



Проблемы обратных клапанов и существующих решений гидравлических демпферов: экономика финансовых потерь на конкретных примерах

С. Цанюга,
технический директор HYDROMAT,

Е. Ефимов,
представитель завода MIV в РФ

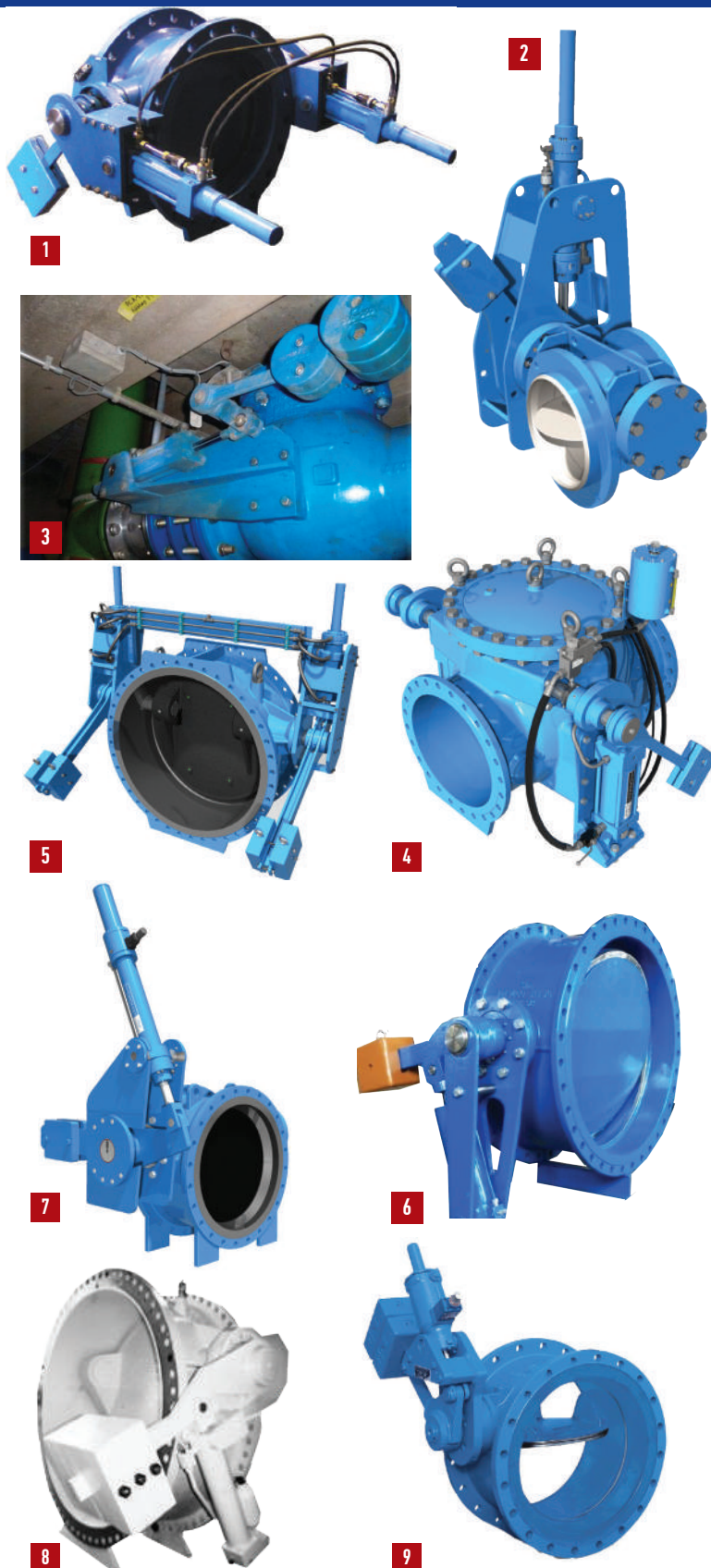
ОБЩИЕ ЗАМЕЧАНИЯ ПО СУЩЕСТВУЮЩИМ ДЕМПИРУЮЩИМ СИСТЕМАМ

Существует целый ряд различных решений для устранения или уменьшения гидравлического удара в трубопроводе на базе обратного клапана (затвора) с демпфером (-ами). В зависимости от конструктивного решения и механизма действия демпфера они называются амортизаторами (в данном контексте воздушнонаполненными), собственно демпферами (в данном контексте имеется в виду, что исключительно гидравлическими) или тормозами/цилиндрами. Основным критерием выбора является, как правило, их цена, в то время как другие аспекты этого вопроса, такие как скорость демпфирования, эффективность гашения ударных нагрузок, потери потока и т. д., являются второстепенными или не рассматриваются вообще.

В зависимости от конструкции системы демпфирования и условий эксплуатации могут возникать значительные потери энергии, то есть фактически — денег. Например, это зависит от силы тяжести диска, а также рычага и веса, используемых для обеспечения начальной скорости закрытия (иногда: усиления закрытия или гарантированного закрытия клапана, в зависимости от конструкции). Известно: одной из дилемм стандартных обратных клапанов является то, что, с одной стороны, клапан должен быстро закрыться, защитив оборудование, для чего как раз применяют рычаги с грузом (слева, справа или с обеих сторон), которые заранее просчитываются на заводе (плечо рычага и вес груза), исходя из характеристик потока (внимание: вместе с клапаном очень желательно получить графики моделирования работы демпферов — то есть результаты тестирования, конкретно «под Ваш случай»), а с другой стороны, желательно, чтобы клапан имел меньшие потери (по этой причине иметь рычаги с грузом уже не хотелось бы). В итоге же ежегодно эти потери (потока-энергии-денег инвестора-денег предприятий и домохозяйств) могут быть в несколько раз выше, чем стоимость обратного клапана и демпфера в целом (см. рисунки 1, 5, 6, и особенно обращаем внимание на рисунки 3 и 8 — «экстремальные» потери).

Проблема возникает, когда есть реальная необходимость обеспечить начальную скорость закрытия (быстро инициировать закрытие среагировав на отключение насосов), в этом случае пользователь часто увеличивает вес и длину рычага, которые вместе значительно повышают потери потока и не позволяют достигать достаточного демпфирования.

Такие решения часто включают в себя модифицированный гидравлический цилиндр, редко пневматический и рычаг с грузом. Однако, априори амортизаторы (пневмоцилиндры с пружинами) по техническому определению, это решения, ко-



торые зачастую не обеспечивают достаточных характеристики демпфирования в начале процесса закрытия или на заключительном этапе и их особенно неэффективны в случае ударов продолжительностью меньше, чем одна секунда ($t < 1$ сек).

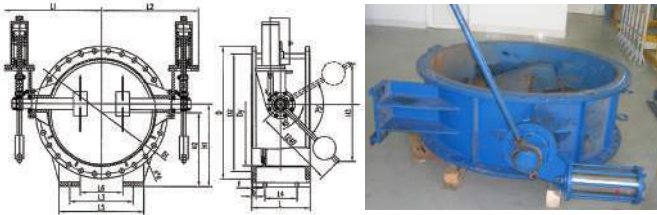


Рисунок 10 — Чертеж и фото обратного клапана с амортизаторами и рычагами с грузом (неизвестный производитель, предположительно китайский)

То есть серьезные задачи для пневматической системы демпфирования лучше не ставить, она может быть использована в очень ограниченных условиях, но, вместе с тем, ее достоинство — это низкая цена!

Важно знать, что недостаточно просто установить гидравлический или пневматический цилиндр, который возьмет на себя роль глушителя ударов и позволит предотвратить хлопок диска при закрытии.

При установке демпфера важно знать, что обратный клапан должен быть закрыт своевременно, потому что это единственный способ предотвратить мощный и высокоскоростной удар обратным потоком.



Рисунок 11 — Поврежденный обратным потоком насос (трубопровод Ду2000).

Таким образом, основной задачей системы демпфирования будет также предотвращение высокоскоростных ударов обратного потока — повреждения ими насосов, клапанов, уплотнений и других элементов системы, с обеспечением комплексной защиты всего оборудования. Мы не должны забывать, что скачки давления, например, в воде, в стальном трубопроводе DN 100, передаются со скоростью $V > 1200$ м/сек.

Рисунки с цифрами иллюстрируют различные конструкции гидравлических демпфирующих решений с более или менее выраженной начальной скоростью закрытия, слабым и медленным демпфированием ударов, что приводит к возникновению высоких пиковых давлений. Такое демпфирование обеспечивает слабую защиту насосов, клапанов, уплотнений и всей системы, потенциально неся угрозу безопасности.

Некоторые демпфирующие решения имеют проблемы, связанные со сборкой и стыковкой демпфера и клапана, которые изначально могут не подходить друг к другу. В результате сборки изделия могут иметь слабые места, одним из которых является место соединения демпфера с клапаном: ограничения по приему и демпфированию больших нагрузок — гашению крутящих моментов, высокая нагрузка на изгиб вала, нагрузка

на подшипники, возможность заклинивания. (Рисунки 4, 6, 8, 9).

В случаях интенсивных движений рычага с грузом необходимо позаботиться о защитном коробе-обрешетке по всей амплитуде движения выступающей части, так как рычаг с грузом может нести потенциальную угрозу жизни персонала. Защитный короб, в свою очередь, стоит также немалых денег, увеличивает внешние габариты арматуры, массу (см. далее рисунок 15).

ВЫВОД: Итак, использование различных гидравлических или пневматических решений для демпферов требует осторожности, поскольку они, как правило, имеют существенные ограничения по ряду параметров, критичных для системы — скорость работы, возможность настройки характеристик демпфирования «по месту». Они могут защитить диск от хлопка, но не предотвращают возникновения частых пиковых давлений, которые могут привести к механическим повреждениям, протечкам уплотнений, уменьшая срок службы насосов, клапанов и других элементов, что в свою очередь приводит к снижению безопасности завода в целом и значительно увеличивает его расходы. Не говоря уже о потерях энергии, которые могут превышать цену клапана в несколько раз.

Экономика обратных клапанов

Рассмотрим проблематику потерь более подробно.

Значительные потери энергии происходят из-за конструктивного решения обратного клапана, когда сила тяжести диска G_d действует соответствующим образом с направлением на закрытие арматуры.

Наряду с этим для максимально быстрого начала закрытия для улучшения защитной функции клапана — надежности срабатывания, особенно в системах, подверженных интенсивным ударам обратного потока, добавляется вес G_g , значительно увеличивающий потери энергии, которые порой достигают тревожных значений (анализ приведен на след. странице).

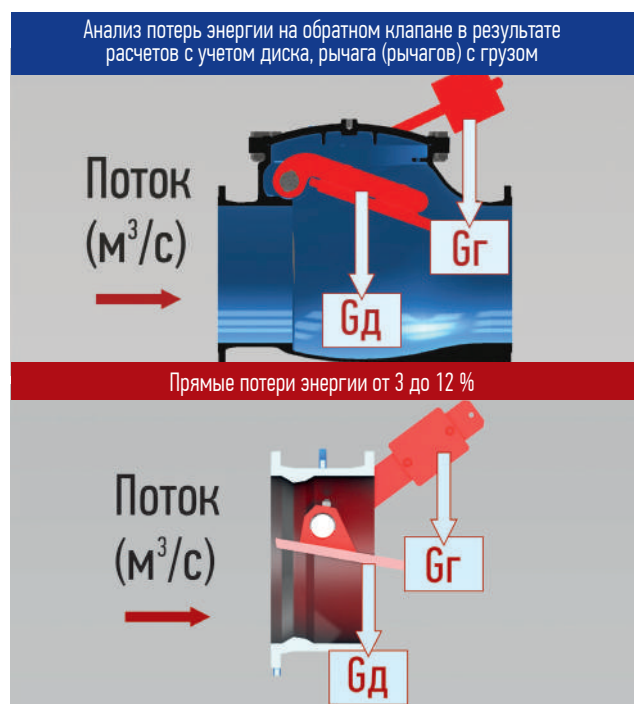


Рисунок 12 — Потери на обратном клапане

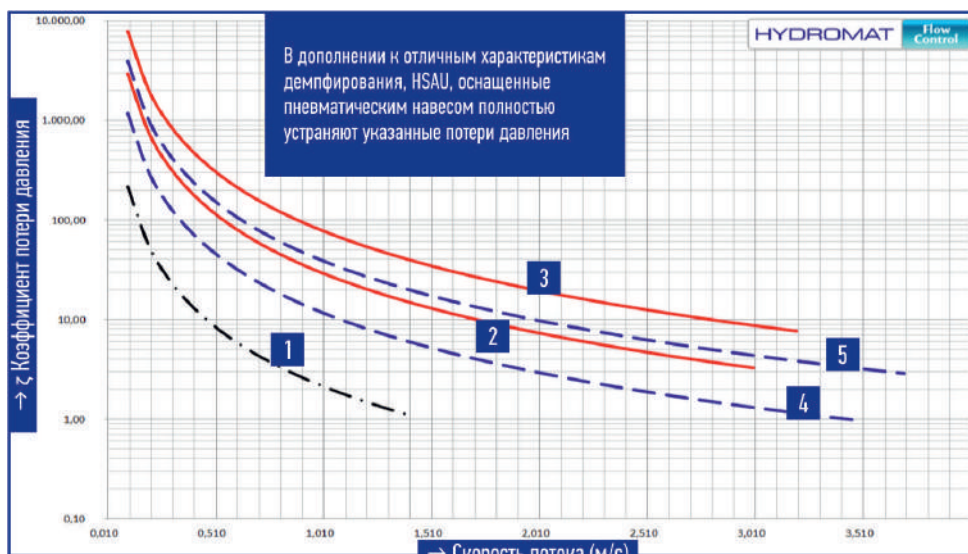


Диаграмма потерь давления обратных клапанов как результат действия груза с рычагом, веса диска или пружины и скорости потока:

1. Без рычага и груза
2. Классический демпфер+вес с миним. моментом
3. Классический демпфер+вес с макс. моментом
4. HSAU с минимальным моментом от пружины
5. HSAU с максимальным моментом от пружины

Рисунок 13 — Диаграмма потерь на обратных клапанах

Калькуляция затрат энергии и финансовые потери на конкретных примерах

$$\Delta P_g = (\Delta p \cdot Q) / (600 \cdot \eta) \text{ (kW)}$$

ΔP_g (kW) — потеря мощности мотора (насоса)

Δp (mWS), (bar) — потеря давления

Q (м³/ч) — расход через обратный клапан

v (м/с) — скорость потока, связанная с DN

η — коэффициент использования оборудования

ζ — коэффициент сопротивления, т.н. коэффициент потерь давления.

g — 9,81 (м/сек²), ускорение свободного падения

Пример №1 с работающей насосной станцией (Европа)

Расчет потерь электроэнергии для обратного клапана (невозвратного) DN 200 одного из авторитетных производителей.

Рассмотрим затраты для 2 двух конкретных случаев: Западная Европа и Россия (Москва)

Случай 1. Проект – небольшая НС, Западная Европа

• Рабочее давление насоса 5 (атм.), скорость потока $v=3$ (м/с)
 $\rightarrow Q=339$ (м³/ч) и $\zeta \cdot \eta = 0,8 \rightarrow P=58,9$ (кВт)

• Общий вес (крутящий момент) рычага, грузов и диска $Mg=150$ (Н•м) DN 200 $\rightarrow \Delta p=0,32$ (атм)

• Прямые потери энергии как результат использования обратного клапана с рычагом и грузом составляют:

$\Delta P=3,8$ (кВт), что означает 6 % от общей мощности двигателя привода насоса

Потери энергии при непрерывной работе 24 часа в сутки:

$$E = 3,8 \text{ (кВт)} \cdot 24 \text{ (ч)} \cdot 365 \text{ (дней)} = 33.288 \text{ (кВт/год)}$$

Ежегодные финансовые потери:

$$G = 33.288 \text{ (кВт/год)} \times 0,13 \text{ (€/кВт, стоимость энергии в Европе)} = 4.327 \text{ (€/год)}$$

При том, что средняя стоимость обратного клапана DN 200 (невозвратный обратный клапан) в классическом исполнении составляет сумму меньшую, чем обозначенные потери.



Рисунок 14 — Практический пример: насосная станция с 3-мя обратными клапанами DN200, использующими классическое решение демпфирования, в добавок к проблемам с интенсивными ударами, теряет ежегодно: $3 \times 4,000 \text{ €/год} = 12,000 \text{ €/год}$

Случай 2. Проект НС «Чертановская» (ОАО МОЭК)

При использовании классического решения (гидравлический демпфер+груз с рычагом), по нашим расчетам, потенциальные финансовые потери в год составляют сумму около 50 млн рублей, что превышает бюджет на закупку обратных клапанов с демпферами (+рычаг с грузом) старой конструкции, выделенный инвестором в 2015 году.

Необходимо задуматься, ведь в итоге вся эта сумма платится из кармана потребителя!

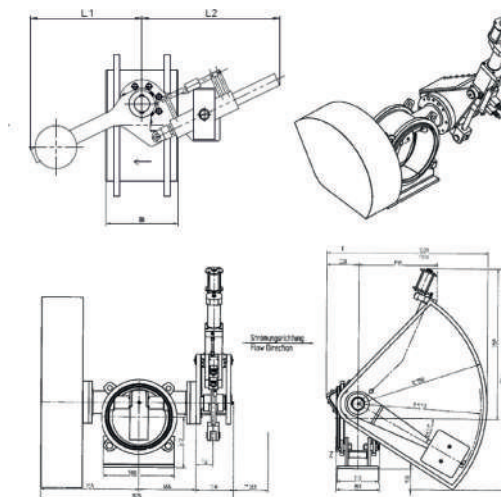


Рисунок 15 — Существующие решения обратных клапанов, используемые ОАО МОЭК

Таблица 1 — Потенциальные потери на обратных клапанах с демпферами старого типа (с рычагами и грузом)

Спецификация/Наименование позиции по ОЛ	DN номинальный диаметр обратного затвора	Кол-во обратных затворов, шт	Тип обратного затвора, используемого на насосных станциях	Рабочее давление в соответствии с ОЛ	Расход	Скорость потока в соответствии с DN	Сила тяжести (груз и рычаг, без учета нагрузки от диска обратного затвора)	Примерное расстояние от центра тяжести (средний ход рычага между позициями "открыто" и "закрыто" (от позиции 30% "открыто")	Момент веса	Требуемый перепад давления, чтобы уравновесить момент веса	Коэффициент потери давления, созданный моментом веса WT	Мощность привода (насоса) в рабочих условиях (примерные данные)	Прямые потери энергии как результат использования обратного затвора с рычагом и грузом	Потери энергии при непрерывной работе 24 часа в суткам	Годовые финансовые потери для одного обратного затвора (средняя стоимость электрической энергии = 3,5 руб./кВт·ч)	Суммарные годовые финансовые потери												
																	Р _{раб}	Q	v	W	L	WT	Δp	ζ _w	P	ΔP	E	Потери по позиции
																	атм	м³/ч	м/с	Н	м	Нм	мВтс		кВт	кВт	кВт·ч/год	рублей/год
	1 000	1	AXX	15	6 825	2,42	2 000	0,8	1 600	7,5	25,2	3 555	178	1 556 953	5 449 335,94	5 449 335,94												
	1 000	1	AXX	4,9	6 825	2,42	2 000	0,8	1 600	7,5	25,2	1 161	178	1 556 953	5 449 335,94	5 449 335,94												
KO1, KO3, KO7	500	3	RXX	15	2 500	3,54	800	0,4	320	14	21,9	1 302	122	1 064 583	3 726 041,67	11 178 125,00												
KO2, KO4, KO6, KO8, KO10	500	5	RXX	15	2 500	3,54	800	0,4	320	14	21,9	1 302	122	1 064 583	3 726 041,67	18 630 208,33												
KO5, KO9	500	2	RXX	15	2 500	3,54	800	0,4	320	14	21,9	1 302	122	1 064 583	3 726 041,67	7 452 083,33												
Итого ИС, руб.															48 159 088,54													

Замечание

Расчет производится на основе примерных данных по весу груза и длине рычага

При учете потерь должны также быть добавлены потери, скалькулированные с учетом коэффициента гидравлического сопротивления конкретной арматуры (используя информацию от производителя)

При расчете затрат в данной калькуляции эти потери не рассчитывались, так как условно было принято, что обратные арматуры — «железо» разных производителей имеют примерно одинаковые коэффициенты

Цена электроэнергии в Москве*

условно для калькуляции примем, что 1кВт·ч стоит 3,5 рубля

Прогноз предельных уровней нерегулируемых цен на электрическую энергию (мощность), поставляемую ОАО «Мосэнергосбыт» в 2015 году. Иные прочие потребители. г. Москва

Ценовые категории	ед. изм.	2 полугодие			
		ВН	СН-I	СН-II	НН
Первая ценовая категория					
менее 150 кВт	руб./кВт·ч	2,99849	3,50081	3,79892	4,67750
от 150 до 670 кВт	руб./кВт·ч	2,97869	3,48101	3,77912	4,65770
от 670 кВт до 10 МВТ	руб./кВт·ч	2,29602	3,39834	3,69645	4,57503
Не менее 10 МВТ	руб./кВт·ч	2,82691	3,32923	3,62734	4,50592

Вывод: Зарубежный потребитель как никто другой умеет считать деньги. Предлагаемый подход к проблематике уже давно нашел понимание у европейских потребителей, которые стремятся максимально повысить эффективность использованного оборудования. Помимо факторов надежности, цены, сроков поставки, которыми оперируют российские потребители, при выборе обратных клапанов следует обращать внимание и на экономику их использования. Приведенный анализ по крупной НС (Случай 2) показывает катастрофические суммы потерь, которые в годовом выражении обходятся в сумму, превышающую стоимость самих клапанов. В итоге обратный клапан MIV V2-09 или V2-08 с современным блоком демпфирования типа HSAU уже не кажется чрезмерно дорогим в сравнении с ценой отдельного клапана, так как в дополнение к гарантированной защите от гидравлического удара он позволяет значительно экономить, окупая себя за короткий период (в сравнении с классическими решениями).

P.S. Поэтому, когда одна госкомпания (недавно опубликованная новость) отчитывается об экономии 16 млрд.рублей на конкурентных закупках, то это, конечно, хорошо. Но, прочитав

эту статью, пожалуй, призадумаетесь о потенциальных потерях госкорпорации, которая во главу многих из этих закупок ставит главным образом цену (весовой коэффициент для начисления баллов от 0,9 до 0,95, то есть «почти 100%» — условно единственный фактор) изделия: арматуры и другого оборудования и не принимает во внимание мнение экспертов и экономику от инженеров, имеющих хорошую репутацию в своей области. И подход, использованный недавно данным заказчиком при выборе ответственной запорной и обратной арматуры Ду2000 для одного строительства — это лишнее «кувы!», по-нашему мнению.

N.B. В случае интереса авторы статьи готовы выполнить анализ возможных потерь от применения тех или иных моделей обратных клапанов, оснащенных не передовым навесом, чтобы Заказчик смог оценить свою выгоду. Просьба обращаться по адресам, указанным ниже.

Все права защищены. Использование информации в том или ином виде разрешается только с письменного согласия «Арматура ГмбХ», MIV d.d. и HYDROMAT.

Узнать больше о компании MIV и HYDROMAT и ее продукции вы всегда сможете, обратившись к официальному представителю — ООО «Арматура ГмбХ» тел./факс +7 (8352) 585-000, 625-539, info@armatura-gmbh.ru или представителю по Москве и Московской области — ООО «ПКФ «ПТЗР» — тел./факс +7 (495) 925-75-67, http://www.1057576.ru/, r1057576@gmail.com