



УДК 622.673.1

В. А. СОРОКИН, П. В. БУНЕЦКИЙ, Э. П. ГУЩИН (ОАО «Белгорхимпром»)

## ПОВЫШЕНИЕ СРОКА СЛУЖБЫ И БЕЗОПАСНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ШАХТНЫХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК НА РУДНИКАХ ОАО «БЕЛАРУСЬКАЛИЙ»



В. А. СОРОКИН,  
начальник отдела,  
канд. техн. наук



П. В. БУНЕЦКИЙ,  
ведущий инженер



Э. П. ГУЩИН,  
младший  
научный сотрудник

*Показаны пути повышения безопасности эксплуатации шахтных подъемных установок, эксплуатируемых в ОАО «Беларуськалий». Дано описание автоматической системы контроля армировки шахтных стволов и конструкции роликовых направляющих с полиуретановыми вкладышами для скипов высокой грузоподъемности.*

**Ключевые слова:** шахтная подъемная установка, методы неразрушающего контроля, контроль армировки шахтных стволов, роликовые направляющие.

На действующих рудниках ОАО «Беларуськалий» эксплуатируются шахтные подъемные установки (ШПУ), срок службы которых на данный момент составляет 28–49 лет. Парк клетевых и скиповых подъемных машин также значительно устарел и превысил установленный заводом-изготовителем срок эксплуатации. В целях обеспечения безопасности эксплуатации подъемных машин (ПМ) и другого оборудования (копровых шкивов,

подъемных сосудов, прицепных и подвесных устройств) с истекшим сроком службы на предприятии периодически проводятся проверки их технического состояния с применением методов неразрушающего контроля (НК). Обследование подъемных машин и других элементов ШПУ осуществляется специалистами лаборатории горношахтного оборудования и технической диагностики (ГШОиТД) отраслевого института ОАО «Белгорхимпром» по утвержденным методикам.

Лаборатория ГШОиТД оснащена необходимой современной аппаратурой и аккредитована для проведения технического диагностирования горношахтного оборудования различными методами НК: визуально-оптическим, ультразвуковым, вибродиагностическим. Специалисты лаборатории также выполняют исследования с применением вихретокового, магнитопорошкового, капиллярного методов контроля, а также метода магнитной памяти металла.

Надежность работы ШПУ определяется техническим состоянием всего оборудования подъема, в том числе и армировки шахтных стволов. В соответствии с требованиями нормативных документов по промышленной безопасности Республики Беларусь, периодически проводятся обследования состояния расстрельных армировок шахтных стволов рудников, в том числе и проверка геометрических параметров.

Наиболее показательным является опыт обследования армировки скипового ствола № 4 Четвертого рудоуправления ОАО «Беларуськалий». Армировка ствола — многорасстрельная и состоит из проводников и расстрелов коробчатого типа, сваренных из уголков, шаг армировки составляет 6 м. Над стволом в башенном копре высотой 120 м установлены две многоканатные подъемные установки ЦШ-5×8 и МК-5×4 со скипами грузоподъемностью 49 и 27 т соответственно; высота подъема сосудов составляет 892 и 875 м соответственно, рабочие эксплуатационные скорости сосудов — 7 м/с.

Износ проводников и расстрелов определяют с помощью методов визуально-оптического контроля и ультразвуковой толщинометрии. Рассчитанные по результатам фактических замеров геометрические характеристики проводников и расстрелов используют в расчетах технического состояния армировки по показателям устойчивости системы «сосуд–армировка»,



прочности и прогибу проводников и расстрелов. При этом нормативными документами рекомендуется, помимо выполнения измерений параметров армировки в статическом режиме, осуществлять непрерывный динамический контроль системы «подъемный сосуд–армировка» по всей глубине ствола или выборочно на отдельных его участках. Непрерывный динамический контроль осуществляется путем замеров горизонтальных перемещений или ускорений подъемного сосуда с целью определения нагрузок, возникающих при взаимодействии движущегося с рабочей скоростью подъемного сосуда с армировкой ствола

Для осуществления динамического контроля лабораторией ГШОИТД совместно с Институтом теплообмена НАН Беларуси была разработана, изготовлена и внедрена в ОАО «Беларуськалий» автоматическая система контроля армировки (АСКА1) (рис. 1).

Контроль технического состояния жесткой армировки с помощью АСКА1 осуществляется путем выполнения измерений в динамическом режиме (на скорости от 1 до 14 м/с) параметров системы «сосуд–армировка» (горизонтальных ускорений сосудов, ширины колеи между проводниками, зазоров между жесткими предохранительными направляющими сосудов и проводниками), определения координат проявления вышеуказанных параметров по высоте шахтного ствола с привязкой к ярусам расстрелов и подачи сигналов о превышении допустимых величин. Измерение параметров производится дистанционным способом (без механического контакта датчиков с проводниками или расстрелами армировки).

Система АСКА1 устанавливается на верхней или нижней площадке подъемного сосуда и работает следующим образом (см. рис. 1). Программируемый контроллер 1 управляет работой системы, принимает сигналы управления от внешнего компьютера типа Notebook промышленного исполнения по беспроводной связи или при непосредственном подключении компьютера к контроллеру, организует опрос подключенных к нему датчиков, прием сигналов от них, выполняет анализ, обработку, хранение и передачу обработанной информации, а также тестирование системы, контролирует напряжение аккумуляторных батарей, выдает сигналы в систему сигнализации. Контроллер с помощью кабелей с разъемами подключен к пульту управления и сигнализации 2 и кросс-блоку 3. Пульт управления и сигнализации 2 используется для включения/отключения системы, задания режимов работы системы, сигнализации об исправности/неисправности системы, о наличии питания, разрядке аккумуляторных батарей, превышении уровня допустимых значений горизонтальных ускорений сосудов и ширины колеи. Пульт управления и сигнализации подключен к контроллеру 1 и блоку аккумуляторных батарей 4, кросс-блок 3 — к контроллеру 1. Блок аккумуляторных батарей 4 питает систему током постоянного напряжения. Для контроля лобовых и боковых зазоров между вкладышами жестких предохранительных направляющих сосудов и направляющими проводниками 6 используются шесть индуктивных датчиков 5, которые монти-

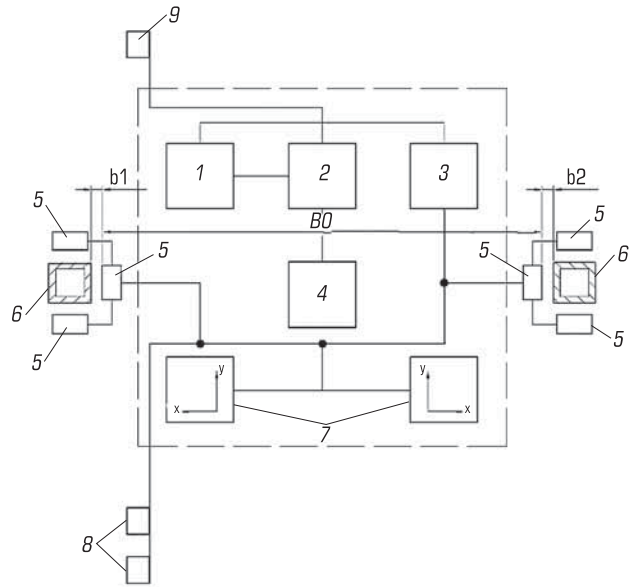


Рис. 1. Блок-схема системы АСКА1

руются на специальных кронштейнах, закрепленных на подъемном сосуде вокруг направляющих проводников 6 (по три у каждого). Информация, полученная от датчиков лобовых зазоров, используется также для определения ширины колеи  $B$  (мм) между проводниками по формуле  $B = B_0 + b_1 + b_2$ , где  $B_0$  — расстояние между торцовыми поверхностями индуктивных датчиков, мм;  $b_1, b_2$  — измеренные индуктивными датчиками расстояния, мм.

Датчики ускорений 7, устанавливаемые на уровне верхних и нижних жестких предохранительных направляющих сосудов, измеряют горизонтальные лобовые  $X$  и боковые  $Y$  ускорения сосудов. Измерительный элемент датчика реализован на ми-

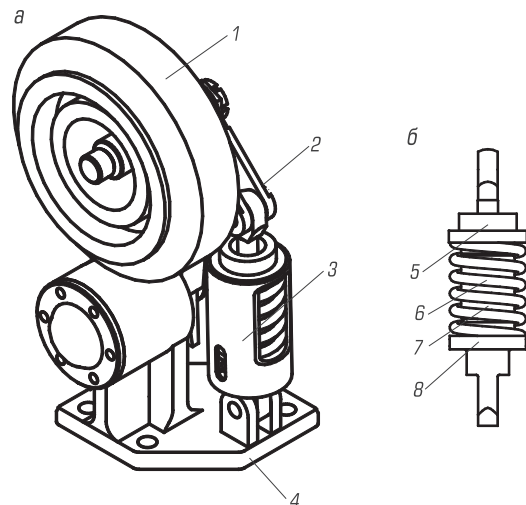
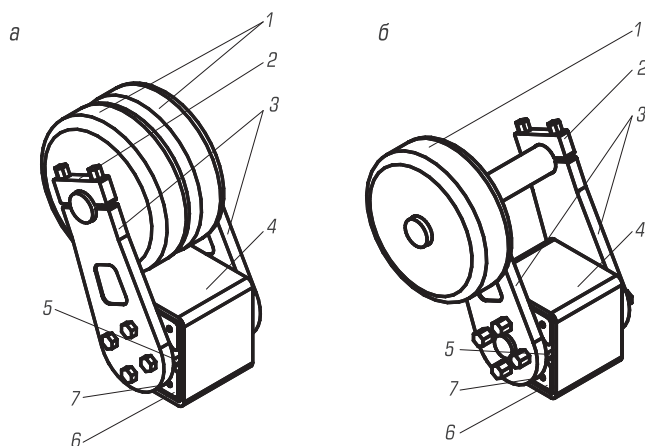


Рис. 2. Роликовая направляющая скипа СММ в сборе (а) и конструкция амортизатора (б)



**Рис. 3. Роликовая направляющая нового типа для лобового (а) и бокового (б) направлений**

кросхеме с конденсатором, меняющей свою емкость в зависимости от уровня ускорения. Одна микросхема каждого датчика позволяет одновременно измерять лобовые и боковые ускорения. Организацию счета расстрелов в прямом и обратном направлениях осуществляют два световых инфракрасных датчика 8 с регулируемой дальностью действия. Световые датчики монтируются на специальном кронштейне, установленном на подъемном сосуде. Магнитный датчик 9 используется для программного обнуления счетчика расстрелов 8 и подачи команды на запись в электронную память контроллера 1. Элемент магнитного датчика 9 с герконным контактом монтируется на подъемном сосуде, а магнит — на расстреле в верхней части шахтного ствола на уровне разгрузки подъемного сосуда.

В ОАО «Беларускалий» АСАК1 смонтирована на нижней площадке скипа СНМ-35. По результатам измерений, выполненных с помощью АСАК1, установлено:

- при движении скипа на рабочей скорости имеют место повышенные значения усилий (удары) со стороны жестких направляющих скипа по проводникам армировки; за цикл спуска-подъема сосуда таких ударов при исправных роликовых направляющих обычно не более 10, при неисправности хотя бы одной роликовой направляющей число ударов может достигать 50 и более;
- большинство ударов носит непостоянный, случайный характер;
- значения некоторых усилий на армировку превышают значения для материала проводников по пределу текучести (для случая приложения усилия посередине проводника между ярусами армировки); расчет усилий выполнялся по величинам измеренных горизонтальных ускорений скипа в лобовом и боковом направлениях;
- основными причинами возникновения повышенных усилий на армировку при исправных рабочих роликовых направляющих является сужение колеи между проводниками выше норматив-

ного значения и резкое изменение профиля проводников между соседними ярусами армировки;

- применяемые на скипах упругие роликовые направляющие демпфируют усилия (без ударов жестких предохранительных башмаков по проводникам) на уровне не более 5 кН.

Кроме того, определены места приложения повышенных нагрузок на армировку с привязкой к ярусам расстрелов по высоте ствола.

На основании полученных результатов измерений были разработаны рекомендации по регулировке профилей проводников и перехода на более высокую рабочую скорость движения скипов, а также принято решение о разработке упругих роликовых направляющих новой конструкции, позволяющих демпфировать нагрузки более 5 кН.

Вид ранее применяемой роликовой направляющей с узлом пружинного амортизатора представлен на рис. 2. Роликовая направляющая данной конструкции применяется для восприятия как лобовых, так и боковых усилий. Ролик 1 вращается на оси, жестко посаженной на рычаг 2. Рычаг подрессорен пружинным амортизатором 3, основными элементами которого являются пружина 6 и буфер 7. Пружина зажимается в корпусе с двух сторон обоймами 5 и 8, причем верхняя обойма связана с рычагом регулировочным винтом и является подвижной, нижняя обойма — неподвижная и опирается на опорную пластину 4. Ролик состоит из металлического обода, на который напрессовывается полиуретановый бандаж, предназначенный для предотвращения проскальзывания ролика о проводник.

Основным гасителем ударов в конструкции роликовой направляющей является пружинный амортизатор с резиновым буфером. Работает амортизатор таким образом, что нагрузку вначале воспринимает пружина, а при определенном ее сжатии в работу вступает резиновый буфер, установленный внутри пружины.

Специалисты лаборатории ГШОиТД разработали роликовые направляющие нового типа (рис. 3), отличительной особенностью конструкции которых является ширина рабочей поверхности роликов и места их расположения на оси: ширина 180 мм и симметричное расположение между рычагами для направляющей, работающей в лобовом направлении; ширина 100 мм и консольное расположение для направляющей, работающей в боковом направлении.

Каждая направляющая состоит из ролика 1, вращающегося на оси рычажной системы 3, съемной крышки рычага 2, амортизационного модуля, включающего корпус 4, внутреннюю ось квадратного сечения 5 и четыре полиуретановых вкладыша 6 (для каждой направляющей). В каждый полиуретановый вкладыш вставлен металлический стержень 7. Съемная крышка рычага предусмотрена для быстрого монтажа-демонтажа ролика при предельном износе бандажа.


Нагрузка, возникающая в системе «сосуд–жесткая армировка», передается через ролик и рычажную систему на амортизационный модуль, где полиуретановые вкладыши ее воспринимают и гасят. Материал и геометрические размеры по-



лиуретановых вкладышей подобраны таким образом, чтобы сохранять в течение долгого времени работы свои упругие свойства.

Результаты стендовых испытаний показали, что роликовые направляющие нового типа воспринимают нагрузки до 25 кН.

Опытная партия новых роликовых направляющих была установлена на скипе типа СНМ-35. Промышленные испытания в течение одного года подтвердили их высокие эксплуатационные показатели. Выполненные с помощью АСКА1 измерения показали снижение повышенных усилий на армировку со стороны скипов при прочих равных условиях в среднем на 30 % (по сравнению с применением на скипе роликовых направляющих с пружинными амортизаторами).

В заключение следует отметить, что на рудниках ОАО «Беларуськалий» действует эффективная система определения фактического технического состояния оборудования шахтного подъема после истечения срока службы, установленного заводом-изготовителем. Для объективного определения технического состояния применяются и разрабатываются новые средства неразрушающего контроля, позволяющие продлевать срок безопасной эксплуатации изношенного оборудования. 

*Сорокин Виктор Андреевич,*

*e-mail: lgso@rambler.ru*

*Бунецкий Павел Владимирович,*

*Гушчин Эдуард Петрович:*

*тел.: +375 (17) 334-71-84*

---

#### INCREASING OF SERVICE LIFE AND EXPLOITATION SAFETY OF SHAFT HOISTING PLANTS AT MINES OF «BELARUSKALI» JSC

**Sorokin V. A.**<sup>1</sup>, Head of Department, Candidate of Engineering Sciences, e-mail: lgso@rambler.ru

**Bunetskiy P. V.**<sup>1</sup>, Leading Engineer

**Gushchin E. P.**<sup>1</sup>, Junior Researcher

<sup>1</sup> «Belgorkhimprom» JSC (Minsk, Republic of Belarus)

For the purpose of provision of safety of exploitation of hoist engines and other equipment (head blocks, cages, rope grips and suspension gears) with past service life, the tests of their operating conditions with application of nondestructive control methods are periodically carried out at «Belaruskali» JSC. According to approved methodologies, specialists of laboratory of mining equipment and diagnostic engineering of the sectoral research institute of «Belgorkhimprom» JSC have realized the research of hoist engines and other elements of mine hoisting plants.

For the purpose of realization of dynamic control, the automatic monitoring system of equipment was developed, created and implemented at «Belaruskali» JSC by laboratory of mining equipment and diagnostic engineering together with A.V. Luikov Heat and Mass Transfer Institute of the National Academy of Sciences of Belarus.

Specialists of laboratory of mining equipment and diagnostic engineering have developed the new type of rolling element guideways, which design peculiarity is width of work surface of rollers and their placing on axis. Results of bench tests have shown that new type of rolling element guideways takes the loads to 25 kN.

The pilot batch of new rolling element guideways was installed on the CHM-35 skip. During one year, industrial testings confirmed high exploitation indices of these guideways. The measurements, which were carried out with automatic monitoring system of equipment, have shown the decreasing of increased efforts on reinforcement from the skips' side (other conditions being equal) by 30% in average (in comparison with application of rolling element guideways with spring bumpers on skip).

**Key words:** shaft hoisting plant, nondestructive inspection method, control of shafts' equipping, rolling element guideways.

---