

## ТЕМПЕРАТУРА ГЛУБОКИХ УГОЛЬНЫХ ШАХТ

Дугельный К.А. (КИИ ДонНТУ)  
научный руководитель - Носач А.К.

*В статье рассмотрены основные методы борьбы с температурным параметром на глубине свыше 1000м. Мероприятия по уменьшению нагревания воздуха в шахтной среде.*

*Ключевые слова: горное производство, шахтная атмосфера, температура, холодильный агент, теплообмен.*

Одной из важнейших, актуальных отраслей топливно-энергетического комплекса Украины является угольная промышленность. Актуальность функционирования угольной отрасли Украины обусловлена ее чрезвычайно важным местом в экономике нашего государства, ведь уголь выступает единым национальным энергоносителем, который способен обеспечить энергетическую безопасность и, как следствие, удовлетворить существующие потребности за счет собственных ресурсов. От его поставок зависит стабильность работы тепловых и гидроэлектростанций и не только. Так как добыча угля в наше время осуществляется на больших глубинах, свыше 1000м, работа горняков очень усложняется. Чем больше глубина разработки, тем выше температура и давление в горных выработках. Для безопасного труда шахтеров мы должны создать благоприятные условия работы на больших глубинах [1].

1. Анализ способов снижения температуры шахтной атмосферы глубоких шахт [2].

Улучшение тепловых условий в глубоких шахтах достигается как путем максимально возможного уменьшения прироста температуры, влажности и теплосодержания шахтного воздуха при его движении к лавам и забоям, так и путем его искусственного охлаждения и осушения в рационально выбранных пунктах выработок.

1.1. Основные мероприятия позволяющие снизить прирост температуры рудничного воздуха: -увеличение расхода воздуха; -уменьшение поверхности горных выработок; -подвод воздуха к лавам по вентиляционному горизонту; -уменьшение интенсивности окислительных процессов; -максимальное возможное предотвращение увлажнения воздуха; -искусственное охлаждение или кондиционирование воздуха.

1.2. Мероприятия, позволяющие уменьшить прирост температуры воздуха в шахте без искусственного охлаждения воздуха относят:

- применение теплоизоляции стен выработок с незначительным сроком существования;
- осушение воздуха на выходе;
- применение механизмов, работающих на сжатом воздухе;
- транспортирование добытого угля по участкам обратного движения воздуха и применение нисходящего проветривания;
- охлаждение сжатого воздуха на выходе из компрессора или прокладка трубопроводов сжатого воздуха по участкам с обратным движением вентиляционной струи;
- строгая дозировка воды, подаваемой в выработки для пылеподавления.

Так же рассматриваются способы осушения воздуха сорбентами, охлаждение воздуха жидким воздухом и водой, снижение его температуры путем пропускания через тепловыравнивающие каналы.

Наиболее действенной мерой по предупреждению нагревания шахтного воздуха без искусственного охлаждения является увеличение его количества подаваемого в шахту. Улучшение вентиляции является универсальным техническим мероприятием, с помощью которого не только обеспечивается нормальный пылегазовый режим и снижается влажность шахтного воздуха, но и уменьшение температуры шахтной атмосферы. Вентиляционные устройства на шахтах функционируют постоянно и имеют значительный резерв производительности. Работа по увеличению интенсивности вентиляции ведутся в двух направлениях: увеличе-

ние производительности вентиляторных установок и увеличение пропускной способности горных выработок. С увеличением глубины требуется сооружать более производительные вентиляционные установки главного проветривания.

В целом способность регулирования шахтного микроклимата изменением интенсивности вентиляции имеет достаточно узкую область применения, ограниченную допустимыми значениями скорости движения воздуха по горным выработкам, и может быть реализован лишь в пределах средних глубин разработки угольных шахт.

Так же негативное влияние на температуру шахтной атмосферы оказывают подземные воды, трубопроводы шахтного воздуха (90-100 С).

Целью искусственного охлаждения шахтного воздуха является отвод определенного количества тепла от него при помощи охлаждающего вещества. Тепло от воздуха можно отвести путем соприкосновения последнего с какой-либо холодной поверхностью или путем смещения его с газообразной струей, имеющей температуру ниже температуры воздуха. К способам искусственного охлаждения шахтного воздуха можно отнести следующие: осушение воздуха сорбентами; охлаждение воздуха жидким воздухом; пропускание воздуха через тепловыравнивающие каналы; охлаждение воздуха водой; охлаждение воздуха сжатым воздухом.

Вышеперечисленные способы и средства, направленные на охлаждение воздуха глубоких шахт без использования холодильных машин показали, что они носят вспомогательный характер и не могут быть использованы в качестве самостоятельных способов нормализации шахтного микроклимата.

Более действенным для этой цели является искусственное охлаждение шахтного воздуха использованием стационарных холодильных машин.

Холодильные машины классифицируют по способу сжатия газа, применяемому холодильному агенту, производительности и другим признакам.

По способу сжатия газа холодильные машины разделяют на:

- компрессорно-поршневые
- рациональные
- центробежные

Холодильные агенты делятся на 3 группы:

- с высокой температурой кипения (от 0 до 60 С)
- со средней температурой кипения (от -50 до 0 С)
- с низкой температурой кипения (от -130 до -50 С)

По производительности холодильные машины делятся на:

- малые (100000 ккал/ч)
- средние (100000-300000 ккал/ч)
- крупные (более 300000 ккал/ч)

Место расположения холодильных машин и их тип, а так же способ отвода тепла конденсации хладагента и система циркуляции холодоносителя, определяют выбор схем кондиционирования воздуха.

3. Оценка методов прогноза тепловлажностных параметров воздуха на выемочных участках глубоких шахт.

Разработка перспективных способов и средств понижения температуры воздуха на выемочных участках глубоких угольных шахт и выбор наиболее эффективных путей нормализации тепловых условий на рабочих местах прогнозирования тепловлажностных параметров воздуха в заданных пунктах шахтной сети. Многообразие геологических и горнотехнических условий отработки угольных пластов, а так же факторов, влияющих на формирования тепловлажностных параметров воздуха, обуславливают сложность описания процессов теплообмена в горных выработках. Это способствовало разработке многих методов расчета теплового режима шахт, часто сугубо специфичных или однотипных по существу

Классический подход теплового расчета вентиляции глубоких угольных шахт разработан в ИТТФ НАН Украины под руководством академиков А.Н. Щербаня и О.А. Кремнева.

Широкое применение при прогнозе тепловых условий в очистных выработках получили методики, где зависимости для расчета температуры воздуха в лавах получены из решения уравнения теплового баланса в дифференциальной форме. В методиках принята различная интерпретация приращении энтальпии воздуха.

В следствии этого результаты тепловых расчетов по различным методам при отдельных и тех же исходных данных существенно отличаются, особенно при значительных изменениях относительной влажности воздуха по длине выработок.

Для выработок, проветриваемых за счет общешахтной депрессий, уравнение теплового баланса в дифференциальной форме имеет вид:

$$Gdi = \frac{Q_n}{L} dy + \frac{\sum Q_k}{L} dy \pm 9,81 \times G \times \sin \psi \times dy, \quad (1)$$

где  $G$  - весовой расход воздуха в выработке, кг/с;

$i$  - энтальпия г воздуха, Дж/кг;

$Q_n$  - тепловыделение из породного массива в выработку, Вт;

$\sum Q_k$  - тепловыделение местных источников, Вт;

$L$  - длина выработки, м;

$y$  - продольная координата, м;

$\psi$  - угол наклона выработки к горизонту.

$\pm$  знак плюс относится к нисходящему, а минус- к восходящему.

Энтальпия воздуха в уравнение (2.1) выражается в виде функции температуры:

$$i = C_p t + r \times \varphi \times x_H(t), \quad (2)$$

где  $c$  - удельная теплота воздуха, Дж/(кг. С);

$r$  - удельная теплота парообразования воды, Дж/кг;

$t$  - температура воздуха по сухому термометру, С;

$x_H(t)$  - влагосодержание насыщенного водяными парами воздуха при температуре  $t$ ,

$\varphi$  - относительная влажность воздуха.

Исходя из того, что в свежепройдённых выработках, особенно при большом перепаде температур между породами массивом и воздухом, температура изменяется неравномерно, для теплового расчета используется уравнение теплового баланса в дифференциальной форме. В этом случае дифференциал энтальпии воздуха представляется в виде суммы дифференциалов температуры и влагосодержания воздуха:

$$di = C_p \times dt + r \times dx, \quad (3)$$

Принят линейный закон изменения относительной влажности воздуха по длине выработки:

$$\varphi = \varphi_1 + \frac{\Delta \varphi}{L} y, \quad (4)$$

а влагосодержание насыщенного воздуха в уравнении  $x = \varphi \times x_H(t)$  аппроксимировано линейной функцией

$$x_H(t) = B \times A, \quad (5)$$

где  $\varphi_1$  - относительная влажность воздуха в начале расчетного участка;

$\Delta \varphi$  - приращение относительной влажности воздуха на расчетном участке;

A, B – расчетные комплексы.

При выводе уравнения (5) нелинейная функция парциального давления насыщенных водяных паров, в уравнении  $x = 0,023 \times \varphi \times P_H(t) / [B - \varphi \times P_H(t)]$  аппроксимировалась линейной зависимостью  $P_H(t) = n'(t - \varepsilon')$  на небольших (до 10 С) диапазонах изменения температур воздуха.

С учетом выражения (4) и (5) дифференциал равенства (2) приведен к линейному виду:

$$di = \left[ c_p + r \times B' \times \left( \varphi_1 + \frac{\Delta\varphi}{L} y \right) \right] dt, \quad (6)$$

а уравнение для влагосодержания при любой температуре воздуха и линейном законе изменения относительной влажности представлено в виде:

$$x = B' \times t \times \left( \varphi_1 + \frac{\Delta\varphi}{L} y \right) + A' \left( \varphi_1 + \frac{\Delta\varphi}{L} y \right), \quad (7)$$

Изменение влагосодержания при изменении температуры воздуха принято в виде частного дифференциала влагосодержания  $x$  по температуре  $t (dx = (\partial x / \partial t) dt)$

После подстановки (3) и полученного уравнения в равенстве (1), зависимость теплового баланса горной выработки примет вид:

$$G \times c_p \times dt + G \times B' \times r \times \left( \varphi_1 + \frac{\Delta\varphi}{L} y \right) dt = k_\tau U(t_s - t) dy + \frac{\sum Q_n}{L} dy \pm 9,81 \times G \times \sin \psi \times dy, \quad (8)$$

где  $k_\tau$  - коэффициент нестационарного теплообмена, Вт;

$t_s$  - температура породного массива, С;

U- периметр сечения выработки, м.

Данное уравнение теплового баланса в том или ином виде используется в целом ряде методик расчета температуры воздуха в горных выработках. При таком подходе относительная влажность воздуха в характерных точках выработки являются эмпирическим параметром, который задается по данным шахтных замеров. То есть, при определении температуры воздуха принят детерминированный подход, при определении влажностных параметров воздуха - эмпирический.

Коэффициент влагообмена тесно связан с тепловлажностным отношением, которое широко используется в термодинамике влажного воздуха при анализе процессов изменения его параметров.

Основная роль в тепловом балансе вентиляционной струи на выемочных участках глубоких шахт принадлежит процессу тепломассообмена шахтного воздуха с окружающим горным массивом.

Основой всех методов является детерминированный подход при описании процессов теплообмена за счет введения эмпирических факторов, характеризующих тепловлажностные процессы в выработки.

Литература:

1. Баратов Э.И., Хохотва Н.Н. Вентиляция и кондиционирование воздуха на глубоких шахтах Бельгии.-К.: Гостехиздат, 1964.-71с.

2. Прогрессивные технологии подземной отработки запасов месторождений полезных ископаемых с закладкой выработанного пространства. Учебное пособие / Под общей редакцией академика АГН НАН Украины, доктора технических наук, профессора Гребенкина С.С. (г. Луганск) и академика МАНЭБ, доктора технических наук, профессора Мельника В.В.. – Донецк.: «ВИК», 2013. – 752с.