

Оценка необходимости реконструкции вертикальных стволов по фактору критических отклонений проводников от вертикали

А.Ю. Прокопов, М.В. Прокопова

Вертикальные стволы шахт и рудников являются основными вскрывающими выработками, от надежности и безопасности эксплуатации которых во многом зависит объем выдаваемого полезного ископаемого и технико-экономические показатели работы горнодобывающего предприятия в целом. Поэтому для безаварийной эксплуатации клетевых и скиповых подъемов необходим постоянный мониторинг технического состояния крепи и армировки вертикального ствола.

Экспериментальными и аналитическими исследованиями [1 – 3] установлено, что при движении по стволу подъемных сосудов возникает комплекс нагрузок и воздействий на элементы армировки и крепь, которые могут многократно увеличиваться в процессе эксплуатации вследствие увеличения отклонений проводников и расстрелов от проектного положения.

Технологии армирования вертикальных стволов не позволяют избежать стадии монтажа расстрелов и проводников их отклонений проектного положения, при этом максимально допустимые значения отклонений проводников по вертикали и расстрелов в ярусе регламентируются нормативными документами [4 – 6]. Согласно этим материалам, расчет лобовой и боковой эксплуатационных нагрузок на проводники производится, исходя из максимально допустимых углов отклонений проводников от вертикали. Однако, фактически при продолжительной эксплуатации проводников средняя величина их отклонения от проектного положения увеличивается в 2-3 и более раз относительно монтажных отклонений и на некоторых по высоте участках превышает нормативную.

Целью настоящей статьи является статистический анализ углов отклонения рельсовых и коробчатых проводников вертикальных стволов угольных шахт Донбасса и рудников Криворожского бассейна и разработка метода

оценки состояния проводников. Для анализа использованы как результаты обследования стволов, полученные авторами статьи, так и результаты профилировки, выполненные Институтом геотехнической механики НАН Украины [7, 8]. На рис. 1 приведен пример профилировки четырех проводников скипового ствола рудника им. Фрунзе, находившихся в эксплуатации 40 лет.

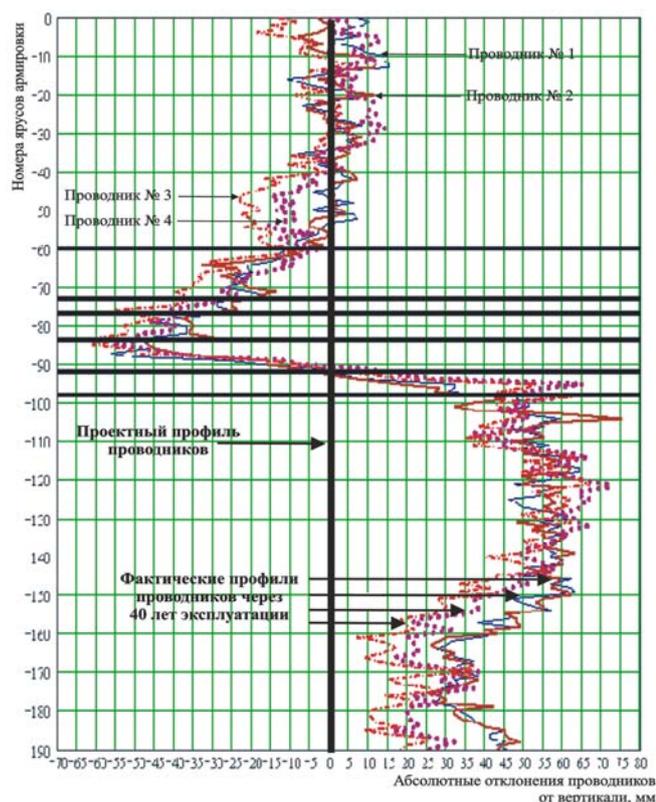


Рис. 1 – Профилировка проводников скипового ствола рудника им. Фрунзе после 40 лет эксплуатации армировки

Методы оперативного контроля за положением элементов армировки были основаны на выполнении аппаратурных испытаний с определением динамических параметров (ускорений в горизонтальной плоскости), определяющих устойчивость движения подъемных сосудов. Испытания в каждом стволе производились в течение 12 – 18 рабочих циклов, что составляло 1,5 – 2 часа работы подъема, при этом варьировались 2 основных фактора, определяющих динамические нагрузки на проводники: скорость движения и масса груженого подъемного сосуда.

На основании статистической обработки результатов 190 измерений были построены гистограммы и теоретические кривые распределения абсо-

лютных отклонений проводников от проектного положения (рис. 2) и отклонений проводников по длине смежных ярусов (рис. 3). Показатели вариации по этим выборкам приведены в табл. 1.

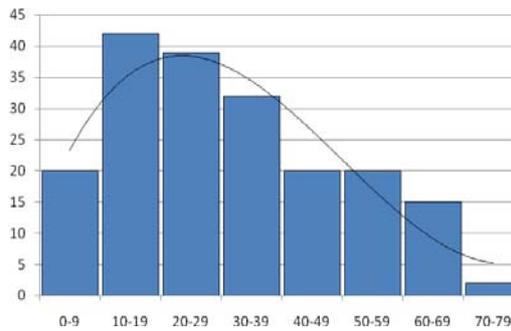


Рис. 2 – Распределение абсолютных отклонений проводников от проектной оси (мм)

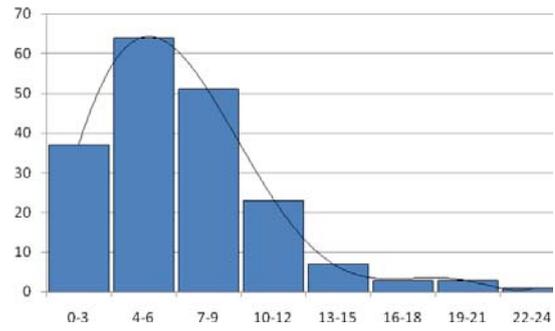


Рис. 3 – Распределение отклонений проводников между смежными ярусами (мм)

Таблица 1 – Показатели вариации

Показатель вариации	Значения показателя для	
	абсолютных отклонений от проектной оси	отклонений от вертикали между ярусами (на длину шага армировки)
Размах, мм	75	22
Среднее арифметическое, мм	30,8	6,8
Дисперсия, мм ²	330,6	15,9
Стандартное отклонение, мм	18,2	4,0
Коэффициент вариации	59,1	58,8

По результатам обработки данных, в 11,6% случаев (22 измерения из 190) отклонения рельсов на соседних по вертикали ярусах армировки превысили 10 мм, что недопустимо в соответствии с нормативами [4 – 6].

В практике диагностики металлоконструкций и оценки риска возникновения их отказов широко применяются вероятностные характеристики [9, 10]. Для принятия решения о целесообразности и необходимости реконструкции ствола, включая ремонт, частичную или полную замену металлоконструкций армировки, авторами предлагается использовать вероятностную величину дополнительного отклонения проводников от вертикали, как функцию от времени. При этом расчет среднего относительного (между соседними ярусами) отклонения металлоконструкций от вертикали производить регулярно после профилировки проводников на основе задания доверительной вероятности $P = 0,9$ и расчета доверительного интервала с границами:

$$\bar{x} - \frac{t_p \cdot \sigma}{\sqrt{n}} < x_0 < \bar{x} + \frac{t_p \cdot \sigma}{\sqrt{n}},$$

где \bar{x} – среднее арифметическое значение отклонений проводников между ближайшими по вертикали ярусами, мм; σ – стандартное отклонение горизонтальных смещений проводников на ярусах, мм; t_p – коэффициент доверия для заданной доверительной вероятности [11]; n – общее количество измерений. Для приведенного примера (рис. 1) значения \bar{x} и σ даны в табл. 1.

Таким образом, в качестве условия необходимости реконструкции по фактору критических отклонений армировки используем неравенство

$$\Delta_{\max}^{\circ} < \bar{x}_g = \bar{x} + \frac{t_p \sigma}{\sqrt{n}}, \quad (1)$$

где Δ_{\max}° – максимально допустимые нормами [4 – 6] смещения проводников в горизонтальной плоскости, измеряемые в лобовом и боковом направлениях, мм; \bar{x}_g – верхняя граница доверительного интервала величины среднего относительного отклонения проводников на смежных ярусах, мм.

Таким образом, при нормальном распределении отклонений проводников от вертикали выполнение условия (1) свидетельствует о достижении критического состояния армировки и необходимости ее реконструкции. Аналогичный вероятностный подход может применяться и при оценке остаточного ресурса металлоконструкций армировки вследствие их коррозионного износа и ухудшения геометрических, инерционных и прочностных характеристик.

Литература:

1. Прокопов А.Ю., Курнаков В.А. Исследование влияния неточности стыков проводников на формирование ударной нагрузки при движении большегрузных скипов// Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. – 2006. – Прил. №9 : Перспективы развития Восточного Донбасса. – С. 106-110.
2. Прокопов А.Ю. Влияние эксцентриситета загрузки скипов на формирование нагрузки на жесткую армировку в стволах с высокой интенсивностью подъема// Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2006. – Темат. прил. : Физика горных пород. – С. 366 – 378.

3. Прокопов А.Ю. Исследование дополнительных нагрузок на армировку, возникающих вследствие кручения подъемных канатов// Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2010. – №11. – С. 387–391.

4. Методика расчета жестких армировок вертикальных стволов шахт. – ВНИИГМ им. М.М. Федорова. – Донецк, 1985.– 160 с.

5. ПБ 05-618-03. Правила безопасности в угольных шахтах. Утв. Постановлением Федерального горного и промышленного надзора России от 5 июня 2003 г. № 50, 2003. – 164 с.

6. Пособие по проектированию и монтажу жесткой армировки вертикальных стволов шахт и рудников (к СНиП II-94-80). Моск. горн. ин-т / Под ред. И.В. Баклашова. – М.: Недра, 1989. – 160 с.

7. Ильин С.Р. Управление техническим состоянием стволового оборудования шахтных подъемных комплексов при длительной эксплуатации/ ИГТМ НАН Украины. Горная механика: сб. науч. тр. Вып. 58. – 2005. – С. 45 – 52.

8. Чередниченко О.Е., Ильин С.Р., Радченко В.К. Контроль технического состояния жесткой армировки и крепи шахтных стволов: м-лы XV юбилейной международной конференции «Современные методы и средства неразрушающего контроля и технической диагностики. Часть 1. – Киев, 2007.

9. Дородов П.В., Кулагин А.В. О запасе прочности и оценке надежности узлов металлоконструкций [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №2. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n2y2012/810> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

10. Пимшин Ю.И., Наугольников В.А., Пимшин И.Ю. Общие принципы технической диагностики мостовых кранов [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4. Ч.2 – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1385> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.

11. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. – М.: Высшая школа, 2003. – 479 с.