

## 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  
 $\rho$  - 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 ( $\eta_p$ ), 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.)