максимально достижимого уровня, рациональное значение жесткости рычажной направляющей может быть выбрано  $C=150$  кН/м, рациональные значения КВС, дающие технически приемлемые значения контактных нагрузок, лежат в области значений, превышающих 170 Нс/м. При этом практически безударный режим движения скипа обеспечивается при  $KBC=10000$  Нс/м.

**Выводы.** Предлагаемое техническое решение позволяет обеспечить значительное снижение контактных нагрузок на проводники при работе подъемов на повышенных скоростях в зонах сдвижения горных пород с сохранением требуемого уровня эксплуатационной безопасности.

#### Список литературы

1. Ильина С.С. Моделирование динамики системы «сосуд – армировка» в программном комплексе SolidWorks-SolidMotion-CosmosWorks / С.С. Ильина // Проблемы експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок. – Сб. наук. праць НДІГМ ім. М.М. Федорова. – Донецьк, 2010–2011. – №104-105. – С. 56 – 78.

2. Самуся В.И. Влияние параметров роликовых направляющих на контактные нагрузки в системе «сосуд – армировка» для шахтных стволов с нарушенной геометрией / В.И. Самуся, С.С.Ильина // Горное оборудование и электромеханика. Науч.-аналит. и производственный журнал. – Москва, 2012. – №1. – С. 8 – 13.

*Рекомендовано к публикации д.т.н. Самусей В.И.  
Поступила в редакцию 20.04.2012*