

Литература

1. Антропогенные сукцессии водосборов таежной зоны: биоиндикация и мониторинг: сборник статей / под ред. Н.Л. Болотовой. – Вологда, 2007. – 145 с.
2. Белова Ю.Н. Фауна и структура населения почвенных беспозвоночных в лесных экосистемах Вологодской области (на примере Coleoptera, Carabidae): Автореф. дис. канд. биол. наук. – Петрозаводск, 2012. – 25 с.
3. Болотова Л.Н. Развитие экосистем мелководных озер на территории Вологодской области: природные и антропогенные факторы / Л.Н. Болотова Экологическое состояние континентальных водоемов северных территорий. – СПб.: Наука, 2006. – С. 105-112
4. Болотова Н. Л. Биологическое и ландшафтное разнообразие таежных геосистем Вологодской области / Н.Л. Болотова, Н.К. Максимова, Т.А., Сулова, Е.А.Скупинова // Антропогенная трансформация таежных экосистем Европы: экологические, ресурсные и хозяйственные аспекты. – Петрозаводск, 2004. – С. 29-40.
5. Ивичева К.Н. Анализ влияния освоенности речных бассейнов на качество вод методами ГИС / К.Н. Ивичева, И.В. Филоненко // Принципы экологии. 2012. № 2. С. 76–81.
6. Коновалов А.Ф. Изучение распределения рыб по акватории водоемов Вологодской области с использованием геоинформационных методов / А.Ф. Коновалов А.Ф., И.В. Филоненко, М.Я. Борисов // Поведение рыб. Материалы докладов IV Всероссийской конференции с международным участием (19-21 октября 2010 г.).– Борок, Россия. – М.: АКВАРОС, 2010. – С. 128-132.
7. Лобуничева Е.В. Использование ГИС-технологий при оценке озерности ландшафтов Вологодской области / Е.В. Лобуничева, М.Я. Борисов // Современные наукоемкие технологии. – 2014. – №4. – С. 165.
8. Максимова Н.К. Формирование и ландшафтная структура водосборов Вологодской области / Н.К. Максимова//Антропогенные сукцессии водосборов таежной зоны: биоиндикация и мониторинг: сборник статей / под ред. Н.Л. Болотовой. – Вологда, 2007. – С.17-30.
9. Сохранение ценных природных территорий Северо-Запада России. Анализ репрезентативности сети ООПТ Архангельской, Вологодской, Ленинградской и Мурманской областей, Республики Карелии, Санкт-Петербурга / Под ред. Кобякова К.Н. СПб., – 2011. – 506 с.
10. Природа Вологодской области // главный ред. Г.А. Воробьев.– Вологда: Издательский дом Вологжанин», 2007. – 440 с.

УДК 52.13

ОБСЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ТЮБИНГОВОЙ КРЕПИ СУЩЕСТВУЮЩЕГО СТВОЛА ЭКСПЛУАТИРУЕМОГО В СЛОЖНЫХ ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Воробьев Е.Д., Сергеев С.В.

Белгородский государственный национальный исследовательский университет, Россия

Обследуемый ствол шахты эксплуатируется на КМА с 40-х годов 20 века в сложных горно-геологических условиях. В период его строительства был прорыв пльвуна в ствол. После этого произведено усиление крепи тюбинговой колонной в интервале с отметки +108,5 м до отметки +80,7 м. При этом, произошло уменьшение диаметра крепи с 4,0 до 3,4 м. В связи с длительной эксплуатацией ствола в сложных инженерно-

геологических условиях возникла необходимость определения надежности крепи в наиболее опасных интервалах. Состояние крепи определялось по результатам комплексного обследования в интервалах, закрепленных: кирпичной и бетонитовой, тубинго-бетонной и бетонной крепью. Для обследования применялась методика ранее неоднократно апробированная в стволах Яковлевского рудника, рудника «Пийло» и др.

Диагностика крепи эксплуатируемых столов производится, в основном, по косвенным признакам. Полнота диагностики зависит от степени доступности исследуемого участка крепи. Большое значение имеет наличие воды в стволе и степень опасности по газу, так как от этих факторов зависят методы определения напряжений в крепи. Диагностика состояния крепи проводилась по следующей схеме:

1. Внешний осмотр участка крепи (рекогносцировка).
2. Определение геометрических размеров конструкции крепи.
3. Определение упругих характеристик материалов крепи.
4. Определение коррозионной активности бетона
5. Определение напряжений в крепи.
6. Прогноз надежности крепи.

Определение геометрических размеров конструкции крепи включало в себя: измерение радиусов (диаметров) крепи, кривизны крепи, выявление характеров разрушения сплошности, профилировка стенки ствола. Наиболее полные данные о состоянии крепи получены исходя из величины радиусов крепи. По ним определялась форма радиального нагружения и величина средних нагрузок на крепь.

Определение упругих характеристик производилась исходя из марок бетона и чугуна. Поскольку марка чугуна в процессе эксплуатации не изменяется, ее определяли по технологической документации. Определение характеристик бетона производилось по образцам неправильной формы, отобранным из крепи. При этом определялись: тип заполнителя, связь заполнителя с цементом, наличие пор и микротрещин в цементном камне. Упругие характеристики определялись акустическим методом.

Определение коррозионной активности бетона крепи производили исследованием состояния цемента. Процессы коррозии портландцементного камня заключаются в постепенном выщелачивании гидроксида кальция, обладающего наибольшей растворимостью. Когда удалится значительная его часть, начинается гидролиз гидросиликатов и гидроалюмосиликатов кальция с выделением $\text{Ca}(\text{OH})_2$. По мере снижения концентрации CaO в воде соприкасающимся с цементным камнем, происходит разрушение (гидролиз) других гидратов. При снижении концентрации CaO менее 0,05 г/л силикаты полностью разрушаются: в твердой фазе остается только гель $\text{Ca}(\text{OH})_2$. При этом цемент, а, следовательно, и бетон, теряет прочность и разрушается

Известен опыт определения напряжений в тубингах методом полной разгрузки с применением тензодатчиков [6]. Сущность методики заключается в двухсторонней разгрузки ребра тубингов на месте с приклеенным тензодатчиком. Разгрузка производится путем распила ребра на глубину 11 мм. При этом, экспериментально установлено, что на несущую способность тубинга распил не влияет.

Нами усовершенствована эта методика в части одностороннего распила (рис. 1). Исследования, проведенные нами на руднике «Пийло», показали, что при одностороннем распиле части ребра с закрепленным на нем тензодатчиком происходит его разгрузка равная 50-60 % от полной. Например, в ребре кольца № 222 вентиляционного ствола при частичной разгрузке получено значение деформации равное $\epsilon_0 = 210 \times 10^{-5}$, а при полной разгрузке (распил с двух сторон) - $\epsilon_0 = 350 \times 10^{-5}$.

На рис. 2 показана методика распила, проведенная в стволе.

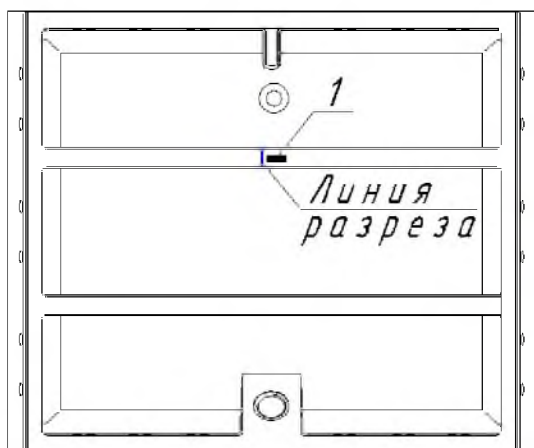


Рис. 1. Схема определения напряжений в тубинговой крепи методом частичной разгрузки: 1 – тензодатчик



Рис. 2. Фото ребра чугунного тубинга с тензорезистором после применения метода частичной разгрузки

По измеренным тангенциальным деформациям в ребре тубинга определяются напряжения по закону Гука:

$$\sigma_{\theta} = E_{\text{чуг}} \cdot \varepsilon_{\theta} \quad (1)$$

где $E_{\text{чуг}}$ – модуль упругости чугуна, МПа;

ε_{θ} – измеренные относительные деформации.

Определение модуля упругости чугуна по зависимости $\sigma=f(\varepsilon)$ для серого чугуна см. рис. 3

По измеренным напряжениям по методике проф. Н.С. Булычева определяются величины давления на внешний контур крепи [4].

В стволе по этой методике проводилось определение напряжений на глубинах: 61,6 м – в обводненных меловых породах; 76,6 м – в песках, насыщенных водой; 84,0 м – в глинах.

Анализ напряженного состояния комбинированной тубингово-бетонной крепи производится по методике [4]. При этом, крепь рассматривается как трехслойное кольцо (рис. 4).

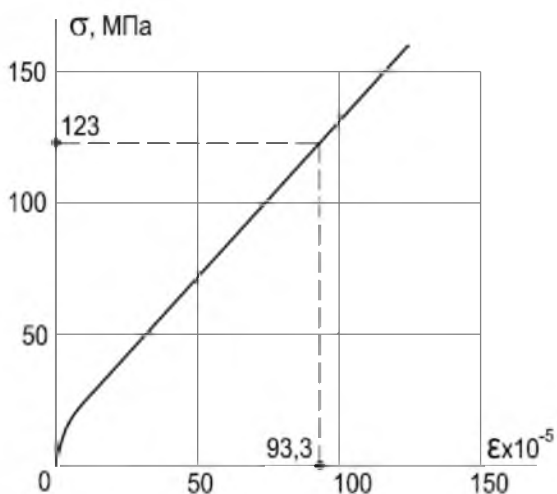


Рис. 3. Диаграмма « σ - ε » для серого чугуна

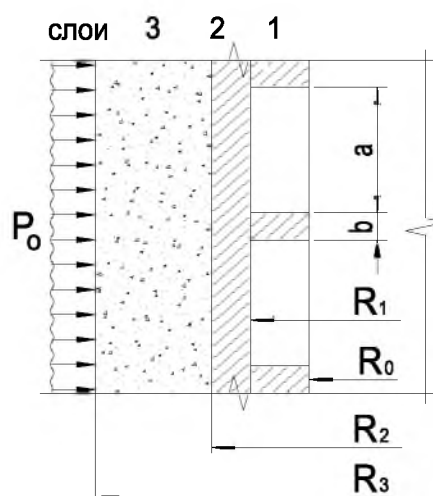


Рис. 4. Схема к расчету нагрузок на крепь по измеренным деформациям

Исходные данные для расчета:

R_0, R_1, R_2, R_3 – радиусы слоев крепи, см;

b – толщина горизонтального ребра, см;

a – межреберное расстояние, см;

h – высота тубинга, см;

$E_{\text{чуг.}}, E_{\text{бет.}}$ – модули упругости чугуна и бетона, МПа;

$\mu_{\text{чуг.}}, \mu_{\text{бет.}}$ – коэффициенты Пуассона чугуна и бетона;

G_1, G_2, G_3 – модули сдвига слоев крепи, МПа;

Определение модулей сдвига слоев:

$$G_2 = \frac{E_{\text{чуг}}}{2(1 + \mu_{\text{чуг}})} \quad (2)$$

$$G_1 = \frac{E_{\text{чуг}} \cdot a' + E_{\text{бет}} \cdot b'}{a' + b'} \quad (3)$$

$$a' = 4a; b' = 3b \quad (4)$$

$$G_3 = \frac{E_{\text{бет}}}{2(1 + \mu_{\text{бет}})} \quad (5)$$

В табл. 1. приведены величины измеренных деформаций, расчетных напряжений в ребрах тубингов, которые используются при расчете внешних нагрузок на крепь.

Таблица 1

Величины деформаций и напряжений в тубингах

№№ тубин- говых колец	Глубина, м	Тип пород	$\varepsilon_0 \times 10^{-5}$	σ_θ , кгс/см ² (МПа)
4	61,6	Обводненный мел	8,0	120 (12,0)
14	76,6	Песок насыщенный водой	16,0	220 (22,0)
19	84,1	Глина	6,0	100 (10,0)
26	94,6	Кварцит	-	-

По тангенциальным напряжениям в крепи определяются величины нагрузок на внешний контур комбинированной крепи по формуле:

$$P_0 = \frac{\sigma_{\theta(2)}}{k_{0(3)} \cdot (m'_{1(2)} - k_{0(2)} \cdot m'_{2(2)})} \quad (6)$$

где $k_{0(3)}, k_{0(2)}$ – коэффициенты передачи нагрузок через бетон и спинку тубингов;
 $m'_{1(2)}, m'_{2(2)}$ – коэффициенты характеризующие параметры слоев.

Выводы.

1. За период эксплуатации ствола за счет коррозии произошло уменьшение толщины спинок тубингов на 1,5-2 мм, а горизонтальных ребер на 3-4 мм (двусторонняя коррозия). Это привело к снижению несущей способности тубинговой крепи на 5-7 %. Однако по результатам измерения напряжений видно, что их значение не превышает величины 22,0 МПа. Это в 6 раз меньше допускаемых по СНиП величины для серого чугуна. Следовательно, комбинированная крепь сохраняет свою несущую способность с достаточным запасом.

2. Поступление воды в ствол в основном происходит в интервалах крепления ствола: бетонитовыми блоками и бетоном через их горизонтальные швы. Основной приток на-

блюдается со стороны лестничного отделения ствола. Из-за этого в стволе наблюдается образование солей карбоната кальция толщиной до 10 см в тубинговой и бетонной крепи. Это существенно не влияет на несущую способность крепи.

3. В местах поступления воды в ствол в интервалах крепления бетоном наблюдается некоторое выщелачивание бетонита и бетона.

4. В процессе проведения обследования неразрушающими методами контроля по ГОСТ 22690 выполнено определение характеристик прочности материалов обделки крепи в нескольких точках. Для определения производилось не менее 5 замеров в каждой точке. Керамический кирпич имеет марку М 150, цементно-песчаный раствор марку М 50. Фактический класс (марка) по прочности бетона не ниже В 15 (марка М200). В период эксплуатации ствола не произошло снижения марки бетона. Это объясняется благоприятными температурно-влажностными условиями эксплуатации ствола.

5. В настоящий момент крепь ствола является в работоспособной. Однако при дальнейшей эксплуатации рекомендуется установить наблюдения за местами водопритока в бетонитовой и бетонной частях крепи с целью оценки скорости выщелачивания материалов крепи.

Литература

1. Взаимодействие массивов горных пород с крепью вертикальных выработок. М. недра, 1966, 314 с. Авт.; Г.А, Крупенников, Н.С. Булычев, А.М. Козел и др.
2. Методические рекомендации по проведению натуральных наблюдений в стволах, сооружаемых в сложных горно-геологических условиях. Белгород, ВИОГЕМ, 1985.
3. Казикаев Д.М., Сергеев С.В. диагностика и мониторинг напряженного состояния крепи вертикальных стволов. М., Горная книга, 2011, 245 с.
4. Булычев Н.С. Механика подземных сооружений. М., Недра, 1982, 272 с.
5. Влох Н.П. Напряженное состояние обделки из чугунных тубингов //Метрострой. - 1990. - № 1. - С. 17-19.

УДК 550.8:622

ОСУШЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ СТАРООСКОЛЬСКОГО ЖЕЛЕЗОРУДНОГО РАЙОНА И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕНАЖНЫХ ВОД В СВЯЗИ С ОХРАНОЙ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ

Еланцева Л.А., Фоменко С.В.

*Научно-технический и экспертный центр новых экотехнологий в гидрогеологии
и гидротехнике «НОВОТЭК», Белгород, Россия*

В геолого-структурном отношении Старооскольский железорудный район располагается в сводовой части Воронежской антеклизы и приурочен к юго-западному склону Воронежского кристаллического массива и северо-восточной окраине Днепровско-Донецкой впадины. На его территории разрабатываются крупнейшие железорудные месторождения России: Лебединское и Стойленское, вскрываемые карьерами.

В геологическом строении района выделяют два структурных комплекса: нижний – кристаллический фундамент, представленный сложнодислоцированными метаморфизованными кристаллическими породами докембрия, прорванными интрузиями различного состава, и верхний – осадочный чехол, трансгрессивно перекрывающий кристаллические породы и сложенный неметаморфизованными горизонтально залегающими отложениями палеозойско-мезозойского возраста. Мощность осадочных отложений составляет 90-230 м.