

К ВОПРОСУ О БОРЬБЕ С ВЫСОКИМИ ТЕМПЕРАТУРАМИ В ГЛУБОКИХ ШАХТАХ

Б. М. ТИТОВ

(Представлено семинарами горного и горно-механического факультетов
и теплотехнических кафедр ТПИ)

Температура горных пород в среднем повышается на 1°C на каждые 30—35 м глубины шахтного ствола, следовательно, если не принимать специальных мер, то в глубоких шахтах рудничный воздух может значительно нагреться. Правилами технической эксплуатации, действующими в СССР, предусматривается, чтобы температура воздуха в очистных и подготовительных выработках не превышала 25°C . Таким образом, в глубоких шахтах чрезвычайно актуальным становится вопрос борьбы с высокой температурой рудничного воздуха.

Кроме тепла, выделяемого из окружающих горных пород, на температуру рудничного воздуха влияет ряд других факторов, например: окислительные процессы, водообильность выработок, количество и влажность подаваемого вентиляционного воздуха, сжатие его от увеличения атмосферного давления, способ проветривания шахт, выделение тепла электрическими и поглощение его пневматическими двигателями, расход энергии на преодоление аэродинамического сопротивления горных выработок (трубопроводов) и т. д. Влияние каждого из этих факторов изучается отдельно, а затем по тепловому балансу находится действительная температура рудничного воздуха.

Большая часть указанных выше факторов достаточно изучена и правильно учитывается при проектировании вентиляции глубоких шахт, но все-таки некоторым из них до сих пор не уделяется должного внимания. Например, горн. инж. П. А. Манукян, с целью уменьшения нагревания вентиляционного воздуха окружающими горными породами, предлагает [1] часть его подавать по специальной выработке, параллельной основному штреку, со скоростью 18—20 м/сек. Поверхность этой выработки он рекомендует покрывать теплоизоляционным материалом. Предлагая увеличить скорость движения воздуха в подающей вентиляционной выработке по сравнению с откаточной, примерно, в три раза, П. А. Манукян совершенно не интересуется тем, как это можно сделать практически, не произойдет ли в этом случае дополнительного нагревания рудничного воздуха за счет энергии, расходуемой двигателем вентилятора, и, наконец, экономической стороной вопроса.

Осуществить предложение инж. П. А. Манукян можно, подавая вентиляционный воздух двумя вентиляторами с различным напором или при установке одного вентилятора, задресселировав откаточную выработку вентиляционным окном. Более экономичным по расходу энергии является вариант с двумя вентиляторами (рис. 1), но при этой схеме проветривания рудничный воздух дополнительно нагревается за счет энергии, расходуемой вентилятором, работающим на нагнетание. Тепло, которое передается вентиля-

ционному воздуху в вентиляторе, работающем на всасывание, рассеивается на поверхности и не нагревает рудничного воздуха ¹⁾. Осуществить предложение П. А. Манукян при работе обоих вентиляторов на всасывание, пожалуй, невозможно.

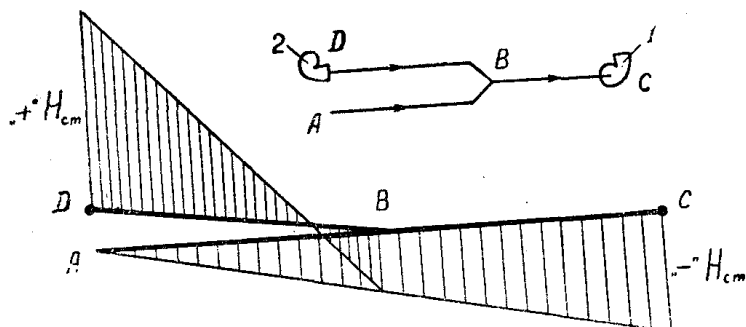


Рис. 1. Схема включения вентиляторов и эпюра статических давлений.

1—главный вентилятор; 2—вспомогательный вентилятор.

Известно [2, стр. 78—90], что повышение температуры вентиляционного воздуха при сжатии в вентиляторе численно равно нагреванию его от аэродинамического трения в трубопроводе

$$\Delta t' = \frac{A}{\gamma c_p} H_{ст}, \quad (1)$$

где A — тепловой эквивалент работы, ккал/кjm;
 γ — удельный вес воздуха, кг/м³;
 c_p — теплоемкость воздуха при постоянном давлении, ккал/кг С°;
 $H_{ст}$ — давление, необходимое для преодоления аэродинамического сопротивления трубопровода, т. е. статический напор вентилятора, кг/м².

По приращению температуры Δt и производительности вентилятора Q определим количество тепла, передаваемого вентиляционному воздуху

$$Q_m = c_p Q \gamma \Delta t \text{ ккал/сек.} \quad (2)$$

Это количество тепла эквивалентно мощности, расходуемой на преодоление аэродинамического сопротивления горных выработок,

$$N'_m = \frac{Q_m}{102 A} = \frac{Q H_{ст}}{102}. \quad (3)$$

Кроме тепла, выделяемого при сжатии, вентиляционный воздух нагревается от внутренних потерь энергии в вентиляторе, поэтому в формулу (3), а следовательно, и (1) необходимо ввести поправку на к.п.д. вентилятора

$$N_m = \frac{Q H_{ст}}{102 \eta_{ст}}; \quad (4)$$

$$\Delta t = \frac{A H_{ст}}{\gamma c_p \eta_{ст}}. \quad (5)$$

Здесь $\eta_{ст}$ — статический к.п.д., учитывающий внутренние потери энергии в вентиляторе.

Допустим, что воздух, поступающий в шахту, делится между выработками АВ и DB (рис. 1) поровну и скорость движения его в выработке DB больше, чем в АВ, в три раза. Сечение выработок примем круглым и коэффициенты аэродинамического сопротивления одинаковыми.

¹⁾ Вентиляторы местного проветривания, устанавливаемые в шахте, во всех случаях нагревают рудничный воздух.

Для принятых условий соотношение между диаметрами выработок должно быть

$$\frac{D_1}{D_2} = \sqrt[3]{3}, \quad (6)$$

где D_1 — диаметр откаточной выработки, м;

D_2 — диаметр параллельной ей вентиляционной выработки, м.

При одинаковом расходе воздуха, длине и креплении выработок потеря давления в них обратно пропорциональна отношению диаметров в пятой степени [4, стр. 236].

$$\frac{H_{см_2}}{H_{см_1}} = \left(\frac{D_1}{D_2} \right)^5. \quad (7)$$

Следовательно, после внедрения предложения П. А. Манукян аэродинамическое сопротивление подающей вентиляционной выработки ДВ возрастает в 15,6 раза

$$\frac{H_{см_2}}{H_{см_1}} = \left(\sqrt[3]{3} \right)^5 = 15,6, \quad (8)$$

а расход энергии, необходимой для подачи вентиляционного воздуха к точке В (рис. 1), увеличится в 8,3 раза

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{0,5 N_1 + 15,6 \cdot 0,5 N_1}{N_1} = 8,3. \quad (9)$$

Здесь N_1 — мощность, необходимая для подачи всего объема вентиляционного воздуха к точке В до уменьшения сечения выработки ДВ; N_2 — то же самое после уменьшения сечения выработки ДВ в три раза.

Если принять, что первоначально для подачи вентиляционного воздуха к точке В (рис. 1) требовалась мощность $N_1 = 200$ квт, то после уменьшения сечения выработки ДВ в три раза для совершения этой же работы требуется мощность

$$N_2 = 8,3 \cdot 200 = 1660 \text{ квт},$$

и к вентиляционному воздуху будет дополнительно подводиться тепло в количестве

$$Q_m = \frac{3600 \cdot 102 \cdot 15,6 \cdot 0,5 \cdot 200}{427} = 1,35 \cdot 10^6 \text{ ккал/час.}$$

Пренебрегать таким количеством тепла при расчетах вентиляции глубоких шахт, пожалуй, не следует.

Может быть, увеличенный расход энергии и дополнительный нагрев рудничного воздуха компенсируются значительным уменьшением притока тепла из окружающих горных пород? Оказывается, нет; как показал проф. А. Ф. Воропаев [4], уменьшение притока тепла из окружающих горных пород с увеличением скорости вентиляционной струи почти не происходит. Таким образом, затраты на проведение специальной вентиляционной выработки, оборудование вспомогательной вентиляционной установки и дополнительный расход энергии ничем не окупаются.

Кроме этого, следует отметить, что П. А. Манукян принципиально неправильно объясняет причину нагревания вентиляционного воздуха в вертикальных выработках. Он считает, что килограмм воздуха, „падая“ по стволу на 100 м, совершает работу 100 кг/м и при этом нагревается на 1°C [1].

Нам представляется, что движение воздуха в стволе нельзя рассматривать аналогично падению воды, так как воздух не „падает“, а перемещается вследствие разности давлений, которая создается вентилятором и естественной тягой. Нагревание же воздуха при движении вниз происходит от сжатия его, связанного с повышением атмосферного давления.

Утверждение П. А. Манукян о том, что, применяя в шахтах пневматическую энергию, можно уменьшить количество тепла, выделяемого механизмами, справедливо только в случае установки в компрессорной станции последующих холодильников [5].

Заключение

Повышение температуры вентиляционного воздуха прямо пропорционально энергии, потребляемой вентиляторной установкой, и при напорах вентилятора порядка 200 кг/м^2 составляет примерно $2,5^\circ\text{C}$

$$\Delta t = \frac{A H_{cm}}{\gamma_{cp} \eta_{cm}} = \frac{200}{427 \cdot 1,3 \cdot 0,24 \cdot 0,6} = 2,5^\circ\text{C}.$$

Следовательно, пренебрегать нагреванием рудничного воздуха вентиляторами местного проветривания и главными вентиляторными установками, работающими на нагнетание, не следует.

ЛИТЕРАТУРА

1. Манукян П. А. Борьба с высокими температурами в глубоких шахтах. „Уголь“, № 5, 1953.
2. Б. Шточес и Б. Черник. Вентиляция глубоких шахт. Перевод с немецкого, ОНТИ, 1934.
3. Скочинский А. А., Комаров В. Б. Рудничная вентиляция. Углетехиздат, 1951.
4. Воропаев А. Ф. К вопросу о борьбе с высокими температурами в глубоких шахтах. „Уголь“, № 12, 1953.
5. Титов Б. М. К вопросу о влиянии применения пневматических механизмов в шахте на температуру рудничного воздуха. Известия ТПИ, т. 78, Томск, 1955.