

ВЫСОКОНАДЕЖНЫЕ ТРУБЫ СО СЛОИСТОЙ ОБОЛОЧКОЙ

© 2011 Д. Т. Ахмедьянов

Тольяттинский государственный университет

Разработана конструкция трубы, предотвращающая разрушающее воздействие гидравлического удара в напорных трубопроводах, используемых во всех отраслях промышленности и коммунального хозяйства.

Гидравлический удар, многослойная труба, высоконадёжная труба.

Трубопроводный транспорт – один из наиболее динамично развивающихся видов транспорта. Достоинство трубопроводного транспорта – возможность прокладки его магистралей в условиях разного рельефа местности, через большие водные пространства, в том числе моря, в условиях вечной мерзлоты. Этот вид транспорта может функционировать в любых климатических и погодных условиях, потери при транспортировке минимальны. Существует и множество недостатков в трубопроводном транспорте, главным из которых является возможность разрушения самого трубопровода вследствие возникновения гидроудара. Гидравлический удар – явление резкого изменения давления в жидкости, вызванное мгновенным изменением скорости её течения в напорном трубопроводе (рис. 1).

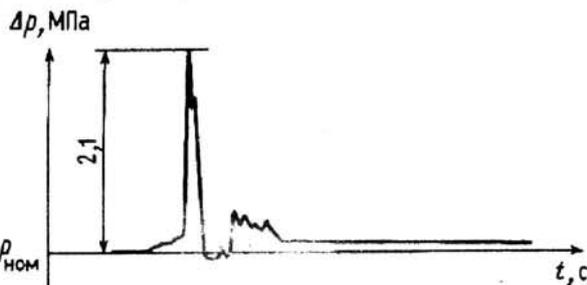


Рис. 1. Осциллограмма изменения давления жидкости в трубе при закрытии задвижки

Борьба с гидроударами ведется с момента появления напорных труб в направлении повышения прочности их стенок, установки в систему различных ловушек, запорных устройств с замедленным действием и другое (рис. 2). Однако все это не спасает от разрушения жесткие стенки труб, лишённые необходимой податливости, для того чтобы гасить энергию волн давления, возникших от гидроудара, распространяющихся вдоль по потоку со скоростью звука. Для осуществле-

ния возможности демпфирования таких волн давления была разработана конструкция трубы со слоистой оболочкой.

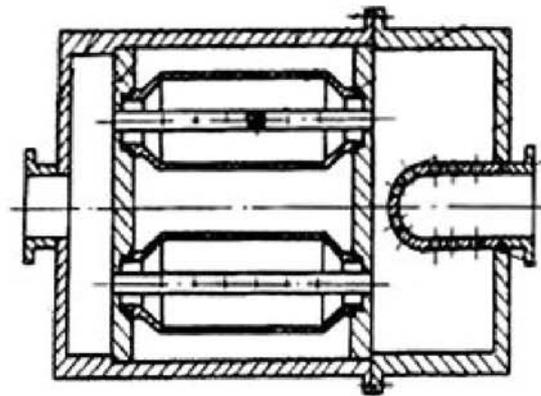


Рис. 2. Пример стабилизатора давления с расширительной камерой

Конструкция трубы состоит из нескольких слоёв (рис. 3, 4). Внутренний слой представляет собой тонкостенную профилированную трубу с податливыми стенками. Второй слой – это межтрубное пространство, заполненное инертным газом, образующее газовый демпфер. Третий слой (внешний) – несущая труба с жёсткими стенками.

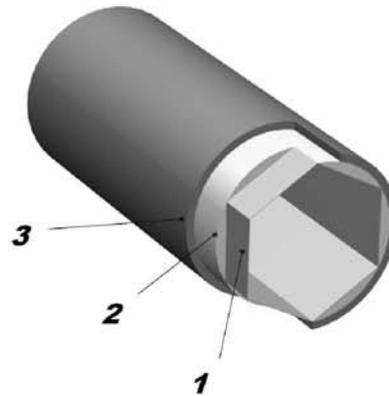


Рис. 3. Конструкция многослойной трубы:
1 – профилированная тонкостенная труба;
2 – межтрубное пространство, заполненное инертным газом;
3 – несущая труба



Рис. 4. Макет многослойной трубы

Принцип работы данной системы следующий. При возникновении гидравлического удара первый слой выполняет роль податливой стенки, передающей скачки давления в потоке рабочего тела газомому демпферу. Функцией газового демпфера (второго слоя) является поглощение энергии гидроудара и защита от коррозии внутренней поверхности несущей трубы. И в итоге третий слой воспринимает силовое воздействие, но без пиковых перегрузок от гидроударов.

Таким образом, при применении данной конструкции трубы исключено пиковое воздействие давления от гидроудара на внешнюю стенку трубы, а значит и невозможно катастрофическое разрушение трубопровода.

Была изготовлена экспериментальная установка (рис. 5) моделирующая гидродинамическое демпфирование пневмоударов, возникающих в системе газопроводов. Установка представляет собой модель газопровода, по которой протекает воздух. Один датчик пульсации Д1 установлен в начале модели, до входа в межтрубное пространство, напротив электропневмоклапана, через который из ресивера подается сжатый воздух, моделируя ударную волну. Датчики пульсации Д2, Д3 установлены в межтрубном пространстве друг за другом.

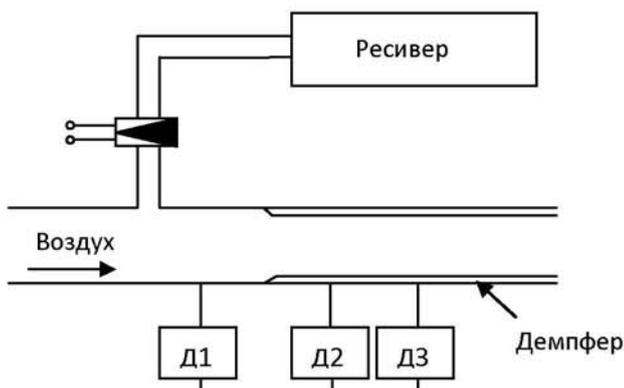


Рис. 5. Экспериментальная установка

Принцип работы экспериментальной установки заключается в следующем: постоянно подается в трубопровод основной поток воздуха, во время замера параметров открывается электропневмоклапан и в трубопровод импульсами подается сжатый воздух. Показания датчиков пульсации записываются на осциллограммы.

Исследования показали, что датчик пульсации Д1, установленный в начале трубопровода напротив электропневмоклапана, реагирует на пневмоудары с такой же интенсивностью, с какой открывается электропневмоклапан, датчики Д2 и Д3, установленные в демпфере, не реагируют на импульсы, как это показано на осциллограмме (рис. 6).

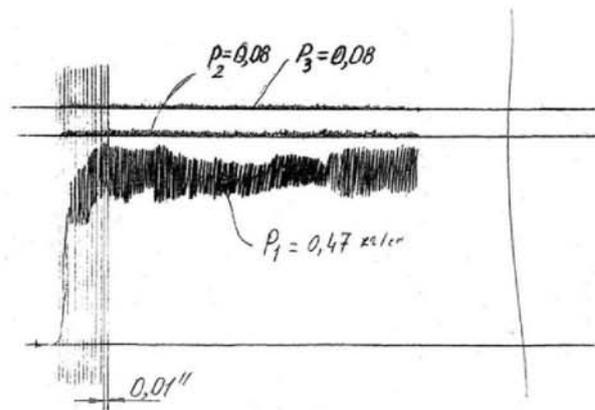


Рис. 6. Осциллограмма пульсаций давления

Ещё один экспериментальный стенд позволил моделировать волну гидроудара с помощью взрывообразного перегорания проводника в жидкой среде под действием протекающего по нему электрического тока.

Предлагаемое устройство даёт возможность получить гидроудар различной силы и различной протяжённости во времени. Структурная схема стенда показана на рис. 7.

Конденсатор С заряжается до определённого значения напряжения регулируемым источником постоянного напряжения (ИПН) после замыкания выключателя SA1. Как только закончится заряд конденсатора, ключ SA1 размыкается и замыкается SA3. Конденсатор оказывается подключенным к разрядному промежутку, представляющему собой плавкую проводящую калиброванную перемычку, помещённую во фрагмент испытуемого трубопровода. Под действием напря-

жения заряда конденсатора по переключке начинает протекать электрический ток. Поскольку сопротивление переключки незначительно, ток достигает величины, при которой переключка взрывообразно перегорает и по жидкой среде, заполняющей фрагмент трубопровода, распространяется ударная волна, воздействующая на стенки трубопровода.

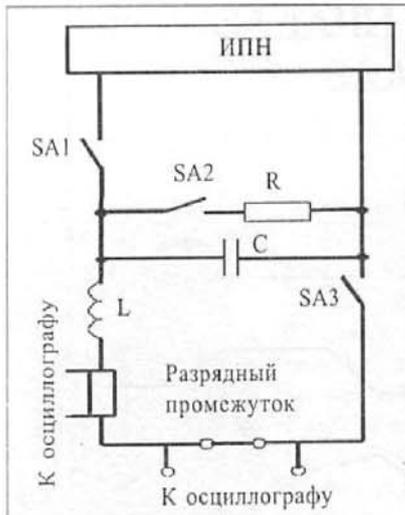


Рис. 7. Электрическая структурная схема стенда моделирования гидроударов

Дроссель L оказывает сопротивление изменению тока в цепи, формируя интервал нарастания фронта импульса тока. Изменяя величину индуктивности дросселя, можно изменять параметры импульса тока, протекающего через переключку. Как только переключка перегорает, в разрядном промежутке образуется дуговой разряд, горящий в жидкой среде, пока напряжение конденсатора не снизится до напряжения погасания дуги. Резистор R является разрядным и предназначен для снятия остаточного напряжения конденсатора после осуществления гидроудара. Его подключение к конденсатору осуществляется замыканием ключа SA2.

Изменяя напряжение заряда конденсатора, можно дозировать энергию, выделяемую в разрядном промежутке, и, как следствие, силу ударного воздействия на стенки испытуемого фрагмента трубопровода.

Измерение энергии, выделяемой во время разряда конденсатора, осуществляется путём снятия осциллограмм тока в разрядной цепи и напряжения на разрядном промежутке. Результаты осциллографирования

служат исходными данными для вычисления энергии и мощности электрического разряда, а следовательно и гидроудара.

Подбирая ёмкость конденсатора и напряжение его заряда, можно регулировать энергию, запасаемую в конденсаторе и передаваемую затем в разрядный промежуток. Сила гидроудара напрямую зависит от мощности разряда.

Количественную оценку эффективности использования демпфирующей оболочки в трубопроводном транспорте можно осуществить с помощью стенда, упрощённо изображённого на рис. 8.

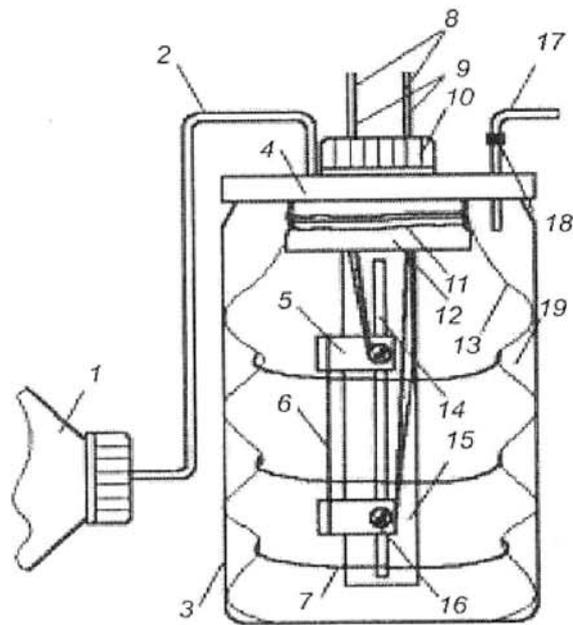


Рис. 8. Стенд для испытания трубопровода с демпфирующей прослойкой: 1 – насос для закачивания жидкости под давлением; 2 – подводящая трубка; 3 – сосуд; 4 – крышка сосуда; 5 – подвижный контакт; 6 – разрядная переключка; 7 – фиксатор; 8 – питающие провода; 9 – измерительные провода; 10 – фиксирующая крышка; 11 – уплотнитель; 12 – фиксатор демпфирующей оболочки; 13 – демпфирующая оболочка; 14 – калибровочный паз; 15 – держатель плавкой переключки; 16 – фиксатор разрядника; 17 – трубка для отвода воздуха; 18 – воздушный зажим; 19 – демпфирующий воздушный промежуток

Испытания осуществлялись следующим образом. Внутри демпфирующей оболочки, играющей роль разграничителя двух сред – жидкой (рабочего тела) и газообразной (собственно демпфера), через подводящую трубку 2 под давлением, создаваемым насосом 1, вводилась жидкая среда, имитирующая рабочее тело.

Параллельно измерительным проводам 9 подсоединялся осциллограф для снятия осциллограмм напряжения на разрядном участке электрической цепи, а следовательно с ними – шунт для снятия осциллограмм тока. Объем демпфирующей воздушной прослойки 19 регулировался с помощью воздушного зажима 18.

К питающим проводам 8 подсоединялась конденсаторная батарея, заряжаемая от источника постоянного напряжения до некоторого уровня. Разряд батареи на плавкую перемычку 6 приводил к взрывообразному её разрушению под действием электрического тока, протекающего по ней.

Эксперименты показали, что разрушение сосуда без демпфирующей воздушной прослойки наступает при значении энергии, выделившейся в разрядном промежутке: $W=211$ Дж.

Введение внутрь сосуда 3, имитирующего фрагмент трубопровода, демпфирующей оболочки 13 позволило значительно увеличить энергию, выделяемую в разрядном промежутке, при которой разрушения сосуда не происходило. Установлено, что разрушение сосуда происходило при увеличении энергии заряда на 50% от первоначального значения.

Вывод

Таким образом, экспериментально подтверждается, что трубы со слоистой оболочкой способны выдерживать большее давление транспортируемой жидкости и гасить скачки давления от гидроудара, тем самым повысив надёжность трубопровода от разрушения.

Библиографический список

1. Ганиев, Р.Ф. Волновая стабилизация и предупреждение аварий в трубопроводах [Текст] / Р.Ф. Ганиев, Х.Н. Низамов, Е.И. Дербуков. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1996. – 260 с.
2. Патент РФ № 2245487.
3. Трубопровод с эластичной прослойкой в межтрубном пространстве [Текст] / В.И. Столбов, Е.Д. Кальней, А.В. Чухарев [и др.] – Тольятти, 2004.
4. Столбов, В.И. Электроэнергетическое моделирование работы трубопровода с демпфирующей прослойкой [Текст] / В.И. Столбов, А.А. Шевцов, С.Х. Петерайтис – Тольятти: Наука - производству, 2003. №11(67).

HIGHLY RELIABLE PIPES WITH A LAYERED COVER

© 2011 D. T. Akhmedyanov

Togliatti State University

The design of a pipe preventing destroying influence of hydraulic blow in pressure head pipelines, used in all industries and municipal services is developed.

Hydroblow, multilayered pipe, high-reliable pipe.

Информация об авторах

Ахмедьянов Дмитрий Тагирович, аспирант, соискатель ученой степени кандидата технических наук кафедры «Оборудование и технология сварочного производства и пайки» Тольяттинского государственного университета. E-mail: D.Ahmedyanov@yandex.ru. Область научных интересов: напорные трубопроводы, технология.

Akhmedyanov Dmitry Tagirovich, post-graduate student of the sub-faculty “Machines and technology of the welding production” of Togliatti State University. E-mail: D.Ahmedyanov@yandex.ru. Area of research: pressure head pipelines.