
участников отрасли друг с другом и с зарубежными коллегами. На таком быстрорастущем рынке стирается грань между конкурентами и коллегами. От сотрудничества выиграют все. Вместе мы могли бы эффективнее продвигать интересы отрасли, как внутри страны, так и за ее пределами, обмениваться знаниями и опытом, разрабатывать предложения по формированию нормативной и законодательной базы отрасли.

Второе условие – внятная и последовательная государственная политика в области энергосбережения и использования возобновляемых источников энергии. Она позволит обеспечить более благоприятный инвестиционный климат в отрасли и, таким образом, будет способствовать ее интенсивному развитию. В результате, доля дорогостоящих ископаемых энергоносителей в топливном балансе страны будет сокращаться, а высвобождающиеся ресурсы смогут быть отправлены на экспорт и или переработаны химической промышленностью с более высокой рентабельностью. Формы государственной поддержки могут быть различными, и совершенно необязательно требуют значительных бюджетных вливаний. Это могут быть, например:

- Налоговые льготы для производителей или потребителей биотоплива
- Упрощение бюрократических процедур при реализации биоэнергетических проектов
- Пропаганда идей энергосбережения
- Организация подготовки инженерно-технических и управленческих кадров в области биоэнергетики
- Гранты на осуществление НИОКР и т.д.

Литература:

1. [электронный ресурс] <http://e-yrok.ru/book/export/html/14>
2. [электронный ресурс] <http://ru.wikipedia.org/wiki/Биотопливо>
3. [электронный ресурс] <http://www.wood-pellets.com/cgi-bin/cms/index.cgi?ext=content&pid=955&lang=1>

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ УДАР

*Г.Р. Бибаева, студентка 3 курса инженерного факультета
Научный руководитель – к.т.н., доцент А.А. Павлушин
Ульяновская ГСХА*

Гидравлический удар (гидроудар) - скачок давления в какой-либо системе, заполненной жидкостью, вызванный крайне быстрым изменением скорости потока этой жидкости за очень малый промежуток времени.

Гидравлический удар характеризуется возникновением волны повышенного или пониженного давления, которое распространяется от места изменения скорости и вызывает в каждом сечении колебания давления и деформации стенок трубопровода.

Так, например, при резком уменьшении скорости движения воды в

стальном трубопроводе на каждое уменьшение скорости на 1 м/с давление в трубопроводе возрастает приблизительно на 1 - 1,2 МПа. Вследствие этого могут возникнуть осложнения в нормальной работе трубопровода вплоть до разрыва его стенок и аварии оборудования насосных станций.

Основные причины возникновения гидравлического удара таковы:

1) быстрое закрытие запорного органа в конце водовода или тупика водопроводной сети;

2) быстрое закрытие обратного клапана (типа «захлопка») вследствие внезапного выключения насосов из работы при перерыве в подаче тока;

3) переключение задвижек как на станции, так и на линии водоводов;

4) разрыв водяного столба в водоводе в результате накопления воздуха и последующего соударения разорвавшихся частей.

Одной из самых характерных и важных причин возникновения гидравлического удара на водоводах является быстрое закрытие обратного клапана вследствие внезапного выключения насосов из работы.

В момент внезапной остановки насоса (при прекращении подачи электроэнергии и т. п.) вода, находящаяся в трубопроводе, продолжает двигаться в прежнем направлении. Давление у насосной станции падает, причем величина падения тем значительнее, чем больше длина водовода, и в некоторых случаях доходит до вакуума. Когда сила инерции израсходована, вода вследствие давления, обусловливаемого разностью отметок концов водовода, устремляется обратно и, встречая на своем пути у насосной станции обратный клапан, вызывает гидравлический удар.

Явление гидравлического удара открыл в 1897-1899 г. Н.Е. Жуковский. Увеличение давления при гидравлическом ударе определяется в соответствии с его теорией по формуле:

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

где D_p - увеличение давления в Н/м², ρ - плотность жидкости в кг/м³, v_0 и v_1 - средние скорости в трубопроводе до и после закрытия задвижки (запорного клапана) в м/с, c - скорость распространения ударной волны вдоль трубопровода.

Жуковский доказал, что скорость распространения ударной волны, c находится в прямо пропорциональной зависимости от сжимаемости жидкости, величины деформации стенок трубопровода, определяемой модулем упругости материала E , из которого он выполнен, а также от диаметра трубопровода.

Следовательно, гидравлический удар не может возникнуть в трубопроводе, содержащем газ, так как газ легко сжимаем.

Зависимость между скоростью ударной волны c , её длиной и временем распространения (L и соответственно) выражается следующей формулой:

$$c = 2L/\tau$$

В зависимости от времени распространения ударной волны и времени перекрытия задвижки (или другой запорной арматуры) t , в результате которого возник гидроудар, можно выделить 2 вида ударов:

Полный (прямой) гидравлический удар, если $t <$

Неполный (непрямой) гидравлический удар, если $t >$

При полном гидроударе фронт возникшей ударной волны движется в направлении, обратном первоначальному направлению движения жидкости в трубопроводе. Его дальнейшее направление движения зависит от элементов трубопровода, расположенных до закрытой задвижки. Возможно и повторное неоднократное прохождения фронта волны в прямом и обратном направлениях.

При неполном гидроударе фронт ударной волны не только меняет направление своего движения на противоположное, но и частично проходит далее сквозь не до конца закрытую задвижку.

Исходя из формулы Жуковского (определяющей увеличение давления при гидроударе) и величин, от которых зависит скорость распространения ударной волны, для ослабления силы этого явления или его полного предотвращения можно уменьшить скорость движения жидкости в трубопроводе, увеличив его диаметр. Для ослабления силы этого явления следует увеличивать время закрытия затвора. Установка демпфирующих устройств

Гидромеханика явления гидравлического удара. Пусть из некоторого объема (рисунок 1) жидкость движется по трубе длиной L со скоростью W_0 . На конце трубопровода имеется задвижка A .

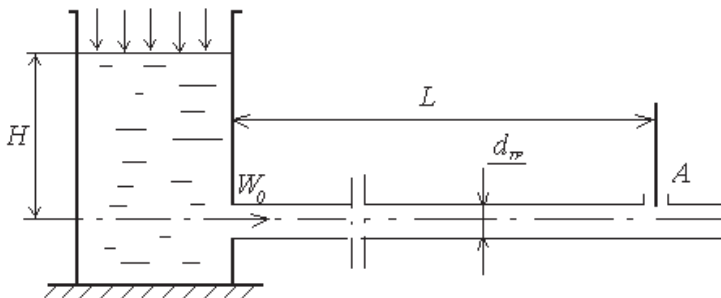


Рисунок 1 - Принципиальная схема возникновения гидравлического удара в трубе

Гидромеханику явления гидравлического удара, как частного случая одномерного напорного неустановившегося движения жидкости, можно представить следующим образом - фазы гидроудара:

первая фаза - после полного закрытия задвижки не вся масса жидкости прекращает течение мгновенно. Вначале прекращает движение слой жидкости, непосредственно соприкасающийся с шибером задвижки.

Затем, последовательно прекращают движение слои жидкости на увеличивающемся со временем расстоянии от задвижки. При этом уплотняется (сжимается) ранее остановившаяся масса жидкости, и в результате повышения давления несколько расширяется труба. Вследствие этих обстоятельств, в трубу войдет дополнительный объем жидкости.

Таким образом, фронт волны повышенного давления движется в сторону, противоположную начальной скорости W_0 . Повышается давление в трубопроводе, что приводит к увеличению плотности ($+\Delta$) и расширению трубопровода ($F+\Delta F$).

При достижении волны давления начального сечения трубопровода заканчивается первая фаза - фаза распространения волны (фронта) повышенного давления в трубе (рисунок 2);

вторая фаза - волна повышенного давления отражается от камеры (резервуара) волной пониженного давления, которая движется в противоположном направлении к шиберу. При этом давление в трубопроводе не достигает значения давления p_k в камере и часть жидкости из трубопровода вытекает в бак (резервуар);

третья фаза - продолжается течения жидкости по трубе в направлении к резервуару, снижается давление у задвижки и вдоль по трубе в направлении к резервуару распространяется волна пониженного давления, давление при этом становится в трубе ниже p_k ;

четвертая фаза - сопровождается распространением в трубе в сторону шибера волны повышенного давления и жидкость вновь втекает в трубу. В конце четвертой фазы вновь создаются условия, близкие к первой и вновь весь процесс повторяется, но с затуханием под влиянием сил вязкости и упругой деформации жидкости и материала стенок.

Так в трубе возникает затухающий колебательный процесс. Первое максимальное p_{max} повышение давления и есть гидравлический удар, который может возникать не только при полном, но и при частичном закрытии заслонки.

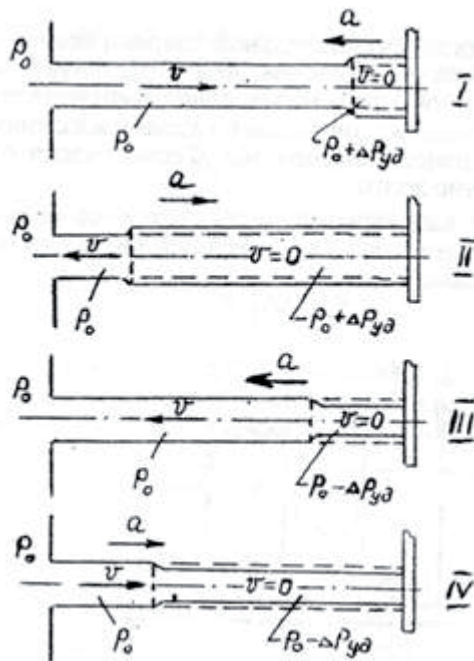


Рисунок 2 - Схема волновых процессов в трубе при гидравлическом ударе

Наиболее простым примером возникновения гидравлического удара является пример трубопровода с постоянным напором и установившимся движением жидкости, в котором была резко перекрыта задвижка или закрыт клапан.

В скважинных системах водоснабжения гидроудар, как правило, возникает, когда ближайший к насосу обратный клапан расположен выше статического уровня воды более, чем на 9 метров, или ближайший к насосу обратный клапан имеет утечку, в то время как расположенный выше следующий обратный клапан держит давление.

В обоих случаях в стояке возникает частичное разрежение. При следующем пуске насоса вода, протекающая с очень большой скоростью, заполняет вакуум и соударяется в трубопроводе с закрытым обратным клапаном и столбом жидкости над ним, вызывая скачок давления и гидравлический удар. Такой гидравлический удар способен вызвать образование трещин в трубах, разрушить трубные соединения и повредить насос и/или электродвигатель.

Гидроудар может возникать в системах объёмного гидропривода, в которых используется золотниковый гидрораспределитель. В момент перекрытия золотником одного из каналов, по которым нагнетается жидкость, этот канал на короткое время оказывается перекрытым, что влечёт за собой возникновение явлений, описанных выше.

Гидравлический удар можно ослабить или избежать, применив специальные устройства, такие как, например: инерционные круги, уравновешивающие отводы, воздушные баки, жидкостные амортизаторы, предохранительные клапаны, вантузы, обратные клапаны, обратные клапаны с переходниками, обратные клапаны противовихревые.

Литература:

1. «Основы гидравлики и аэродинамики», Калицун В. И., Дроздов Е. В., Комаров А. С., Чижик К. И., «Стройиздат», 2002 г.
2. «Сборник задач по гидравлике», под ред. В.А. Большакова, 1979.
3. [электронный ресурс] <http://domremstroy.ru/vodoprovod/santeh27.html>
4. [электронный ресурс] <http://www.liquidgasmec.ru/content/view/9/10/>