

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ДИНАМИЧЕСКОГО ГАСИТЕЛЯ КОЛЕБАНИЙ В СИСТЕМЕ «СОСУД-АРМИРОВКА»

¹Волошин А.И., ²Рубель А.А., ³Рубель А.В.

¹Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины, ²ГП «ОК«Укруглереструктуризация», ³Министерство энергетики и защиты окружающей среды Украины

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА КОНСТРУКЦІЙ ДИНАМІЧНОГО ГАСИТЕЛЯ КОЛІВАНЬ У СИСТЕМІ «ПОСУДИНА-АРМУВАННЯ»

¹Волошин О.І., ²Рубель А.О., ³Рубель О.В.

¹Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України, ²ДП «ОК«Укрвуглереструктуризація», ³Міністерство енергетики та захисту довкілля України

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF DESIGNS FOR DYNAMIC VIBRATION DAMPER IN THE SKIP-SHAFT EQUIPMENT SYSTEM

¹Voloshin A.I., ²Rubel A.A., ³Rubel O.V.

¹Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poyakov of National Academy of Sciences of Ukraine, ²SP «OK«Ukruglerustrukturizatsiya», ³Ministry of Energy and Environmental Protection of Ukraine

Аннотация. Вертикальные стволы горных предприятий относятся к основным выработкам шахты, срок эксплуатации которых рассчитан на весь срок службы шахты и на период ее вывода из эксплуатации. Для обеспечения направленного движения сосудов в стволе они оборудуются армировками различных типов. Жесткая армировка состоит из вертикальных проводников и горизонтальных расстрелов с шагом ярусов 4-5 м по глубине ствола и является надежной и долговечной. В работе исследованы различные конструкции армировок вертикальных стволов, проанализированы достоинства и их недостатки, определены пути их совершенствования и разработаны конструкции динамических гасителей колебаний для использования в системе «сосуд – армировка», разработаны конструкции на основе инерциальных маятниковых гасителей с резиновыми демпферами, оборудованными гидроцилиндрами (пневмоцилиндрами) для увеличения гашения колебаний. Исследование и внедрение данных конструкций динамических гасителей для жесткой, гибкой и канатно-профильной армировки позволит значительно снизить уровень динамической нагруженности в системе «сосуд – армировка» и позволит обеспечить: более высокую скорость движения и грузоподъемность подъемных сосудов; увеличение межремонтного срока эксплуатации армировки; снижение капитальных затрат при строительстве, вследствие уменьшения диаметра ствола (в сравнении с гибкой армировкой ствола); снижение трудоемкости обслуживания и ремонта; значительное снижение металлоемкости в сравнении с жесткой армировкой стволов; увеличение демпфирующих свойств армировки, за счет использования демпферов и гидроцилиндров; повышение уровня надежности и безопасности эксплуатации армировки ствола;

Разработка и внедрение конструкций динамических гасителей для подъемных сосудов, движущихся в канатно-профильных армировках, позволит обеспечить рост пропускной способности ствола и всего подъемного комплекса в целом.

Ключевые слова: шахтные вертикальные стволы, динамические гасители колебаний, канатно-профильные проводники, скипы, расстрелы, канаты.

Постановка проблемы.

Вертикальные стволы горных предприятий относятся к основным выработкам шахты, срок эксплуатации которых рассчитан на весь срок службы шахты и на период ее вывода из эксплуатации. Для обеспечения направленного движения сосудов в стволе они оборудуются армировками различных типов.

Жёсткая армировка состоит из вертикальных проводников и горизонтальных расстрелов с шагом ярусов 4-5 м по глубине ствола и является надёжной и долговечной, но имеет ряд существенных недостатков:

- значительные динамические нагрузки в системе «сосуд-армировка» при искривлении проводников;
- значительные объёмы работ по заделке расстрелов в крепь ствола при нарушении целостности боковых пород;
- высокое аэродинамическое сопротивление по глубине ствола;
- из-за загруженности сечения ствола возникают сложности при спуске негабаритных грузов в шахту;
- высокая трудоёмкость изготовления, монтажа и обслуживания элементов армировки.

Гибкая армировка также широко применяется в стволах и состоит из гибких проводников, выполненных стальными канатами; натяжение проводников осуществляется при помощи грузов, которые закрепляются внизу ствола (в зумпфе) или вверху (в копре) с помощью коушей; также необходимы отбойные канаты между смежными отделениями подъемных машин.

Гибкая армировка обладает следующими недостатками:

- требуется большее поперечное сечение ствола при тех же параметрах подъема, по сравнению с жесткой армировкой, на 600-700мм по диаметру ствола (минимальную величину проектного зазора между наиболее выступающими частями подъемного сосуда принимают 300 мм при глубине ствола до 800 м и 350 мм при глубине свыше 800 м) [1 п.2.2];
- малый срок службы канатных проводников (4 года);
- высокая стоимость канатов закрытой конструкции;
- высокий уровень горизонтального движения сосудов под действием сил кручения, возникающих при работе головных канатов, и действия аэродинамических сил при движении сосудов;
- невозможность ремонта отдельного отрезка канатного проводника;
- большое количество проводниковых и отбойных канатов в стволе;
- большая высота зумпфовой части ствола для крепления натяжных грузов и обслуживания прицепных устройств;
- наличие жесткой армировки на промежуточных горизонтах и в копре;
- потери рабочего времени, связанные с необходимостью частой замены канатных проводников ствола.

Существуют безрасстрельные армировки, в которых вместо расстрелов через все сечение ствола применяются консольные балки. Основной их недостаток – значительное увеличение металлоёмкости консоли и узлов крепления в стволе из-за передачи веса проводника на расстрел консольно.

Одной из проблем эксплуатации армировок ствола является эксцентриситет загрузки сосудов (смещение груза в сосуде) [8], приводящий к возникновению максимальных горизонтальных сил в режимах предохранительного торможения, рабочих режимах (разгона / замедления), в пределах, от 28 кН до 58кН при смещениях от 0 до 160 мм (см. рис. 1), [8 стр.103], которые

значительно превышают 10 кН, обусловленных неравномерным движением сосудов в проводниках, ввиду стандартных отклонений параметров армировки.

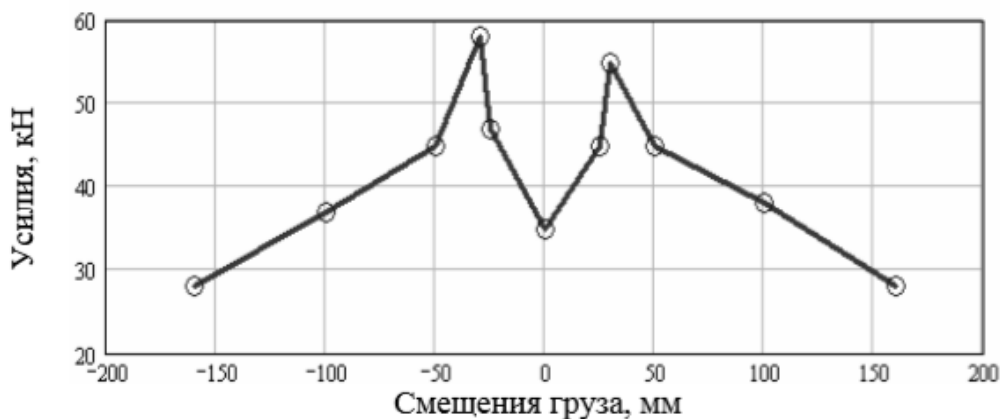


Рисунок 1 – График максимальных лобовых контактных усилий по всем четырем башмакам скипа

Для решения этой проблемы необходимо исследовать и найти конструктивные решения, которые позволили бы снизить максимальные нагрузки, возникающие под влиянием загрузки сосудов с эксцентриситетом, до безопасного уровня (5-10 кН [8]) в системе «сосуд-армировка».

Учитывая, что подъемный сосуд делает 300-400 циклов (подъема / спуска), а, в некоторых случаях, до 600 циклов в сутки, поэтому исследование и разработка конструкций динамических гасителей колебаний в системе «сосуд-армировка», является актуальной задачей, которая позволит значительно снизить влияние максимальных нагрузок на армировку, при загрузке сосуда с эксцентриситетом, и многих из выше перечисленных недостатков.

Цель исследований – в основу исследования положена задача – разработка наиболее оптимальных конструкций динамических гасителей колебаний (далее – ДГК) для систем «сосуд-армировка» с жесткими, гибкими, канатно-профильными проводниками ствола, внедрение которых позволит обеспечить:

- более высокую скорость движения и грузоподъемность подъемных сосудов;
- увеличение межремонтного срока эксплуатации армировки;
- снижение капитальных затрат вследствие уменьшения диаметра ствола (в сравнении с гибкой армировкой ствола);
- снижение трудоемкости обслуживания и ремонта;
- значительное снижение металлоемкости в сравнении с жесткой армировкой стволов;
- снижение уровня динамических колебаний в системе «сосуд-армировка»;
- увеличение демпфирующих свойств армировки за счет увеличения количества демпферов на консольных расстрелах, натяжных устройствах, и свойств канатов;
- снижение аэродинамического сопротивления ствола до уровня, сравнимого с гибкой армировкой ствола;

- повышение уровня надежности и безопасности эксплуатации армировки ствола;
- исключение необходимости применения отбойных канатов;
- снижение количества натяжных грузов в зумпфе;
- уменьшение высоты зумпфа, необходимого для разрешения натяжных грузов, площадок обслуживания, коушей крепления и прочего;
- применение более рациональных компоновок схем ярусов армировки, позволяющих использовать сосуды с большей грузоподъемностью в стволе;
- увеличение срока эксплуатации проводников до уровня жесткой армировки ствола.

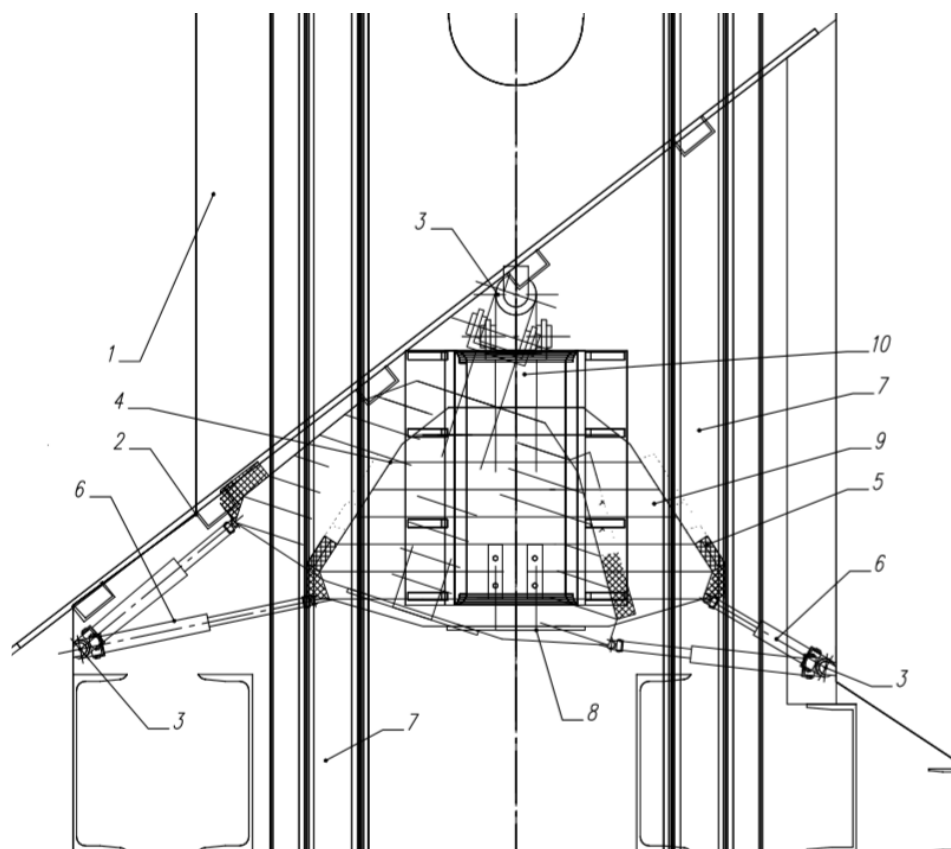
Материалы и результаты исследования.

При движении сосуда 1, по глубине ствола, в результате загрузки сосуда с эксцентриситетом (смещения груза) в искривленных проводниках возникает ударное взаимодействие с расстрелами (при движении в жесткой армировке ствола), что может привести к возникновению колебаний в системе «сосуд-армировка». При движении сосуда со смещением груза в гибкой армировке ствола из-за кручения канатов и высокого прогиба проводников возникают динамические нагрузки, приводящие к значительному кручению сосудов вокруг своей оси. При движении в канатно-профильной армировке сосудов со смещением груза высокая динамическая нагрузка приводит к возникновению колебаний на консольных расстрелах, при шаге между ярусами 60 м [6], которые быстро затухают, однако создают изгиб канатно-профильных проводников и увеличивают «карго пути», для решения этой проблемы разработана конструкция инерциального динамического гасителя колебаний.

Сосуд при движении воспринимает динамическую нагрузку от одного проводника 11 и частично передает его на противоположный, из которой часть колебаний воспринимает ДГК сосуда, который демпфирует колебания за счет движения инерционного груза 4, набранного пластинами 9 (состоящими из металла, и облицованными по краям резиной) в боковом, лобовом сечениях, и вращением вокруг своей оси. При незначительных колебаниях инерционного рычага 4 раскачивание его гасят пневмоцилиндры 6, которые расположены со всех сторон (в данной конструкции – с четырех), при значительных - к работе подключаются резиновые демпферы 5, выполненные в виде буквы «П», расположенные по краям инерционного груза, и дополнительно демпфирующие колебания о стойки 7 и наклонную поверхность секторного затвора 2. На рис. 2 пунктиром показано движение инерционного груза 4 в разных направлениях, пневмоцилиндры 6 дополнительно оснащены устройствами автоматического регулирования давления, которые позволяют дополнительно расширить диапазон демпфирования рабочих частот колебания сосуда, также в некоторых случаях для увеличения демпфирования на край устанавливаются по два пневмоцилиндра 6, что еще больше расширяет диапазон рабочих частот ДГК.

На рис. 2 изображен вид сбоку секторной разгрузки скипа 1СНТ 35-2, под наклонной поверхностью которой крепится тяга 10, закреплённая на

кардановом подвесе 3. На тягу 10, которая имеет ограничивающую раму крепления, надеваются наборные грузы в виде дисков 4, друг на друга с уменьшающейся площадью, образуя таким образом форму «груши», выполненную из металла.



1 – скип (1СНТ 35-2); 2 – наклонная поверхность секторного затвора сосуда; 3 – кардановый подвес; 4 – инерционный груз из наборных пластин; 5 – резиновые демпферы; 6 – пневмоцилиндры; 7 – ограничивающие вертикальные стойки; 8 – ограничивающая рама крепления грузов; 9 – пластины грузов; 10 – стержень крепления грузов

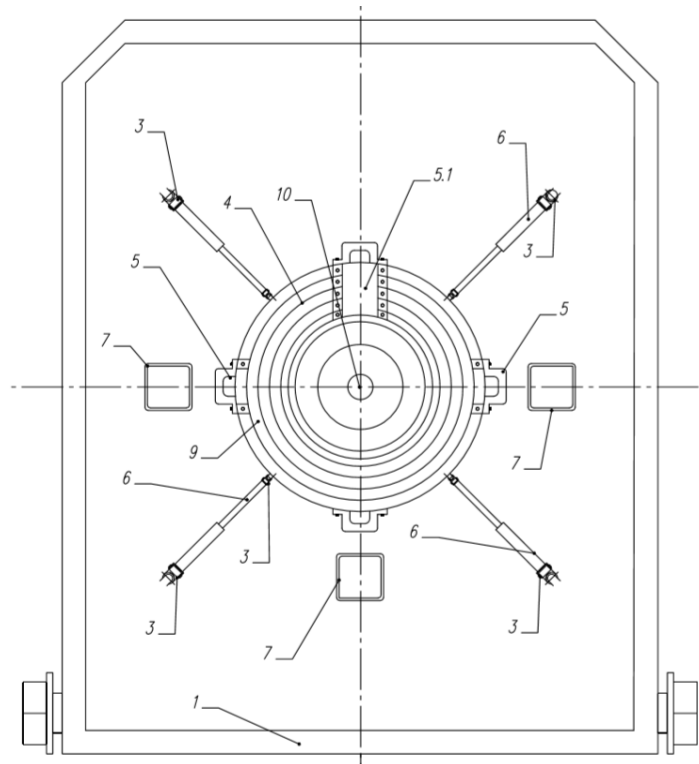
Рисунок 2 – ДГК сосуда. Вид сбоку

По бокам, снизу, с четырех сторон демпфирующего груза для гашения колебаний устанавливаются гидроцилиндры (или пневмоцилиндры) 6, которые крепятся одной стороной к конструкциям скипа 1 с помощью карданового подвеса, а с другой - к грузу 4 – это позволяет гасить колебания инерциального груза во всех направлениях и снижать уровень колебаний сосуда в лобовом, боковом направлениях и при кручении. По бокам инерциального груза 3 установлены дополнительные резиновые демпферы, которые начинают работать при соударениях с ограничивающими стойками 7 и конструкциями скипа, а при сильном раскачивании соударяются с наклонной поверхностью секторного затвора сосуда 2.

На рисунке 4 изображено сечение сосуда ниже наклонной поверхности секторного затвора сосуда 2 вид сверху, при этом все конструктивные элементы, а именно: 1 – скип (1СНТ 35-2); 3 – кардановый подвес; 4 –

инерционный груз из наборных пластин; 5 – резиновые демпферы; 5.1 – резиновый демпфер через весь груз; 6 – пневмоцилиндры; 7 – ограничивающие вертикальные стойки; 8 – ограничивающая рама крепления грузов; 9 – пластины грузов; 10 – стержень крепления грузов; 11 – проводник шахтного ствола полностью повторяет изображенный на рис. 2, 3. Принцип работы ДГК описан выше, резиновый демпфер 5.1 имеет большую площадь, чем демпферы 5, для большей площади соударения. Резиновые демпферы ДГК имеют П-образную форму для лучшего демпфирования колебаний.

На рисунках 2, 3, изображена конструкция ДГК на одном подвесе с инерционными грузами, набранными из металлических дисковых кругов, количество дисков, их диаметр и массу, длину подвеса подбирают, исходя из расчета границ собственной частоты колебаний подъемной системы (сосуда, головных канатов, подвесных канатов и их изменяющейся длины), скорости движения сосуда, для недопущения совпадения частот колебаний сосуда и армировки и возникновения резонансных колебаний в системе «сосуд-армировка».



1 – скуп (1СНТ 35-2); 3 – карданный подвес; 4 – инерционный груз из наборных пластин; 5 – резиновые демпферы; 5.1 – резиновый демпфер через весь груз; 6 – пневмоцилиндры; 7 – ограничивающие вертикальные стойки; 8 – ограничивающая рама крепления грузов; 9 – пластины грузов; 10 – стержень крепления грузов; 11 – проводник шахтного ствола

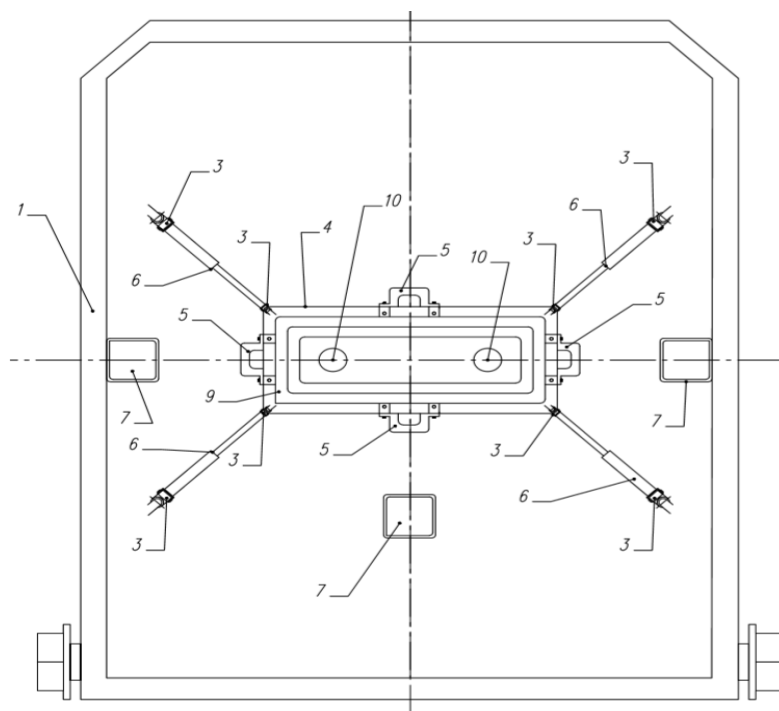
Рисунок 3 – Сечение сосуда. Вид сверху круглого ДГК

На рисунках 4 - 6 изображены конструкции ДГК на двух подвесах и имеющие прямоугольную форму инерционного груза, при этом количество инерционных пластин, и, соответственно, вес больше на рисунке 5, данная

конструкция позволяет расположить большую массу под секторной разгрузкой скипа и, следовательно, демпфировать значительно большие колебания (возникающие при загрузке сосуда со смещением груза и т.д), в остальном конструкция прямоугольных ДГК аналогична конструкции с грушевидными инерционными грузами.

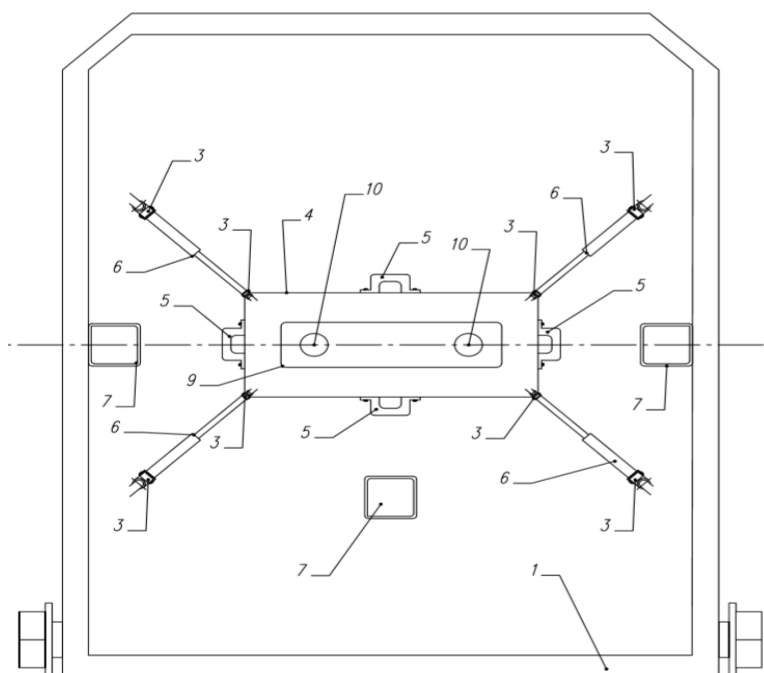
Работа ДГК в системе «сосуд-армировка» с канатно-профильными проводниками снижает излишние кинематические колебания проводников, в месте встречи сосудов в середине ствола. Также использование разработанных конструкций ДГК позволяет значительно снизить поворотные колебания сосудов, возникающих от кручения канатов, особенно для конструкций ДГК с прямоугольными инерционными грузами, которые имеют значительно больший момент инерции вокруг вертикальной оси скипа Z.

Система армировки с канатно-профильными проводниками [3, 4, 5] работает вместе консольными расстрелами [2, 7], которые конструктивно имеют резиновые демпферы в виде пластин с мягким металлом между ними, и снижают колебания как в лобовой, так и в боковой плоскости и ограничивают кинематические движения сосуда в стволе, динамический удар на консольном проводнике из-за карго пути крайне мал ввиду подвижности канатно-профильного проводника и демпфера на расстреле.



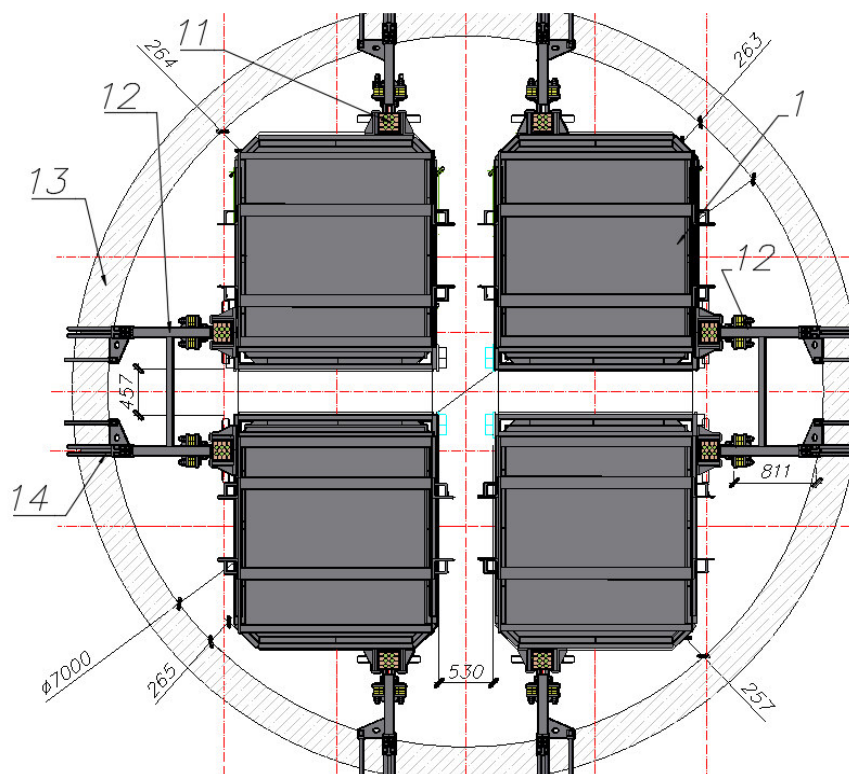
- 1 – скип (1СНТ 35-2); 2 – наклонная поверхность секторного затвора сосуда; 3 – карданный подвес; 4 – инерционный груз из наборных пластин; 5 – резиновые демпферы;
 5.1 – резиновый демпфер через весь груз; 6 – пневмоцилиндры; 7 – ограничивающие вертикальные стойки; 8 – ограничивающая рама крепления грузов; 9 – пластины грузов;
 10 – стержень крепления грузов; 11 – проводник шахтного ствола.

Рисунок 4 – Сечение сосуда. Вид сверху прямоугольного ДГК на двух подвесах



1 – скип (1СНТ 35-2); 2 – наклонная поверхность секторного затвора сосуда; 3 – карданный подвес; 4 – инерционный груз из наборных пластин; 5 – резиновые демпферы; 6 – пневмоцилиндры; 7 – ограничивающие вертикальные стойки; 8 – ограничивающая рама крепления грузов; 9 – пластины грузов; 10 – стержень крепления грузов

Рисунок 5 – Сечение сосуда. Вид сверху прямоугольного ДГК на двух подвесах



1 – скип 1СНТ 35-2; 11 – канатно-профильный проводник; 12 – консольно-демпфирующий расстрел; 13 – крепь ствола; 14 – анкерное крепление расстрелов

Рисунок 6 – Сечение вертикального шахтного ствола с 2-мя проводниками на сосуд

При возникновении аварийных горизонтальных нагрузок в системе «сосуд-армировка» в пределах 60-75кН [8] ДГК позволят быстро снизить колебания вместе с демпфированием канатно-профильными проводниками, консольными расстрелами и особым дискретным расположением шага армировки в месте встрече сосудов в середине ствола [6], позволят повысить уровень безопасной и надежной эксплуатации оборудования ствола и отказаться: - от применения отбойных канатов между смежными подъемными машинами; - и увеличения минимальных величин проектного зазора между наиболее выступающими частями подъемного сосуда, принимают согласно существующей методике расчета [1 п.2.2]: 300 мм при глубине ствола до 800 м и 350 мм при глубине свыше 800 м.

Разработка, исследование и внедрение конструкций ДГК в систему «сосуд-армировка» позволяет без повышения металлоёмкости армировки (таким путем решалась эта проблема ранее) значительно снизить уровень колебаний и вероятность возникновения резонанса при совпадении частот движущего сосуда и армировки.

Выводы.

Разработка и внедрение различных конструкций ДГК с канатно-профильными проводниками и консольно-демпфирующих расстрелов для вертикальных стволов, позволит преодолеть недостатки существующих армировок и позволить достигнуть:

- значительного снижения уровня динамических колебаний в системе «сосуд-армировка» как в лобовом, так и в боковом направлениях;
- увеличения межремонтного срока эксплуатации армировки;
- снижения капитальных затрат вследствие уменьшения диаметра ствола (в сравнении с гибкой армировкой ствола);
- снижения трудоемкости обслуживания и ремонта;
- значительного снижения металлоемкости в сравнении с жесткой армировкой стволов;
- снижения уровня динамических колебаний в системе «сосуд-армировка»;
- снижения аэродинамического сопротивления ствола до уровня, сравнимого с гибкой армировкой ствола;
- повышения уровня надежности и безопасности эксплуатации армировки ствола;
- исключения необходимости применения отбойных канатов;
- снижения количества натяжных грузов в зумпфе;
- уменьшения высоты зумпфа, необходимого для разрешения натяжных грузов, площадок обслуживания, коушей крепления и прочего;
- применения более рациональных компоновок схем ярусов армировки, позволяющих использовать сосуды с большей грузоподъемностью в стволе;
- увеличения срока эксплуатации проводников до уровня жесткой армировки ствола.

Разработка и внедрение конструкций динамических гасителей колебаний в системе «сосуд-армировка» позволит обеспечить рост уровня безопасной эксплуатации ствола и всего подъемного комплекса в целом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. «Нормы безопасности на проектирование и эксплуатацию канатных проводников многоканатных подъемных установок», утвержденных Минуглепромом СССР 09.08.89 и Госгортехнадзором СССР 22.02.82 и «Нормы безопасности на проектирование и эксплуатацию канатных проводников одноканатных подъемных установок» утвержденных Минуглепромом СССР 09.08.89 и Госгортехнадзором СССР 22.02.82, Макеевка - Донбасс: МакНИИ, 1982.
2. Волошин А.И., Рубель А.А., Рубель А.В. Консольно-демпфирующие расстрелы армировки вертикальных шахтных стволов // Геотехнічна механіка: міжвідомчий збірник наукових праць. Дніпропетровськ, 2016. Вип. 127 – С. 89-98.
3. Волошин А.И., Рубель А.А., Рубель А.В. Армвання вертикальних шахтних стволів і методи його вдосконалення // Геотехнічна механіка: Міжвідомчий збірник наукових праць. Дніпропетровськ, 2016. Вип. 126 С. 137-145.
4. Рубель А.О., Рубель А.В. Исследование и разработка оптимальных конструкций армировок ствола с канатно-профильными проводниками // Геотехнічна механіка: міжвідомчий збірник наукових праць. Дніпро, 2018. Вип. 139. С. 31-48.
5. Пат. 115478 Україна, (51) МПК E21D 7/00. Канатно-профільний провідник армування шахтного стовбура / А.О. Рубель (Україна) // Бюл. 2017. 21.
6. Пат. 110518 Україна, (51) МПК (2016.01) E21D 7/00. Дискретне армування стовбура. / А.О. Рубель (Україна) // Бюл. 2016. №19.
7. Пат. 110492 Україна, (51) МПК (2016.01), E21D 7/00. Консольно-демпфіруючий розстріл: / Рубель А.О. // Бюл. 2016. №19.
8. Ильин С.Р., Ильина С.С., Самуся В.И. Механика шахтного подъема: монография. Днепропетровск: Национальный горный университет, 2014. 247 с.

REFERENCES

1. "Safety Standards for the design and operation of cable conductors of multi-rope hoisting installations" approved by the USSR Ministry of Coal Industry on 09.08.89 and Gosgortekhnadzor of the USSR 02.22.82 and "Safety Standards for the design and operation of cable conductors of single-rope hoisting installations" approved by the USSR Ministry of Coal Industry on 09.08.89 and Gosgortekhnadzor USSR 02.22.82, Makeevka - Donbass: MakNII, 1982.
2. Voloshin A.I., Rubel A.A. and Rubel A.V. (2016), "Cantilever-damping executions of the reinforcement of vertical shaft shafts", *Geo-Technical Mechanics*, no. 127, pp. 89-98.
3. Voloshin A.I., Rubel A.A. and Rubel A.V. (2016), "Equipment for vertical mine shafts and methods for its smprovement", *Geo-Technical Mechanics*, no. 126, pp. 137-145.
4. Rubel A.O. and Rubel A.V. (2018), "Research and development of optimal designs of barrel reinforcements with cable-profile conductors", *Geo-Technical Mechanics*, no. 139, pp. 31-48.
<https://doi.org/10.15407/geotm2018.02.031>
5. Rubel A.O. (2017), *Kanatno-profilnyi providnyk armuvannya shakhtnogo stovburu* [Rope-profile arm of mine shaft] , Kyiv, Ukraine, Pat. 115478 Ukraine
- 6., Rubel A.O. (2016), *Discretne armuvannya stovbura*. [Discrete reinforcement of shaft], Kyiv, Ukraine, Pat. 110518 Ukraine
- 7., Rubel A.O. (2016), *Konsolno-dempfiruyuchy rozstril* [Cantilever-damping shooting], Kyiv, Ukraine, Pat. 110492 Ukraine
8. Ilyin S.R., Ilyina S.S. and Samusya V.I. (2014), *Mekhanika shakhtnogo podyeva: monografiya* [Mechanics of mine ascent: monograph], National Mining University, Dnepropetrovsk, UA.

Об авторах

Волошин Алексей Иванович, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент Национальной академии наук Украины, заместитель директора, Институт геотехнической механики им. Н.С. Полякова НАН Украины (ИГТМ НАН Украины), Днепр, Украина

Рубель Андрей Александрович, кандидат технических наук, главный энергетик, Государственное предприятие «Объединенная компания «Укруглереструктуризация», Киев, Украина, AORubel@gmail.com

Рубель Александр Васильевич, магистр, Министерство энергетики и защиты окружающей среды Украины, Киев, Украина

About the authors

Voloshyn Oleksii Ivanovych, Doctor of Technical Sciences (D.Sc.), Professor, Corresponding Member of the National Academy of Science of Ukraine, Deputy Director of the Institute of Geotechnical Mechanics named by N. Poyakov of National Academy of Sciences of Ukraine (IGTM NAS of Ukraine), Dnipro, Ukraine.

Rubel Andrii Oleksandrovych, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Chief Power Engineer, State Enterprise United Company Ukruglerestructuring, Kyiv, Ukraine, AORubel@gmail.com.

Rubel Oleksandr Vasylyovych, Master of Science, Ministry of Energy and Environmental Protection of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

Анотація. Вертикальні стовбури гірничих підприємств відносяться до основних виробок шахти, термін експлуатації яких розраховано на весь термін служби шахти і на період її виведення з експлуатації. Для забезпечення направленої руху судин в стовбурі вони обладнуються армуванням різних типів. Жорстке армування складається з вертикальних провідників і горизонтальних розстрілів з кроком ярусів 4-5 м по глибині стовбура і є надійним і довговічним. В роботі досліджені різні конструкції армування вертикальних стовбурів, проаналізовані переваги і їх недоліки, визначено шляхи їх вдосконалення, і розроблені конструкції динамічних гасителів коливань для використання в системі «посудина - армування», розроблені конструкції на основі інерційних маятникових гасителів з гумовими демпферами, обладнаних гідроциліндрами (пневмоциліндрами) для збільшення гасіння коливань. Дослідження і впровадження даних конструкцій динамічних гасителів для жорсткого, гнучкого і канатно-профільного армування дозволить значно знизити рівень динамічної завантаженості в системі «посудина - армування» і дозволить забезпечити: вищу швидкість руху і вантажопідйомність підйомних посудин; збільшення міжремонтного терміну експлуатації армування; зниження капітальних витрат при будівництві, внаслідок зменшення діаметра стовбура (в порівнянні з гнучким армуванням стовбура); зниження трудомісткості обслуговування і ремонту; значне зниження металоємності в порівнянні з жорстким армуванням стовбурів; збільшення демпфіруючих властивостей армування, за рахунок використання демпферів і гідроциліндрів; підвищення рівня надійності та безпеки експлуатації армування ствола. Розробка і впровадження конструкцій динамічних гасителів для підйомних посудин, що рухаються в канатно-профільних армування, дозволить забезпечити зростання пропускної здатності стовбура і всього підйомного комплексу в цілому.

Ключові слова: шахтні вертикальні стовбури, динамічні гасителі коливань, канатно-профільні провідники, скіпи, розстріли, канати.

Annotation. The vertical shafts of mine enterprises behave to the basic workings of mine, the term of exploitation of which is counted on all term of service of mine and on the period of its removal from exploitation. For providing of the directed motion of vessels in a shafts they equips by the equipment of different types. Hard equipment consists of vertical explorers and horizontal shooting with the step of tiers 4-5 m on the depth of shaft and is reliable and lasting. In the work, various designs of equipment for the vertical shaft were studied, their advantages and shortcomings were analyzed, ways of their improvement were determined, and designs of dynamic vibration dampers for use in the skip-shaft equipment system were developed, which are based on the inertial pendulum dampers with rubber shock absorbers equipped with hydraulic cylinders (pneumatic cylinders) for better vibration damping. Research and implementation of these designs of dynamic dampers for rigid, flexible and cable-profile shaft equipment will significantly reduce the level of dynamic loading in the skip-shaft equipment system and will provide: higher speed and better lifting capacity of the skips; longer overhaul life of the shaft equipment; reduced capital costs of the shaft construction due to the smaller diameter of the shaft (in comparison with flexible shaft equipment); easier maintenance and repair; a significantly less metal consumption in comparison with the rigid equipment of the shafts; better damping properties of the shaft equipment through the use of dampers and hydraulic cylinders; improved reliability and safety of the shaft equipment operation. The development and implementation of designs of dynamic dampers for lifting skips moving in the cable-profile shaft equipment will increase performance of the shaft and the entire hoisting complex as a whole.

Keywords: mine vertical shafts, dynamical vibration dampers, cable-profile guides, skips, buntions, ropes.

Стаття надійшла до редакції 12.01. 2020

Рекомендовано до друку чл.-кор. НАН України О.П. Круковським