

С. А. Федоров, Терма-СЕТ

## УСТРОЙСТВА ПОДДЕРЖКИ ДАВЛЕНИЯ

Одним из важнейших условий нормальной работы систем отопления/охлаждения является поддержание в любой ее точке достаточного избыточного давления. Это необходимо, с одной стороны, для снижения риска кавитации, разрушения насосов и арматуры, устранения шумов. С другой стороны, избыточное давление препятствует попаданию газов в систему и образованию воздушных пробок.

Увеличение температуры в замкнутом постоянном объеме приведет к резкому росту давления жидкости и разрушению системы. Поэтому функция поддержания давления связана с решением вопроса компенсации объема теплоносителя в соответствии с колебаниями температуры.

Простейшим способом решения такой задачи является периодический слив теплоносителя из системы, например, через клапан максимального давления при повышении давления и закачка жидкости, например, с помощью насосов, из внешнего источника при уменьшении давления. Но в этом случае может исчезнуть важное преимущество закрытых систем – их защищенность от процессов коррозии, т. к. из системы сливается вода с низким содержанием коррозионно активных газов и закачивается теплоноситель с высокими концентрациями растворенных газов.

Удерживать теплоноситель внутри системы можно с помощью элементов, меняющих свой объем в процессе работы – расширительные баки и станции поддержки давления.

В статье рассматриваются особенности применения этих устройств.

### Расширительные баки

**Открытые расширительные баки.** Простейшим устройством для поддержания давления в закрытой системе является открытый бак, установленный над верхней точкой системы. При увеличении температуры и расширении воды ее уровень в баке повышается, и, наоборот, сниже-

ние температуры приводит к понижению уровня. Такие баки предельно просты, недороги и до сих пор используются в большом количестве.

Одним из основных недостатков баков такого типа является большая потеря воды системы за счет испарения. Большие потоки свежей воды с высоким содержанием кислорода вызывают коррозию как в баке, так и в системе (рис. 1). Давление в таких системах ограничено высотой расположения бака и соответственно ограничивает максимально возможную температуру теплоносителя или использование циркуляционных насосов с большим напором. Для создания избыточного давления 0,5 бар в верхней точке нужно разместить бак на 5 м выше. Открытые баки размещаются, как правило, на чердаках, поэтому в зимнее время вода может замерзнуть, что приведет к резкому увеличению давления при дополнительном нагреве воды. Особую опасность представляют протечки при сильной коррозии или переливе.

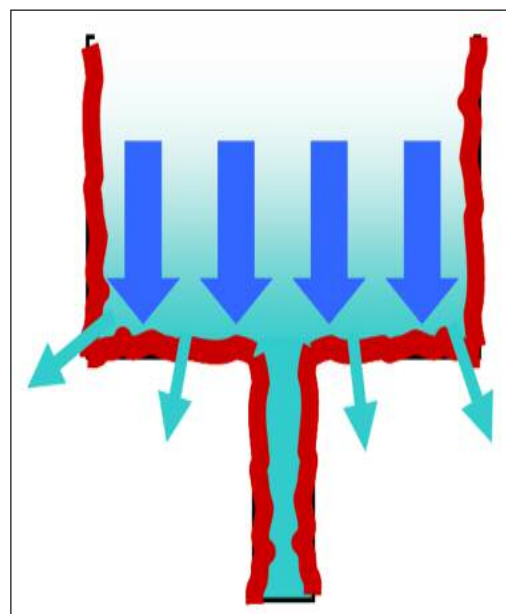


Рис. 1. Ускоренная коррозия бака и системы

**Закрытые расширительные баки.** В баках закрытого типа жидкость при расширении попадает в закрытый металлический бак, объем которого разделен мембраной или эластичной камерой на две части (рис. 2). Одна часть предназначена для жидкости, которая может свободно входить из системы в бак и обратно через патрубок, вторая часть бака изолирована и заполнена газом под избыточным давлением. Таким образом, жидкость постоянно находится под давлением воздушной подушки и эластичной мембраны. С помощью этого простого механизма компенсируется изменение объема жидкости и поддерживается давление в некотором интервале значений. Отметим, что давление в системе при этом не постоянно, оно растет при увеличении и падает с уменьшением температуры, а интервал давлений может быть достаточно широким (рис. 3). Мембрана блокирует испарение жидкости и препятствует попаданию газов в жидкость. Важным свойством расширительных баков является также демпфирование гидравлических ударов в системе.

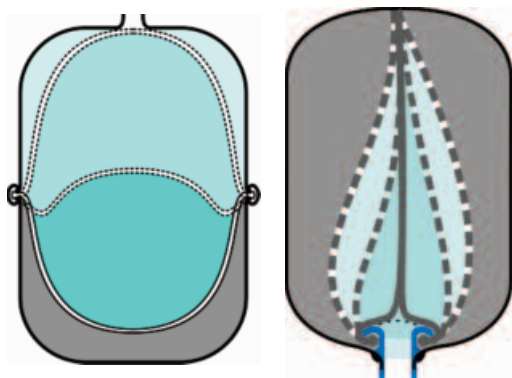


Рис. 2. Конструкции расширительных баков (бак диафрагменного типа – слева, камерная конструкция – справа)

Размер бака и предварительное давление в воздушной половине должны быть заранее рассчитаны с учетом параметров системы и режима ее эксплуатации. Поскольку объем воды постоянно меняется с изменением температуры, мембраны расширительных баков интенсивно деформируются. Таким образом, баки и мембраны в них являются одним из самых слабых звеньев закрытых систем. В идеале материал мембран должны быть химически нейтральным, обладать высокой эластичностью и малой проницаемостью для газов.

В настоящее время закрытые расширительные баки преобладают в большинстве развитых стран.

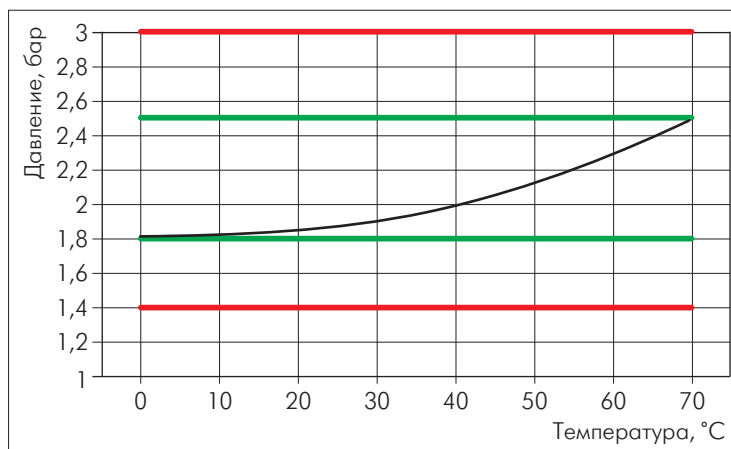


Рис. 3. Интервал давлений, поддерживаемый баком в зависимости от температуры в системе (пример)

Существуют два типа конструкций расширительных баков закрытого типа.

Большая часть применяющихся в настоящее время баков небольшого и среднего объема имеет так называемую диафрагменную конструкцию (рис. 2, слева), при которой бак разделен мембраной как перепонкой на две части. В баках камерного типа (рис. 2, справа) используется эластичная камера. Жидкость при расширении попадает внутрь камеры и не соприкасается с металлическими стенками бака. Как правило, более дешевые баки диафрагменного типа существенно уступают бакам камерного типа в долговечности, надежности и стабильности характеристик.

Рассмотрим некоторые особенности баков с диафрагменной конструкцией.

Заканченный на заводе газ полностью растягивает мембрану до прилегания к корпусу (верхнее положение мембраны). При долгом хранении это может вызвать эффект прилипания мембраны к корпусу, когда вода заполняет бак только при существенном избыточном давлении в системе. С другой стороны, при постоянном нахождении жидкости в баке, его внутренняя металлическая поверхность со временем начинает ржаветь, несмотря на защиту.

Крайние положения мембран соответствуют высокой степени деформации. Но большая амплитуда растяжения возможна только для тонких эластичных мембран. В качестве материала мембран для баков диафрагменного типа используется в основном EPDM и нитрил NBR. Эти материалы имеют высокую эластичность, широкий температурный диапазон и достаточную износостойкость. Однако относительно высокая проницаемость этих материалов для

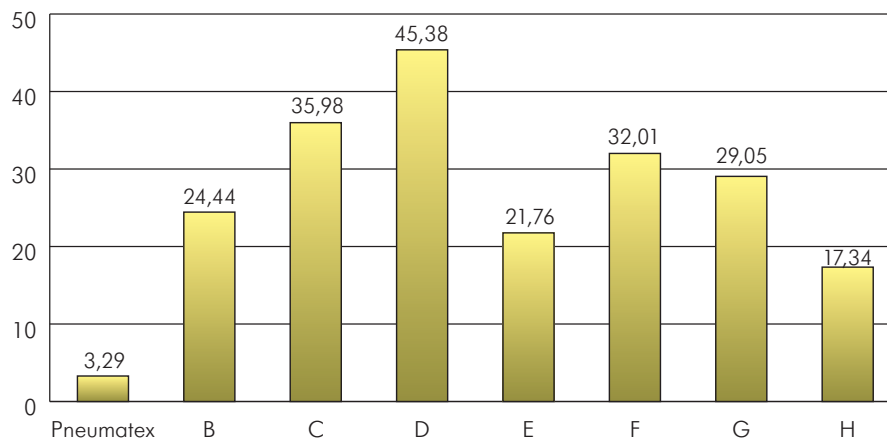


Рис. 4. Падение предварительного давления, % от первоначального в воздушной камере баков за год эксплуатации (3 % – баки Pneumatex)

газов и небольшая толщина мембран приводят к тому, что газ диффундирует через мембрану в жидкость и давление воздушной подушки в процессе работы достаточно быстро падает. Жидкость постепенно заполняет бак, давление в системе также падает, и бак вообще может перестать работать как напорная емкость. Такой бак требует частой подкачки и повышенного внимания сервисных служб. Наиболее слабым местом диафрагменных баков является соединительный шов между двумя половинами бака, который к тому же имеет максимальную длину. Неудивительно, что после окончания гарантийного срока (как правило, 1–2 года), баки этого типа могут протекать по шву, система перестает быть закрытой, увеличивается объем воды подпитки, а вместе с ней концентрация кислорода и скорость коррозии.

Большинство перечисленных проблем удается избежать в баках камерного типа. В полностью сварных баках этого типа вместо мембраны используется эластичная камера, соединительный шов небольшого периметра находится внутри бака и не испытывает больших нагрузок. В такой конструкции вода не соприкасается с металлическими стенками, что полностью исключает коррозию баков. При заполнении камеры водой растяжение камеры невелико, что позволяет делать ее стенки толще и резко снизить интенсивность процесса диффузии газов.

Высокая стабильность характеристик подтверждается измерениями, произведенными для групп баков различных производителей. На рис. 4 представлены величины падения давления в воздушной камере баков разных фирм за год эксплуатации на реальных объектах.

На общем фоне заметно выделяется продукция компании «Пневматекс» (на диаграмме

слева). Все баки «Пневматекс» имеют камерную конструкцию и патентованный материал камер на основе бутила. Гарантийный срок эксплуатации баков – 5 лет.

В качестве материала мембран для баков камерного типа в основном используются материалы на основе бутила, проницаемость которых для газов существенно ниже, чем у EPDM и NBR. Поскольку рабочий интервал температур бутиловых камер лежит в пределах 5–70 °С, рекомендуется установка этих баков на обратных линиях. Если температура теплоносителя в месте установки выходит за пределы рекомендуемой, между расширительным баком и системой должен быть установлен промежуточный бак (без камеры), действующий как теплообменник.

Стабильность характеристик, большие гарантийный и эксплуатационный сроки, снижение сервисных затрат и риска аварии на объекте – серьезные аргументы при выборе баков камерного типа.

Основными характеристиками при подборе бака, а также при сравнении баков разных производителей являются:

- тип бака (для систем отопления, для бустерных систем/систем ГВС);
- номинальный объем бака  $V_n$ ;
- максимальное давление, на которое рассчитан бак;
- тип конструкции бака (диафрагменный, камерный);
- температурный диапазон;
- материал диафрагмы/камеры, совместимость с теплоносителем, возможность работы с антифризами;
- сменяемость диафрагмы/камеры;
- гарантийный срок.

Баки, используемые в открытых системах отопления и системах водоснабжения, должны иметь повышенную надежность и степень защиты от коррозии. В баках используется специальный материал диафрагм или камер. Для систем водоснабжения используются в основном баки камерного типа, в том числе баки с проточным режимом (рис. 5).



Рис. 5. Проточный бак «Пневматекс»

### Расчет расширительных баков для систем отопления

Исходные данные, необходимыми для расчета характеристик баков для систем отопления являются:

- объем теплоносителя в системе  $V_A$ ;
- максимальная температура в системе  $T_{\max}$ ;
- температура прямого  $T_F$  и обратного потока  $T_R$ ;
- максимальное давление в системе;
- статическая высота теплоносителя  $H_{СТ}$ ;
- состав теплоносителя;
- мощность системы.

Методики расчетов баков разных производителей могут отличаться. В большинстве случаев соблюдается следующая последовательность расчетов при выборе баков для систем отопления:

- предварительное давление воздушной подушки  $P_0$ ;
- максимальное рабочее давление  $P_c$ ;
- коэффициент расширения;
- резервный объем;
- объем расширения  $V_e$ ;
- коэффициент сжатия  $K$ ;
- номинальный объем бака  $V_N$ ;
- давление заполнения;
- объем промежуточного бака.

Если внутренний объем системы  $V_A$  неизвестен, его можно оценить, зная состав оборудования в контуре отопления, мощность, температуры и используя коэффициенты пересчета.

Пример 1. Мощность системы отопления 150 кВт, максимальная температура 90 °С, панельные радиаторы. Вычисляемый объем воды в системе  $V_A = 150 \cdot 9,0 = 1350$  л (для панельных радиаторов при данной температуре использовался коэффициент 9,0 л / кВт).

Объем расширительного бака не совпадает с объемом расширения и связан с ним формулой

$$V_N = V_e / K,$$

где  $K$  – коэффициент сжатия;  $K = (P_c - P_0) / P_c$  (абсолютные величины давлений).

Из формулы видно, что снижение интервала изменения давления в числителе приводит к увеличению размеров бака.

Пример 2. Мощность системы отопления 150 кВт, максимальная температура 90 °С, панельные радиаторы, статическая высота 7 м, давление клапана безопасности  $P_{SV} = 3,0$  бар.

Объем расширения = 56 л.

Коэффициент сжатия  $K = 0,4286$ .

Объем бака =  $56 / 0,4286 = 131$  л.

Рекомендуется модель бака с ближайшим большим номинальным объемом (например, SE 180 с номинальным объемом 180 л).

При заполнении системы водой давление в системе должно быть достаточным для заполнения резервного объема. В этом случае режим работы бака оптимален.

Расчет расширительных баков для систем водоснабжения производится с учетом схем подключения и задач.

### Установки (станции) поддержки давления

С увеличением мощности системы растет и объем баков, необходимый для компенсации расширения. При этом, как правило, растет и отношение общего объема баков к объему расширения теплоносителя. То есть увеличивается доля объема баков, не заполняемая теплоносителем, снижается эффективность использования объема баков.

Поэтому, начиная с некоторой мощности, взамен батареи баков целесообразно использовать установки поддержки давления, более компактные и многофункциональные.

Установки, как правило, состоят из расширительного бака или системы баков и функционального блока с регулирующей арматурой и электроникой, в который могут входить блоки подпит-

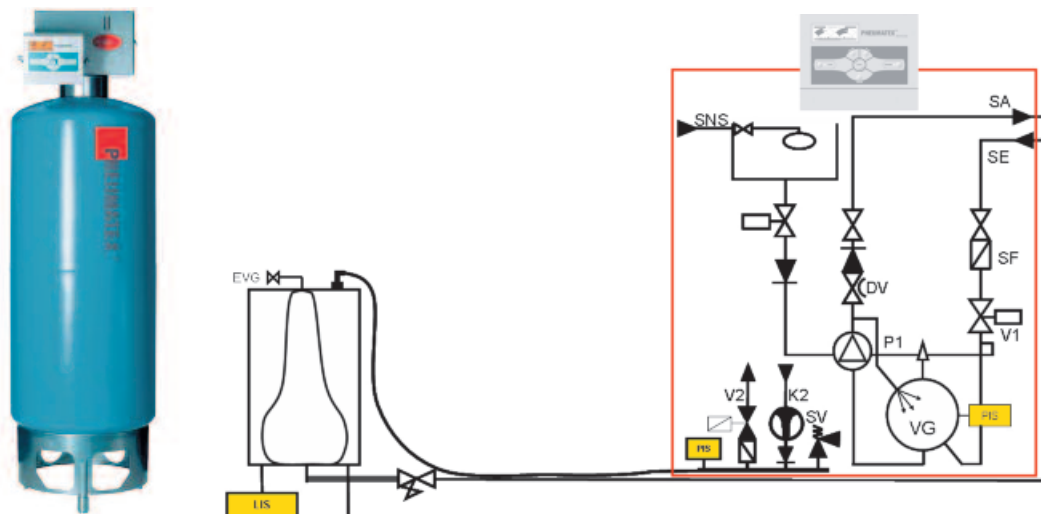


Рис. 6. Пневматическая установка поддержки давления

ки и деаэрации. В отличие от расширительных баков с переменным давлением установки позволяют гарантированно поддерживать давление в заданном диапазоне.

В настоящее время существуют два типа станций поддержки давления:

- пневматические с компрессорами;
- гидравлические с насосами.

### Пневматические установки

Пневматические установки поддержки давления (рис. 6) состоят из расширительного бака (одного или нескольких), функционального блока с блоком управления. Функциональный блок и блок управления могут монтироваться на баке или располагаться отдельно.

В пневматической установке давление воздушной подушки в баке регулируется с помощью встроенного компрессора K1 и соленоидного клапана V1, управляемых электронным блоком. Увеличение температуры в системе приводит к увеличению объема воды и соответственно увеличению давления в баке. Если давление превышает заданный уровень, соленоидный клапан сбрасывает воздух из пневматической части расширительного бака до тех пор, пока в системе снова не устанавливается нужное давление. Давление в системе контролируется датчиком давления PIS, количество жидкости в баке измеряется с помощью датчика LIS.

Снижение температуры в системе приводит к уменьшению объема воды. Компрессор включается, воздух подкачивается в пневматическую часть расширительного бака, восстанавливая давление до нормы. Минимально необходимый

уровень воды в расширительном баке контролируется с помощью электронного датчика наполнения LIS. При необходимости включается блок подпитки Pleno P или встроенный блок вакуумной деаэрации.

Пневматические установки поддержки давления «Пневматекс» применяются обычно для систем мощностью до 10 МВт в интервале давлений до 6–10 бар и обеспечивают точность регулировки  $\pm 0,1$  бар. Пневматические установки отличаются большой надежностью и возможностью работы в случае отключения электрического питания.

### Гидравлические установки

Гидравлические станции поддержки давления (рис. 7) состоят из расширительного бака 2 (одного или нескольких), функционального блока – модуль 1 с блоком управления и аккумуляторного бака 6. Функциональный блок с электронным блоком управления обычно размещают вне бака.

В гидравлической установке давление в системе поддерживается с помощью насоса 3 и управляемого вентиля 4. При повышении температуры увеличивается объем воды и давление в системе. Для компенсации скачка давления открывается вентиль 4 и часть воды поступает в мембранный расширительный бак. При снижении температуры объем воды уменьшается и давление снижается. Насос 3 подкачивает часть воды в систему из бака. Все операции выполняются под контролем блока управления. Аккумуляторный бак 6 работает как обычный расширительный бак, компенсируя изменения объема в небольшом интервале. Это позволяет снизить частоту включений насоса и вентиля и суще-

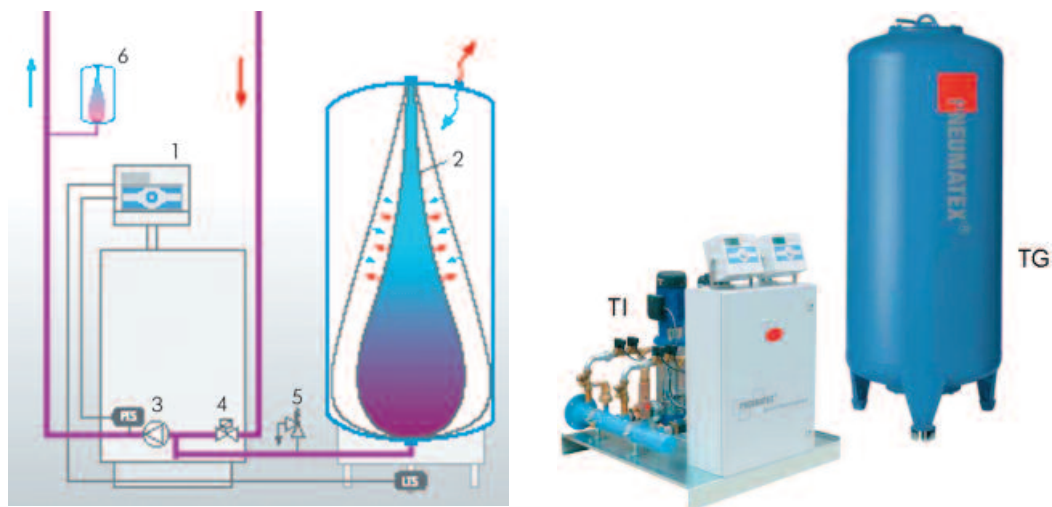


Рис. 7. Установки поддержки давления Transfero (Pneumatex) с гидравлической регулировкой

ственно увеличить ресурс работы установки. В установках повышенной мощности насосов может быть несколько.

Теплоноситель в расширительном баке гидравлической системы находится при атмосферном давлении (безнапорный бак), поэтому равновесные концентрации растворенных газов и скорости диффузии газов через мембрану ниже, чем в обычных расширительных баках и пневматических установках поддержки давления. Газ, скапливающийся наверху бака, стравливается через воздухоотводчик. К минусам установок данного типа можно отнести невозможность работы при отключении электроэнергии.

Гидравлические установки поддержки давления применяются для систем мощностью до нескольких сот мегаватт в интервале давлений до нескольких десятков бар с точность регулировки до  $\pm 0,2$  бар.

### Дополнительные особенности установок поддержки давления

Поскольку объем заполнения баков систем поддержки давления может быть близок к 100 %, стоимость таких систем может оказаться существенно ниже, чем стоимость батареи баков. Нужно принимать во внимание и выигрыш в объеме и весе при размещении и транспортировке.

Помимо относительной компактности, большим преимуществом установок поддержки давления является возможность мониторинга и контроля (в том числе дистанционного) за рабочим состоянием оборудования и параметрами в системе отопления. Это особенно важно в системах с большой мощностью. Комплектование

станций дополнительными блоками подпитки и вакуумной деаэрации делает системы важным элементом, отвечающим за нормальную работу систем отопления в течение многих лет.

В высотных зданиях и в системах большой мощности особое внимание должно уделяться дегазации теплоносителя. В станциях поддержки давления в качестве блока дегазации некоторые производители используют блок перепада давления, состоящий из насоса и вентиля. При включении насоса после вентиля внутри бака создается область небольшого разрежения (рис. 8). Периодическое включение насоса обеспечивает прокачку и частичную дегазацию некоторого количества теплоносителя системы. Однако подача в бак жидкости с низким содержанием кислорода приводит к интенсивной диффузии через мембрану именно кислорода, т. к. скорость диффузии в первую очередь определяется отклонением от равновесной концентрации. Поэтому, снижая концентрацию азота, блок такого типа наоборот, становится дополнительным источником поступления кислорода.

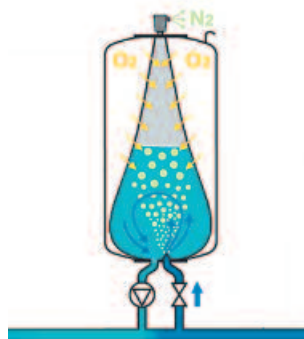


Рис. 8. Дроссельный блок дегазации

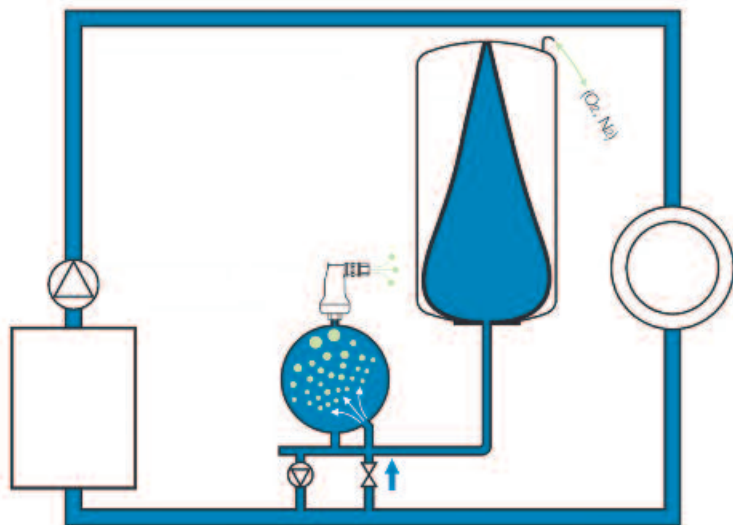


Рис. 9. Блок деаэрации Oxystop компании «Пневматекс»

Этого серьезного недостатка лишен блок дегазации компании «Пневматекс» (рис. 9). Основу блока составляют небольшой металлический бак с воздухоотводчиком, насос и вентиль. Поскольку вакуумная дегазация производится непосредственно в металлическом баке, нет никаких диффузионных потоков извне. Металлический корпус позволяет достигать более высокого разрежения. Блок используется как для дегазации жидкости системы, так и для обработки потока подпитки и потока из расширительного бака.

#### Размещение расширительных баков и установок поддержки давления

Поскольку материал мембран может работать только в определенном интервале температур, расширительные баки лучше подключать в тех точках, где температура теплоносителя не выходит за эти пределы. В частности, бутылочные баки рекомендуется устанавливать на обратных линиях систем отопления. Если температура выходит за рамки допустимого диапазона, расширительные баки подключаются с помощью последовательно соединенного промежуточного бака (рис. 10). Промежуточный бак действует как теплообменник, охлаждая или нагревая теплоноситель перед его попаданием в расширительный бак.

Поскольку в точке присоединения расширительного бака давление в процессе работы остается постоянным и равным давлению в баке, взаимное расположение бака и циркуляционного насоса сильно влияет на распределение давления в контуре системы. Настоятельно рекомендуется располагать расширительный бак около всасывающего патрубка циркуляционного насо-

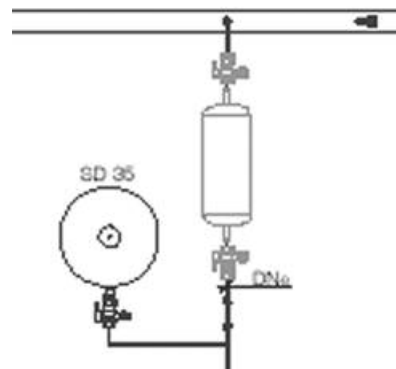


Рис. 10. Использование промежуточного бака

са (рис. 11). В этом случае при включенном циркуляционном насосе общее давление в системе в целом увеличивается за счет работы насоса (профиль напора показан пунктирной линией). При этом исключается возможность возникновения зон отрицательного давления.

В противном случае при установке бака на выходном патрубке и использовании высоконапорного насоса часть контура может оказаться в зоне разрежения.

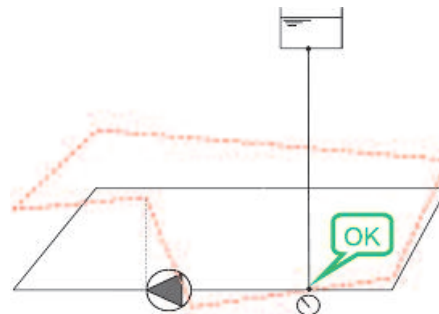


Рис. 11. Оптимальная точка присоединения бака

При компактном размещении оборудования котельной или теплового пункта зачастую насос и расширительный бак оказываются разделенными другими устройствами, например, котлом или теплообменником. Допустим, между расширительным баком и всасывающим патрубком насоса находится котел. Такая схема практически не влияет на распределение давления, если гидравлическое сопротивление котла небольшое (например, секционный котел). В случае если используется так называемый гидронный котел с медными трубчатыми теплообменниками и большим сопротивлением потоку, давление в некоторых участках системы при включении насоса может заметно снизиться. В этом случае такая схема может быть постоянным источником проблем. •