

Гидравлические характеристики обратных клапанов и потери энергии в трубопроводе

Обратные клапаны являются существенной частью арматуры, используемой в системах водоснабжения и в других гидравлических системах.

Применение этих клапанов предупреждает опорожнение водоводов после выключения насосов и работу насосов в турбинном режиме при недопустимых оборотах.

Обратные клапаны используются также в связи с проблемой снижения гидроударных нагрузок трубопроводов.

Одним из важных требований предъявляемых к обратным клапанам, является достаточная малость гидравлических потерь при рабочих расходах. Это требование существенно для экономии энергии, учитывая большие количества обратных клапанов, применяемых в системах подачи и распределения воды.

Основные типы обратных клапанов

Потери энергии в трубопроводах, связанные с гидравлическим сопротивлением обратных клапанов зависят от их типа, конструкции и настройки.

Простая и часто встречающаяся конструкция основана на использовании воздействия потока протекающей жидкости на заслонку обратного клапана, перекрывающую его отверстие при возникновении течения в обратном направлении без использования внешнего источника энергии (так называемая «хлопушка»).

Силы воздействия потока жидкости на заслонку образуют действующий момент, который при установившемся течении находится в равновесии с моментом уравновешивающей системы (с противовесом или пружиной), а также с моментом сил трения в подшипниках оси вращения заслонки.

Обратные клапаны этого типа с различным расположением оси вращения заслонки являются клапанами прямого действия.

Открытие и гидравлические потери клапанов прямого действия при определенном значении расхода зависят от регулируемого момента противовеса. Изменение момента противовеса влияет как на гидравлическое сопротивление клапана в открытом положении, так и на его динамические свойства (например на время закрытия). В клапанах прямого действия могут использоваться демпфирующие гидроцилиндры для обеспечения плавного закрытия и уменьшения нагрузок вследствие гидроударов.

Клапаны непрямого действия, в которых используется внешний источник энергии, могут обеспечить в тех же условиях снижение затрат на энергию по следующим причинам:

- Полное открытие клапана может быть осуществлено без необходимости обеспечить в открытом положении воздействие потока на заслонку, равное закрывающему моменту противовеса. Это позволяет создавать конструкции клапанов непрямого действия с уменьшенными потерями в открытом положении.

- Полное открытие клапана можно обеспечить во всем интервале рабочих расходов, в то время как, открытие клапанов прямого действия уменьшается при уменьшении расхода при этом потери возрастают по сравнению с потерями в полностью открытом клапане.

Гидравлические потери при открытом обратном клапане и затраты на энергию

Трубопровод может работать при различных расходах Q в интервале $Q_{min} - Q_{max}$

Изменения расхода связаны, например, с изменением водопотребления в течение суток и соответствующим изменением числа работающих насосов.

Обратные клапаны прямого действия изменяют, соответственно, положение заслонки, увеличивая коэффициент гидравлических потерь при меньших открытиях.

Это увеличение не является необходимым и ведет к дополнительным потерям энергии.

Клапаны непрямого действия, с использованием внешнего управления, позволяют избежать указанные потери.

Мощность N , соответствующая потере напора h , для открытого обратного клапана выражается уравнением:

$$N = g \cdot \rho \cdot h \cdot Q$$

где: g - ускорение силы тяжести
 ρ - плотность жидкости

Функция, $h(Q)$ необходимая для подсчета мощности, обычно определяется изготовителем обратного клапана.

Потери энергии E_T в течение времени T могут быть определены, если изменения расхода $Q(t)$ в течение суток известны:

Упрощенный расчет затрат энергии, связанных с применением обратных клапанов (пример)

Упрощения:

- постоянная цена энергии в течение года

- график подачи воды в течение суток одинаков для всех дней года
- постоянные потери напора в рабочем интервале расходов

Исходные данные:

1. Трубопровод, на котором установлен обратный клапан, работает 11 часов ($\Delta t_1 = 11$ час) при расходе $Q = 2230 \text{ м}^3 \text{ \час}$ 13 часов ($\Delta t_2 = 13$ час) при расходе $Q_1 = 3425 \text{ м}^3 \text{ \час}$.
2. Цена 1 квт.час $C = 0.07$ \$
3. КПД насосов (η_p), эл.двигателей ($\eta_{де}$) и передачи от двигателя к насосу ($\eta_{тр}$): $\eta_p \eta_{де} \eta_{тр} = 0.8 * 0.8$ (если передача отсутствует, надо принять $\eta_{тр} = 1$)
4. Число дней в году, в течение которых работает трубопровод $n_d = 365$.
5. Возможно использование одного из двух типов обратных клапанов:
 - обычный обратный клапан, типа “хлопушка”, потери $h = 0.8$ м
 - клапан А.Р.И., потери $h = 0.12$ м.Таким образом, $\Delta h = 0.68$ м
Годовые затраты определяются по формуле:

$$E = \frac{2.72 \cdot 10^{-3} \cdot C \cdot n_d \cdot \Delta h \cdot (\Delta t_1 \cdot Q_1 + \Delta t_2 \cdot Q_2)}{\eta_p \cdot \eta_{де}}$$

$$E = \frac{2.72 \cdot 10^{-3} \cdot 0.07 \cdot 365 \cdot 0.68 \cdot (11 \cdot 2230 + 13 \cdot 3425)}{0.64} = 5.098 \$$$

Таким образом экономия только на одном клапане составляет более 5-ти тысяч долларов в год.

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