

УДК 532.595.2

## ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ УДАРЫ В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ И СПОСОБЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Казейка К.В., Бубнова А.А.

Научный руководитель – ассистент Ракевич С.И.

Наиболее опасное своими последствиями известно явление как гидравлический удар. Понятие гидравлический удар заключается в резком увеличении или уменьшении давления в трубопроводах тепловых сетей и в приборах отопления, присоединённых к ней. Из-за скачков давления трубопроводы тепловых сетей повреждаются, раскрываются многометровые трубопроводы из стали, отказывают приборы нагрева. Всё это приводит к материальным и трудовым затратам.

Этапы гидроударов представлены на рисунке 1. Ниже изображён квартирный трубопровод, который прикреплен к домовому стояку и для того чтобы быстрее перекрыть поток на конце установлен смеситель, или как называют однорычажный кран.

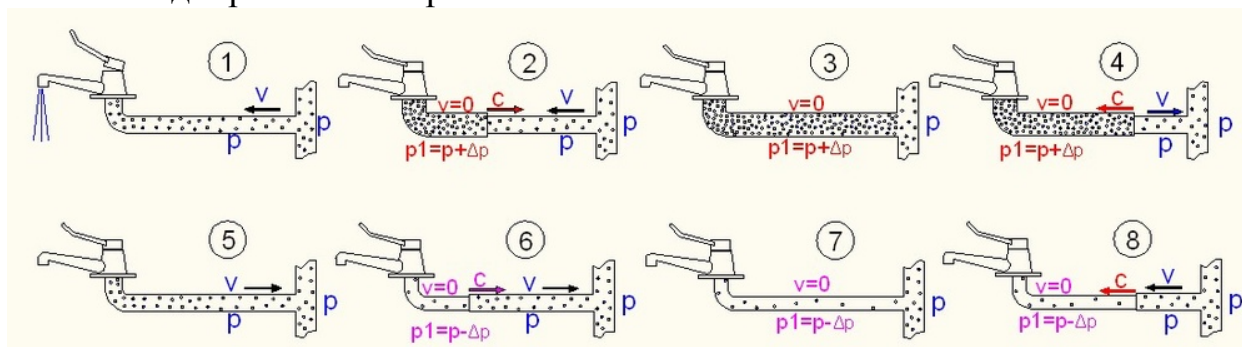


Рисунок 1 – Стадии гидравлического удара

Выделяют пять основных причин образования гидроударов в системе отопления:

- Появление воздушных пробок;
- Уменьшение диаметра с дальнейшей корректировкой направления потока;
- Резкие действия с запорно-регулирующей арматурой;
- Смена порядка действий насосного оборудования;
- Изгиб трубопровода отопления.

Появление воздушных пробок происходит зачастую в межсезонье, когда убывает вода, либо при строительстве тепловой системы. И тогда, после включения отопления происходит так, что система переполнена воздушной массой. При движении жидкости образуются небольшие отдельные объёмы в виде кармашков, что препятствуют дальнейшей циркуляции. Перед воздушной пробкой давление возрастает и движение теплоносителя прекращается. Когда достигается определённое значение давления, воздух пробивается при сдавливании водой. После резкого начала движения теплоносителя скорость растёт и возникают многочисленные гидроудары. Гидравлические отклонения могут возникать по причине плохой разработки проекта отопления, где

присутствует резкое сужение диаметра труб. Скорость воды в трубах маленького диаметра быстрее увеличивается. Опасным участком можно считать сочетание сужения и изгиба трубопровода. Он постоянно будет подвергаться избыточному давлению. Резкие действия с запорно-регулирующей арматурой распространяется на шаровые краны, которые закрываются одним поворотом в отличие от вентилей. В данных случаях при таких манипуляциях направление движения изменяется очень быстро. Закрываешь – повышенное давление повреждает арматуру и материалы, открываешь – повреждаются элементы за краном. На рисунке 2 изображен гидроудар в системе водоснабжения.

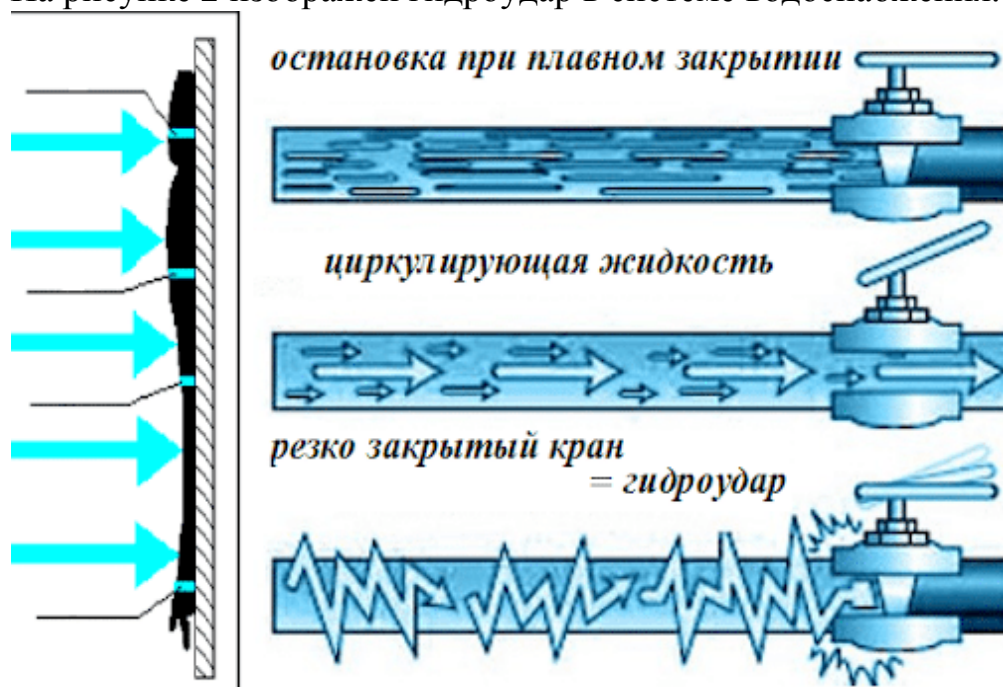


Рисунок 2 – Гидроудар в системе водоснабжения или отопления

Если появляются проблемы с потоком тепловых сетей, то проводят его анализ. В ходе такого анализа устанавливается наличие гидравлических ударов, на каком основании они возникли и разрабатываются мероприятия по их устранению. Цель улучшить тепловую сеть заключается в устранении причины возникновения гидроударов.

В физике гидроудар рассматривается как колебательный процесс, и поскольку значение длины трубопровода больше значения его диаметра, имеет одну степень свободы. Тепловая сеть с позиции термодинамики, есть однородная термодинамическая система. Скорость распространения гидравлического удара определяется по формуле Н.Е. Жуковского (1).

В трубопроводе тепловой сети она приблизительно равна скорости звука в сетевой воде:

$$a = a_0 / [1 + \left(\frac{\varepsilon}{E}\right) \cdot \left(\frac{D}{\delta}\right)]^{0,5}, \quad (1)$$

где  $a_0$  – скорость распространения звука в жидкости, м/с;

$\varepsilon$  и  $E$  – модуль упругости жидкости и материала стенок стальной трубы;

$D$  и  $\delta$  – диаметр и толщина стенок трубопровода.

В теории гидроудар за единицу времени принимают «фазы удара» (2):

$$\theta = 2 \cdot L/a, \quad (2)$$

где  $\theta$  – фаза удара, с;

$L$  – длина трубопровода, м.

Открывая или закрывая кран возникают посторонние звуки на подобие щелчков или стуков. Это сигнал о том, что в трубопроводе появилось повышенная нагрузка. Ущерб после аварий на трубопроводе нанесённый гидравлическими ударами может сильно превышать затраты превентивного разбирательства (рисунок 3):



Рисунок 3 – Последствия гидроударов

В тепловых сетях квартирных домов после гидроударов масштабных повреждений нет, в сравнении с трубопроводами больших диаметров. Хотя и незначительные повреждения в квартирных сетях займут много времени и потребуют внушительных финансовых затрат.

В квартирной трубной разводке частые гидравлические удары влекут за собой последствия:

- Уменьшается продолжительность работы трубопроводов;
- Выдавливание различных прокладок и уплотнений в арматуре, а также в соединителях трубопроводов;
- Прекращение работы контрольно-измерительных приборов, которые

установлены в квартире;

- Сдвиг соединителя с трубопровода при гидроударе;
- Для трубопроводов опасна зона разряжения ударной волны.

Чтобы избавиться от перехода кинетической энергии в энергию упругой деформации и защитить трубопровод от гидроудара необходимо:

- Накопление энергии;
- Втягивание жидкости и впуск воздуха (срыв вакуума);
- Улучшение закрытия клапана по времени;
- Оптимизация способа действия трубопроводной системой.

Рассмотрим способы защиты трубопроводов от гидроударов. Увеличить время перекрытия потока. На магистральных трубопроводах этот способ является самым эффективным. Плавное закрытие помогает избавиться от различных возмущений и от обязательной установки крупногабаритных и дорогих устройств задвижки. Электромагнитные клапана, однорычажные смесители, арматура для быстрого перекрытия потока используются в квартирных системах. Широкое применение находят гасители гидравлических ударов. Например, пневматические, которые делятся на поршневые (рисунок 4а) и мембранные (рисунок 4б), пружинные (рисунок 4в):

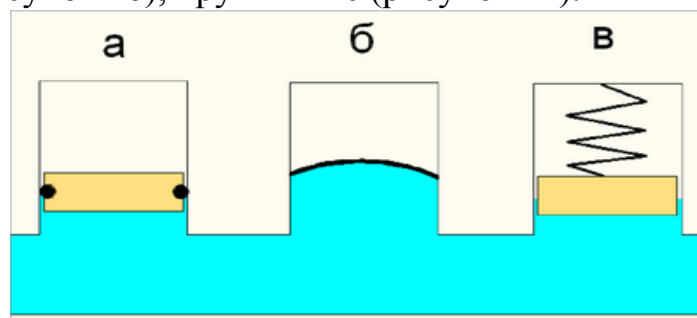


Рисунок 4 – Типы гасителей гидроударов

Гаситель гидроударов выполняет задачу защитника приборов, находящихся рядом. Он забирает лишнюю жидкость, чтобы уменьшить нагрузку на других элементах. Сам гаситель маленького размера. Располагаться он должен поближе к месту возникновения гидравлического удара.

Частью насосного агрегата являются воздушная подушка и маховик, которые выполняют роль защиты от гидроударов и перепадов давления. Для защиты от рассматриваемых проблем подходят устройства для впуска и выпуска воздуха для нарушения вакуума. Чтобы избежать рисков гидравлических ударов для каждой трубопроводной сети необходимо проводить анализ пульсаций давления совместно с оценкой опасности возникновения ударной волны. Для этого используются современное программное обеспечение.

До его появления использовался графический метод Шнидера-Бержерона, а также метод ручного расчёта при помощи уравнения Жуковского (3):

$$\Delta h_{Jou} = \frac{a}{g} \cdot \Delta v \approx 100\Delta v, \quad (3)$$

где  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – ускорение свободного падения;

$\Delta h_{Jou}$  – изменение напора, м.

Таким образом, чтобы предотвратить гидроудар нужно придерживаться основных правил: плавно закрывать кран, использовать трубы большого диаметра, установить амортизирующее устройство, использовать компенсаторное оборудование.

#### Литература

1. Вероятность гидравлического удара в системе теплоснабжения, причины и последствия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2219](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2219). – Дата доступа 18.10.2020.
2. способов защитить систему водоснабжения от гидроудара [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.ermangizer.ru/gidroudardar\\_v\\_sisteme\\_vodosnabzheniya\\_prichiny](http://www.ermangizer.ru/gidroudardar_v_sisteme_vodosnabzheniya_prichiny). – Дата доступа 21.10.2020.