

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ РАБОТЫ СИСТЕМ ВОДЯНОГО ОТОПЛЕНИЯ

*В. Г. Новосельцев<sup>1</sup>, Ю. В. Каперейко<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>Заведующий кафедрой теплогазоснабжения и вентиляции, БрГТУ, Брест, Беларусь, [vgnovoseltsev@yandex.ru](mailto:vgnovoseltsev@yandex.ru)

<sup>2</sup>Преподаватель-стажер, БрГТУ, Брест, Беларусь, [yulya.kapereyko@mail.ru](mailto:yulya.kapereyko@mail.ru)

### Аннотация

В данной статье представлены результаты по исследованию различных вариантов установки расширительного бака в системе отопления здания, присоединенной к централизованным тепловым сетям с помощью независимой схемы подключения. Сделаны выводы по наиболее удачному расположению бака в замкнутом контуре системы отопления.

**Ключевые слова:** потери давления, теплоноситель, система водяного отопления, циркуляционный контур, расширительный бак, перепад давления, радиатор.

## ENSURE OPTIMAL OPERATION OF WATER HEATING SYSTEMS

*V. Novoseltsev, Y. Kapereyko*

### Abstract

This article presents the results of a study of various options for installing an expansion tank in a building heating system connected to centralized heating networks using an independent connection diagram. Conclusions are drawn on the most successful location of the tank in a closed circuit of the heating system.

**Keywords:** pressure loss, coolant, water heating system, circulation circuit, expansion tank, pressure difference, radiator.

**Введение.** Современные системы отопления в большинстве своем проектируют и строят с независимым подключением к централизованной тепловой сети. Такие системы являются более надежными, удобными в эксплуатации, экономичными. В случае особенностей системы отопления в здании такое подключение позволяет также использовать теплоноситель, отличный от теплоносителя в централизованной тепловой сети. Такая схема подключения широко используется для подключения к системе отопления многоэтажных зданий или построек, которые требуют повышенного уровня надежности работы отопительного механизма.

Теплоноситель из источника тепловой энергии (котельная, ТЭЦ) поступает в городскую тепловую сеть, а затем распределяется по тепловым пунктам. Они бывают: индивидуальные (обслуживающие одно здание (или его часть) и располагаемые обычно в его подвале) и центральные (обслуживающие сеть или группу зданий и размещаемые, как правило, в отдельных сооружениях).

В настоящее время чаще всего проектируются индивидуальные тепловые пункты (ИТП).

Индивидуальный тепловой пункт — комплекс устройств, состоящий из элементов, обеспечивающих присоединение системы отопления и горячего водоснабжения к централизованной тепловой сети. Основными элементами ИТП являются: теплообменники, насосы, клапаны, датчики, контроллеры, различные блоки управления и запорно-регулирующая арматура.

Вода из наружной тепловой сети проходит через теплообменник и передает теплоту воде, идущей из отопительного контура здания. Таким образом обеспечивается несмешивание сред двух отопительных контуров, что, в свою очередь, является существенным преимуществом, так как качество воды в городской тепловой сети может быть неподходящим для благоприятной работы регулирующей арматуры в ИТП, а также для работы отопительных приборов в помещениях (например, биметаллические отопительные приборы требуют повышенного качества теплоносителя, так как они более подвержены коррозии и скоплению водорода в верхних отделах).

При падении температуры наружного воздуха датчик посылает сигнал на контроллер, который регулирует положение клапана (двух- или трехходового), расположенного на подающем теплопроводе со стороны городской сети. Расход воды увеличивается, следовательно, теплопередача через теплообменник тоже увеличивается, повышая температуру теплоносителя отопительного контура здания.

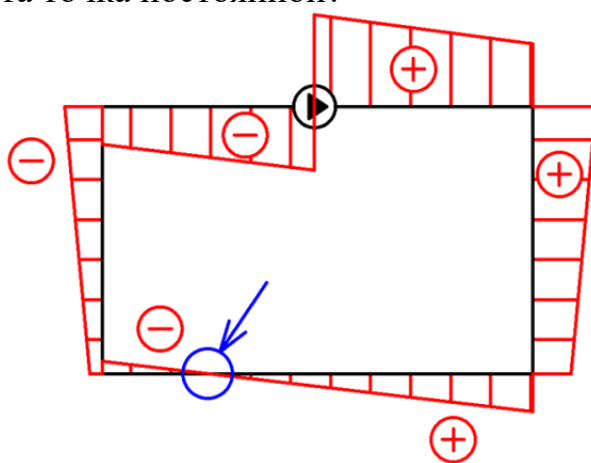
При увеличении температуры наружного воздуха контроллер, наоборот, начинает прикрывать регулирующей клапан, чтобы снизить расход воды через теплообменник со стороны греющей части, а значит снижается температура теплоносителя в системе отопления здания. Контроль за колебаниями температуры осуществляют 3 датчика (погодозависимая автоматика): датчик температуры наружного воздуха, датчик температуры обратного трубопровода со стороны городской сети (для обеспечения эффективного съема теплоты), датчик температуры подающего трубопровода со стороны отопительной системы здания. В ИТП осуществляется контроль перепада давления на фильтре (для своевременного обслуживания фильтрующего материала) и на циркуляционном насосе (исключение «сухого хода» (реле перепада давления) и контроля за работой насоса (реле давления)).

Как известно, при нагревании тела имеют свойство расширяться. Вода внутри замкнутого отопительного контура то уменьшается, то увеличивается в объеме. Это происходит во время регуляции температуры и расхода теплоносителя в системе отопления здания. А так как вода является практически несжимаемой средой (коэффициент сжатия воды равен  $5 \cdot 10^{-4} \text{ 1/Па}$ ), то давление в системе начинает так же быстро увеличиваться или уменьшаться. Избыточное давление может неблагоприятно влиять на все элементы системы отопления. Поэтому, чтобы обезопасить систему от выхода из строя ее составляющих, одним из элементов замкнутого отопительного контура является расширительный бак. Однако не все знают, как проходит выбор и установка расширительного бака. Ведь даже при

подключении такой простой детали есть свои нюансы. Обычно подбор расширительного бака происходит «наугад», а его установка зависит от расположения теплового пункта и наличия свободного пространства для него.

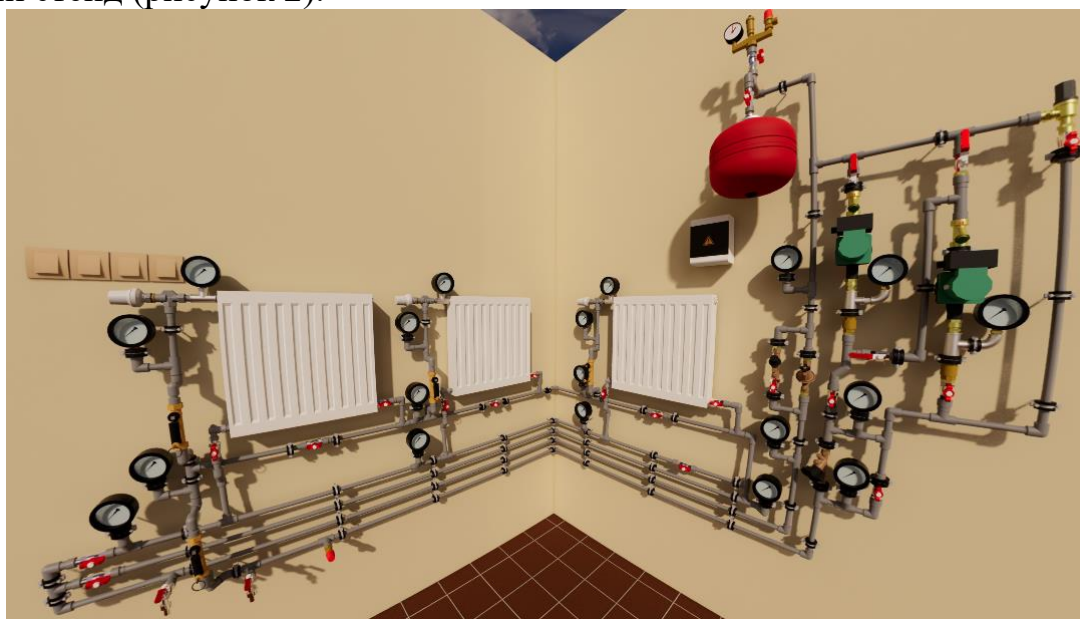
**Материалы и методы.** Методологическая основа исследования состояла из сбора данных, Исследование проводилось посредством расчетов и с помощью экспериментального лабораторного стенда.

**Результаты и обсуждение.** В каждом циркуляционном кольце системы существует только одна точка постоянного давления, так называемая «нейтральная» точка системы отопления, в которой зона нагнетания сменяется зоной всасывания [1] (рисунок 1). Эта точка является наиболее благоприятной для установки в ней расширительного бака, так как статическое и динамическое давление в ней равны и резервуар не подвержен «нагнетанию» или «подсасыванию» воды. Однако является ли эта точка постоянной?



**Рисунок 1** – Месторасположение точки нулевых давлений.

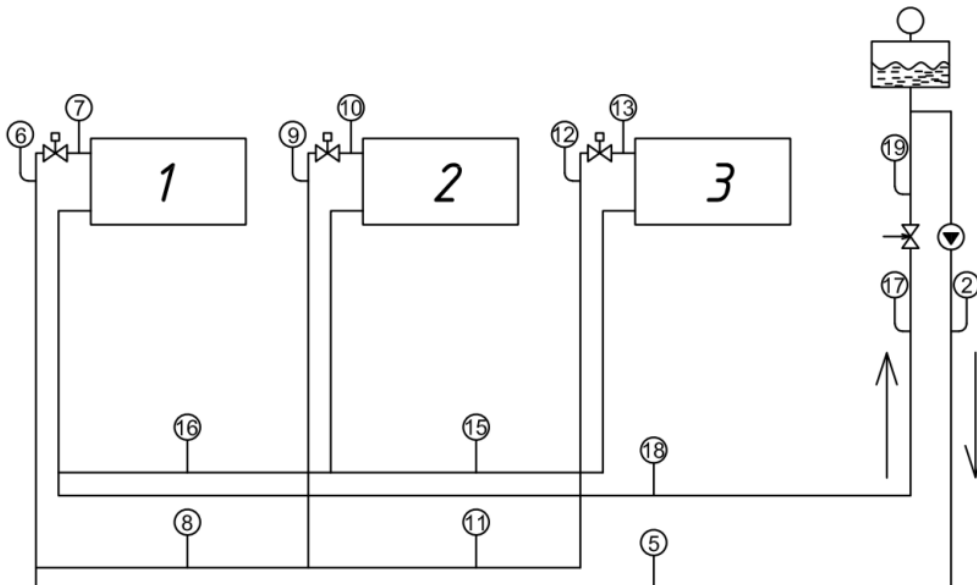
Для исследования месторасположения этой точки был использован лабораторный стенд (рисунок 2).



**Рисунок 2** – 3D модель лабораторного стенда, разработанная в программе Revit.

Попеременно изменяя сопротивление и размер контура путем включения в систему отопления дополнительных отопительных приборов, фиксировались значения манометров до и после включения насоса. По изменению давления на каждом из манометров можно судить о наличии зоны всасывания либо нагнетания насоса.

1. В работу включен 1 насос (рисунок 3) (таблица 1).

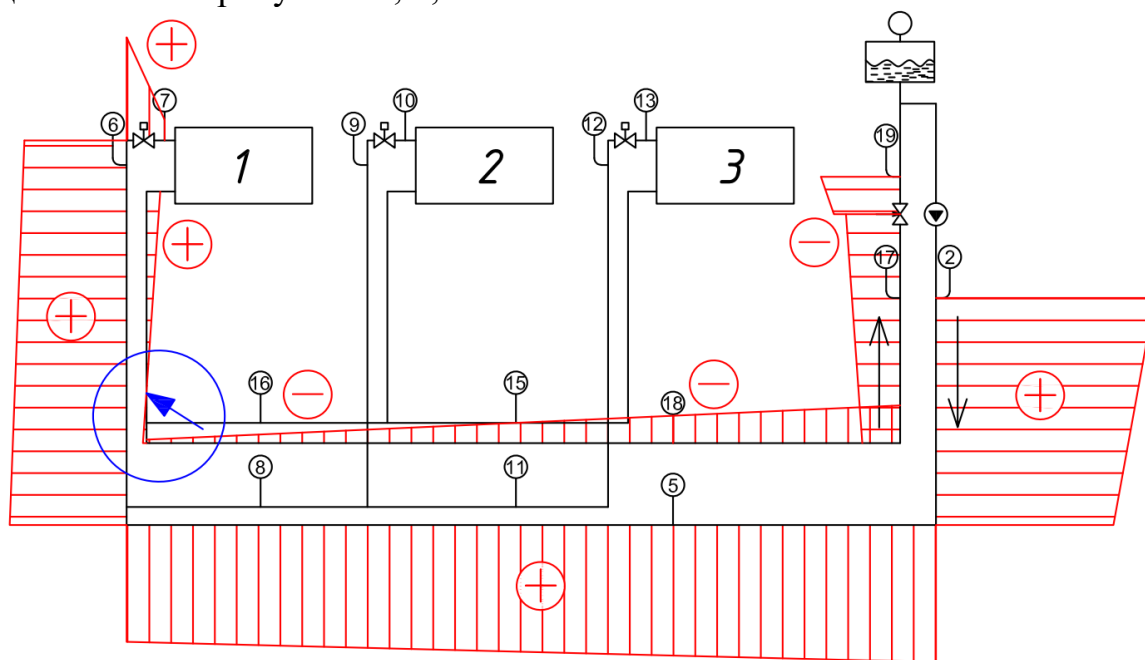


**Рисунок 3** – Схема системы отопления с одним насосом

**Таблица 1** – Показания манометров в системе с одним насосом

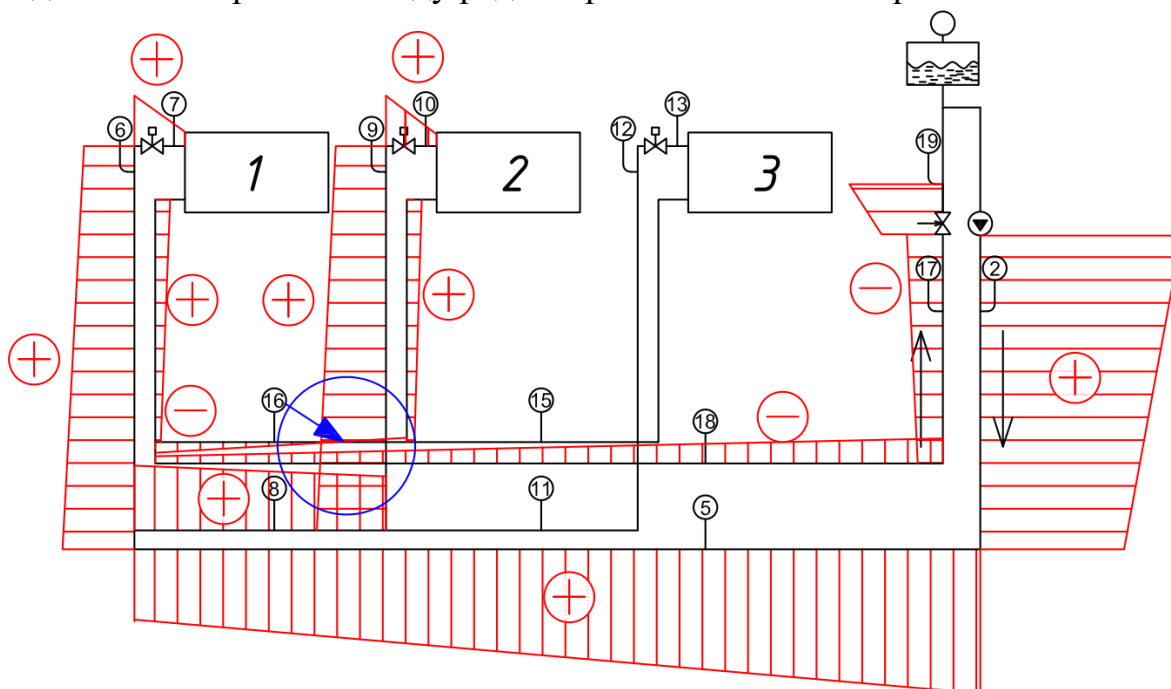
№ манометра	Р до включения, МПа	с 1 радиатором	хР, МПа	с 2 радиаторами	хР, МПа	с 3 радиаторами	хР, МПа
		Р после включения, МПа		Р после включения, МПа		Р после включения, МПа	
2	0,074	0,1058	0,0318	0,102	0,028	0,101	0,027
5	0,079	0,098	0,019	0,089	0,01	0,087	0,008
6	0,077	0,092	0,015	0,084	0,007	0,083	0,006
7	0,072	0,075	0,003	0,074	0,002	0,075	0,003
8	0,079			0,088	0,009	0,086	0,007
9	0,075			0,082	0,007	0,08	0,005
10	0,073			0,074	0,001	0,075	0,002
11	0,078					0,0837	0,0057
12	0,073					0,0773	0,0043
13	0,072					0,0756	0,0036
15	0,08					0,0805	0,0005
16	0,08			0,079	-0,001	0,0805	0,0005
17	0,078	0,071	-0,007	0,073	-0,005	0,074	-0,004
18	0,08	0,076	-0,004	0,079	-0,001	0,08	0
19	0,071	0,0595	-0,0115	0,058	-0,013	0,059	-0,012

Эпюры перепада давления для системы с одним, двумя и тремя радиаторами представлены на рисунках 4, 5, 6.



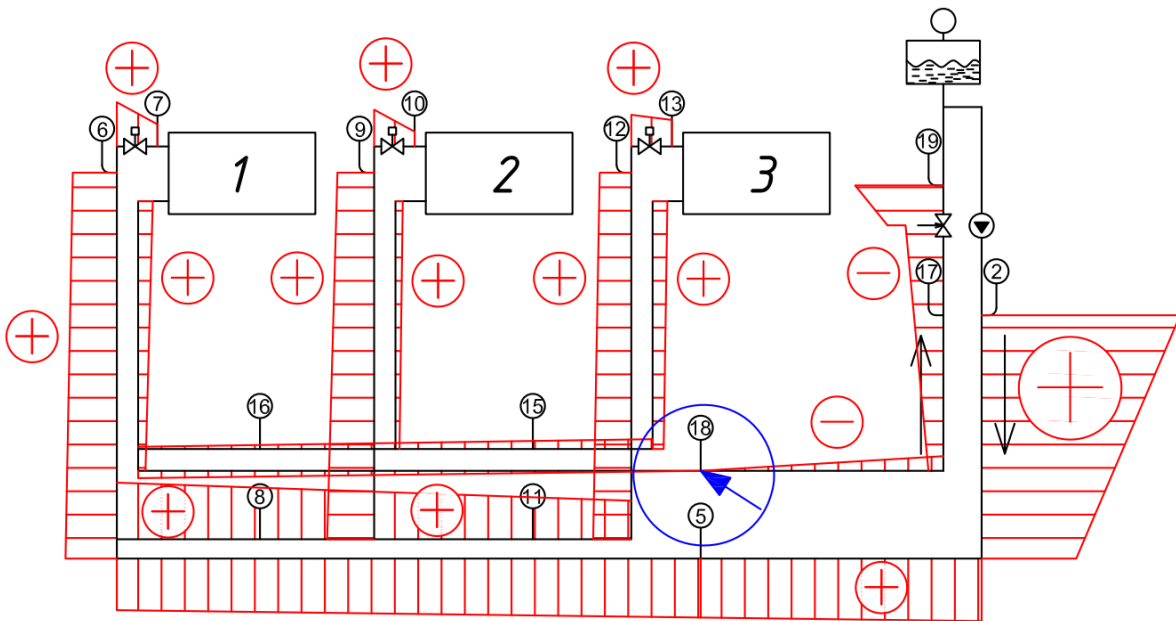
**Рисунок 4** – Схема системы отопления с одним насосом и одним радиатором

При включении в систему только одного радиатора точка нулевых давлений находится на «обратке» между радиатором № 1 и манометром № 18.



**Рисунок 5** – Схема системы отопления с одним насосом и двумя радиаторами

При включении в систему двух радиаторов точка нулевых давлений располагается на «обратке» между радиатором № 2 и манометром № 16.

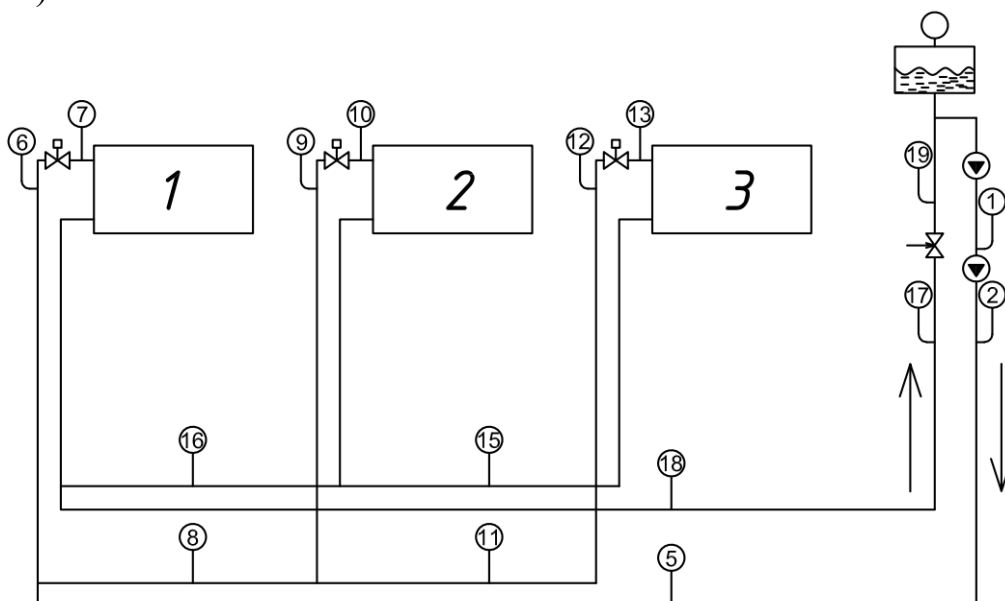


**Рисунок 6** – Схема системы отопления с одним насосом и тремя радиаторами

При включении в систему трех радиаторов точка нулевых давлений находится на «обратке», в месте расположения манометра № 18.

Вывод: при добавлении в систему отопления дополнительных сопротивлений точка нулевых давлений смещается ближе к всасывающему патрубку насоса.

2. В работу включены 2 насоса, т. е. напор увеличился в 2 раза (рисунок 7) (таблица 2).

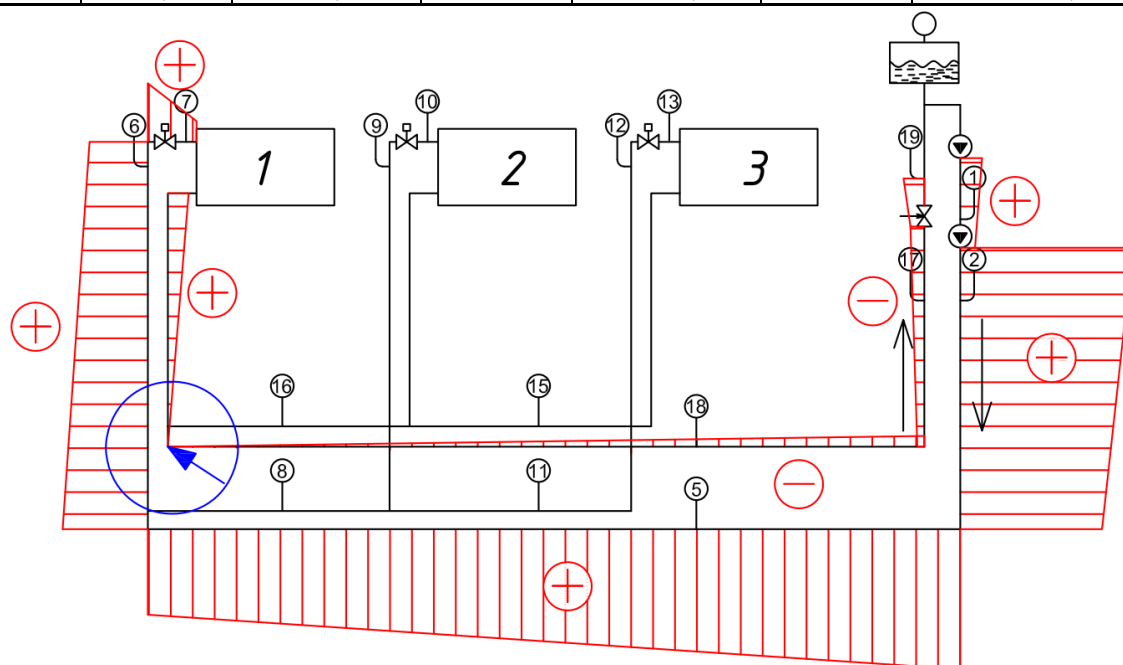


**Рисунок 7** – Схема системы отопления с двумя насосами

Эпюры перепада давления для системы с одним, двумя и тремя радиаторами представлены на рисунках 8, 9, 10.

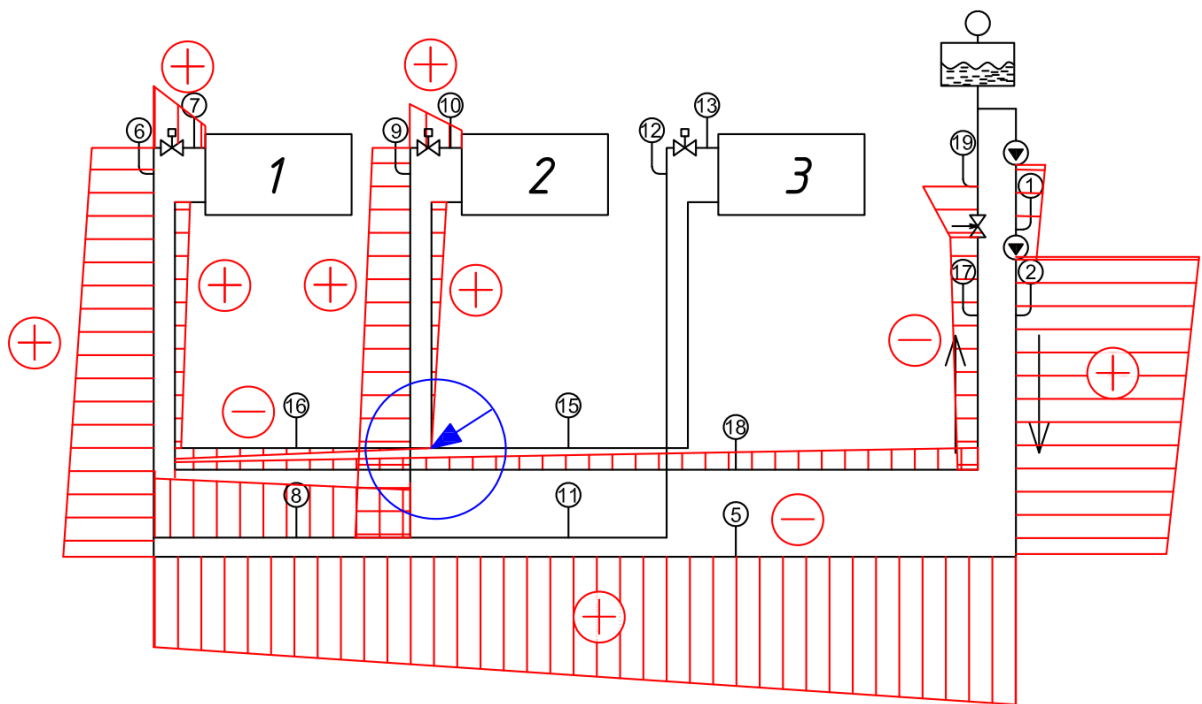
**Таблица 2** – Показания манометров в системе с двумя насосами

№ ма- но- метра	Р до включе- ния, МПа	с 1 радиа- тором	хР, МПа	с 2 радиа- торами	хР, МПа	с 3 радиа- торами	хР, МПа
		Р после включения, МПа		Р после включения, МПа		Р после вклю- чения, МПа	
1	0,071	0,08	0,009	0,077	0,006	0,076	0,005
2	0,072	0,125	0,053	0,119	0,047	0,117	0,045
5	0,079	0,113	0,034	0,0975	0,0185	0,092	0,013
6	0,076	0,1045	0,0285	0,092	0,016	0,087	0,011
7	0,0715	0,076	0,0045	0,077	0,0055	0,076	0,0045
8	0,078			0,097	0,019	0,09	0,012
9	0,074			0,088	0,014	0,083	0,009
10	0,072			0,076	0,004	0,076	0,004
11	0,0765					0,088	0,0115
12	0,0725					0,082	0,0095
13	0,0705					0,0765	0,006
15	0,079					0,081	0,002
16	0,079			0,0785	-0,0005	0,08	0,001
17	0,0775	0,065	-0,0125	0,068	-0,0095	0,069	-0,0085
18	0,08	0,08	0	0,078	-0,002	0,08	0
19	0,071	0,0505	-0,0205	0,048	-0,023	0,047	-0,024



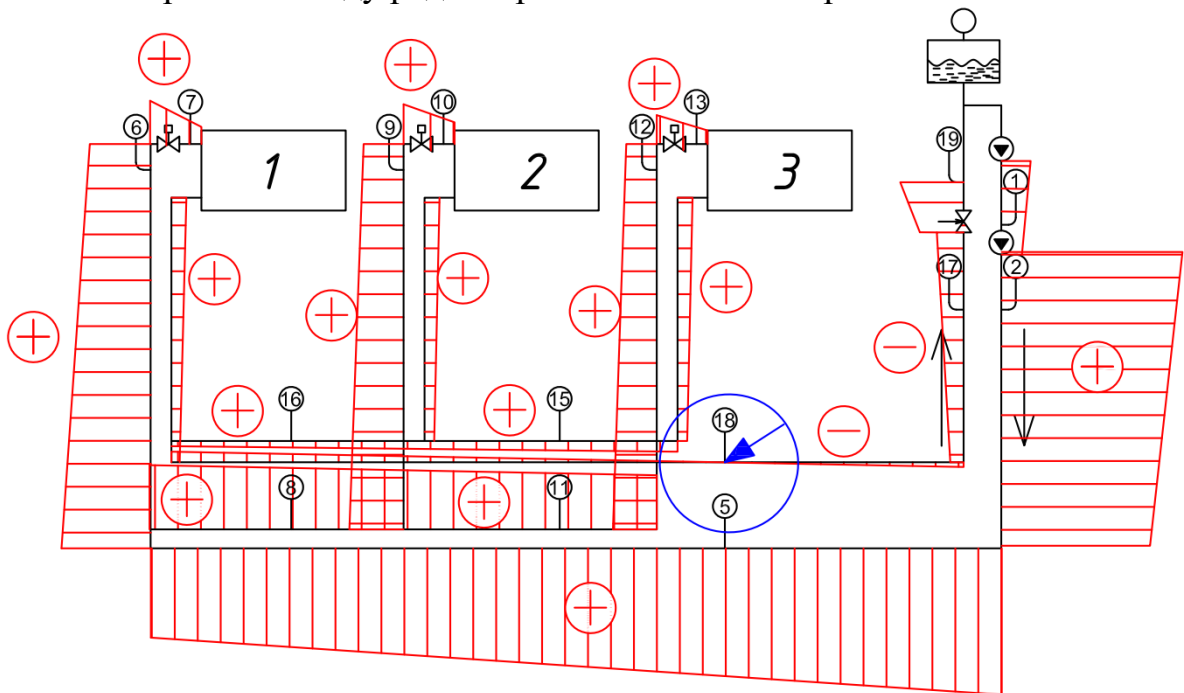
**Рисунок 8** – Схема системы отопления с двумя насосами и одним радиатором.

При включении в систему только одного радиатора точка нулевых давлений находится на «обратке» между радиатором № 1 и манометром № 18.



**Рисунок 9** – Схема системы отопления с двумя насосами и двумя радиаторами

При включении в систему двух радиаторов точка нулевых давлений располагается на «обратке» между радиатором № 2 и манометром № 16.



**Рисунок 10** – Схема системы отопления с двумя насосами и тремя радиаторами

При включении в систему трех радиаторов точка нулевых давлений находится на «обратке», в месте расположения манометра № 18.



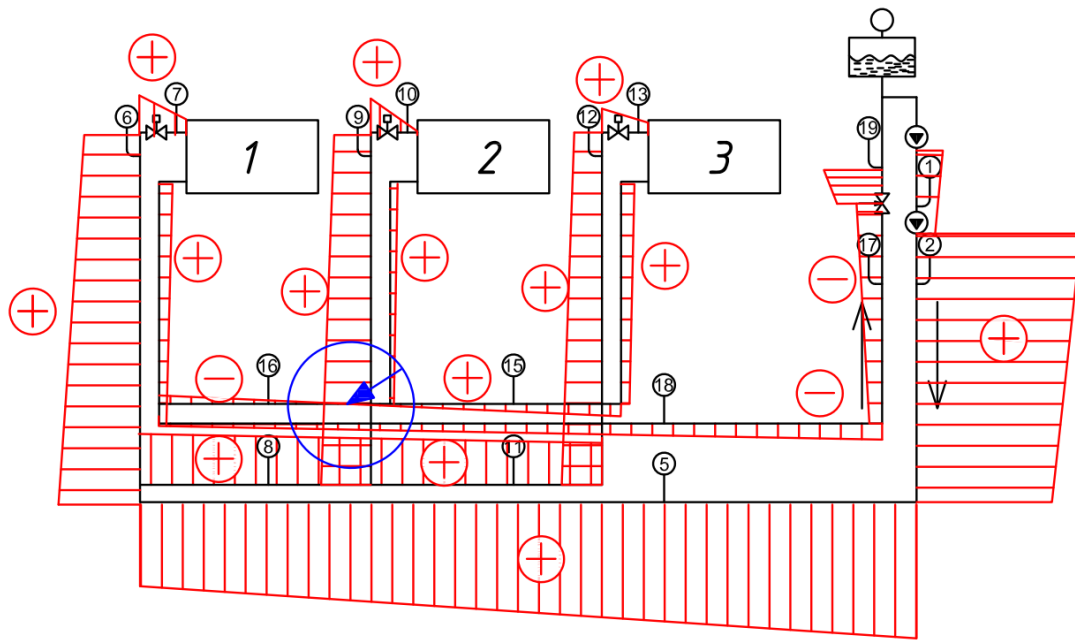
Вывод: при добавлении в систему сопротивлений даже с увеличением напора точка нулевых давлений оставалась в аналогичных местах, как и при меньшем напоре. То есть напор насоса в рассматриваемом случае не повлиял на месторасположение точки нулевых давлений.

В процессе работы системы отопления термостатические клапаны начинают прикрываться. Рассмотрим вариант, где термостатический клапан на радиаторе № 2 прикрылся на 50 % (рисунок 11) и на 100 % (рисунок 12). Показания манометров приведены в таблице 3.

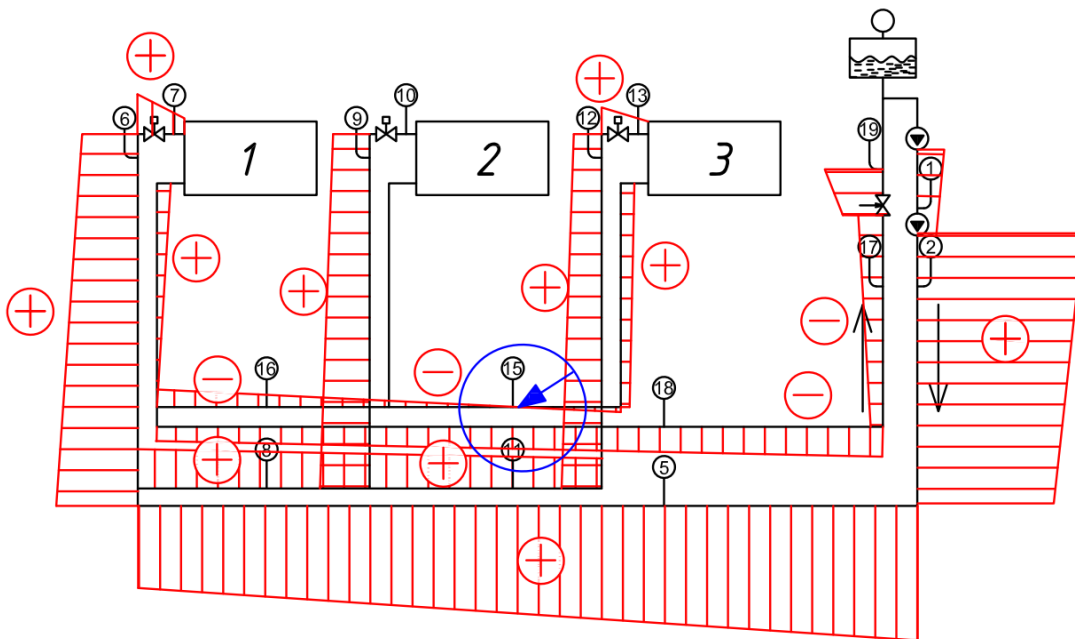
**Таблица 3** – Показания манометров в системе с двумя насосами и прикрытым ТК

№ манометра	Р до включения, МПа	Изменение пропускной способности ТК на радиаторе №2			
		Р при открытии 50 % сечения ТК, МПа	хР, МПа	полностью закрыт, МПа	хР, МПа
1	0,071	0,08	0,0055	0,08	0,007
2	0,072	0,118	0,046	0,12	0,048
5	0,079	0,0935	0,0145	0,0985	0,0195
6	0,076	0,09	0,014	0,093	0,017
7	0,0715	0,0765	0,005	0,0765	0,005
8	0,078	0,093	0,015	0,097	0,019
9	0,074	0,088	0,014	0,0925	0,0185
10	0,072	0,073	0,001	0,071	-0,001
11	0,0765	0,0915	0,015	0,095	0,0185
12	0,0725	0,086	0,0135	0,089	0,0165
13	0,0705	0,076	0,0055	0,076	0,0055
15	0,079	0,08	0,001	0,0785	-0,0005
16	0,079	0,078	-0,001	0,077	-0,002
17	0,0775	0,068	-0,0095	0,068	-0,0095
18	0,08	0,0785	-0,0015	0,0775	-0,0025
19	0,071	0,047	-0,024	0,0475	-0,0235

Вывод: сравнивая эпюры изменения давлений с полностью открытым термостатическим клапаном (рисунок 10), наполовину открытым (рисунок 11) и полностью закрытым (рисунок 12) можно сделать вывод, что при закрытии термостатического клапана точка удаляется от всасывающего патрубка. Однако при полном закрытии ТК точка возвращается приблизительно на то же самое место, где она располагалась при включении в систему только двух радиаторов (так как термостатический клапан закрыт, то движение воды через этот радиатор отсутствует) (рисунок 9).

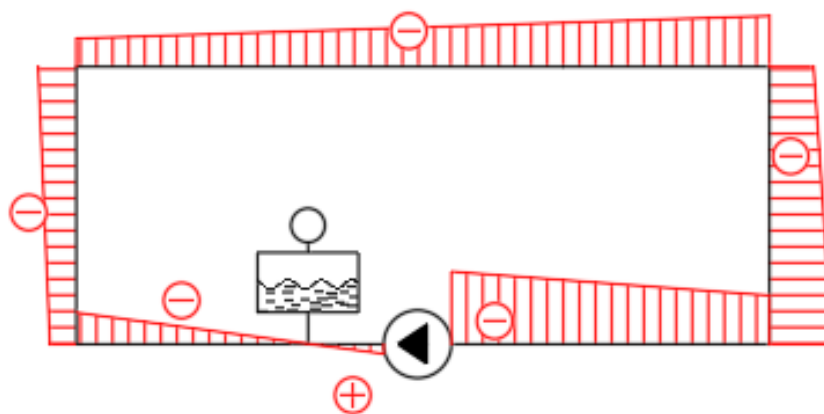


**Рисунок 11** – Схема системы отопления с двумя насосами и тремя радиаторами (клапан на радиаторе № 2 прикрит на 50 %)



**Рисунок 12** – Схема системы отопления с двумя насосами и тремя радиаторами (клапан на радиаторе № 2 прикрит на 100 %)

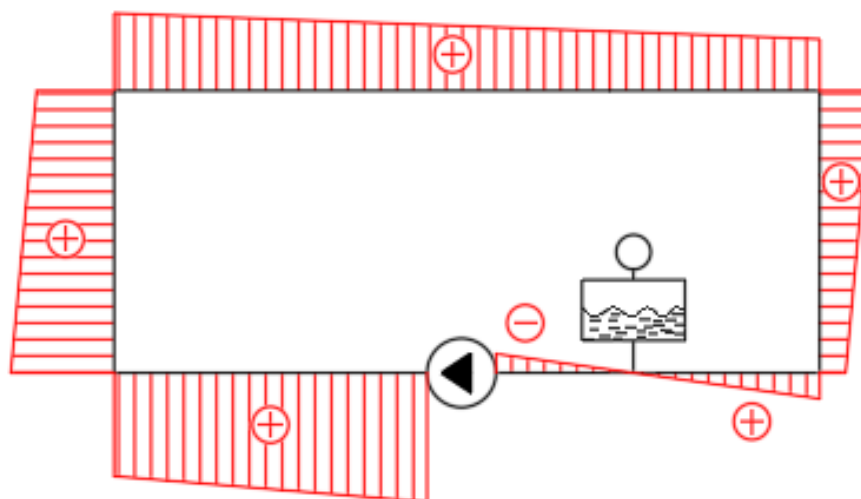
На основании вышеперечисленных выводов можно сказать, что расположение точки нулевых давлений в современных системах отопления с термостатическими клапанами на отопительных приборах не является постоянным, однако можно определить участок, на котором приблизительно находится эта точка. Таким образом, благоприятное расположение расширительного бака в системе отопления также не является постоянным. Рассмотрим 2 варианта установки расширительного бака.



**Рисунок 13** – Схема системы с расширительным баком на нагнетающем патрубке

В случае, изображенном на рисунке 13, расширительный бак установлен на нагнетающей части. До расширительного бака расположена зона нагнетания, а остальная часть системы находится под разряжением, т. е. динамическое давление меньше статического, что может привести к подосу воздуха в местах установки автоматических воздухоотводчиков, где давление системы становится меньше атмосферного. Это происходит из-за недостаточного избыточного давления в системе, т. е. статическое давление жидкости внутри контура слишком мало для нормальной работы насоса. Вследствие этого циркуляция в системе может прекратиться.

С целью устранения данной проблемы расширительный бак устанавливают на всасывающей стороне насоса (рисунок 14). Это позволяет почти всей системе находиться под напором, где динамическое давление больше статического, что позволяет избежать падения давления в контуре ниже атмосферного и обеспечить циркуляцию теплоносителя.



**Рисунок 14** – Схема системы с расширительным баком на всасывающем патрубке

Таким образом, лучше всего расширительный бак располагать на всасывающей стороне по отношению к насосу.

**Заключение.** Так как в последние годы в Беларуси преимущественно строятся здания с системой отопления, присоединенной к тепловым сетям через индивидуальный тепловой пункт (ИТП) по независимой схеме, то установка расширительного бака является важным аспектом для оптимальной работы системы отопления здания.

В процессе работы выяснили, что нейтральная точка системы отопления находится ближе к всасывающему патрубку циркуляционного насоса. Таким образом, наиболее удобным расположением расширительного бака в системе отопления будет являться установка его перед насосом.

#### **Список цитированных источников**

1. Сканави, А. Н. Отопление: Учебник для вузов / А. Н. Сканави, Л. М. Махов. – М. : Издательство АСВ, 2008. – 576 с.
2. Сайт ГК «ТЕПЛОСИЛА» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.teplosila.com](http://www.teplosila.com). – Дата доступа: 12.04.2022.
3. Покотиллов, В. В. Системы водяного отопления / В. В. Покотиллов – Вена : 2008. – 159 с.
4. Логунова, О. Я. Водяное отопление. / О. Я. Логунова, И. В. Зоря – Изд-во “Лань” – 2019. – 274 с.
5. Покотиллов, В. В. Регулирующие клапаны автоматизированных систем тепло- и холодоснабжения. / В. В. Покотиллов – Вена : 2017. – 228 с.
6. Варфоломеев, Ю. М. Отопление и тепловые сети: учебник / Ю. М. Варфоломеев, О. Я. Кокорин. – М. : ИНФРА-М, 2008. – 480 с.
7. Хрусталёв, Б. М. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие / Б. М. Хрусталёв. – М. : Издательство АСВ, 2007. – 784 с.