

д-ра наук. Днепропетровск, 1999, - 36с.

7. Указания по определению параметров и конструкций крепи вертикальных стволов и приствольных камер на больших глубинах в горно-геологических условиях Центрального и Стаханово-Первомайского районов Донбасса. Л.: ВНИМИ, 1981, 72 с.

8. СНиП 2.03.01-84. Бетонные и железобетонные конструкции. Госстрой СССР. – М.: Издательство стандарт, 1989.

9. ГОСТ 10180-90. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Госстрой СССР. – М.: Издательство стандартов, 1990.

УДК 622.33

А.Л. Гриффен

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАТРАТ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Наведено дані аналізу основних причин руйнування кріплення вертикальних стволів вугільних шахт. Визначено параметри процесів теплопередачі при подачі повітря в зимовий час і запропоновані технічні рішення, що виключають процес льодоутворення в місцях обмерзання кріплення.

OPTIMIZATION OF EXPENDITURES AT EXPLOITATION OF SHAFTS OF COAL MINES

The results of analysis of the main causes of vertical shaft lining destruction are presented. Parameters for the heat transfer processes during air supply in winter period are determined and engineering solutions are proposed preventing ice formation in the places of lining frosting

Производственная мощность шахты определяется пропускной способностью основных технологических звеньев, в частности, подъемом, одним из основных элементов которого является шахтный ствол. Удельный вес основных фондов при подземном способе добычи достигает 90% затрат, из которых на подземные сооружения и горные выработки приходится 60%. В частности, по Донецкому бассейну на шахтные стволы приходится 28,3% от стоимости подземных сооружений [1]. Особенностью шахтных стволов является необходимость поддержания их работоспособного состояния на весь срок службы предприятия.

Данные о состоянии крепи 408 действующих стволов 150 угольных шахт Украины свидетельствуют, что у 40% из них за время эксплуатации возникали нарушения крепи. В процессе эксплуатации стволов на надежность и долговечность их крепи, в основном, оказывают влияние: непредвиденные сложные горно-геологические условия, очистные работы, поддержание выработок околоствольного двора и наличие агрессивной среды, обмерзание и низкое качество крепи.

В удельном весе основных причин, вызывающих нарушения крепи, 9% приходится на обмерзание крепи стволов, вызванное недостаточным обогревом в зимнее время. Это приводит к их обмерзанию до глубины 300-400 м и деструктивным процессам в крепи, которые усугубляются агрессивностью шахтной воды или низким качеством материала крепи. Обмерзающая поверхность бето-

на корродирует, что приводит к разрушению крепи. Для сохранения необходимых зазоров в стволе периодически производится удаление льда, что сказывается на целостности крепи, особенно кирпичной, и деформациям нижележащей от падающего льда [2]. При этом даже небольшие по площади и вблизи устья ствола, обмерзшие участки крепи могут препятствовать прохождению подъемных сосудов и требуют систематического скалывания льда [3].

На начало 2001г. 68 стволов имели неустраненные нарушения крепи, из них 54 – средней тяжести и тяжелые. Из-за скудных финансовых возможностей руководство шахт вынуждено обходиться своими силами, при этом не всегда обеспечивалась объективность оценки ситуации, достоверность установления причин и эффективность мер по устранению нарушений крепи стволов [2].

Согласно правилам безопасности в угольных шахтах калориферные устройства должны обеспечивать температуру поступающей струи воздуха не менее $+2^{\circ}\text{C}$ в 5 м ниже сопряжения канала калорифера со стволом шахты. При поддержании такой температуры не должны происходить криогенные процессы. Тем не менее, на многих шахтах крепь обмерзает при отрицательной температуре на дневной поверхности. Учитывая климатические особенности восточных областей Украины, где нередки оттепели, крепь вертикальных стволов испытывает знакопеременные температурные нагрузки, что приводит к ее интенсивному разрушению.

Калориферные установки угольных шахт относятся к наиболее слабо проработанным в плане как научном, так и проектирования. Нормативная документация и пособия по калориферам содержат много спорных положений. Механические службы угольных шахт работе калориферных установок уделяют внимание, однако в зимнее время нередки случаи обмерзания стволов и связанные с ними остановки. Так, на шахте «Красноармейская-Западная» №1 работа калориферных установок в первые годы эксплуатации приносила значительные убытки, так как обмерзали стволы, выходили из строя воздухоохладители [4]. Потребовались значительные затраты времени и средств для модернизации калориферной установки, а также меры по стабилизации работы шахтной котельной с целью недопущения замерзания воды в теплообменных полостях.

Калориферные установки, как правило, набираются из чугунных секций, в которых используется теплоноситель, подающийся из шахтной котельной. Их недостатки: нестабильная температура теплоносителя, большая инерционность секций и недостаточно развитые теплоотдающие поверхности, которые не могут обеспечить требуемые параметры нагрева воздуха в стволах, особенно при резких колебания температуры окружающей среды.

Поскольку участки крепи подверженные, намерзанию, расположены, в основном, стационарно (что обусловлено рельефом крепи) и имеют сравнительно небольшую поверхность, то процесс намерзания на них можно исключить за счет локального тепловыделения в этих местах. В качестве энергоносителя используется электроэнергия, которая будет преобразована в тепловую посредством использования электронагревательных устройств. В связи с ограниченными размерами стволов и с учетом коэффициента их заполнения различными

технологическими и конструкционными элементами возможно применение электронагревателей с поверхностно-распределенным тепловыделением (поверхностный электронагрев).

В случае поверхностного электронагрева происходит тепловое воздействие на объект нагрева с преобразованием электрической энергии в тепловую на границе раздела среды и объекта, т.е. на поверхности нагревательного устройства. Отличительной особенностью электронагревательных устройств с поверхностно-распределенным тепловыделением является возможность локализации теплоотдачи в заданном направлении за счет практически полного исключения теплопотерь с нерабочих поверхностей. Это достигается за счет применения в качестве резистивных элементов материалов с толщиной не превышающей 1-2 мм: фольги, нагревательных тканей и лент и др. Минимизация теплопотерь с нерабочих сторон значительной площади достигается за счет применения в качестве теплоизоляции материалов с малым коэффициентом теплопроводности. При обогреве объектов больших геометрических размеров к.п.д. устройств с поверхностно-распределенным тепловыделением гораздо выше, чем у устройств с локальным тепловыделением, например, широко распространенных трубчатых электронагревателей (ТЭНов).

Процессы теплопередачи на границе раздела сред «поверхность нагревателя - струя воздуха» можно описать с учетом краевых условий [5]. При этом, учитывая линейные размеры нагревателя, его толщиной можно пренебречь и записать начальное условие только для двух координат:

$$T_0 = f_0(x, y)$$

В начальный момент времени принимаем равномерное распределение температуры на теплоотдающей поверхности

$$T_0 = const.$$

Поскольку на протяжении всего процесса теплообмена происходит искусственное поддержание постоянной температуры на поверхности S (стационарный процесс), то граничное условие первого рода можно записать в данном случае для любого момента времени τ как

$$T_S = f(\tau, x_s, y_s) = T_C = const$$

Однородное граничное условие второго рода состоит в постоянстве плотности теплового потока

$$q_c = -\lambda_S \left(\frac{\partial T}{\partial n_{x,y}} \right)_S = const$$

и описывает процесс передачи тепла при помощи излучения по закону Стефана-Больцмана. В нашем случае основной поток тепла передается конвективным способом, характеризующимся граничным условием третьего рода для стационарных температурных полей. В соответствии с ним количество тепла, передаваемого в единицу времени с единицы площади поверхности тела в окружающую среду с температурой T_C в процессе охлаждения ($T_S > T_C$), прямо пропорционально разности температур между поверхностью тела и окружающей средой

$$q_C = \alpha(T_S - T_C) \quad ,$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Вт/(м² °С).

Поверхностные электронагреватели значительных линейных размеров имеют небольшой температурный перепад на теплоотдающей поверхности за счет равномерного распределения плоских нагревательных элементов. Такой перепад, как правило, составляет 5-10 градусов и в инженерных расчетах им можно пренебречь. Для исключения обмерзания поверхности объекта примем температуру поверхности в наименее нагретой точке +5⁰С. В соответствии с [6] коэффициент теплоотдачи, учитывающий совместное влияние излучения и конвекции в спокойной воздушной среде, составляет 10 Вт/(м² град). Учитывая ветровую нагрузку в шахтном стволе и нормируемое значение минимальной температуры входящей струи примем коэффициент увеличения теплоотдачи 1,5. Температура воздуха, поступающего в ствол, может опускаться до минус 20⁰С. Поэтому, с учетом теплового воздействия шахтного калорифера, примем T_C равной минус 15⁰ С.

Таким образом, для исключения льдообразования в вертикальном стволе требуется стационарный тепловой поток $q_c = 275 \text{ Вт/м}^2$.

Электронагреватели с поверхностнораспределенным тепловыделением конструктивно могут быть выполнены в виде плоскостей разной конфигурации, например, прямоугольной формы. В качестве резистивных элементов могут быть использованы металлические и неметаллические, а также композиционные материалы: металлическая фольга, углеграфитовые токопроводящие материалы, ленточные тканые электронагреватели на основе стали, нихрома, константана и др. материалов. Варьируя электрическими параметрами и геометрическими размерами резистивных материалов, а также схемами электрических соединений элементов можно получить нужную мощность на заданной площади теплоотдачи. В качестве электроизоляционных материалов могут использоваться композиционные материалы, обеспечивающие сопротивление изоляции не менее 50 МОм: жаростойкий слюдопласт типа ИФГ-КАФХ, триацетатцеллюлозная пленка и другие. Корпус нагревателя, как правило, выполняется металлическим. Причем возможно обычное, взрывобезопасное и герметичное исполнение. Подбор электрических параметров схемы соединения и системы заполнения резистивными элементами позволяет рассчитать электронагреватель на, практически, любое стандартизованное напряжение питающей сети.

Опытом эксплуатации такого рода нагревателей в горной промышленности [7] установлено, что оптимальным является использование электронагревателей площадью от 0,1 до 2 м² с напряжением питания 220/380 В.

Стоимость 1 кв.м электронагревателя составляет, в зависимости от применяемых материалов и исполнения, 150-200 грн.

Монтаж электронагревательных устройств может производиться механическим способом, с помощью сварки, дюбелей и т.д.

Управление системой электрообогрева может производиться в автоматическом и ручном режиме: диспетчером, ствольным, машинистом подъема, другими работниками шахты в конкретных ситуациях изменения погодных условий и случаях льдообразования в стволе.

Применение электронагревательных устройств позволит устранить намерзание льда в стволе, тем самым исключив затраты на ремонт и восстановление поврежденных участков крепи, улучшить условия работы и повысить безопасность труда обслуживающего персонала.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бурштейн Г.Я., Котов В.Ф. Производственные фонды и рентабельность угольной промышленности. – М.:Недра, 1970. – 208 с.
2. Герасимчук Д.А., Большаков П.Я., Будник А.В., Гамаюнов В.В. Состояние крепи вертикальных стволов угольных шахт // Уголь Украины. – №7. – С.30-32.
4. Каюн О.П., Мосиенко В.И., Батрак В.Ю., Триллер Е.А. Эксплуатация калориферных установок на шахте «Красноармейская-Западная» №1 / Уголь Украины. – 2004. – №1. – С.22-24.
4. Манец И.Г., Снегирев Ю.Д., Паршинцев В.П. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов. – М.:Недра, 1987. – 327 с.
5. Лыков А.В. Теплообмен. – М.:Энергия, 1971. – 560 с.
6. Альтгаузен А.П., Гутман М.Б., Малышев С.А. и др. Низкотемпературный электронагрев. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.:Энергия, 1978. – 208 с.
7. Гриффен А.Л., Монастырский В.Ф., Потапенко Л.Л. Повышение эффективности горнотранспортного оборудования с использованием электронагрева. – К.:Экономика и право, 2001. – 58 с.