

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР В ТРУБОПРОВОДАХ: РАСЧЕТ И ПРЕДОТВРАЩЕНИЕ

А.Р. Газаров, Р.А. Колосов, Е.И. Ховрина

В работе рассмотрены причины возникновения гидравлического удара, его расчет, а также способы предотвращения гидроудара. Приведены графики давления на незащищенной насосной станции и защищенной клапаном.

Ключевые слова: гидравлический удар, трубопровод, расчет, давление, насосная станция.

Одна из ключевых проблем, возникающих во время эксплуатации трубопроводных систем различного назначения – скачок давления. Следствием такого скачка является гидроудар, он может стать поводом для появления множества существенных повреждений. В связи с этим, существует необходимость предупреждения и расчета этого явления.

В статье рассматриваются меры, предупреждения гидроудара и сведения к нулю его отрицательное действие, обеспечив, при этом нормальную работу контуров.

Гидравлический удар — это недолговременный, но существенный скачок напора в трубе, заполненной жидкостью. Этот эффект проявляется в момент соударения течения с препятствием, вставшим на его дороге. Как пример можно привести внезапное перекрытие арматуры, неожиданная остановка насоса, наличие пробки из воздуха.

При соударении с возникшим барьером течение продолжает движение с тем же темпом, что и до его появления. Начальные слои течения уплотняются за счет поступления свежих пластов жидкости. Вследствие постоянного напора свежих слоев напор резко увеличивается, жидкость «ищет» способ себя сбросить.

Появлению этой проблемы предшествуют различного рода щелчки и стук, кроме того, присутствует посторонний шум в трубах, который напоминает рычание. Пощелкивание возникает там, где трубы большого диаметра соединяются с патрубками меньшего размера. Вода, протекающая вдоль стен трубы, сталкивается с небольшим, но барьером.

При появлении нештатных ситуаций от гидравлического удара получают повреждения:

У установленного оборудования может быть нарушена герметичность уложенных труб и устройств, которые могут подвергнуться разрушению.

Имущество. Вода, вытекающая из дефектной сети, приводит к возможным повреждениям.

Жители дома. Если повреждение случилось в отопительной системе, существует опасность получения ожогов от воды или пара.

Повреждению оборудованию на производстве.

По данным статистики, существенное количество аварий, около 60%, происходит из-за появления гидравлического удара. Довольно часто последствия от этого явления можно видеть у износившихся труб, которые покрыты коррозией.

Уровень неисправности зависит от места появления барьера, если она возникает в начале системы, то размер гидроудара будет незначительный, но если препятствие возникло в конце – то существенно выше.

Такой эффект часто возникает при укладке в одну систему труб разного размера. Если в системе не были использованы переходники, приводящие систему к единому знаменателю, то рост напора неизбежен. В таком положении для защиты системы контур может быть оснащен термостатом. Сущность гидроудара скрыта в том, что утрачивается пропускная способность трубы или же она резко снижается. Это приводит к росту напора в системе.

Там, где трубопроводные системы спроектированы или смонтированы с ошибками, довольно часто можно услышать посторонние звуки в виде пощелкивания или постукивания. Эти звуки являются внешним проявлением гидравлического удара и возникают там, где в закрытой системе неожиданно остановилось движение жидкости, а через какое-то время неожиданно началось снова.

Если на пути, перемещающегося с некоторым темпом течения встает преграда, то происходит ее падение, а объем жидкости растет. Не найдя выхода, течение создает обратную волну. Столкнувшись с основной массой жидкости она приводит к росту напора. В некоторых случаях напор может подскочить до 20 атм. Так как магистраль герметична, то объему, который скопился деваться некуда. Но накопившееся энергия требует выхода наружу. Возникшая сила удара в итоге соударения создает возможность порыва трубы и если она недостаточно прочна, то разрыв неизбежен.

Именно поэтому для устройства трубопроводной системы требуется использовать трубы, адаптированные под эксплуатацию в водных сетях. Это могут быть изделия, отвечающие нормам ГОСТ 3262-75, либо изделия, отвечающие нормам ГОСТ 18599 [1-2].

К основным факторам, которые провоцируют появление гидравлического удара можно отнести:

Сбой в работе или выход из строя циркуляционного насоса.

Наличие воздуха в закрытом контуре.
Сбои в подаче электрической энергии.
При резком открытии/закрытии кранов.
Увеличение давления (рис. 1) при гидравлическом ударе определяется выражению [3]:

$$D_p = \rho(v_0 - v_1)c,$$

где ρ – плотность жидкости, кг/м³; v_0 и v_1 – средние скорости в трубопроводе до и после закрытия задвижки, м/с; c – скорость распространения ударной волны.

Фаза удара T , определяемой по формуле [3]:

где L – длина трубопровода; Cu – скорость распространения ударной волны, м/с [3]:

$$Cu = \sqrt{\frac{E}{\rho} \frac{1}{1 + \frac{E D}{E_{tr} h} k}}$$

где $\sqrt{\frac{E}{\rho}}$ – скорость распространения звука в жидкости [3].

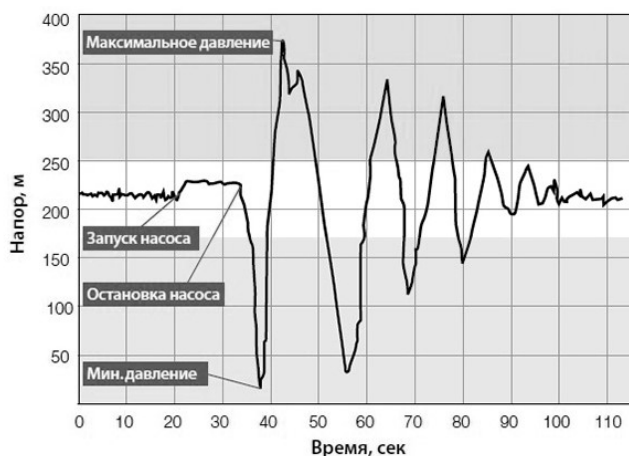


Рис. 1. График давления на незащищенной насосной станции

Снижение скачка возможно за счет применения клапана (рис. 2) [4].

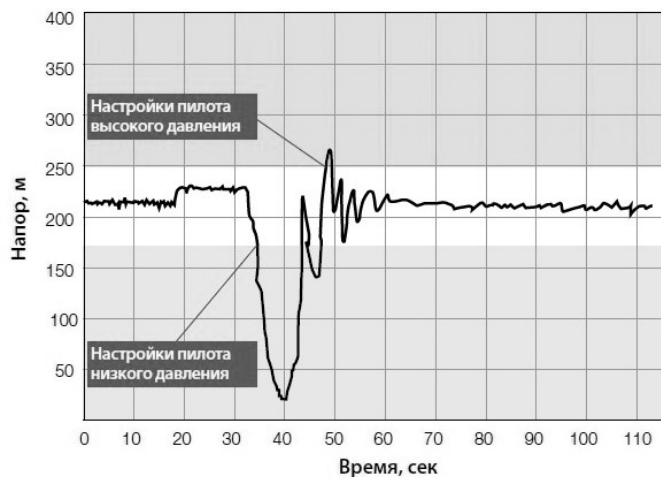


Рис. 2. График давления на насосной станции, защищенной клапаном

Непродолжительный рост напора в закрытом контуре может появиться в том случае, если после включения насосного агрегата крыльчатка начинает движение с больших оборотов.

При устройстве трубопровода, вместо вентилях и задвижек старого образца, устанавливают шаровые краны, поскольку старое устройство не в состоянии обеспечить плавный ход.

Следует отметить, что винтовые краны более эффективны в части безопасности. Это обусловлено плавным прокручиванием буксы и, как следствие, плавным открытием/перекрытием арматуры.

Сходная ситуация появляется и тогда, когда из системы не стравлен воздух. В момент открытия крана жидкость соударяется с воздушной пробкой и становится своего рода воздушным амортизатором.

При создании проекта разработчики должны уделять внимание возможности проявления гидроудара. В частности, они не должны допускать укладки в один отрезок труб сантехнику разного диаметра. По мере необходимости использовать предохранительные устройства.

Список литературы

1. Френкель Н.З. Гидравлика: учебник предназначен для механических специальностей вузов. Госэнергиздат. М.- Л., 1956. 456с.
2. Лапшев Н. Н. Гидравлика: учебник для вузов по специальности Строительство. М.: Академия, 2007. 268 с.
3. Бутиков Е.И., Кондратьев А.С. Физика. Книга 1. Механика. М.: Наука, 1994. 367 с.
4. Способы защиты трубопроводной системы от гидроударов // ПромоГрупп Медиа [Электронный ресурс] URL: <https://dprom.online/oilngas/sposoby-zashhity-truboprovodnoj-sistemy-ot-gidroudarov/> (дата обращения: 10.09.2019).

Газаров Артур Робертович, студент, den-arti777@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет,

Колосов Руслан Андреевич, студент, den-arti777@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет,

Ховрина Екатерина Игоревна, магистрант, den-arti777@mail.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет.

HYDRAULIC SHOCK IN PIPELINES: CALCULATION AND PREVENTION

A.R. Gazarov, R.A. Kolosov, E.I. Hovrina

The paper considers the causes of water hammer, its calculation, as well as ways to prevent water hammer. Pressure plots for an unprotected pump station and a valve protected are shown.

Key words: water hammer, pipeline, calculation, pressure, pumping station.

Gazarov Artur Robertovich, student, den-arti777@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University,

Kolosov Ruslan Andreevich, student, den-arti777@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University,

Hovrina Ekaterina Igorevna, undergraduate, den-arti777@mail.ru, Russia, Tula, Tula State University

УДК 004.3'142.2; 004.414.3.031.43; 519.242.244; 681.5.015

ИНФОРМАЦИОННОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ОСНОВНЫХ ЧАСТЕЙ КОМПЛЕКСА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОЙ D-ОПТИМАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

В.А. Фатуев, А.А. Мишин

В данной статье представлен комплекс для решения задач D-оптимальной идентификации широкого класса динамических регрессионных моделей в реальном масштабе времени. Описывается взаимодействие процессов программного обеспечения центрального вычислителя, под управлением операционных систем реального времени. Представлено описание обмена данными типа «ПЛК – датчик выходного параметра исследуемой системы» и «Центральный вычислитель – ПЛК».

Ключевые слова: D-оптимальная идентификация, реальный масштаб времени, оценивание неизвестных параметров, технический комплекс.

При моделировании реальных процессов и систем, если это возможно по технологическим соображениям, может быть сформулирована и решена задача оптимальной идентификации, целью которой является получение удовлетворяющей выбранному критерию оптимальной динамической регрессионной модели. Синтез подобной модели осуществляется на основе теории оптимального эксперимента, если динамическая регрессионная модель должна удовлетворять одному из традиционных критериев оптимальности, используемых в этой теории. Наиболее универсальным является критерий D-оптимальности.