

ВОЗДУХ И ВОЗДУШНЫЕ КЛАПАНА В ТРУБОПРОВОДАХ - ЧАСТЬ 2

Немного о “гидроударах”

Любые изменения скорости движения воды в трубопроводе создают колебания давления (называемые также "гидроудар" или "волны высокого давления").

Если скорость движения воды изменяется быстро и сильно, аналогично изменяется давление.

При гидроударе, когда поток воды проходит по трубопроводу с высокой скоростью и неожиданно останавливается, энергия этого движения трансформируется в энергию высокого давления.

КИНЕТИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ → ЭНЕРГИЯ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

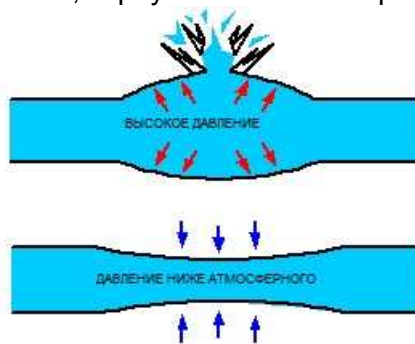
Образующееся избыточное давление, называемое волной высокого давления, проходит по трубопроводу. После этого, следующей фазой декомпрессии является волна низкого давления.

Давление в трубах ниже атмосферного – часто встречающееся явление при таких бросках. Оно может привести к повреждению трубопроводов из-за высокой кавитации или даже к "схлопыванию" труб.

Быстрая остановка потока, движущегося с высокой скоростью, может создать опасные броски давления вверх-вниз, превосходящие величину для безопасной эксплуатации трубопроводов, фитингов, корпусов насосов и пр.

При гидроударе с высоким давлением, трубопровод может разрушиться из-за превышения максимального давления

При гидроударе с низким давлением (зачастую более опасный, чем в первом случае), трубопровод может разрушиться из-за разрежения внутри трубы.



Примечание: Существует широкая номенклатура устройств для предотвращения и гашения гидроударов: клапан предотвращения гидроудара (RE), клапан управления насосом (BC), клапан управления глубинным насосом (DW), клапан с двухступенчатым открытием (TO), клапан быстрого сброса давления (QR) и др. Одно или несколько из перечисленных устройств могут применяться в различных гидравлических условиях. В техническом отделе ДОРОТ работают опытные инженеры, специализирующиеся на изучении гидроударов и на разработке технических мер по их предотвращению.

Могут ли воздушные клапана усиливать или ослаблять гидроудар?

Никто не отрицает важность установки на трубопроводах клапанов автоматического удаления воздуха.

Но это устройство, которое так важно и способствует обмену воздуха между трубопроводом и атмосферой, может также привести к возникновению опасных явлений.

Давайте рассмотрим несколько примеров, когда воздушные клапана могут работать против нас.

Пример #1. Воздушный клапан на промежуточной высокой точке

Фаза 1. ТРУБОПРОВОД ПОД ДАВЛЕНИЕМ

- Трубопровод заполнен водой, находится под давлением и нормально функционирует
- Поплавок воздушного клапана наверху, нет ни воздуха, вода не течет через клапан. Удаляется только воздух из автоматического отверстия, во время нормального функционирования.



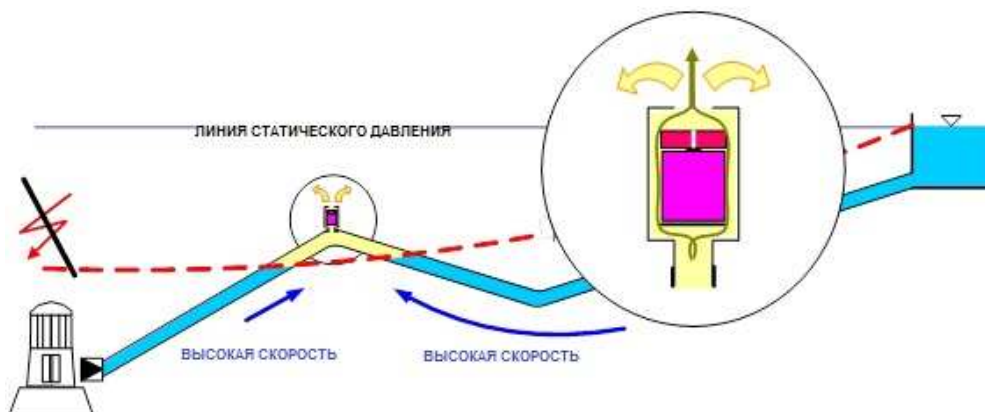
Фаза 2. ВНЕЗАПНАЯ НЕПРЕДВИДЕННАЯ ОСТАНОВКА НАСОСА

- Остановка насоса при отключении напряжения.
- При разделении водяного столба в промежуточных топографических пиках, возникает область низкого давления.
- Кинетическая функция клапана активизируется, и позволяет впуск большого количества воздуха. При этом негативное давление никогда не достигает опасного уровня.



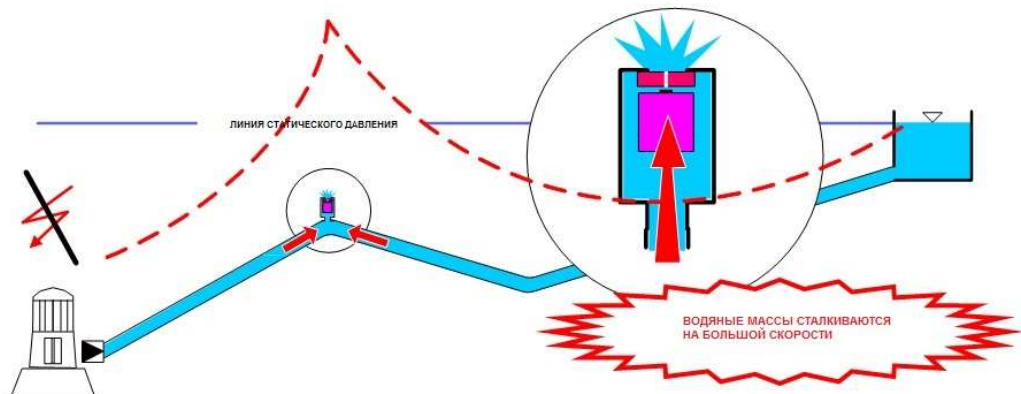
Фаза 3. ВОЗВРАЩЕНИЕ ПОПЛАВКА В ВЕРХНЕЕ ПОЛОЖЕНИЕ С ВОЗДУШНОЙ ВОЛНОЙ

- Масса воды возвращается к воздушному клапану.
- Воздушные массы, попавшие в трубопровод, выталкиваются водой и выходят через клапан.
- Воздух выталкивается с большой скоростью, позволяя воде также двигаться с большой скоростью.



Фаза 4. ВОДЯНЫЕ МАССЫ СТАЛКИВАЮТСЯ, СОЗДАВАЯ ГИДРОУДАР

- Водяные массы, двигающиеся с большой скоростью (под действием кинетической энергии) сталкиваются. Воздушный клапан закрывается, поток резко останавливается – образуется моментальный бросок энергии давления – возникает ГИДРОУДАР.



Пример #2.

Воздушный клапан после глубинного насоса

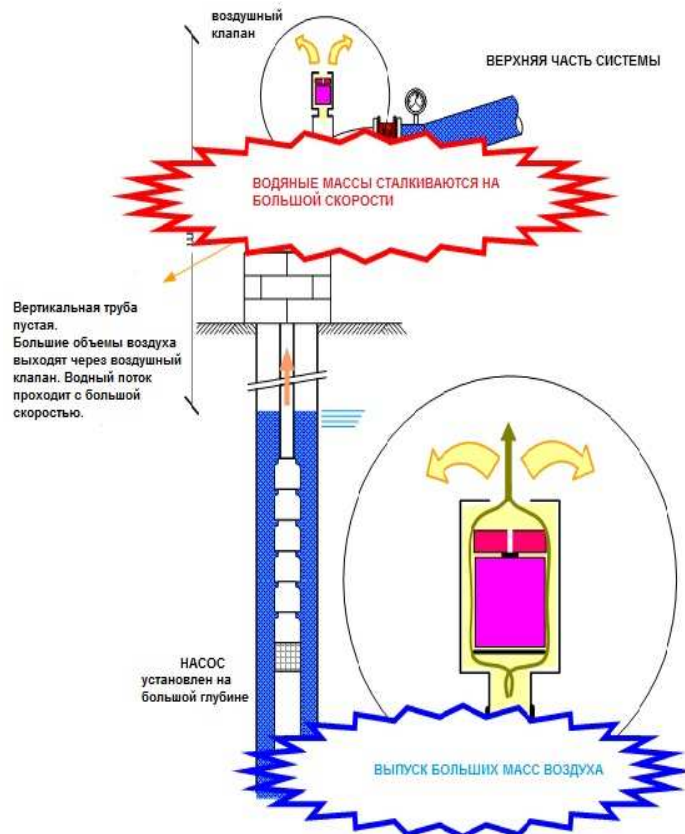
Глубинный насос, установлен на большой глубине.

Движение воды направлено вверх.

- Обратный клапан закрыт.
- Высокое статическое давление.
- Пустая вертикальная труба.

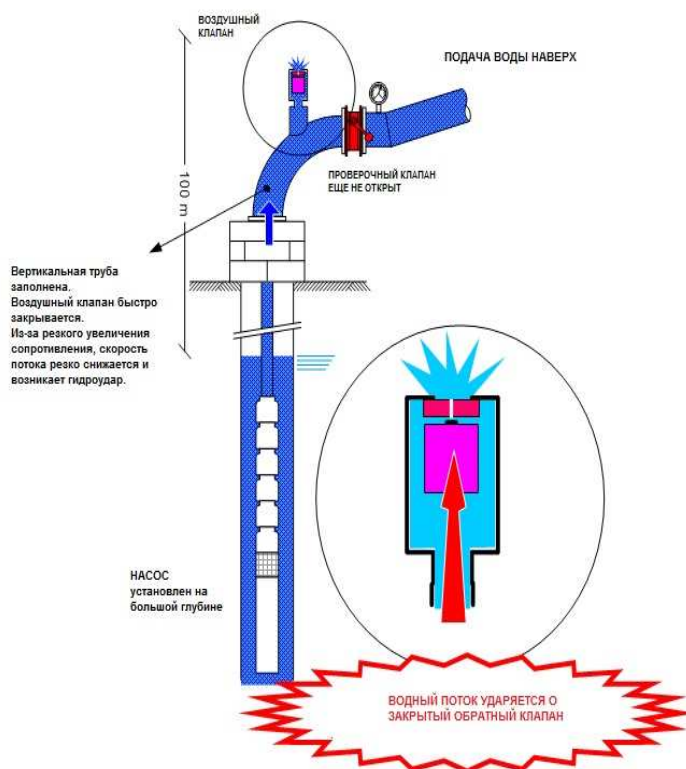
Фаза 1. ВКЛЮЧЕНИЕ НАСОСА

- Насос начинает работать.
- Из-за того, что вертикальная часть трубы пустая и давление низкое, насос создает высокую скорость потока.
- Воздушный клапан обеспечивает выпуск большого количества воздуха без сопротивления, которое ограничивало бы скорость потока.



Фаза 2. СТОЯК ТРУБЫ НАПОЛНЯЕТСЯ. ВОЗДУШНЫЙ КЛАПАН ЗАКРЫВАЕТСЯ

- Стояк наполняется.
- Воздушный клапан резко закрывается.
- Обратный клапан еще не открылся.
- Водный поток, проходящий с большой скоростью (под действием высокой кинетической энергии), внезапно ударяется о закрытый обратный клапан, образуя моментальный бросок энергии давления, - возникает ГИДРОУДАР.



Какие выводы можно сделать исходя из этих примеров?

- ✓ Воздушные клапана очень эффективны и важны для предотвращения возникновения давления ниже атмосферного в трубопроводах. Поэтому:
- ✓ Стандартный кинетический воздушный клапан предотвратит образование сопротивления при выходе воздушного потока.
- ✓ Если у потока воды не возникнет никаких преград, он достигнет большой скорости.
- ✓ Если воздушный клапан неожиданно закроется, это приведет к мгновенной остановке водного потока.
- ✓ Внезапная остановка водяного потока превратит кинетическую энергию в энергетическое давление, что вызовет ГИДРОУДАР.

Что может быть предпринято, чтобы предотвратить гидроудар?

Если проход воздуха ограничен, скорость движения воды также будет ограничена.

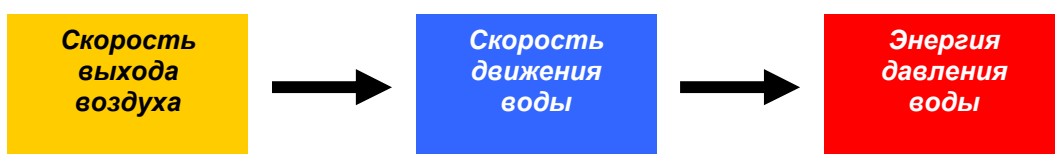
Снижение скорости воды снижает КИНЕТИЧЕСКУЮ ЭНЕРГИЮ, а это в свою очередь ограничивает величину последующих гидроударов.

Воздух в трубе служит в этих случаях своего рода воздушной подушкой.

ниже чем

ниже чем

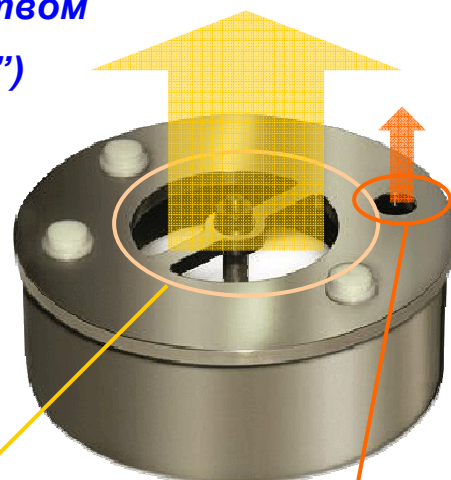
ниже чем



Клапан автоматического удаления воздуха / Предотвращения вакуума с устройством защиты от гидроудара. (Модель "SA") серия DAV-M.

Слишком быстрое заполнение трубопроводов или разрыв струи при остановке насоса, может вызвать опасные броски давления на топографических пиках главного трубопровода.

Уникальное устройство, монтируемое на клапанах автоматического удаления воздуха ДОРОТ (серия DAV), предотвращает эту опасность. Это устройство позволяет ограничить скорость выпуска воздуха, не ограничивая его впуск.

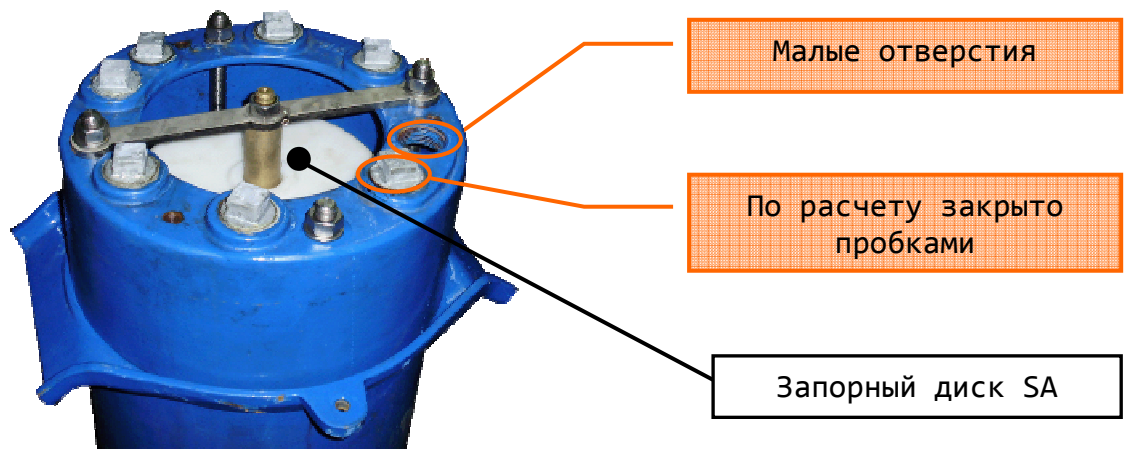


Кинетическое отверстие.
Высокий поток воздуха.

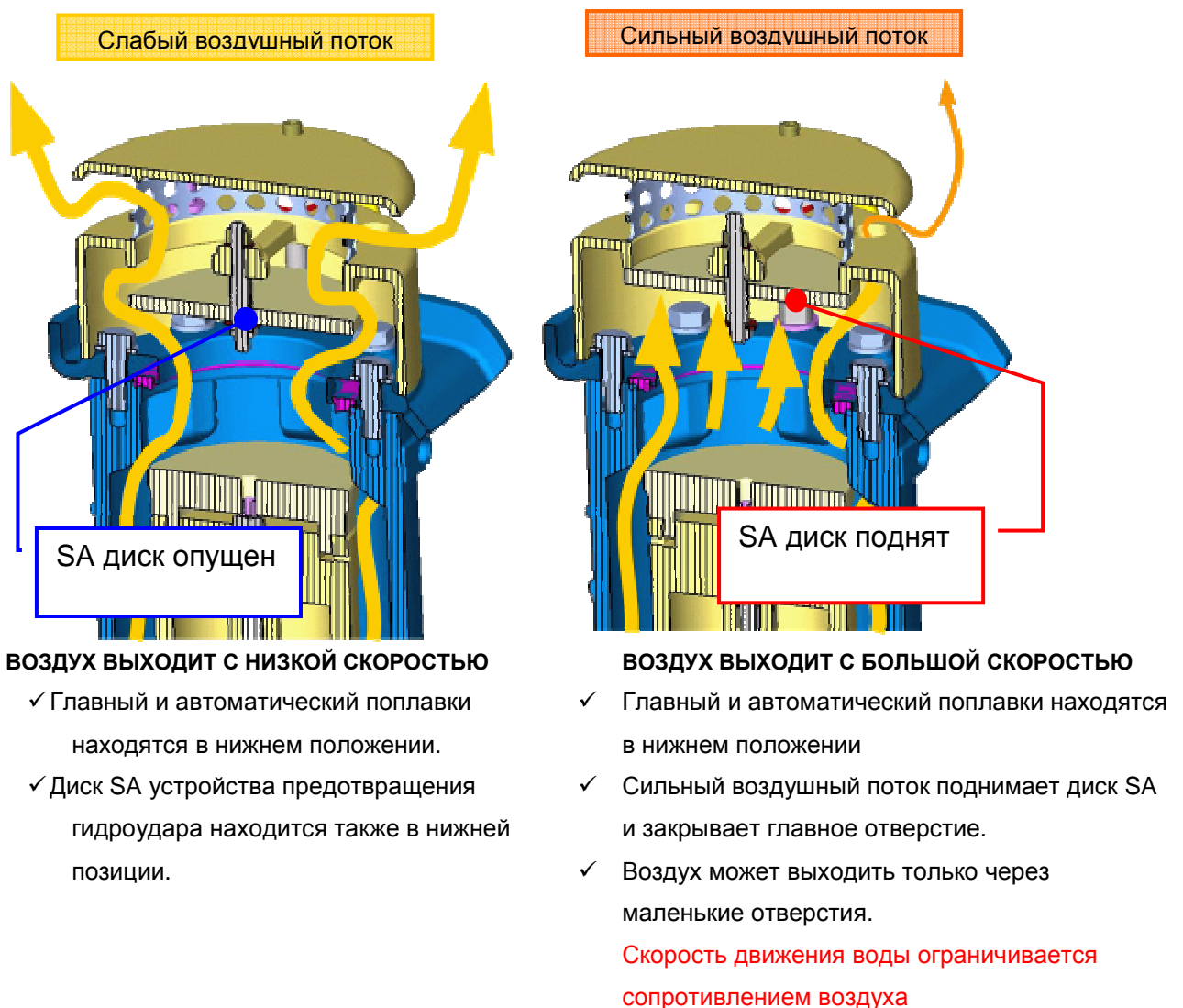
Малые отверстия.
Поток ограничен.

Это устройство можно регулировать, создавая временную "воздушную подушку" на пиках в месте установки клапана. Скорость потока резко уменьшается и исключается удар в момент закрытия клапана.

Количество резьбовых отверстий варьируется и может быть рассчитано.
Рекомендуется проконсультироваться со специалистами ДОРОТ, для расчета устройства предотвращения гидроудара.

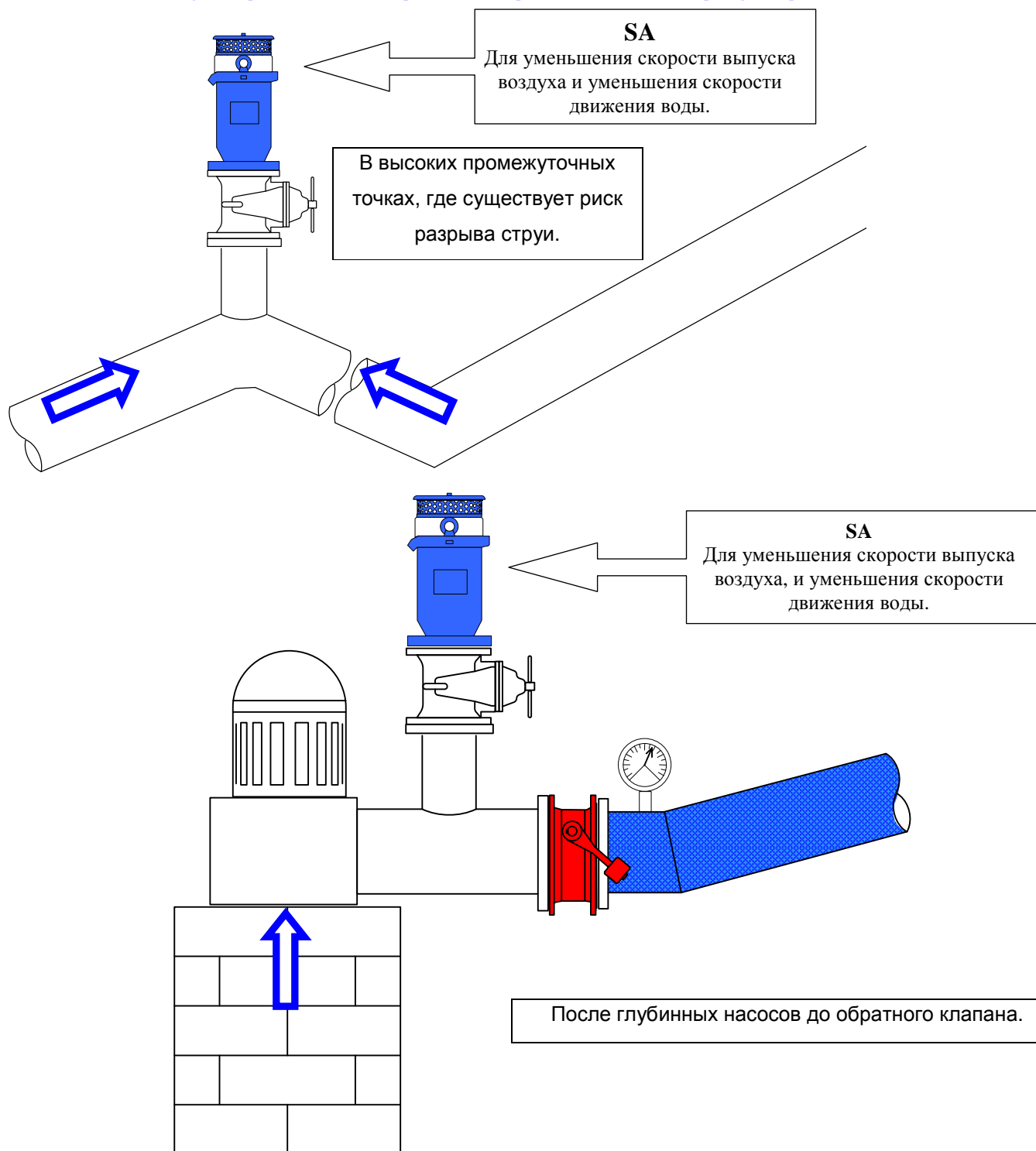


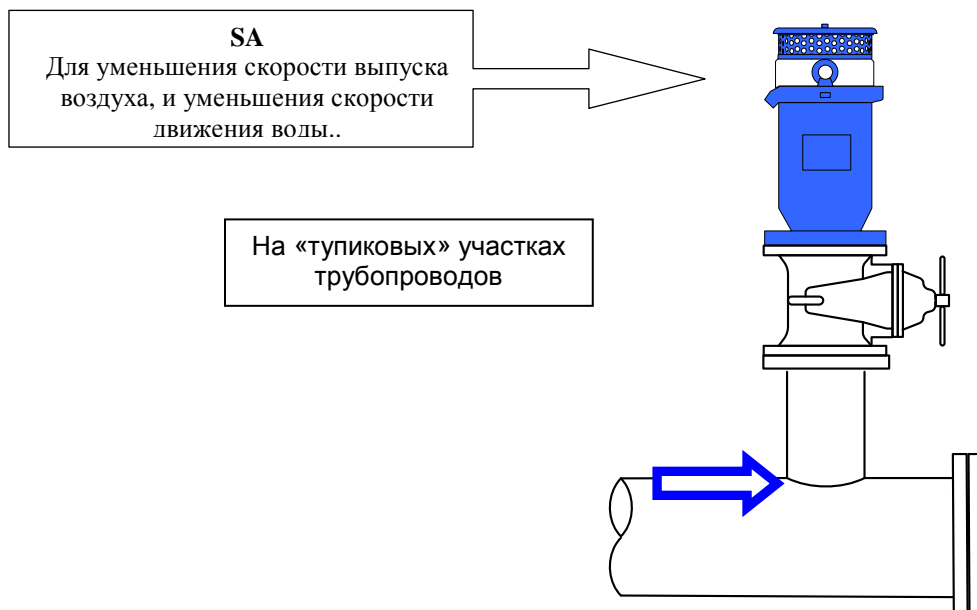
Устройство предотвращения гидроудара работает только когда воздух выходит с высокой скоростью.



Размещение клапанов с насадкой SA:

SA – устройство предотвращения гидроудара?











AirCAD, программное обеспечение для расчета размеров и мест монтажа клапанов для автоматического удаления воздуха.

AirCAD это инструмент, который помогает рассчитать размеры и места установки воздушных клапанов на трубопроводах.



Какая информация необходима для работы с AirCAD?

-  Топографический профиль трубопровода в виде файла AutoCAD мультитайн, либо файл Excel в виде 2-х колонок: расстояние/высота (*)
-  Информация о трубопроводе: материал, диаметр, толщина стенки.
-  Проектный расход.
-  Наличие насосов, обратных клапанов, резервуаров и т.д.



Какие параметры AirCAD позволяет проектировщику изменять?

-  Максимальная и минимальная дистанция между каждым воздушным клапаном.
-  Типы воздушных клапанов до и после отсечных кранов, обратных клапанов и пр.

Результат работы AirCAD?

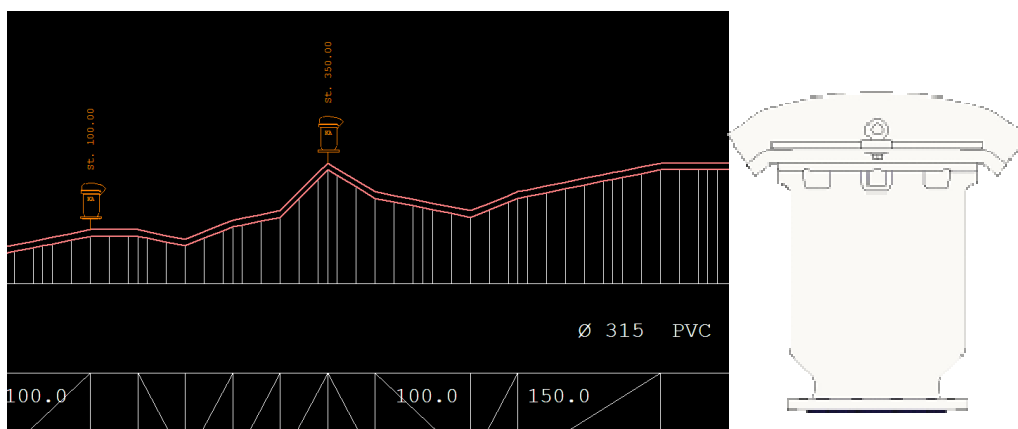
-  Количество и тип воздушных клапанов.
-  Размещение воздушных клапанов.

Как отображаются результаты в AirCAD:

-  В виде файла AutoCAD .dxf (*).
-  Табличные результаты в Excel файле.

(*) AirCAD не только отличный инструмент для расчета количества и размещения воздушных клапанов, он также преобразует файлы Excel в чертеж AutoCAD.

Пример результатов AirCAD:



Air valves report

Pipe name is 1.

#	Station	Elevation	Type	Recommended valves	
				Option A	Option B
1	10.00	820.30	KA	DAV-MH-2-KA	DAV-F-2-KA
2	1205.00	818.31	KA	DAV-MH-2-KA	DAV-F-2-KA
3	1409.64	819.30	KA/SA	DAV-MH-2-KA/SA	DAV-F-2-KA
4	1635.00	817.34	KA	DAV-MH-2-KA	DAV-F-2-KA
5	1860.16	818.30	KA/SA	DAV-MH-2-KA/SA	DAV-F-2-KA

Summing air valves report

Type	Amount
DAV-MH-2-KA	13
DAV-MH-2-KA/SA	12

AirCAD Инженерные соображения, заложенные в программу:

- 🔊 Воздушные клапаны должны удалять воздух из трубопровода во время заполнения его водой; на каждый кубический метр входящей воды, должен быть удален один кубический метр воздуха.
- 🔊 Воздушные клапаны обеспечивают доступ воздуха в трубопровод при его опорожнении; на каждый кубический метр сливаемой воды, должен быть впущен один кубический метр воздуха.
- 🔊 Воздушные клапаны автоматически удаляют воздушные карманы, образующиеся в высоких топографических точках, когда трубопровод находится под давлением.

🔊 Для расчета проходного сечения воздушного клапана используется формула Бернулли

$$V = \sqrt{2g \cdot k / (k-1) \cdot P1 / \rho \cdot \sqrt{\{[(P2/P1)^{(2/k)}] - [(P2/P1)^{(k+1)/k}]\}}$$

V = скорость движения сжатого воздуха

K = коэффициент расширения газа (воздух = 1.4)

ρ = плотность сжатого воздуха (зависит от давления)

P2/P1 = соотношение давления до и после выходного отверстия

- 🔊 Полученные результаты применяются с коэффициентом эффективности работы клапана. По результатам тестирования лабораторий Dorot, этот коэффициент равен 0,73. В программу AirCAD заложен коэффициент 0,60.
- 🔊 На базе результатов полученных из формулы Бернулли и коэффициента эффективности, определяется требуемое проходное сечение клапана.
- 🔊 Проходное сечение клапана должно обеспечивать впуск и выпуск воздуха эквивалентно потоку воды, создающего разность давления 2 м водяного столба. Такое сечение обеспечивает скорость потока воздуха, через проходное отверстие 35 м/сек.