Гидравлический сепаратор: инвестиция в экономию

К. Бондаренко

Гидравлический сепаратор – устройство, предназначенное для разделения циркуляционных контуров систем теплоснабжения и выравнивания динамического давления. Однако приведенное нами название этого устройства не является общеупотребительным, в литературе можно встретить разные определения: «гидравлический распределитель», «гидравлическая стрелка», «коллектор малых перепадов давления», «анулоид», «термогидравлический распределитель», «многоцелевой предохранитель» и так далее. В данной публикации условимся называть это устройство «гидравлический сепаратор», хотя его более точное научное название – «коллектор малых перепадов давления» или «безнапорный коллектор».

Гидравлический сепаратор (рис. 1) достаточно прост по своему принципиальному устройству и представляет собой перемычку в виде трубы большого диаметра, соединяющую подающую и обратную магистрали перед распределительным и сборным коллекторами. Работа устройства основана на законе неразрывности, или законе сохранения вещества в гидродинамике. Так, при входе теплоносителя в гидравлический сепаратор его скорость резко падает, что обусловлено увеличением площади сечения, а турбулентный режим потока меняется на ламинарный.

Рис. 1. Гидравлический сепаратор компании Giacomini (Италия)

Основные функции

Основные функции гидравлических сепараторов:

– обеспечение долговременной безаварийной работы газогорелочных устройств котлов;

– обеспечение стабильной защиты котлов от низкотемпературной коррозии стальных теплообменников, включая контроль понижения температуры обратной магистрали не ниже предельно допустимой во всех режимах их работы;

– исключение гидравлического взаимовлияния первичного и вторичного контуров.

К числу дополнительных функций гидравлического сепаратора можно отнести следующие:

– отделение шлама, что достигается сепарацией взвешенных частиц и выпадением их из объема жидкости (при малых скоростях ее движения) в осадок в нижней части гидравлического сепаратора, где организуется специальный объем шламосборника со сливным трубопроводом;

– струйную деаэрацию воды на перфорированном (дырчатом) листе, размещаемом перпендикулярно струе воды, поступающей от котлов в гидравлический сепаратор с последующим удалением воздуха через воздухоотводчик расположенный в верхней части его рабочего объема.

Практическая необходимость

Как показывает практика последних лет, выявляется значительное число ошибок применения гидравлических сепараторов. Происходит это по целому ряду причин, техническую часть которых покажем ниже. Так, сепаратор крайне необходим в современных автома-

тизированных системах с переменными расходами.

Для окончательного решения о применении или отказе от гидравлического сепаратора следует рассмотреть работу котельной и присоединенных систем при переменных режимах. Чтобы разобраться во всех этих тонкостях, необходимо прояснить ряд вопросов, связанных с подбором котлов и расчетом тепловых схем котельных.

Обозначим основные факторы, влияющие на тепловые схемы котельных, при которых гидравлический сепаратор является необходимостью.

1. При правильном выборе котлов их номинальная мощность должна быть равна или быть несколько выше мощности системы отопления в максимально-зимнем режиме. Даже при правильном выборе котлоагрегатов в этом случае в переходных режимах единичная тепловая мощность котлов будет превышать потребность потребителей в тепле. При отсутствии гидравлического сепаратора это приведет к частым включениям/отключениям горелки, а чем выше мощность котла и меньше потребность в тепле со стороны систем, тем количество этих циклов будет больше. Соответственно, большим будет и износ горелок.

2. Важным фактором при выборе количества котлов и их номинальной мощности является КПД оборудования при переменных гидравлических режимах. Можно сказать, что для получения высокой эффективности котла в течение всего года необходим максимально стабильный тепловой, а соответственно, и гидравлический режим работы системы отопления. Так как для обеспечения температурного режима в отапливаемых помещениях, как правило, используется количественное регулирование радиаторными термостатическими клапанами, то предпочтительной является установка гидравлического сепаратора. Это позволит обеспечить работу котлов с постоянным гидравлическим режимом и с максимальным КПД.

3. Переменные расходы в автоматизированных системах отопления с местным и центральным качественно-количественным регулированием. Это системы с регуляторами перепада давления и радиаторными термостатическими клапанами, системы теплоснабжения воздухонагревателей (например, в режиме ночного снижения температуры), также приводящие к несоответствию режимов выработки и потребления тепла и к ситуации, аналогичной п. 1. Переменные расходы имеют место и в системах с централизованными смесительными узлами (с трех- или двухходовыми клапанами), например, для напольного отопления. Другой пример – мультизональные радиаторные системы (пофасадное регулирование), когда при отсутствии запроса тепла от потребителей клапаны полностью перекрывают расход теплоносителя из первичного контура. Учитывая все изложенное в п.п. 2 и 3, частое прекращение циркуляции через котлы нежелательно, но необходимо с позиции энергосбережения.

4. В случае применения настенных котлов или крышных модулей с малым водонаполнением и со встроенными насосами, не рассчитанными на расход и сопротивление всей системы. При правильном расчете современных систем отопления с радиаторными термостатическими клапанами их гидравлическое сопротивление весьма значительно.

5. В соответствии с п. 1.16 СНиП II-35-76 «Котельные установки», тепловые нагрузки для расчета и выбора оборудования котельных должны определяться для трех характерных режимов. Практика же расчетов тепловых схем крупных котельных или топочных с большим числом различных систем показывает необходимость выполнения расчетов пяти рабочих режимов:

– максимально-зимний;
– средне-отопительный;
– средний наиболее холодного периода;
– в точке излома температурного графика;
– летний.

Таким образом, можно говорить о том, что современные энергосберегающие схемы топочных и котельных с традиционными бытовыми настенными и напольными котлами требуют применения гидравлического сепаратора.

Дополнительные капиталовложения в системы с данными устройствами уверенно окупаются, причем в короткие сроки – за 2–3 года. Об этом свидетельствует успешный опыт внедрения гидравлических сепараторов в странах ЕС.

Подбор устройства

Основной параметр выбора сепаратора – его диаметр, принимаемый по максимально возможному расходу воды в перемычке. Им является расчетный расход воды G1 в контуре обвязки котельной. Основной принцип выбора – обеспечение минимальной скорости воды в перемычке и, соответственно, практически нулевого перепада давления в разделителе.

Правильный подбор гидравлического сепаратора заключается в выполнении двух основных условий: определении его внутреннего диаметра и обеспечении расчетного режима работы.

1. Подбор внутреннего сечения сепаратора.

Расчет ведется по формуле (уравнение неразрывности):

$$F_{ж.с.} = G/3600 \times \omega,$$

где

$F_{ж.с.}$ – площадь живого сечения, м^2;

ω – скорость в сечении, м/с, принимается равной 0,1–0,15 м/с;

G – расход воды в присоединяемых системах, м^3/час.

Затем определяем диаметр:

$F_{ж.с.} = \pi \times R2$, $R = (F_{ж.с.} / \pi)1/2$.

Данное условие в основном учитывается при конструировании гидравлического сепаратора. В случае применения устройства заводского изготовления максимальные расходы воды по умолчанию указываются производителем. Сечения патрубков сепаратора для присоединения его к системе подбираются исходя из скорости воды 0,5–0,7 м/с. В качестве примера приведем данные для подбора гидравлического сепаратора R146I (Giacomini) (табл.).

Режимы работы

На рис. 2 представлены два основных режима работы гидравлического сепаратора. Теоретически возможен и третий вариант работы устройства, когда расходы со стороны систем и источника тепла равны, и в этом случае можно говорить о прямом протоке воды. В таком случае в гидравлическом сепараторе вообще не было бы необходимости. Однако такой режим нестабилен и быстро переходит в один из двух ниже рассматриваемых режимов.

Режим 1. Суммарный расход воды со стороны котельной меньше суммарного расхода воды в присоединенных системах. В этом режиме часть воды из обратного трубопровода подмешивается в подающий трубопровод. Происходит снижение температуры воды, поступающей в присоединенные системы, и не осуществляется защита котлов от низкотемпературной коррозии. Такой режим, рассматриваемый в качестве основного рабочего, оказывает отрицательное воздействие на котлы традиционной конструкции, но его можно рекомендовать для конденсационных котлов. Есть и еще одно немаловажное отрицательное обстоятельство, проявляющееся в этом режиме в схеме с любыми котлами: неконтролируемое подмешивание холодной воды из обратной магистрали в подающую не позволяет выдерживать температурный график в присоединенных системах во всех режимах работы котельной. Особенно такая ситуация критична для приготовления воды для системы горячего водоснабжения, когда температура воды в подающей магистрали будет меньше или равна требуемой температуре нагрева воды для ГВС.

Таблица. Данные для подбора гидравлического сепаратора R146I

Код изделия	Версия	Присоединительные диаметры	Макс. пропускная способность, л/час	Вес, кг	Объем, л
R146IY005	Резьба	1"FF	2500	2,7	1,5
R146IY006		1¼"FF	4000	3,7	2,5
R146IY007		1½"FF	6000	5,7	4,5
R146IY008		2"FF	9000	7,2	7,2
R146IY105	Фланец	DN50	10500	19	10
R146IY106		DN65	17500	25	17
R146IY108		DN80	25000	36	36
R146IY110		DN100	42000	48	66
R146IY112		DN125	65000	73	105
R146IY115		DN150	95000	97	109

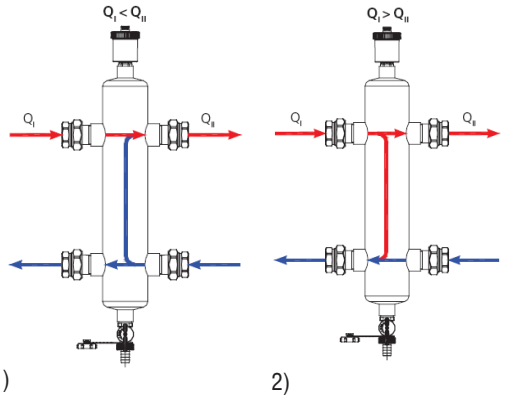


Рис. 2. Основные режимы работы гидравлического сепаратора: 1) суммарный расход воды со стороны котельной меньше суммарного расхода воды в присоединенных системах; 2) суммарный расход воды со стороны котельной выше суммарного расхода воды в присоединенных системах

Режим 2. Суммарный расход воды со стороны котельной выше суммарного расхода воды в присоединенных системах. В этом режиме часть теплоносителя из подающего трубопровода подмешивается в обратный трубопровод, тем самым повышая температуру теплоносителя, поступающего в котлы. Таким образом, в этом режиме решается как задача постоянной стабилизации температуры воды в обратном трубопроводе и защиты котлов от низкотемпературной коррозии, так и обеспечиваются расчетные температурные режимы подключенных систем. Для реализации преимуществ схемы с гидравлическим сепаратором необходимо убедиться в том, что в проектируемой котельной с традиционными котлами в гидравлическом сепараторе обеспечивается «Режим 2», а не «Режим 1».

Расчет режима работы

Для обеспечения расчетного «Режима 2» необходимо выполнить условие превышения расхода со стороны котлов над расходом со стороны системы. Для приближенного расчета можно руководствоваться следующей зависимостью:

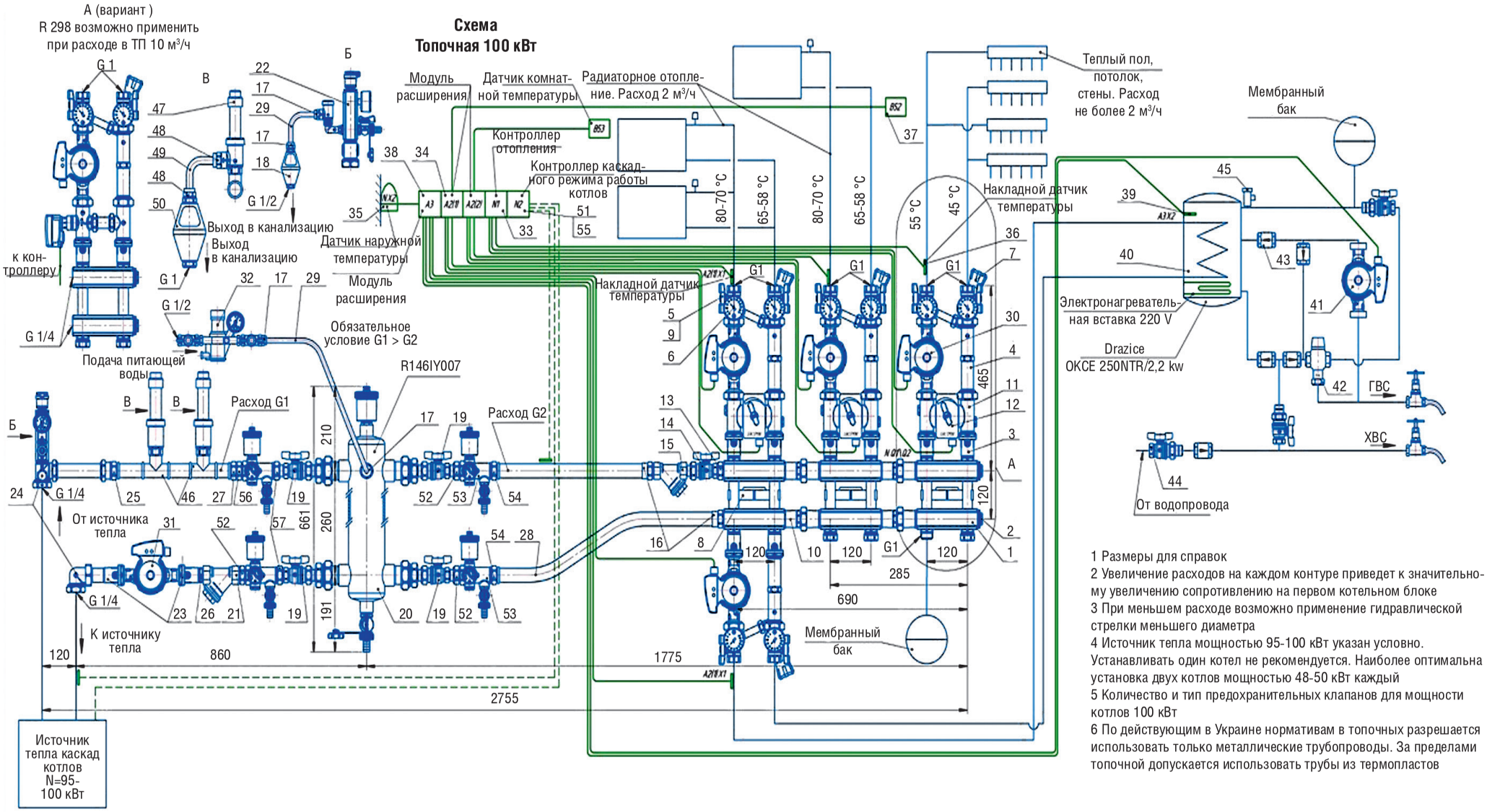
$$\Sigma Q_{котлов} > k \times \Sigma Q_{систем},$$

где $\Sigma Q_{котлов}$ – суммарный расход теплоносителя в котловом контуре;

$\Sigma Q_{систем}$ – суммарный расход теплоносителя в присоединенных системах;

k – коэффициент подбора, равный 1,1 – 1,5.

Фактически так называемый «коэффициент запаса» показывает количество воды, идущее на



1 Размеры для справок
2 Увеличение расходов на каждом контуре приведет к значительному увеличению сопротивлению на первом котельном блоке
3 При меньшем расходе возможно применение гидравлической стрелки меньшего диаметра
4 Источник тепла мощностью 95-100 кВт указан условно. Устанавливать один котел не рекомендуется. Наиболее оптимальна установка двух котлов мощностью 48-50 кВт каждый
5 Количество и тип предохранительных клапанов для мощности котлов 100 кВт
6 По действующим в Украине нормативам в топочных разрешается использовать только металлические трубопроводы. За пределами топочной допускается использовать трубы из термопластов

Рис. 3. Гидравлическая схема котельной

рециркуляцию. Точный расчет выполняется при проектировании тепловой схемы котельной путем составления теплового и материального балансов как со стороны котлов, так и со стороны систем для нескольких режимов работы котельной.

Рекомендуем принимать коэффициент k равным не менее чем 1,3 с учетом максимального расхода на рециркуляцию. Поясним это обстоятельство. Расходы воды на рециркуляцию будут разными для разных режимов. Допустим, котельная работает по графику 80/60 °С в максимально-зимнем режиме, 75/55 °С – при наружной температуре -10 °С и 65/45 °С – в средне-отопительном и летнем режимах. Отсюда видно, что расходы на рециркуляцию для поддержания температуры воды на входе в котлы на уровне 55–60 °С будут разными для каждого режима из-за переменной температуры обратной воды. Причем даже в максимально-зимнем режиме, когда котельная работает в расчетном режиме (например, те же 80/60 °С) и риска низкотемпературной коррозии нет, условие все равно должно выполняться, только расход на рециркуляцию будет минимальным.

Конечно нужно сказать что более точным, но и более сложным необходимо считать метод подбора гидравлического сепаратора, когда дополнительно выполняется тепловой расчет котельной для нескольких эксплуатационных режимов и по уравнениям теплового баланса определяются величины необходимых и достаточных расходов на рециркуляцию для защиты котлов от низкотемпературной коррозии.

Пример расчета топочной

Необходимо подобрать гидравлический сепаратор для топочной номинальной мощностью 100 кВт с котельными блоками R586 компании Giacomini, пользуясь приближенным расчетом. Котельная (рис. 3) расположена в Киеве.

Исходные данные для расчета.

Радиаторные системы отопления № 1 и № 2:

– максимальный расход в каждой системе – 2 м^3/час;

– температура воды в подающей магистрали – 80 °С;

– температура воды в обратной магистрали – 65 °С.

Система напольного отопления:

– максимальный расход в системе отопления – 1,9 м^3/час;

– температура воды в подающей магистрали – 55 °С;

– температура воды в обратной магистрали – 45 °С.

Основные позиции по тепловому расчету схемы топочной.

1. Определяем расход теплоносителя в системах радиаторного отопления № 1 и № 2:

$Q_{систр.о.} = G_{систр.о.} \times c \times \Delta t$, $Q_{систр.о.} = 2000 \times 15 =$ $= 30\,000$ ккал/час $= 34\,890$ Вт.

2. Определяем расход теплоносителя в системе напольного отопления:

$Q_{сист\ т.п.} = G_{сист\ т.п.} \times c \times \Delta t$, $Q_{сист\ т.п.} = 1900 \times 10 =$ $= 28\,500$ ккал/час $= 33\,146$ Вт.

3. Получаем суммарную мощность систем:

$Q = Q_{систр.о.\ №1} + Q_{систр.о.\ №2} + Q_{сист\ т.п.} = 34\,890 +$ $+ 34\,890 + 33\,146 = 102\,926$ Вт.

4. Определяем коэффициент смешения в узле подготовки воды для напольного отопления:

$U = (T_1\text{-}t_1)/(t_1\text{-}t_2) = (80\text{-}55)/(55\text{-}45) = 25/10 =$ $= 2{,}5$.

Это означает, что на одну единицу горячей воды с температурой 80 °С нужно подмешать 2,5 единицы холодной с температурой 45 °С.

5. Расход греющего теплоносителя $T_1 = 80$ °С из первичного контура:

$U = (G_{сист\ т.п.}/G_{греющ}) - 1$;

$G_{греющ} = G_{сист\ т.п.}/(U+1) = 1900/(2{,}5 + 1) =$ $= 542{,}86$ кг/час.

6. Расход холодной воды $t_2 = 45$ °С через байпас:

$U = G_{байпас}/G_{греющ}$; $G_{байпас} = U \times G_{греющ} =$ $= 2{,}5 \times 542{,}85 = 1357{,}15$ кг/час.

7. Суммарный расход теплоносителя в системном контуре:

$\Sigma G = G_{систр.о.\ №1} + G_{систр.о.\ №2} + G_{греющ} = 2000 +$ $+ 2000 + 542{,}86 = 4542{,}86$ кг/час.

К установке принимаем гидравлический сепаратор R146IY007 согласно данным таблицы.

Резюме

Подводя итог, следует отметить, что современные промышленные конструкции гидравлических сепараторов могут быть многофункциональными и включать в себя различного рода дополнительные устройства для обеспечения направленного и стабилизированного потока теплоносителя, отделения и удаления воздуха и грязи. Следовательно, использование гидравлического сепаратора в сложных схемах децентрализованного теплоснабжения в определенной мере повышает их тепловую и гидравлическую устойчивость и обеспечивает общий положительный эксплуатационный эффект.

Так же немаловажным фактором является экономическая целесообразность его установки за счет повышения общей енергоэффективности системы и увеличения срока службы котельного оборудования.