

**В.С. Пестрикова, В.В. Тарасов**

# **ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ СКОРОСТИ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА ЭЛЕМЕНТОВ ЖЕСТКОЙ АРМИРОВКИ НА ПРИМЕРЕ ШАХТНЫХ СТВОЛОВ СОЛИКАМСКОГО КАЛИЙНОГО РУДОУПРАВЛЕНИЯ № 3 ВЕРХНЕКАМСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ**

Приведена краткая характеристика жесткой армировки, применяемой на Верхнекамском месторождении калийных солей. Рассмотрена проблема неоднородных характеристик элементов жесткой армировки по глубине шахтного ствола и зависимость скорости коррозионного износа балок расстрелов от функционального назначения ствола. Прямым следствием воздействия коррозионного износа является снижение работоспособности всей системы армировки шахтного ствола. Для исследования распределения скорости коррозионного износа расстрелов и выявления зависимости скорости коррозионного износа от функционального назначения ствола в работе приведен анализ результатов измерений остаточной толщины балок расстрелов шахтных стволов Соликамского калийного рудоуправления № 3 ПАО «Уралкалий». На основании проведенного анализа выявлены интервалы повышенного коррозионного износа и установлена зависимость скорости коррозионного износа балок расстрелов от функционального назначения шахтных стволов. Ключевые слова: шахтный ствол, жесткая армировка, расстрел, скорость коррозионного износа, работоспособность армировки.

**Ш**ахтный ствол является сложным и дорогостоящим горнотехническим сооружением и занимает важное место в технологической схеме производства калийных удобрений. Эффективность работы всего горнодобывающего предприятия напрямую зависит от надежности работы его шахтных

ISSN 0236-1493. Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. № 8. С. 326–332.  
© 2016. В.С. Пестрикова, В.В. Тарасов.

стволов. При этом, одним из показателей надежной и безаварийной работы шахтного ствола служит работоспособность его армировки, которая, как правило, представляет собой сложную, многокомпонентную систему.

На Верхнекамском месторождении получила широкое распространение жесткая армировка шахтных стволов. С точки зрения конструкции, жесткая армировка представляет собой пространственную стержневую систему, состоящую из горизонтальных балок (расстрелов), на которых закреплены вертикальные проводники. Таким образом, расстрелы, лежащие в одной горизонтальной плоскости и связанные между собой и стенками крепи ствола, образуют ярус. Плоскости ярусов располагаются вертикально на определенном расстоянии относительно друг друга и называются шагом армировки.

На стадии проектирования шахтных стволов, как правило, производится расчет армировки, как по условиям устойчивости движения подъемных сосудов, так и соответствия ее жесткостным и прочностным параметрам всех элементов армировки [1].

Следует отметить, что при проведении расчета предполагается работа всех элементов конструкции армировки в одинаковых условиях нагружения и по всей глубине шахтного ствола, а в пределах каждого яруса рассчитанная конструкция должна противостоять нагрузкам со стороны подъемных сосудов.

Однако, как показывает опыт эксплуатации шахтных стволов, в силу воздействия негативных факторов, формируется различная степень несущей способности всех элементов армировки (расстрелов и проводников).

При эксплуатации стволов в условиях Верхнекамского месторождения одним из основных факторов, способствующих потере работоспособности жесткой армировки, являются микроклиматические условия, т.е. температурный и влажностный режимы. Также необходимо учитывать воздействие на армировку различных видов рассолов, присутствующих в шахтных стволах [2].

Все вышеуказанные факторы создают благоприятные условия для развития коррозионных процессов в металлической армировке, которые в последствии приводят к уменьшению геометрических размеров ее сечений. Данное обстоятельство приводит к уменьшению моментов инерции и сопротивлений поперечных сечений элементов армировки, что в свою очередь влияет на работоспособность жесткой армировки и срок ее службы [3].

Однако, как было отмечено выше, характеристики расстрелов, в том числе и скорость коррозионного износа, могут значительно меняться от функционального назначения каждого шахтного ствола. Поэтому, для оценки скорости коррозионного износа недостаточно руководствоваться только средними значениями величин коррозионного износа металлической армировки.

Учитывая вышесказанное, для определения скорости коррозионного износа металлических балок расстрелов авторами статьи были проанализированы результаты измерений остаточной толщины балок расстрелов в эксплуатируемых шахтных стволах № 1, 2 и 3 рудника СКРУ-3 ПАО «Уралкалий». Функциональное назначение исследуемых стволов и характеристика их армировок приведены в табл. 1.

При этом следует отметить, что для каждого ствола весь объем измерений был разбит на три интервала:

- верхняя часть (устье) ствола;
- средняя часть ствола;
- нижняя часть ствола, которая приурочена к сопряжениям

ствола с соляным горизонтом, либо к интервалу дозаторных камер.

Таблица 1

*Характеристики шахтных стволов и армировки рудника СКРУ-3 ПАО «Уралкалий»*

Номер шахтного ствола	Функциональное назначение ствола	Тип и сечение расстрелов	Тип и сечение направляющих проводников	Шаг армировки, м	Год сдачи ствола в эксплуатацию
Ствол № 1	вентиляционный, скиповой	металлические, сварного корробчатого профиля, сечением 210×135×12 мм	металлические, сварного корробчатого профиля, сечением 180×180×12 мм	4	1980
Ствол № 2	воздухоподающий, клетевой	металлические, сварного корробчатого профиля, сечением 172×104×12 мм	деревянные, сечением 220×220 мм	3	1980
Ствол № 3	воздухоподающий, клетевой	металлические, сварного корробчатого профиля, сечением 172×104×12 мм	деревянные, сечением 220×220 мм	3	1978

В результате анализа измерений были получены значения средней величины коррозионного износа расстрелов в каждом из исследуемых интервалов. Полученные значения представлены в табл. 2.

Далее, на основании значений, представленных в табл. 2, была определена скорость коррозионного износа балок расстрелов.

При этом расчет скорости (интенсивности) коррозионного износа  $\rho$  мм/год, был произведен по формуле:

$$\rho = \frac{d_n - d_k}{T} \quad (1)$$

где  $d_n$  – номинальное значение толщины стенки расстрела, мм;  $d_k$  – значение остаточной толщины стенки расстрела, мм;  $T$  – срок службы армировки ствола, лет.

Так же следует отметить, что при расчете срока эксплуатации армировки ствола, на основании систематических наблюдений [4], было принято, что первые 10 лет эксплуатации антикоррозийное покрытие балок расстрелов сохраняет свои функции, т.е.  $\rho = 0$ . В связи с этим, фактический срок службы балок расстрелов был уменьшен на 10 лет относительно года сдачи ствола в эксплуатацию.

Полученные в результате расчета по формуле (1) скорости коррозионного износа представлены в графическом виде на рисунке.

По результатам анализа данных, представленных на рисунке, можно сделать следующие выводы:

- в вентиляционном стволе № 1 величины скоростей коррозионного износа балок расстрелов ( $\rho$ ) распределены по глубине ствола достаточно равномерно и находятся в пределах 0,05–0,07 мм/год. Исключениями являются интервалы глубин

Таблица 2

**Средние значения коррозионного износа балок расстрелов шахтных стволов рудника СКРУ-3 ПАО «Уралкалий»**

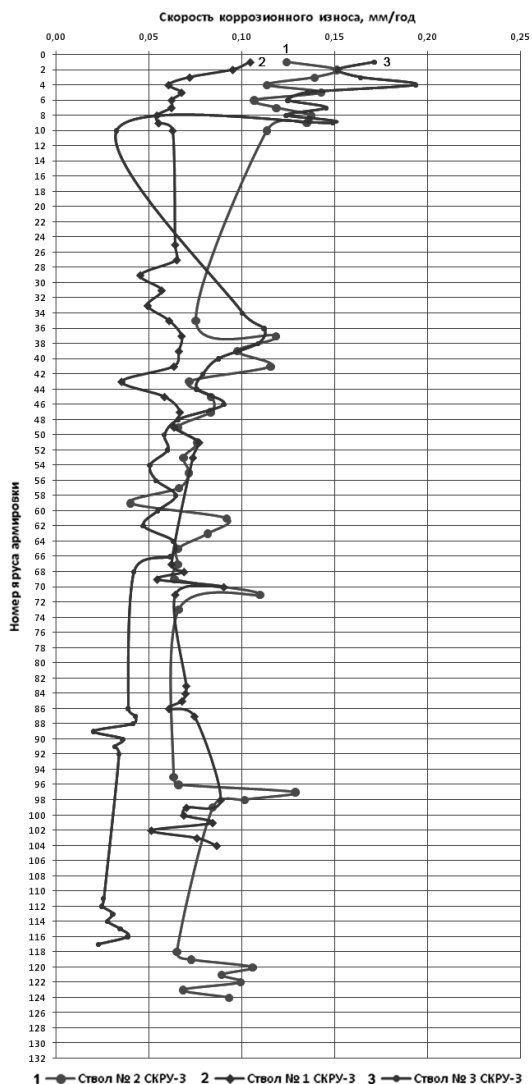
Номер шахтного ствола	Средняя величина коррозионного износа по балкам расстрелов, мм		
	верхняя часть шахтного ствола	средняя часть шахтного ствола	нижняя часть шахтного ствола
Ствол № 1	1,74	1,59	1,82
Ствол № 2	3,21	2,02	2,17
Ствол № 3	3,76	1,94	0,89

от 4 до 16 м (яруса армировки № 1–4) и интервал глубин от 392 до 416 м (яруса армировки № 98–104). В указанных интервалах были зафиксированы пиковые для всего интервала измерений значения  $\rho$ . Для первого указанного интервала пиковые значения достигали

0,11 мм/год, для второго 0,09 мм/год;

- в воздухоподающем стволе № 2 отмечается значительный разброс величин  $\rho$ . Так, в верхнем интервале измерений (интервал глубин от 0 до 123 м) значения скоростей коррозионного износа находились в пределах от 0,08 до 0,15 мм/год. К этому же интервалу приурочены и пиковые значения скоростей коррозионного износа металлоконструкций. Схожие значения  $\rho$  зафиксированы и в нижнем интервале измерений, в интервалах ярусов армировки № 97–98 и 120–124 м. Значения скоростей коррозионного износа в интервале ярусов армировки № 43–96 находились в пределах от 0,04 до 0,11 мм/год;

- в верхнем интервале измерений воздухоподающего ствола № 3 (см. рисунок) были зафиксированы максимальные для всего массива измерений



1 — Ствол № 2 СКРУ-3 2 — Ствол № 1 СКРУ-3 3 — Ствол № 3 СКРУ-3

*Распределение скорости коррозионного износа по глубине шахтных стволов рудника СКРУ-3 ПАО «Уралкалий»*

скорости коррозионного износа — 0,19 мм/год. В этом же интервале измерений был зафиксирован наибольший для данного ствола разброс величин  $\rho$  — от 0,15 до 0,19 мм/год. Далее, по глубине ствола отмечается снижение как величин  $\rho$ , так и отклонений их от среднего значения. Так, в интервале ярусов армировки № 40—92 (интервал глубин 120—276 м) значения скорости коррозионного износа находились в пределах 0,09—0,03 мм/год, причем тенденция к уменьшению скорости коррозионного износа наблюдалась с увеличением глубины ствола. Вместе с тем, некоторое увеличение величины  $\rho$  (до 0,04 мм/год) наблюдалось в интервале ярусов армировки № 112—116.

Таким образом, в результате вышеизложенного и на основании проведенных исследований распределения скоростей коррозионного износа балок расстрелов в шахтных стволах, было установлено, что характер распределения величин коррозионного износа металлических балок расстрелов в вентиляционных и воздухоподающих шахтных стволах неодинаков. Если для вентиляционных стволов характерно достаточно равномерное распределение скоростей коррозионного износа, с интенсификацией этого процесса в нижней части ствола, то для воздухоподающих стволов отмечалось резкое увеличение скоростей износа в верхней (устьевой) части стволов. При этом величина коррозионного износа для верхней части воздухоподающих стволов выше, чем для всего массива измерений вентиляционного ствола. Кроме того, в нижней части воздухоподающих стволов отмечены повышенные скорости износа металлических балок расстрелов на интервалах в районах сопряжений ствола с соляными горизонтами.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Баклашов И. В.* Пособие по проектированию и монтажу жесткой армировки вертикальных стволов шахт и рудников (к СНиП II-94-80). — М.: Недра, 1989. — 159 с.
2. *Прокопов А. Ю., Купенко И. В., Коваленко В. В.* О долговечности жесткой армировки в условиях агрессивных шахтных вод // Горный информационно-аналитический бюллетень. — 2010. — № 8. — С. 334—340.
3. *Ольховиков Ю. П.* Крепь капитальных выработок калийных и соляных рудников. — М.: Недра, 1984. — 238 с.
4. *Выполнить* обследование и разработать рекомендации по реконструкции армировки ствола № 2 рудника БКПРУ-2: промежуточный отчет; рук. Ю. П. Ольховиков. — Пермь: ОАО «Галургия», 2002. — 45 с. **ГИАБ**

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Пестрикова Варвара Сергеевна*<sup>1</sup> – ведущий инженер,  
e-mail: Pestrikova.Varvara@gallurgy.ru,

*Тарасов Владислав Викторович*<sup>1</sup> – зав. лабораторией,  
e-mail: tarasov@gallurgy.ru,

<sup>1</sup> ОАО Уральский научно-исследовательский и проектный институт галургии (ОАО «Галургия»).

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 8, pp. 326–332.

UDC 622.674

**V.S. Pestrikova, V.V. Tarasov**

### **SURVEY ON DISTRIBUTION OF CORROSION WEAR RATE OF RIGID EQUIPMENT ELEMENTS BY THE EXAMPLE OF THE MINE SHAFTS OF SOLIKAMSK POTASH MINE № 3 OF VERKHNEKAMSKOYE POTASH SALT DEPOSIT**

The paper specifies a short description of rigid equipment applied in Verkhnekamskoye potash salt deposit. A problem has been considered concerning variable features of rigid equipment elements on the mine shaft depth and dependence of corrosion wear rate of bunton beams on functional purpose of the shaft. Direct consequence of corrosion wear impact is a decrease in efficiency of the whole system of the mine shaft equipment. To study distribution of corrosion wear rate of buntons and detect dependence of corrosion wear rate on functional purpose of shaft the paper provides analysis of the measure results on residual thickness of the mine shafts bunton beams of Solikamsk potash mine № 3 of Uralkali PJSC. Based on the performed analysis intervals of the increased corrosion wear have been detected and dependence of corrosion wear rate of bunton beams on functional purpose of the mine shafts has been established.

Key words: mine shaft, rigid equipment, bunton, corrosion wear rate, equipment efficiency.

## AUTHORS

*Pestrikova V.S.*<sup>1</sup>, Lead Engineer, e-mail Pestrikova.Varvara@gallurgy.ru,

*Tarasov V.V.*<sup>1</sup>, Chief of Laboratory, e-mail tarasov@gallurgy.ru,

<sup>1</sup> Open Joint Stock Company Ural Research and Development Institute of Halurgy (Galurgia OJSC), 614002, Perm, Russia.

## REFERENCES

1. Baklashov I. V. *Posobie po proektirovaniyu i montazhu zhestkoy armirovki vertikal'nykh stvolov shakht i rudnikov (k SNIp II-94-80)* (Manual on design and construction of rigid equipment of vertical mine shafts, to SNIp II-94-80), Moscow, Nedra, 1989, 159 p.

2. Prokopov A. Yu., Kupenko I. V., Kovalenko V. V. *Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'*. 2010, no 8, pp. 334–340.

3. Ol'khovikov Yu. P. *Krep' kapital'nykh vyrabotok kaliynykh i solyanykh rudnikov* (Support of permanent workings in potash and salt mines), Moscow, Nedra, 1984, 238 p.

4. *Vypolnit' obsledovanie i razrabotat' rekomendatsii po rekonstruktsii armirovki stvola № 2 rudnika BKPRU-2: promezhutochnyy otchet*; ruk. Yu. P. Ol'khovikov (To perform survey and develop recommendations on reconstruction of the equipment of the shaft № 2 of Berezniki potash plant and mine 2, process report), Perm, ОАО «Галургия», 2002, 45 p.