

Инновационная технология гашения гидроударов Innovative Technology of Surge Relief

В.А. Пестунов, генеральный директор ООО «ТехПромАрма»

V. Pestunov

ПРОБЛЕМА

Согласно эксплуатационному опыту, причинами аварий и отказов трубопроводов являются:

- в 49% случаев – повышенные уровни вибрации трубопроводов и опор за счет высоких динамических нагрузок;
- в 23% – дефекты изготовления оборудования;
- в 17% – погрешности монтажа;
- в 9% – коррозия и износ;
- в 2% – ошибка персонала, неосторожность и другие внешние факторы.

Вибрации и гидроудары могут стать причиной усталостных разрушений трубопроводов, элементов реакторных установок, в результате которых нарушается проектная степень герметичности проточных трактов и появляются значительные течи теплоносителя.

Таким образом, анализ аварийных ситуаций показывает, что оснащение трубопроводных систем эффективным средством гашения вынужденных колебаний давления и гидравлических ударов имеет важное значение для обеспечения пределов и условий их безопасной эксплуатации.

Существует несколько видов гашения вибраций и гидроударов:

1. Использование пассивных демпфирующих элементов – выносные камеры с упругими элементами, аккумуляторы давления. Преимущество: мембраны и демпферы сильно снижают давление гидроудара. Недостаток: демпфи-

рующие элементы и мембраны изнашиваются.

2. Внедрение специальных систем автоматического регулирования – использование датчиков давления и механизмов регулирования внешних источников энергии, нагревательные элементы для создания паровых фракций. Преимущество: система регулируется и имеет управление. Недостаток: необходимы затраты энергии на поддержание активности этой системы, система может отказаться.
3. Самостабилизация давления – разработка и установка конструкций с эффектом самостабилизации (в частности, самостабилизаторов давления ССД). Преимущества: не требует энергетических затрат, демпфирующие элементы не изнашиваются, эффект самостабилизации заключается в том, что демпфирующим элементом является **сам импульс избыточного давления!**

КОНСТРУКТИВНАЯ СХЕМА САМОСТАБИЛИЗАТОРА ДАВЛЕНИЯ (ССД)

Самостабилизаторы давления бывают двух видов:

- трубные (диаметры присоединяемых трубопроводов 10–100 мм) (рис. 1);
 - камерные (диаметры присоединяемых трубопроводов >100 мм) (рис. 2).
- Камерные стабилизаторы могут иметь от 2 до 9 выносных камер в зависимости от диаметра трубопровода.



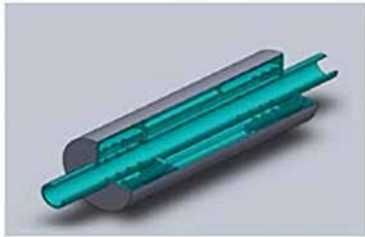


Рисунок 1 – Трубное исполнение

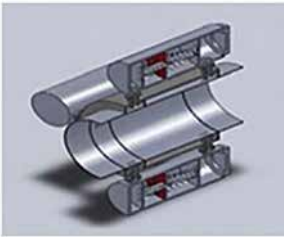


Рисунок 2 – Камерное исполнение

Самостабилизатор давления конструктивно изображен на рис. 3. Он содержит малую 1 и большую 2 расширительные камеры, соответствующие демпфирующие камеры 3, 4, пружину 5, демпфирующий элемент – поршень или шарик 6.

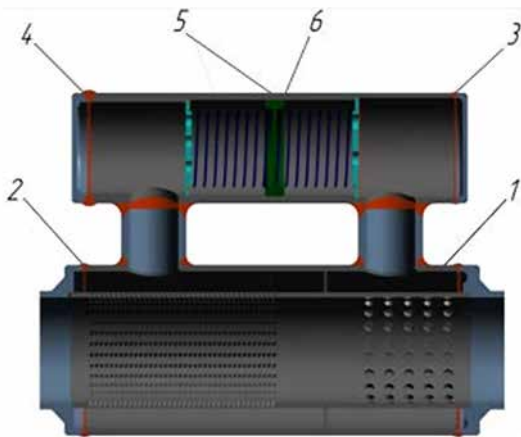


Рисунок 3 – Общий вид камерного стабилизатора давления

ПРИНЦИП РАБОТЫ ССД

Самостабилизатор давления работает следующим образом.

В установившемся режиме рабочая среда (жидкость, газ или их смесь) заполняет из трубопровода все камеры, при этом давление во всех камерах устанавливается одинаковое, равное давлению в трубопроводе.

Появление на входе самостабилизатора импульса давления (от гидроудара или вибрации) любого знака и величины приводит к изменению давления через перфорированные отверстия в

малой расширительной камере и в соответствующей части демпфирующей камеры. Изменение давления в части демпфирующей камеры приводит к перемещению шарика (поршня). Этот же входной импульс с некоторой задержкой по времени попадает в большую расширительную и демпфирующую камеры и действует на шарик (поршень) с противоположной стороны, заставляя его двигаться в обратном направлении. Вследствие этого действие импульса давления поочередно с одной и другой стороны шарика (поршня) приводит к гашению энергии импульса, возникшего вследствие гидроудара или вибрации энергией этого же импульса. То есть конструкция стабилизатора давления устроена таким образом, что позволяет разворачивать и перенаправлять импульс навстречу самому себе. Импульсы раз-

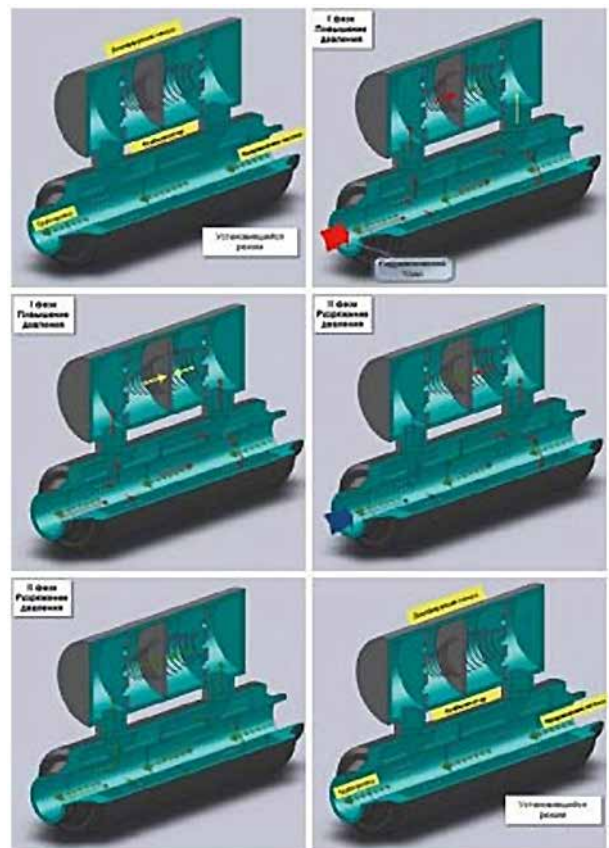


Рисунок 4 – Принцип работы стабилизатора



ных знаков при сложении нейтрализуют друг друга.

Кроме того, часть импульса избыточного давления гасится, проходя через перфорированные отверстия в расширительную и демпфирующую камеру.

В результате самостабилизатор давления не зависит от амплитуды и частоты подачи входных импульсов давления. То есть каким бы сильным ни был скачок давления, практически такой же по модулю импульс противоположного знака нейтрализует его. При этом отсутствие специальных упругих элементов обуславливает исключение их старения и ограниченный ресурс, а также обеспечивает работоспособность конструкции в широком диапазоне температур рабочего тела и окружающей среды.

НАЗНАЧЕНИЕ ССД

- Обеспечение безаварийной эксплуатации оборудования и трубопроводных систем путем гашения гидроударов, колебаний давления, вибраций и резонансных явлений, возникающих в трубопроводах вследствие:
 - аварийных отключений и провалов энергоснабжения;
 - сбоев систем автоматики и управления;
 - срабатывания запорной трубопроводной арматуры;
 - быстрых коммутационных переключений;
 - ошибок обслуживающего персонала.
- Полное исключение крупных аварийных разрывов трубопроводов, выхода из строя арматуры и насосных агрегатов по причинам гидроударов, пульсаций давления и вибраций.
- Увеличение коррозионно-усталостной долговечности трубопроводов за счет снижения до необходимого уровня амплитудно-частотных пульсаций на рабочих частотах насосных агрега-

тов и при переходных режимах;

- Увеличение сроков эксплуатации трубопроводов (на 50–70% с учетом накопленного износа и реальных условий эксплуатации).

Один или несколько стабилизаторов, установленных в контуре, может являться пассивной системой безопасности, защищающей трубопровод от гидроударов и вибраций и предотвращающей износ и разрушение элементов оборудования. Стабилизатор давления не имеет органов регулирования и не содержит элементов управления, поэтому при установке не обременяет систему, для которой он предназначается. ССД выполнены в виде вставок в трубопровод и не создают дополнительного сопротивления.

ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ УСТАНОВОК ССД В КОНТУРЕ

Самостабилизаторы давления необходимо устанавливать:

- в непосредственной близости, не далее 10 метров, до и после запорной арматуры, насосов и других источников, создающих возмущение, в том числе быстродействующей (отсечной), регулирующей, обратной, с любым типом управления арматурой, таким образом, чтобы стрелка на корпусе ССД указывала в сторону источника возмущения;
- после насосов, так, чтобы стрелка на корпусе стабилизатора указывала в сторону насоса;
- в системах, где насосы выполняют функцию устройств, увеличивающих давление в трубопроводе, ССД устанавливаются перед и после насосов (стрелки на корпусе стабилизатора указывают в сторону насоса);
- в местах возможного возникновения двухфазных режимов (пароводяные смеси);



- на прямых участках трубопровода, друг за другом, на расстоянии от 300 до 1000 метров.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ССД

Скачок давления в трубопроводе с установленным стабилизатором будет гораздо меньше, чем при обычном гидроударе.

Эффективность срабатывания стабилизатора давления при различных скоростях потока для масла можно видеть на диаграмме (рис. 5).

Испытания проводились на воде и на масле. Эмпирический коэффициент пересчитывается для каждой среды. Но при этом коэффициент гашения не менее 12, т.е. не менее чем в 12 раз гасится гидроудар.

Для воды эффективность гашения составляет около 17.

Коэффициент гашения показывает, во сколько раз скачок давления без стабилизатора будет больше скачка давления при установленном в трубопроводе стабилизаторе. При исследовании эффективности гашения были получены следующие коэффициенты для различных сред (рис. 7).

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ССД

- Диаметр от 10 до 1200 мм;
- PN до 25,0 МПа (250 кгс/см²);
- Температура рабочей среды до 500 °С;
- Материал корпуса изготавливается из сталей, аналогичных трубопроводу;
- Время снижения амплитуд гидравлических ударов и пульсаций давления в трубопроводах до безопасного уровня составляет менее чем 0,004 с;



Рисунок 5 – Эффективность срабатывания стабилизатора давления при различных скоростях потока в масле



Рисунок 6 – Эффективность срабатывания стабилизатора давления при различных скоростях потока в воде

- Гарантия производителя – 36 месяцев с момента ввода ССД в эксплуатацию;
- Минимальный срок службы – 50 лет;
- По требованию заказчика, верхний диапазон диаметра, давления и температуры может быть увеличен за счет подбора соответствующих материалов.

ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ССД

На трубопроводах диаметром от 10 до 1200 мм, рабочим давлением до 25 МПа и температурой рабочей среды до 600 °С в системах:

- Энергетики (АЭС, ТЭЦ, ГРЭС, ГЭС);
- ЖКХ;
- Нефтегазовой промышленности;
- Metallургии;
- Химии;
- Других отраслей промышленности.

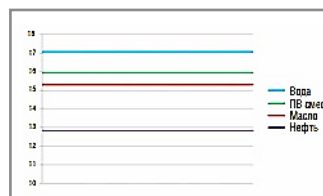


Рисунок 7 – Коэффициент гашения стабилизатора давления для различных сред



Рисунок 8 – Снижение давления при гидроударе без стабилизатора и со стабилизатором

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практические результаты эксплуатации:



- Снижение аварийности трубопроводов и оборудования на 85%;
- Увеличение коррозионно-усталостной долговечности трубопроводных систем;
- Продление срока эксплуатации даже сильно изношенных трубопроводных систем в 1,5–2 раза;
- Сокращение прямых и косвенных затрат на аварийно-восстановительные работы;
- Снижение затрат, связанных с экстренной заменой аварийных участков;
- Снижение эксплуатационных затрат трубопроводных систем в планово-предупредительном режиме.

Характерные особенности стабилизатора давления:

- Амплитуды гидравлических ударов и пульсаций давления в напорном трубопроводе гидросистемы уменьшаются до безопасного уровня;
- Быстродействие срабатывания стабилизатора – менее чем 0,004 с;
- Неограниченный диапазон гасимых частот;
- Массогабаритные характеристики неизменны для каждого типового размера;
- Стабилизация давления обеспечивается независимо от изменения температуры рабочего тела и окружающей среды;
- Отсутствие потерь рабочей среды;
- Восстановление кратковременных провалов давления;
- Отсутствие необходимости обслуживания в процессе эксплуатации;
- Отсутствие необходимости настройки в процессе монтажа;
- ССД выполнены в виде вставок в трубопровод и не создают дополнительного сопротивления потоку среды;
- Конструкция ССД герметична;
- Энергонезависимость;
- Экологичность. ■

ПАТЕНТЫ И СЕРТИФИКАЦИЯ

Получен патент на изобретение: Стабилизатор давления №2386889 от 20.04.2010, срок действия патента до 17.10.2028 .

Получен сертификат ГОСТ-Р Госстандарта России на стабилизаторы давления (ССД) №С-RU.MX12.B.00007.

Проводятся мероприятия по сертификации по системе ОИТ и международным стандартам ISO9001:2000, ISO 14001:2004, OHSAS 18001:1999.