

СПОСОБЫ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА

Буслов И.В. (ТП – 11М)*

Донецкий национальный технический университет

Гидравлическим ударом называют резкое изменение давления потока жидкости, связанное с изменением скорости этого потока за короткий промежуток времени. Как правило это явление случается при резком открытии или закрытии задвижки. Гидроудар при открытии задвижки называется отрицательным, при закрытии же задвижки возникает положительный, он наиболее опасен. Такой вид гидравлического удара приводит к трещинам в трубах, а порой к их разрыву, а также к поломке оборудования: насосов, фильтров, теплообменников.

Существует ряд способов избежать гидроудара, таковыми являются: обратные клапаны, позволяющие двигаться среде только в одном направлении, увеличение диаметра трубы и уменьшение скорости потока в трубе. Также не маловажную роль играет эластичность труб, если они могут деформироваться под нагрузкой. Но не стоит забывать что все эти факторы не уменьшают силу гидроудара эти мероприятия лишь растягивают этот процесс, тем самым уменьшая его мощность, а значит и воздействующее давление на стенки трубы. А одним из важнейших пунктов при избегании гидравлического удара является плавное перекрытие потока.

Что бы понять свойства гидравлического удара необходимо проанализировать зависимости его параметров через расчетные формулы.

Повышение давления рассчитывается по формуле,

$$\Delta P_{\text{уд}} = \rho \cdot \Delta v \cdot c \quad (1)$$

где $\Delta P_{\text{уд}}$ – изменение давления, ρ – плотность жидкости, Δv – изменение скорости потока, c – скорость распространения ударной волны

Посмотрев данную формулу можно заметить что гидроудар не зависит от начального давления потока в трубе и зависит только от изменения скорости этого потока и скорости распределения ударной волны.

$$c = 1 / \sqrt{(\rho \cdot \beta + 2 \cdot \rho \cdot r / (\delta \cdot E))} \quad (2)$$

где β – сжимаемость жидкости, r – внутренний радиус трубы, δ – толщина стенок трубы, E – модуль упругости материала трубы (модуль Юнга).

По данной формуле становится понятно что скорость распространения ударной волны зависит от параметров и материала самой трубы и от сжимаемости среды. Но для воды на первый план выходят параметры трубы, в силу очень малой величины коэффициента сжимаемости.

С увеличением размеров трубы сила гидроудара значительно возрастает, причём для одного и того же давления у входа в трубу этот рост обычно круче линейной зависимости.

* Руководитель – к.т.н., профессор кафедры ПТ Пяташкин Г. Г.

$$t_{\text{сз}} = 2 \cdot L / c \quad (3)$$

где L - длина трубы от входа до заглушки

Дело в том, что энергия гидроудара определяется его длительностью (рассчитывается по формуле 3), зависящей от длины и жёсткости трубы, и мощностью, которая прямо зависит от скачка давления, в свою очередь линейно зависящего от скорости потока в момент остановки. Поэтому при той же скорости потока скачок давления будет тем же, но длительность гидроудара, а значит и его общая энергия, возрастут в соответствии с увеличением длины трубы.

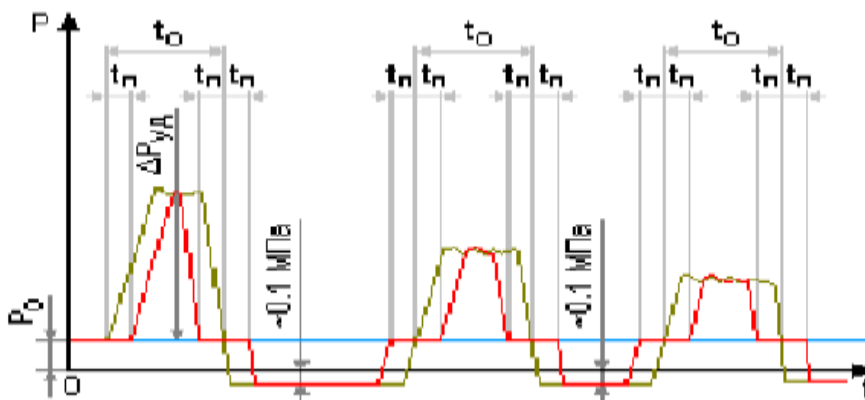


Рисунок - Изменение давления со временем при гидроударе. При сильном ударе (с отрывом жидкости от заглушки), Красным показано изменение давления в середине трубы, жёлто-серым — возле заглушки; синяя линия показывает уровень исходного давления (до начала гидроудара). P_0 — давление свободной среды возле входа в трубу; $\Delta P_{\text{уд}}$ — максимальное повышение давления при гидроударе; t_0 — длительность этапа при слабом гидроударе; $t_{\text{п}}$ — длительность «полочки» (стадии нормального давления).

В результате при одном и том же внешнем давлении мы получаем сильный гидроудар в большой трубе и слабый в маленькой. При этом слишком большое удлинение трубы без увеличения её диаметра также ослабит гидроудар за счёт того, что возрастающее гидравлическое сопротивление снизит скорость потока к моменту остановки.

Отсюда следует вывод, что имеется некоторая оптимальная длина трубопровода, при которой гидроудар имеет максимальную силу. При меньшей длине поток не успевает разогнаться до максимальной скорости либо длительность гидроудара получается слишком маленькой. У большого потока гидравлическое трение отбирает слишком много энергии у движущейся среды, снижая её скорость до безопасных величин. Кроме того, если при увеличении диаметра трубы толщина её стенок не увеличится, то жёсткость, а следовательно, скорость ударной волны и скачок давления при гидроударе снижаются. Правда, на столько же возрастает его длительность, так что общую энергию гидроудара снижение толщины стенок не уменьшает, а вот шансы разрыва трубы увеличиваются!