

УДК. 622.413

Страданченко С.Г., А.Ю. Прокопов, А.А. Богомазов
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ
КОЛЕБАНИЙ НА СОСТОЯНИЕ ЖЕСТКОЙ АРМИРОВКИ
ВОЗДУХОПОДАЮЩИХ СТВОЛОВ

Выполнено исследование влияния температурных колебаний и состояние жесткой армировки воздухоподающих стволов.

Ключевые слова: вечная мерзлота, температурный режим, армировка, воздухоподающие стволы.

Семинар № 4

**S.G. Stradanchenko, A.J. Prokopov,
A.A. Bogomazov**
RESEARCH OF TEMPERATURE
FLUCTUATIONS INFLUENCE ON THE
CONDITION OF RIGID AIR FEEDING
MINE SHAFT EQUIPMENT

It is executed the research of influence of temperature fluctuations and condition of rigid air feeding mine shaft equipment.

Key words: permafrost, temperature mode, reinforcement, air feeding mine shafts.

Тепловой режим вертикальных воздухоподающих стволов оказывает существенное влияние на состояние крепи и армировки, особенно в зимний период, и во многом определяет безопасность работы всего подъемного комплекса.

Согласно Правилам Безопасности [1, §27], стволы и штольни с поступающей струей воздуха должны иметь калориферные устройства, обеспечивающие поддержание температуры воздуха не менее +2°C в 5 м от сопряжения канала калорифера со стволом (штольней). Исключения составляют шахты, расположенные в зонах вечной мерзлоты, для которых устанавливается индивидуальный тепловой режим в каждом конкретном случае.

Однако, на шахтах Российского, Украинского Донбасса и других угольных бассейнов, не расположенных в зонах вечной мерзлоты, в зимний период из-за нарушений работы калориферов встречаются случаи несоблюдения температурного режима, в результате чего в стволах наблюдаются отрицательные температуры, достигающие -6°C и более [2,3]. Так, например, известны случаи обмерзания вспомогательных (клетевых) и воздухоподающих стволов до глубины 300-400 м (ГХК «Луганскуголь», ш. им. Артема – вспомогательный ствол, ш. «Ломоватская» – клетевой ствол; ПО «Артемуголь», ш. им. Румянцева – ствол №3; ГХК «Макеевуголь», ш. «Красногвардейская» – клетевой ствол; ПО «Красноармейскуголь», ш. им. Стаханова – ствол №4) [4]. Аналогичные нарушения наблюдались зимой 1995-96 гг. во вспомогательном стволе шахты им. М.П. Чиха и стволах шахты «Майская» (Российский Донбасс), где обмерзание крепи происходило до глубины 200 м.

Поверхность обмерзающей крепи интенсивно разрушается вследствие увеличения объема воды, замерзающей в породах крепи. Многократное обмерзание и оттаивание приводит к

Экстремальные температуры воздуха, зафиксированные в воздухоподающих и вспомогательных стволах Донбасса

Характеристика	Значения показателя, °С, на глубине				
	0 м	20 м	100 м	350 м	700 м
Зафиксированный минимум температур ¹ , °С	-14	-6,2	-3,6	0	4,5
Зафиксированный максимум температур ² , °С	36	25,5	24,2	23,5	25,1
Амплитуда, °С	50	31,7	27,8	23,5	20,6

Примечания. ¹ – аварийный тепловой режим, обмерзание ствола до глубины 350 м.

² – замеры произведены в августе 2006 г. в период аномальной жары (до +40,1°С), установившейся в Донбассе.

разделению растворной и щебеночной составляющих бетона и к постепенному осыпанию и утонению крепи (ш. им. Засядько – клетевой ствол №3; ГХК «Лисичанскуголь», ш. «Новодружеская» – вспомогательный ствол №2) [4]. Очистка льда для сохранения зазоров между подъемными сосудами и крепью также приводит к нарушениям крепи, особенно кирпичной. Кроме того, вследствие падения льда происходит повреждение армировки на нижележащих ярусах.

Наличие отрицательных температур в стволе негативно сказывается на узлах крепления расстрелов вследствие замерзания и расширения воды в порах и трещинах материала заделки, а также из-за различия температурных коэффициентов линей-

ного расширения бетона ($4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$) и стали ($1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$).

Как показывают результаты погодных наблюдений [5], Донбасс характеризуется существенными колебаниями температуры воздуха в течение года. Сезонная амплитуда температур в некоторые годы достигала 64–69°С (1995, 2003, 2006 гг.), что существенно сказывалось на тепловом режиме воздухоподающих стволов, надежности работы калориферов и всего подъемно-стволового комплекса. В таблице приведены значения зафиксированных минимумов (замеры производились в январе, в том числе и при нарушениях теплового режима) и максимумов (в июле, августе) температур, которые встретились при наблюдении за температурным режимом в стволах Донбасса в период 1995-2006 гг.

Как следует из таблицы, экстремальные температурные колебания существенно превосходят средние [2, 3], поэтому темпе-

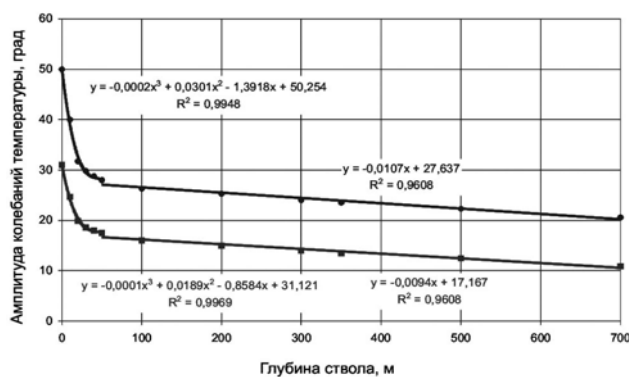
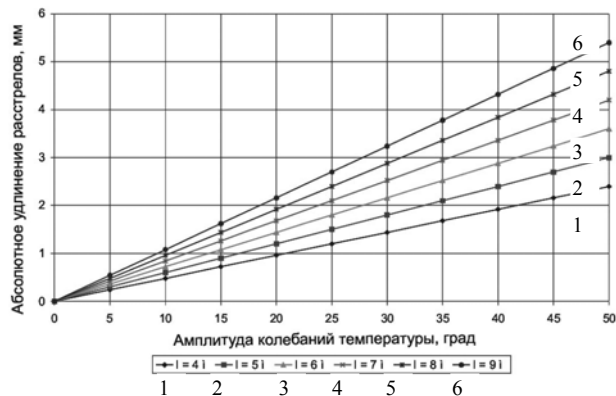


Рис. 1. Графики зависимости амплитуд среднемесячных $\Delta T_{\text{ср}}$ и экстремальных ΔT , температур от глубины ствола H

Рис. 2. Графики зависимости абсолютного удлинения расстрелов от амплитуды колебаний температуры конструкций



ратурные нагрузки на конструкции армировки должны учитывать возможность возникновения подобных аномальных тепловых режимов.

Произведем сравнение и найдем зависимости амплитуд средних и экстремальных температур от глубины ствола (рис. 1).

Исследования показывают, что амплитуды колебаний температуры (как средних значений, так и экстремальных) резко и нелинейно снижаются на первых 50 м от устья ствола, после чего снижение становится более медленным и линейным. В общем виде зависимости $\Delta T_{cp} = f(H)$ и $\Delta T_3 = f(H)$ могут быть выражены в виде сплайн-функций, состоящих из полинома 3-го порядка (на отрезке 0–50 м) и линейной функции (в интервале свыше 50 м):

$$\Delta T_{cp} = \begin{cases} -1 \cdot 10^{-4} H^3 + 1,9 \cdot 10^{-2} H^2 - \\ -0,858H + 31,12, \forall H \in [0,50]; \\ -9,4 \cdot 10^{-3} H + \\ +17,17, \forall H \in (50,1000). \end{cases} \quad (1)$$

– для амплитуд, рассчитанных по экстремальным (пиковым) температурам:

$$\Delta T_3 = \begin{cases} -2 \cdot 10^{-4} H^3 + 3 \cdot 10^{-2} H^2 - \\ -1,392H + 50,25, \forall H \in [0,50]; \\ -1,07 \cdot 10^{-2} H + \\ +27,6, \forall H \in (50,1000). \end{cases} \quad (2)$$

Полученные зависимости с высокой степенью точности отражают результаты исследований, коэффициент корреляции для уравнений (1) и (2) находится в пределах $R^2 = 0,96 - 0,99$.

Согласно закону линейного расширения, при повышении температуры длина твердых тел возрастает в первом приближении линейно с температурой:

$$l = l_0 (1 + \alpha t),$$

где l – длина тела при температуре t , м; l_0 – его длина при температуре $t_0 =$

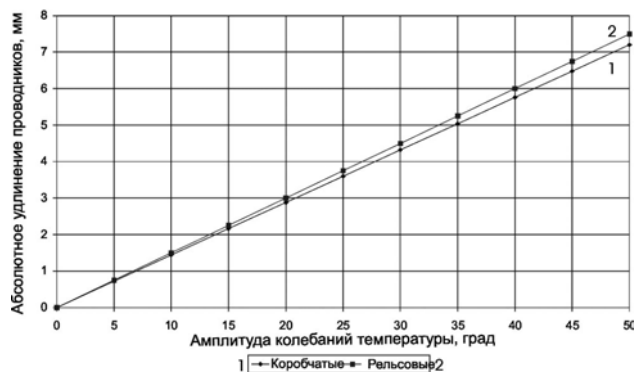


Рис. 3. Графики зависимости абсолютного удлинения проводников от амплитуды колебаний температуры конструкций

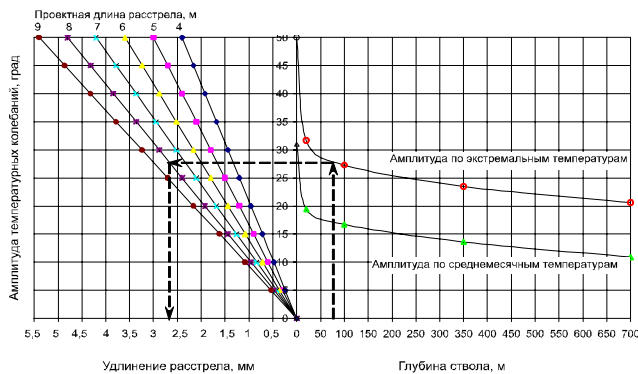


Рис. 4. Номограмма для определения удлинения расстрела в зависимости от глубины ствола и проектной длины расстрела

0°С, α – температурный коэффициент линейного расширения, для стали $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} 1/^\circ\text{C}$. Для твердых изотропных тел $\alpha = b/3$, где b – температурный коэффициент объемного расширения, $1/^\circ\text{C}$.

Исследуем, как влияет амплитуда колебаний в стволах на изменение длины элементов армировки. Для этого построим графики зависимости удлинения расстрелов и проводников от амплитуды температурных колебаний и начальной длины элементов армировки (рис. 2 и 3).

На основании графиков (рис 2 и 3) и данных об изменении средних и экстремальных температур и их амплитуд в течение года на разных глубинах (таблица и результаты исследований [2, 3]) построим номограммы для определения максимальных удлинений элементов армировки (равных необходимому температурным зазорам) в зави-

симости от глубины ствола и длины расстрелов (рис. 4) или профиля проводника (рис. 5).

При определении величины температурного зазора между проводниками или величины удлинения и необходимой податливости расстрела важно знать не среднемесячные значения температуры и их амплитуды в течение года, а максимальные колебания температуры в течение года на разных глубинах, равные абсолютной разности между наблюдаемыми в течение года максимальным и минимальным пиками температур на соответствующих глубинах. Значения таких «экстремальных» температур, в том числе возникающих вследствие нарушения работы калориферов, приведены в таблице.

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

1. При возникновении аварий в работе калориферов нарушается тепловой режим, при этом в стволах наблюдаются отрицательные температуры (от -14°C на нулевой раме до 0°C на глубине 350–400 м). В этих случаях зафиксировано обледенение крепи стволов до глубины 200 м (в Российском

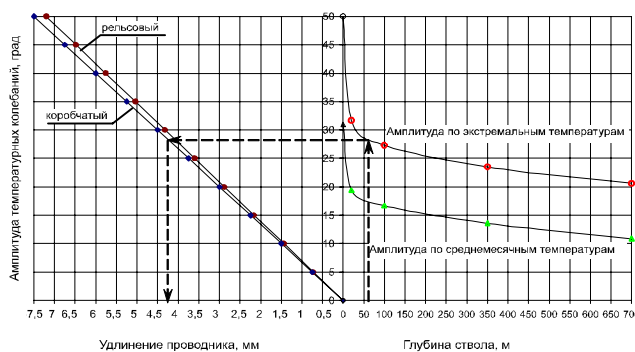


Рис. 5. Номограмма для определения удлинения проводников в зависимости от глубины ствола и профиля проводника

Донбассе) и до 400 м (в Украинском Донбассе).

2. Амплитуды сезонных колебаний температуры (как средних значений ΔT_{cp} , так и экстремальных ΔT_3) резко и нелинейно снижаются на первых 50 м от устья ствола, после чего снижение становится более медленным и линейным. В общем виде зависимости $\Delta T_{cp} = f(H)$ и $\Delta T_3 = f(H)$ могут быть выражены в виде сплайн-функций, состоящих из полинома 3-го порядка (на отрезке 0 – 50 м) и линейной функции (в интервале свыше 50 м).

3. На жесткую армировку воздухоподающих стволов оказывают влия-

ние сезонные перепады температур, которые вызывают изменение длины расстрелов и проводников. Удлинение (укорочение) расстрелов при экстремальных температурных перепадах может достигать 5,5 мм, а проводников – 7,5 мм и определяться по номограмме в зависимости от глубины ствола и проектной длины расстрела (типа профиля) проводника.

4. Величиной возможного изменения длины элементов армировки определяется необходимый температурный зазор на стыках проводников или дополнительная величина податливости расстрелов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ


1. *Правила безопасности в угольных шахтах.* – Самара: Самарск. дом печати, 1995. – 242 с.

2. *Вяльцев М.М.* Прогноз и регулирование термонапряженного состояния горных выработок. – М.: Недра, 1988. – 200 с.

3. *Богомазов А.А.* Исследование температурного режима вертикальных стволов Донбасса и его влияния на жесткую армировку// Научно-технические проблемы разработки месторождений по-

лезных ископаемых, шахтного и подземного строительства: сб. науч. тр. – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ(НПИ), 2006. – С. 256 – 269.

4. *Гамаюнов В.В., Будник А.В.* Основные виды и причины нарушений крепи вертикальных стволов угольных шахт// Технология и проектирование подземного строительства: Вестник. – Донецк: Норд-Пресс, 2003. – С. 91 – 97.

5. *Архив погодных условий.* – <http://meteo.infospace.ru> 

Коротко об авторах

Страданченко С.Г. – доктор технических наук, профессор, директор Шахтинского института Южно-Российского государственного технического университета, зав. кафедрой «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы», г. Шахты, Россия.

Прокопов А.Ю. – кандидат технических наук, доцент, заместитель директора Шахтинского института Южно-Российского государственного технического университета по образовательной и научной деятельности, доцент кафедры «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы», г. Шахты, Россия, prokorov72@rambler.ru.

Богомазов А.А. – ассистент кафедры «Подземное, промышленное, гражданское строительство и строительные материалы» Шахтинского института ЮРГТУ(НПИ) г. Шахты, Россия, siurgtu@siurgtu.ru