Записки Ленинградского ордена Ленина Горного института.
Том XX, 1948

К вопросу о расчете воздухопроводных сетей с учетом показателей пневматических инструментов

Доц. *С. С. Смородин*

В горной практике часто приходится иметь дело с проектированием и эксплоатацией сложных воздухопроводных сетей.

В настоящее время существует несколько технических и технико-экономических методов их расчета.

В технических расчетах обычно по заданному количеству протекающего воздуха, длине трубопровода и величине потери давления определяют необходимый диаметр трубопровода или же, задаваясь диаметром трубопровода, определяют потери давления.

В технико-экономических методах расчета выдвигается еще требование выбора такого диаметра трубопровода, при котором получаются минимальные суммарные экономические расходы. Главными потребителями сжатого воздуха в угольной шахте являются отбойные молотки; кроме этого применяются бурильные молотки, пневматические лебедки и др. Основными показателями, характеризующими ударные пневматические инструменты, являются:

1) живая сила удара,
2) расход воздуха,
3) мощность.

При этом перечисленные показатели зависят от рабочего давления воздуха $p_{пр}$, подводимого к отбойному или бурильному молотку.

Эта зависимость в общем виде выражается следующим образом:

живая сила удара $A=f(p_{пр})$;
расход воздуха $Q=f(p_{пр})$;
мощность $N=f(p_{пр})$.

Таким образом оказывается, что в зависимости от физических свойств полезного ископаемого нужно выбирать оптимальную величину живой силы удара установлением вполне определенного давления у приемника сжатого воздуха, от величины которого зависит и расход воздуха.

При расчете воздухопроводных сетей мы должны, следовательно, учитывать зависимость расхода воздуха от давления у приемника.

На рисунке 1 приведена кривая изменения расхода воздуха отбойным молотком, типа ОМСП-5 при изменении давления рабочего воздуха.

В данном случае был взят новый молоток с завода „Пневматика", испытания проводились в лаборатории горной механики Ленинградского ордена Ленина Горного института.

Из приведенной кривой видно, что при увеличении давления возрастает и потребляемое количество воздуха (температура воздуха 20° С).

При увеличении давления от 4 до 5 атмосфер манометрических потребляемое количество воздуха увеличивается на 25%, а при увеличении давления от 4 до 6 атмосфер манометрических расход воздуха увеличивается на 47%.

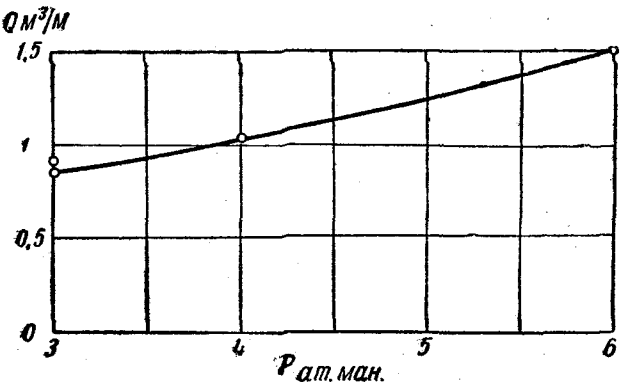


Рис. 1.

Кроме этого, потребление воздуха увеличивается с износом молотка. На рисунке 2 приведены кривые расхода воздуха отбойными молотками ОМСП-5 различной изношенности.

Для испытаний были взяты молотки с угольных шахт Донбасса после их эксплоатации от одного месяца (кривые 11—12) до одного года (кривые 1, 2, 3).

В результате большого количества испытаний, проведенных в лаборатории и непосредственно на производстве по определению расхода воздуха отбойными молотками при различных давлениях, мы получили для среднеизношенных молотков следующую зависимость:

$$Q = \alpha \cdot 0{,}236 \cdot p_{\text{пр}}^{1{,}07} \cong \alpha \cdot 0{,}265 \cdot p_{\text{пр}}, \qquad (1)$$

где Q — количество свободного воздуха, потребляемое отбойным молотком в $м^3/мин$; $p_{\text{пр}}$ — давление, подводимое к молотку в атм.; α — коэфициент, учитывающий конструкцию молотка; $\alpha = 1$ для отбойного молотка ОМСП-5; $\alpha = 1{,}8$ для бурильного молотка РП-17.

Подсчеты по этой формуле дают наилучшие результаты при давлениях от 4 до 6 атмосфер. На рисунке 3 приведена зависимость расхода воздуха на один отбойный молоток средней изношенности.

Факт зависимости расхода воздуха от давления у приемника коренным образом влияет на методику расчета сети.

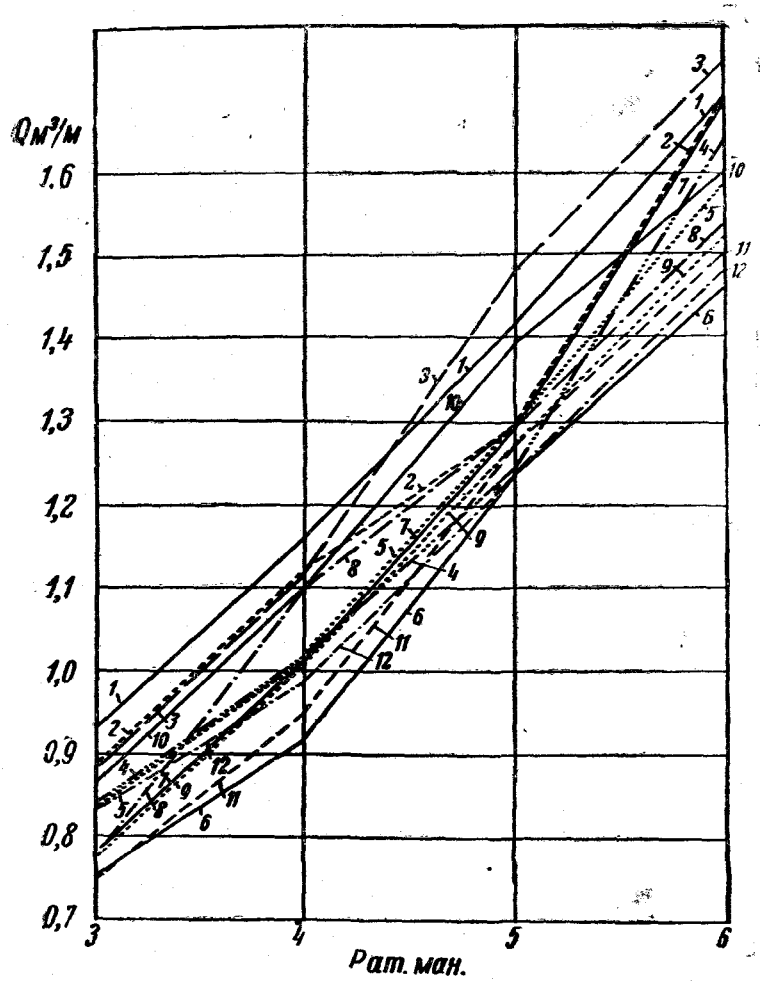


Рис. 2.

Таким образом, основные требования, предъявляемые к воздухопроводной сети, сводятся к следующему:

1. Все элементы сети должны быть так подобраны, чтобы обеспечивалась работа пневматических инструментов и машин с заданными основными показателями.

2. Суммарные расходы на воздухопроводную сеть должны быть по возможности минимальными.

Все существующие методы расчета воздухопроводных сетей не соответствуют фактической работе воздухопровода, так как они не учитывают функциональной зависимости расхода воздуха от давления у приемника.

Что касается остальных основных показателей, то они не влияют на методику расчета воздухопровода, а лишь обусловливают необходимое давление у приемника.

На основании проведенных исследований рекомендуется метод расчета воздухопроводных сетей с учетом основных показателей отбойных молотков и перфораторов.

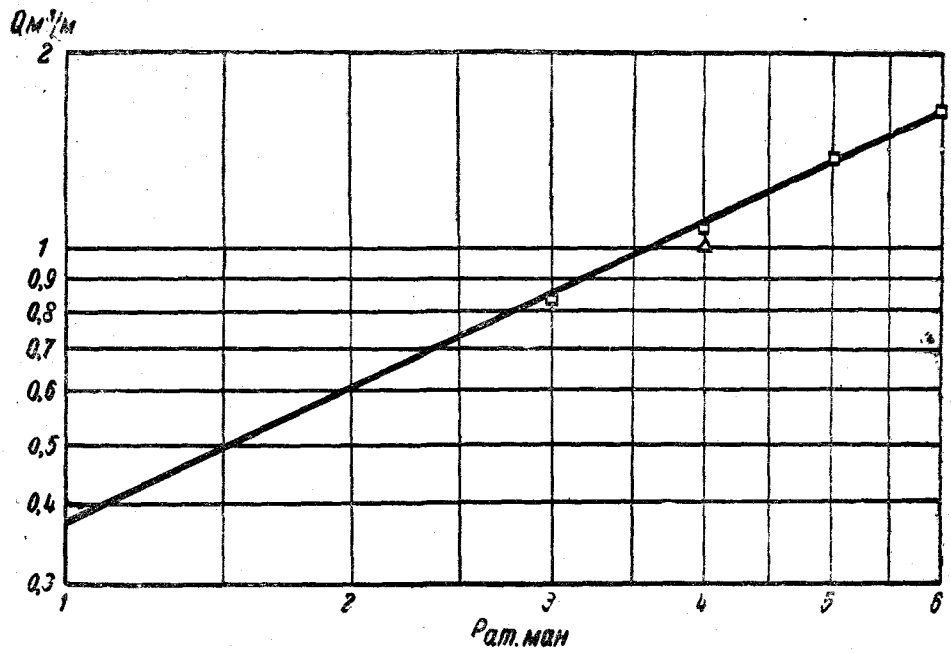


Рис. 3.

В основе данного метода лежит необходимость установления определенного давления для каждого молотка в зависимости от характера горных пород.

Расчетная формула для определения диаметра трубопровода при ориентировочных расчетах будет иметь следующий вид:

$$d = 30 \sqrt[5]{\frac{l_э \cdot p_{пр}^2 \cdot \Sigma a^2 \cdot n^2}{\gamma_{сж}^2 \cdot \Delta p}},$$

где d — диаметр трубы в *мм*; n — количество молотков; $l_э$ — эквивалентная длина трубы в *м*; $p_{пр}$ — давление у молотка в атм.; $\gamma_{сж}$ — удельный вес сжатого воздуха в *кг/м*³; Δp — потеря давления в *кг/м*².

Для практических расчетов удобнее пользоваться номограммой, помещенной в конце статьи.

Номограмма состоит из трех частей:

I. Вверху слева: в логарифмической сетке проведены линии постоянного количества эквивалентных отбойных молотков. По оси ординат отложены абсолютные давления у приёмников, по оси абсцисс откладывается потребляемое количество свободного воздуха. Зная число эквивалентных отбойных молотков и давление рабочего воздуха, определяем потребляемые ими количество воздуха.

II. Внизу слева: по оси ординат откладывается падение давления в $кг/см^2$ на длину трубы 10 *м*, по оси абсцисс — протекающее по трубопроводу количество свободного воздуха; в данных координатных осях проведены линии постоянного давления от 4 до 9 ата для различных диаметров труб.

III. Правая нижняя часть: по оси ординат откладывается полная потеря давления (справа), по оси абсцисс — эквивалентная длина трубопровода.

Пользование данной номограммой намного облегчает выбор трубопровода и расчет всех элементов сети.

В этой номограмме введен термин „эквивалентный отбойный молоток" для облегчения расчета, так как часто количественные потери берут в процентах от расхода воздуха данным молотком и кроме этого для различных конструкций молотков будет разное значение α, тогда как номограмма построена для отбойных молотков с $\alpha = 1$.

Данная номограмма не дает возможности рассчитывать сети при любых потребителях сжатого воздуха, однако, при наличии характеристик новых потребителей, необходимо изменить лишь верхнюю левую часть номограммы. Преимущество номограммы заключается еще в том, что мы имеем возможность легко находить по ней равновесные состояния в воздухопроводе, когда задано давление в начале расчетного участка, но не известны взаимно связанные между собою: давление, которое установится у приемника, расход воздуха и потеря давления на этом участке.

Совершенно очевидно, что теперь мы не можем допустить свободного выбора скорости движения воздуха в трубе; рассматривая вопрос с точки зрения минимума экономических затрат, мы обязаны найти равновесное состояние, при котором установится определенное давление у приемника, расход воздуха и потери давления, обусловленные давлением в начале элемента и диаметром трубы; такая задача нахождения равновесного состояния в трубопроводе решается с помощью номограммы путем нескольких проб.