

## Потери энергии в водоводах, вызываемые наличием нерастворенного воздуха, и возможность их снижения путем применения воздушных клапанов (техническая справка)

Нерастворенный в воде воздух, всегда присутствующий в водоводах (вследствие захвата воздуха на всасывании насосов, выделения воздуха, растворенного в воде, при уменьшении давления и т.п.) приводит к дополнительным гидравлическим сопротивлениям и соответствующим потерям энергии.

В предельных случаях нерастворенный воздух, собирающийся в снижающихся участках трубопроводов, может привести к полному прекращению подачи воды (такой случай описан в работе LESCOVICH J.E. "Locating and sizing of air release valves." Journal of American Water Works Association, AWWA, (Vol 64, N7, pp 457-461, 1972).

В обычных условиях, если в водоводах не установлены воздушные клапаны, обеспечивающие выпуск воздуха, снижение подачи воды вследствие наличия скоплений нерастворенного воздуха составляет 5-10% (см. APCO - Valve and primer corporation, "Theory and use of air valves", USA Technical Bulletin 610, 1992). Необходимость обеспечить подачу заданного количества воды приводит к увеличению затрат энергии (например к увеличению количества работающих насосов или времени их работы). Указанное увеличение может быть приближенно и оценено также в пределах 5-10%.

Чтобы избежать указанных потерь при проектировании систем подачи воды предусматривают установку воздушных клапанов в местах предполагаемого скопления нерастворенного воздуха, а также в местах, где выпуск воздуха необходим при заполнении магистралей. (AWWA Manual M11, "Steel Pipe - A guide for design and installation" pp 98 - 99, 1987; Tarshish M.S. "Transients in a well pump - pipeline hydraulic system with air release valve", Proceedings of the 26-th Israel Conference on Mechanical Engineering, ( pp325-27, 1996 )

Для выпуска воздуха при рабочем давлении применяются клапаны высокого давления, а для выпуска воздуха при заполнении системы используются клапаны низкого давления, которые обеспечивают также выпуск воздуха при опорожнении системы, при разрыве водяного потока вследствие гидроударов.

Широко применяются также комбинированные

клапаны, выполняющие как функции клапанов высокого давления, так и клапанов низкого давления. Рекомендуемые расстояния между клапанами выпуска воздуха на длинных участках от 400-500 м. до 800-1000 м. Рекомендуется их установка на вершинах (пиках) водоводов, в местах увеличения уклона, на снижающихся участках, в местах уменьшения уклона, на участках параллельных пьезометрической линии, после насосов, на корпусах фильтров и т.п.

В связи с широким применением воздушных клапанов в системах транспортировки воды выполнен и выполняется значительный объем прикладных исследований в этой области в различных странах (США, Израиль, ЮАР и др.)

В статье профессора Таршиша М.С. (Tarshish M. "Reduction of energy expenses by air release", 1998) рассмотрены дополнительные потери, связанные с наличием в трубопроводах значительных скоплений нерастворенного воздуха, и предложена методика их приближенной количественной оценки. Методика, изложенная в этой статье, используется фирмой A.R.I. при разработке технических предложений по оснащению водоводов воздушными клапанами. В качестве примера в статье произведена оценка потерь в водоводе, имеющим один снижающийся участок, если не обеспечен выпуск скопившегося в его верхней части нерастворенного воздуха.

Для расчета были приняты следующие исходные данные:

внутренний диаметр водовода  $d = 1\text{ м}$ ,  
 уклон нисходящего участка  $I = 0,0871$ ,  
 его длина  $L_y = 85\text{ м}$ ,  
 расход воды  $Q = 3600\text{ м}^3/\text{час}$ ,  
 плотность воды  $\rho_w = 998\text{ кг/м}^3$   
 коэффициент Шези  $C = 56,67$   
 ускорение силы тяжести  $g = 9.81\text{ м/сек}^2$   
 площадь проходного сечения трубопровода  $A = 0,785\text{ м}^2$   
 скорость движения потока  $V = Q/A = 1.2\text{ м/сек}$   
 мощность потребляемая насосом  $N_p = 750\text{ кВт}$ ,  
 КПД насоса  $\eta = 0,85$ .

Используя эти данные, были определены потери на рассматриваемом участке при отсутствии в его верхней части воздушного кармана (скопление нерастворенного воздуха)  $h_f = 0,172\text{ м. вод.столба}$

Максимальная оценка уменьшения потребляемой мощности, которая может быть обеспечена выпуском

воздуха через воздушные клапаны, находится, используя зависимость:

$$\Delta N = \frac{100 A_g \rho_w V h_r}{\eta_p N_p} \times \left( \frac{I d C^2}{4 V^2} - 1 \right)$$

Искомое уменьшение мощности  $\Delta N$  составило 11,1%.

В указанном примере были приведены данные, базирующиеся на опыте эксплуатации.

Следует отметить, что кроме уменьшения затрат энергии, установка воздушных клапанов, обеспечивающих выпуск воздуха, уменьшает также опасность гидроударов у потребителей (вследствие резкого изменения гидравлических сопротивлений и скоростей течения при переходе от истечения воздуха к течению воды), уменьшает ошибки измерений расхода и количества воды, уменьшает коррозию - в результате увеличивается совокупный положительный эффект от применения воздушных клапанов в системах транспортировки воды.

Таршиш М.С.  
Профессор, Доктор Технические Наук  
ВНИИ ВОДГЕО Госстроя СССР  
(1978-88гг.)