

Гидравлический удар в трубопроводах

Гидравлическим ударом называют резкое повышение давления в трубопроводах при внезапной остановке движущейся в них жидкости.

Причинами такой остановки могут быть:

- быстрое закрытие задвижки на трубопроводе,
- внезапная остановка насоса или турбины,
- различные аварии и т. д.

Особенно опасен гидравлический удар в длинных магистральных трубопроводах, в которых огромные массы жидкости движутся с большими скоростями. В этом случае в результате резкого повышения давления в трубопроводе могут произойти повреждения мест соединения труб (стыков, фланцев, переходов), разрыв стенок трубопровода, поломка насоса и т. п.

Гидравлический удар следует рассматривать как **частный случай неустановившегося движения жидкости.**

Теорию гидравлического удара разработал Н.Е. Жуковский в 1898 г. Он установил, что **гидравлический удар в трубе является быстротекущим периодическим процессом, который сопровождается упругими деформациями жидкости и стенок трубы.**

Рассмотрим горизонтальный трубопровод длиной l постоянного диаметра, по которому движется жидкость с некоторой средней скоростью при гидродинамическом давлении P_0 .

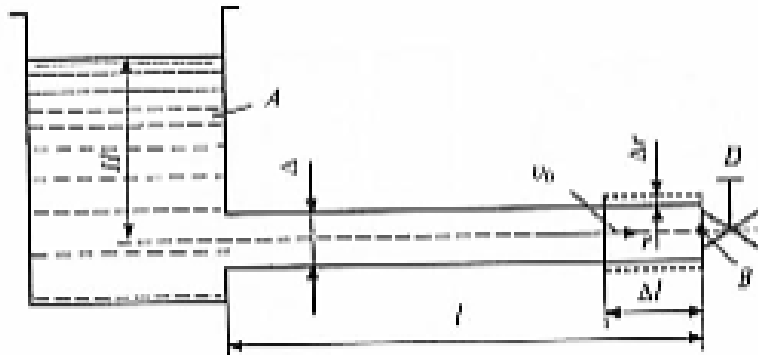


Рисунок 1 – Схема возникновения гидравлического удара

Если быстро закрыть задвижку D , установленную на трубопроводе, то слой жидкости, находящийся в этот момент непосредственно около задвижки, также остановится. На участке трубопровода рядом с задвижкой образуется зона повышенного давления. Вследствие перехода кинетической энергии в потенциальную давление в этой зоне возрастет и совершит работу по сжатию жидкости и растяжению стенок трубы (рис.1).

Поскольку реальная жидкость сжимается, то мгновенной остановки всей массы жидкости в трубопроводе не произойдет, а область повышенного давления будет перемещаться навстречу потоку с некоторой скоростью, называемой скоростью распространения ударной волны, и достигнет начала трубы за какое-то время после закрытия задвижки. Но такое состояние не будет равновесным, под действием давления часть жидкости устремится из трубы в резервуар, и через время в трубопроводе восстановится первоначальное давление P_0 . Однако движение жидкости в сторону резервуара не прекратится, и в направлении от задвижки к резервуару начнет распространяться новая волна, понижающая давление в трубопроводе (рис.2).

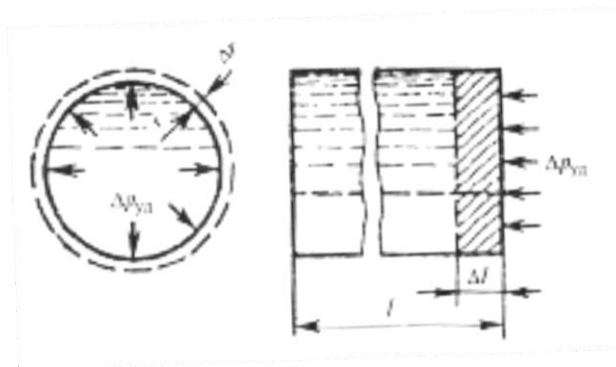


Рисунок 2 – К расчету ударного давления

Через время волна достигнет с резервуара, при этом стенки трубы будут сжиматься, а жидкость расширяться. В этом случае кинетическая энергия жидкости вновь совершит работу деформации, но противоположного знака. Состояние трубы и жидкости в этой фазе также не будет равновесным, и поэтому ударная волна, отразившись от резервуара, будет вновь перемещаться в сторону задвижки. За какое-то время будет восстановлено первоначальное положение.

Это время называется периодом гидравлического удара. Очевидно, что этот период состоит из двух фаз. В течение первой фазы давление у задвижки будет больше первоначального. В течение второй фазы давление меньше первоначального. В своих опытах Н. Е. Жуковский наблюдал до 12 полных периодов с постепенным уменьшением давления вследствие трения и потери энергии в резервуаре. Он установил, что кинетическая энергия потока расходуется на работу, которая затрачивается на расширение стенок трубы, и на работу сжатия жидкости.

Таким образом, **для ослабления гидравлического удара следует увеличивать время закрытия задвижки на трубопроводе.** Кроме того, разработаны и применяются различные **способы борьбы с гидравлическим ударом:**

- **установка предохранительных клапанов**, отрегулированных на определенное давление, при повышении которого они открываются и понижают давление в трубопроводе;
- **установка компенсаторов ударного давления** (воздушных колпаков, уравнильных резервуаров, гидроаккумуляторов);
- **установка в промежуточных точках трубопровода обратных клапанов**;
- **установка предохранительных диафрагм**, которые разрушаются при повышении давления сверх допустимого предела и сбрасывают жидкость.