

## Комбинированные динамические (автоматические) балансировочные клапаны BALLOREX® Dynamic

### Область применения:

- Системы теплоснабжения вентиляционных приточных установок;
- Системы тепло- и холодоснабжения фанкойлов;
- Однотрубные системы отопления;
- Системы отопления типа «теплый пол»



### Предназначение:

Комбинированный балансировочный клапан BALLOREX® Dynamic выполняет функцию автоматического ограничителя расхода, а при установке на него управляющего электропривода дополнительно реализует функцию регулирующего клапана. Предназначен для работы в системах отопления и охлаждения, а также системах тепло- и холодоснабжения с водой или водным раствором этилен - или пропиленгликоля с концентрацией не более 50%.

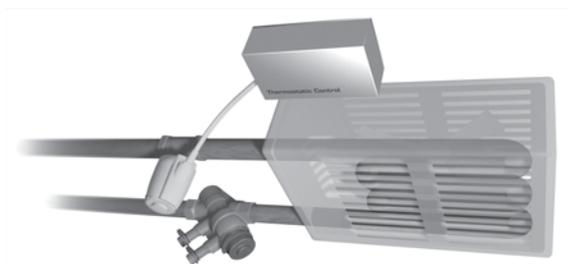
#### Автоматический ограничитель расхода и регулирующий клапан



**Рис.3.1. Установка клапана BALLOREX® Dynamic с электроприводом на обвязке фанкойла.**

При работе с управляющим электроприводом клапан работает в качестве 2-х ходового регулирующего клапана, обеспечивая требуемый расход по сигналу управляющего контроллера. Регулирование расхода происходит путем изменения положения регулировочного штока клапана. При этом обеспечивается автоматическое поддержание расчетного расхода на полностью открытом клапане независимо от изменения располагаемого напора в системе.

#### Автоматический ограничитель расхода



**Рис.3.2. Установка клапана BALLOREX® Dynamic без электропривода на обвязке фанкойла**

Без управляющего электропривода клапан BALLOREX® Dynamic работает только в качестве автоматического ограничителя расхода. Расчетный расход на клапане выставляется посредством идущего в комплекте регулировочного ключа по показаниям штатного расходомера, подключаемого к измерительному порту клапана. При этом расчетный расход не будет превышен ни при каких изменениях располагаемого напора в системе.

## Технические характеристики:

- условный проход: Ду 15 мм;
- условное давление: Ру 25 бар;
- максимальное давление при проведении гидравлических испытаний: 40 бар;
- диапазон допустимых значений рабочей температуры: -20...120 °С;
- диапазон допустимых значений перепада давления на клапане: 0,3..4 бар;
- диапазон поддерживаемых значений расхода:
  - исполнение Low: 0,036-0,118 м³/ч;
  - исполнение Standart: 0,072-0,450 м³/ч;
  - исполнение High: 0,300-1,400 м³/ч;

## Устройство:

Для понимания принципа работы клапана BALLOREX® Dynamic в качестве автоматического ограничителя расхода (без установленного электропривода) необходимо представить его в виде физической модели, приведенной на рис. 3.3. Известно, что расход среды Q (м³/ч) через клапан определяется в зависимости от величин его пропускной способности Kv (м³/ч) и перепада давления ΔP (бар) следующим соотношением:

$$Q = K_v \times \Delta P$$

Таким образом, обеспечивая постоянной величину  $\Delta P = P_1 - P_3$ , мы можем менять расход пропорционально изменению величины Kv. Значение величины Kv (и, соответственно, расход) настраивается вручную путем изменения значения предварительной настройки клапана (меняется площадь первого проходного сечения между полостями с давлением P1 и P2, и, как следствие, само давление P2 при имеющемся P1). Площадь проходного сечения между полостями с давлением P2 и P3 определяется положением мембраны, поддерживаемой в рабочем положении с одной стороны давлением P1 перед клапаном, с другой стороны давлением пружины и давлением в средней полости P2. И именно за счет автоматического регулирования площади прохода во втором проходном сечении и обеспечивается постоянство расхода при изменении давления P1 перед клапаном.

Работу клапана BALLOREX® Dynamic с установленным электроприводом проще понять, представив его в виде последовательно установленных на трубопроводе регулятора перепада давления и регулятора температуры (рис. 3.3.). При этом регулятор перепада давления поддерживает постоянным перепад давления на регуляторе температуры и, таким образом, обеспечивает авторитет клапана, близкий к 100%. В результате, независимо от параметров системы, в которой установлен клапан BALLOREX® Dynamic, обеспечивается регулирование расхода пропорционально степени открытия клапана на всем рабочем диапазоне (рис. 3.5.). В данном случае речь ведется о максимальном (расчетном) расходе, который должен поддерживаться постоянным независимо от изменения давления перед клапаном. С этой задачей справляется сам клапан BALLOREX® Dynamic. При установке электропривода расход на клапане может меняться в диапазоне от нулевого значения до

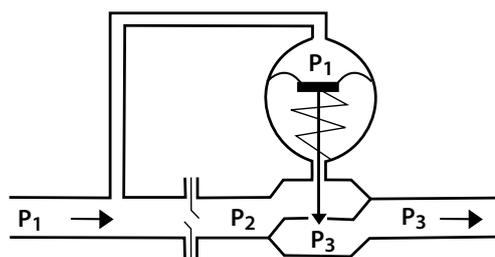


Рис.3.3. Физическая модель работы функции автоматического ограничения расхода на клапане BALLOREX® Dynamic

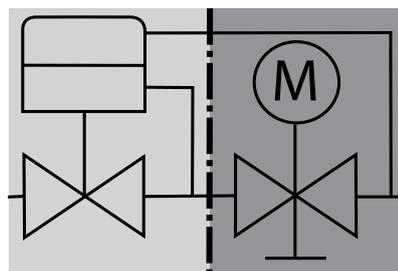


Рис.3.4. Функциональная схема работы клапана BALLOREX® Dynamic с установленным электроприводом

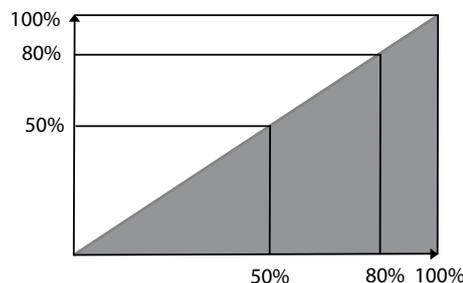


Рис.3.5. Теоретическая зависимость расхода от степени открытия клапана BALLOREX® Dynamic

расчетного в зависимости от величины управляющего сигнала, иными словами, клапан дополнительно начинает работать в качестве регулятора температуры подогреваемого воздуха за счет изменения циркуляции в контуре калорифера.

Другая отличительная особенность клапана BROEN BALLOREX® Dynamic заключается в применении измерительной диафрагмы на основе сопла Вентури, позволяющей создать большой перепад давления между портами высокого и низкого давления и обеспечить точность измерений с погрешностью, не превышающей +/-3%, даже на малых расходах.



**Рис. 3.5. Измерение расхода на клапане BALLOREX® Dynamic**

В основе метода определения расхода на клапане лежит принцип Бернулли. Для обеспечения большого перепада давления на измерительной диафрагме используется комбинация цилиндрического и конического участков.

В цилиндрической части сопла поток притормаживается перед входом в суженную коническую часть, создавая область повышенного давления. В конической части поток жидкости, расширяясь, ускоряется. При этом создается область пониженного давления.

Контрольные точки, в которых производится измерение давления, расположены таким образом, чтобы обеспечить максимальный перепад давления между ними.

Использование сопла Venturi в основе измерительной диафрагмы обеспечивает высокую точность измерения расхода даже на малых расходах, которые в состоянии поддерживать клапан.

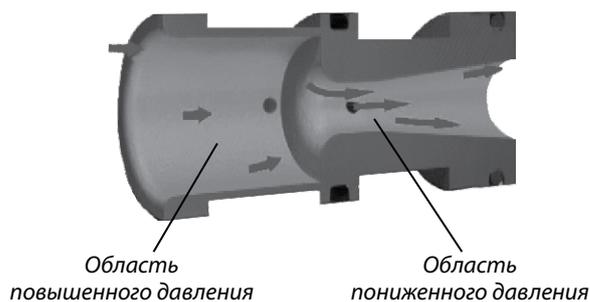
Расход  $Q$  ( $m^3/ч$ ) вычисляется расходомером исходя из значения снимаемого перепада давления  $\Delta P_{signal}$  (бар) и параметра пропускной способности измерительной диафрагмы  $Kvs$  ( $m^3/ч$ ), являющегося указанной в каталоге табличной величиной:

## Спецификация материалов:

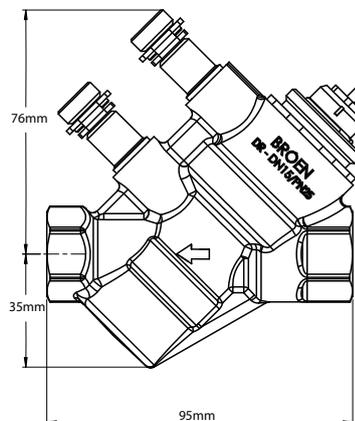
Корпус	латунь DR CW602N CuZn36Pb2As
Картридж	полисульфон PPS
Уплотнения	этиленпропилендиеновый мономер EPDM
Мембрана	усиленный этиленпропилендиеновый мономер EPDM

В отличие от систем, гидравлически увязанных посредством ручных балансировочных клапанов, системы с установленными комбинированными балансировочными клапанами не требуют трудоемкой процедуры гидравлической увязки системы. Клапаны BROEN BALLOREX® Dynamic исключают влияние различных участков системы друг на друга и обеспечивают зональную регулировку, будучи однократно настроенными на требуемый расход.

Для определения расхода необходимо всего лишь подключить расходомер к измерительному порту клапана, выбрать в памяти устройства типоразмер клапана, на котором производится измерение. Далее значение текущего расхода в режиме реального времени будет отображаться на дисплее расходомера.



**Рис. 3.6. Конструкция измерительной диафрагмы клапана BALLOREX® Dynamic**



**Рис. 3.7. Установочные размеры клапана BALLOREX® Dynamic**

## Подбор клапана:

Подбор необходимого типоразмера клапана достаточно прост. Необходимо всего лишь выбрать клапан с диапазоном поддерживаемого расхода, в пределах которого расположено значение расчетного расхода. Расчетный расход определяется на основании проведенного проектным специалистом теплового расчета.

### Пример:

Дано: размеры помещения: 37x14 м;  
удельная тепловая нагрузка: 0,04 кВт/м<sup>2</sup>;  
температура воды в подающем трубопроводе: 80 °С;  
температура воды в обратном трубопроводе: 60 °С;

Обозначения: Q- расчетный расход (м<sup>3</sup>/ч);  
W- тепловая нагрузка (кВт);  
t<sub>s</sub>- температура воды в подающем трубопроводе (°С);  
t<sub>r</sub>- температура воды в обратном трубопроводе (°С);

Найти: типоразмер клапана BROEN BALLOREX® Dynamic.

### Решение:

Определяем расчетный расход теплоносителя:

$$Q = \frac{W \times 0,861}{t_s - t_r} ;$$

$$Q = (0,04 \times (37 \times 14)) \times 0,861 / (80 - 60) = 0,89 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

По полученному значению расхода выбираем клапан BALLOREX® Dynamic Ду15 исполнение High flow (артикул 4360000H-000001) с диапазоном регулирования расхода 0,30-1,40 м<sup>3</sup>/ч; по диаграмме расхода для данного клапана на стр. 33 находим преднастройку (степень открытия) клапана, равную 34%.

**Примечание:** Рассмотренный пример соответствует подбору клапана для водяных систем отопления. В системах с водным раствором этилен- или пропиленгликоля необходимо производить корректировку значения расхода с учетом поправки на плотность гликолевого раствора. Подробную информацию о подборе клапанов для систем с раствором гликоля см. в приложении, приведенном на стр. 50.

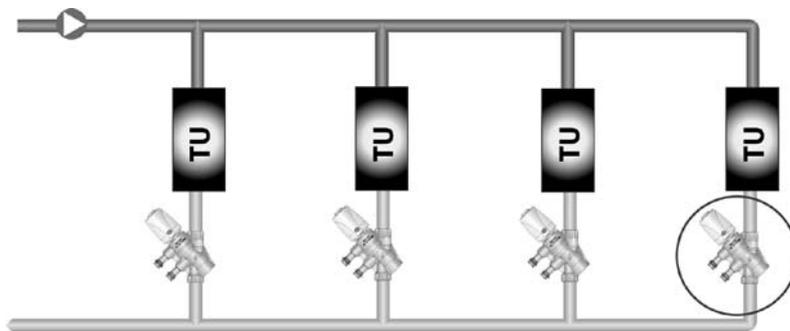
## Гидравлическая увязка системы:

Необходимость в проведении ручной гидравлической увязки системы при использовании клапанов BALLOREX® Dynamic полностью отпадает. Каждый клапан просто настраивается на нужный расход, который будет поддерживаться независимо от изменения расхода на других участках системы и колебаний располагаемого напора.

Когда все клапаны установлены на требуемый расход, напор, создаваемый насосом, должен быть минимизирован.

Минимальный потребный напор легко определить методом контрольного клапана. Когда все клапаны настроены на заданный расход, и насос работает с максимальным напором, за контрольный клапан берется клапан с наименьшим дифференциальным давлением (потерей давления). Дифференциальное давление клапана также определяется штатным расходомером. Обычно контрольным является клапан, наиболее удаленный и расположенный на наибольшей относительной высоте.

После определения контрольного клапана напор, создаваемый насосом, следует уменьшать до тех пор, пока расход на контрольном клапане будет иметь требуемое значение. Таким образом будет обеспечен минимальный потребный напор в системе.



## Инструкция по установке:

- Клапан на трубопроводе должен быть установлен таким образом, чтобы стрелка на корпусе клапана совпала с направлением потока транспортируемой среды;
- Клапан может быть установлен в любом положении относительно своей продольной оси;
- Прямой участок трубопровода до и после места установки клапана не требуется;
- Попадание уплотнительных материалов в проход клапана должно быть строго исключено. Торцевая поверхность трубы должна быть зачищена, наличие заусенцев исключено;
- При установке картриджа нужного исполнения положение картриджа в корпусе задается направляющим пазом;
- Для работы в качестве регулирующего клапана требуется установка управляющего электропривода; Установка привода производится на идущий в комплекте к приводу адаптер, предварительно накрученный на присоединительную резьбу картриджа клапана;
- Подключение электропривода клапана к системе энергоснабжения должно осуществляться в соответствии со схемой подключения, приведенной в паспорте изделия.

## Инструкция по настройке:

Убедитесь, что выбранный типоразмер клапана соответствует значению расхода, которое нужно обеспечить.

Перед установкой поддерживаемого расхода на клапане необходимо:

- Полностью открыть все регулирующие клапаны в системе. Например, с радиаторных термостатических клапанов на время настройки снять термостатические элементы (термоголовки), с регуляторов температуры снять приводы прямого действия или отключить электроприводы.

Произведите настройку клапана одним из приведенных ниже способов:

### Точная настройка (с расходомером):

Подключите расходомер к клапану и выберите в памяти устройства типоразмер клапана, на котором Вы проводите измерение.

Вращайте ключ предварительной настройки, пока значение расхода, отображаемое на дисплее, не совпадет с требуемым.

**Примечание:** В системах с водным раствором гликоля показания расходомера должны быть пересчитаны с поправкой на плотность гликоля (см. диаграммы поправочных коэффициентов на стр. 52).



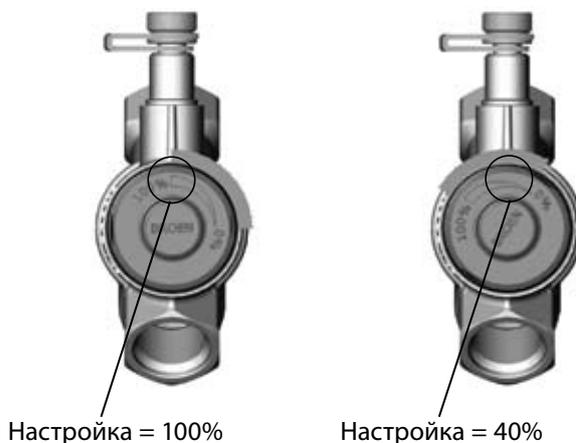
Рис. 3.7. Точная настройка клапана BALLOREX® Dynamic на расчетный расход (с расходомером)

### Грубая настройка (без расходомера):

По диаграмме расхода предварительно выбранного Вами типоразмера клапана определяем степень его открытия.

Полученное значение степени открытия клапана выставляется по рискам, нанесенным на настроечной шкале защитной крышки с шагом 10%.

Выбранное значение настройки расположено напротив засечки на корпусе клапана.



Настройка = 100%

Настройка = 40%

Рис. 3.8. Грубая настройка клапана BALLOREX® Dynamic на расчетный расход (без расходомера)

# BROEN BALLOREX®

Балансировочные клапаны BALLOREX® для систем отопления, охлаждения и кондиционирования

## Артикулы для заказа продукции:

### Клапан в сборе (корпус, картридж, ключ преднастройки):

	Артикул	Исполнение	Присоединение	Расход	
				м³/ч	л/с
	4360000L-000001	Ду15 L	Rp <sup>1/2</sup> "xRp <sup>1/2</sup> "	0,036-0,118	0,01-0,033
	4360000S-000001	Ду15 S	Rp <sup>1/2</sup> "xRp <sup>1/2</sup> "	0,072-0,450	0,02-0,125
	4360000H-000001	Ду15 H	Rp <sup>1/2</sup> "xRp <sup>1/2</sup> "	0,300-1,400	0,083-0,39

### Комплектующие:

Эскиз	Артикул	Исполнение	Описание
	43600000-000001	Ду15	Корпус клапана с заглушкой
	436000-LL 436000-SS 436000-HH	Ду15 L Ду15 S Ду15 H	Картридж с регулирующей мембраной
	43600011-000009 43600012-000009	Ду15-25	Аналоговый привод с питанием 24 В, сигнал 0-10 В 2-х позиционный привод с питанием 24 В
	83504006-000003	Ду15	Пресс-фитинги (набор из 2-х шт.)
	43500200-001003 43503200-001003	Ду15	Дренажный порт с исполнениями: - Rp <sup>1/2</sup> "xRp <sup>1/2</sup> " (для установки отдельно от клапана BALLOREX® Dynamic) - Rp <sup>1/2</sup> "xG <sup>1/2</sup> " (для установки совместно с клапаном BALLOREX® Dynamic)

## Диаграммы зависимости расхода от степени открытия клапана:

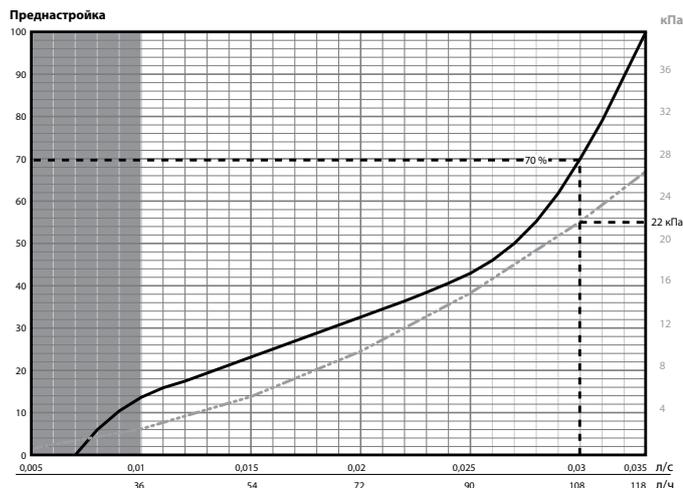


Рис.3.9. Диаграмма для клапана BALLOREX® Dynamic Ду15 Low (артикул 4360000L-000001)

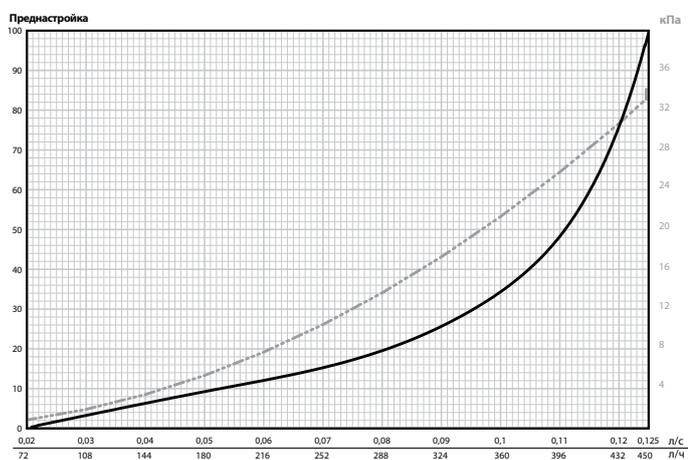


Рис.3.10. Диаграмма для клапана BALLOREX® Dynamic Ду15 Standart (артикул 4360000S-000001)

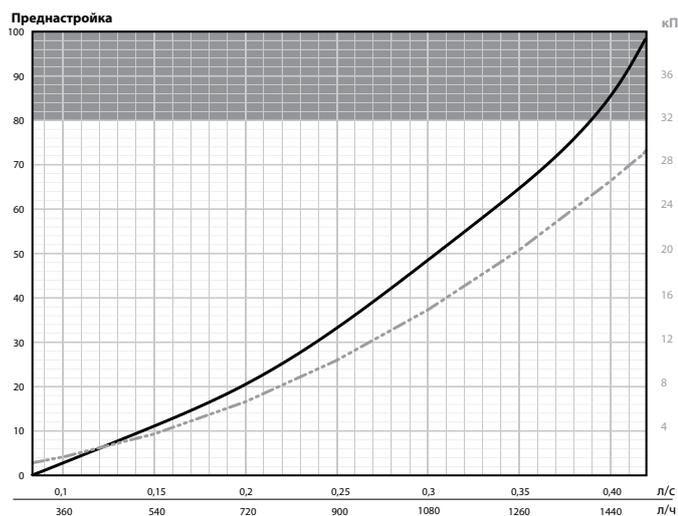


Рис.3.11. Диаграмма для клапана BALLOREX® Dynamic Ду15 High (артикул 4360000H-000001)

**Примечание:** Пунктирной линией на диаграмме обозначены кривые сигнала  $\Delta P_{signal}$ , считываемого штатным расходомером.

## Примеры применения:

### Пример 1:

В составе узла подключения фанкойла клапан BALLOREX® Dynamic с установленным электроприводом работает в качестве регулятора температуры с автоматическим поддержанием расчетного расхода в положении “полностью открыто”. Дополнительная установка регулятора температуры не требуется.

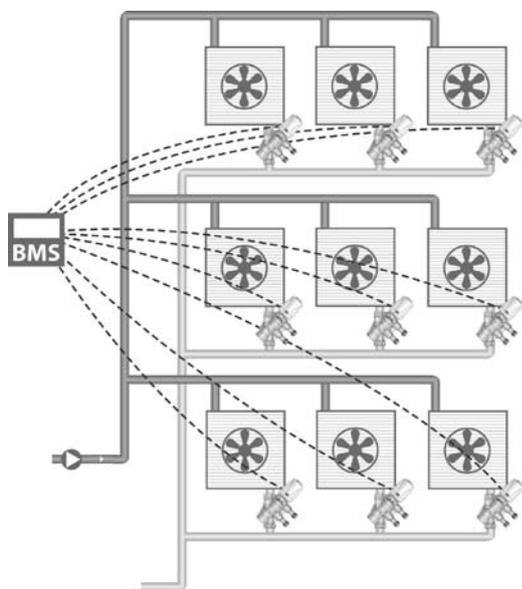


Рис.3.12. Установка клапана BALLOREX® Dynamic на обвязке фанкойла

Предварительная настройка клапана:

1. Снимите управляющий электропривод с клапана.
2. Подключите расходомер к измерительным портам клапана. Выберите в памяти устройства типоразмер подключаемого клапана.
3. Вращайте ключ предварительной настройки до момента получения требуемого расхода в соответствии с показаниями расходомера.
4. Установите электропривод на клапан и подключите привод к управляющему контроллеру (подробности подключения см. в разделе по приводам на стр. 36).

**Примечание:** Регулятор температуры работает с авторитетом 100% независимо от параметров системы, в которой он установлен.

### Пример 2:

В составе узла подключения фанкойла клапан BALLOREX® Dynamic без установленного электропривода работает только в качестве автоматического ограничителя расхода. Требуется дополнительная установка 2-ходового регулятора температуры.

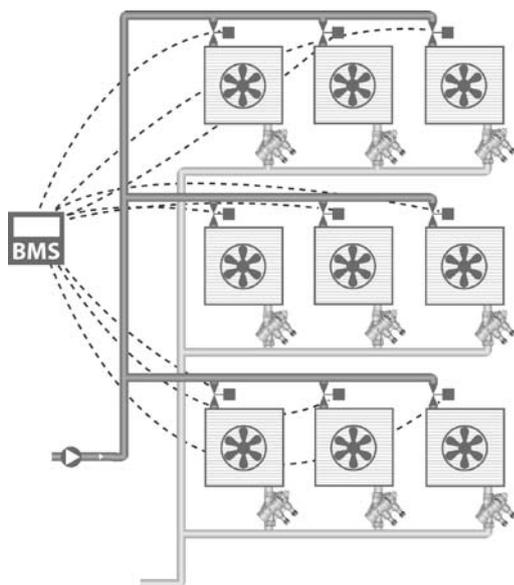


Рис.3.13. Установка клапана BALLOREX® Dynamic на обвязке фанкойла

Предварительная настройка клапана:

1. Подключите расходомер к измерительным портам клапана. Выберите в памяти устройства типоразмер подключаемого клапана.
2. Вращайте ключ предварительной настройки до момента получения требуемого расхода в соответствии с показаниями расходомера.

**Примечание:** Для обеспечения качественного регулирования необходимо обеспечить авторитет регулятора температуры не менее 50%.

## Пример 3:

В однотрубной системе отопления с байпасной линией клапан BALLOREX® Dynamic без установленного электропривода работает только в качестве автоматического ограничителя расхода. Поскольку данная система отопления работает с практически постоянным расходом на стояках, установка электропривода на клапан не требуется.

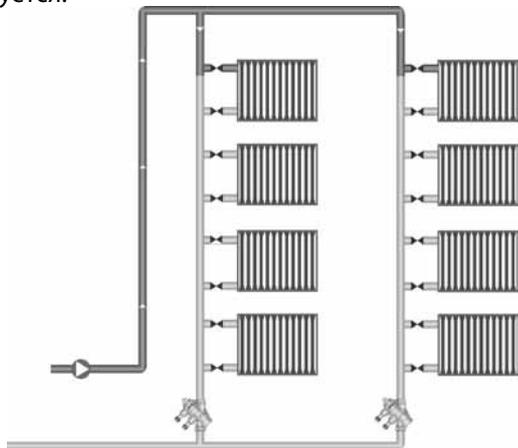


Рис.3.14. Установка клапана BALLOREX® Dynamic на стояке системы отопления

Предварительная настройка клапана:

1. Подключите расходомер к измерительным портам клапана. Выберите в памяти устройства типоразмер подключаемого клапана.
2. Вращайте ключ предварительной настройки до момента получения требуемого расхода в соответствии с показаниями расходомера.

## Пример 4:

В системе отопления типа “теплый пол” с байпасной линией клапан BALLOREX® Dynamic с установленным электроприводом работает в качестве регулятора температуры с автоматическим поддержанием расчетного расхода в положении “полностью открыто”. Поскольку, данная система отопления работает с переменным расходом на потребителях, установка электропривода на клапан является обязательной.

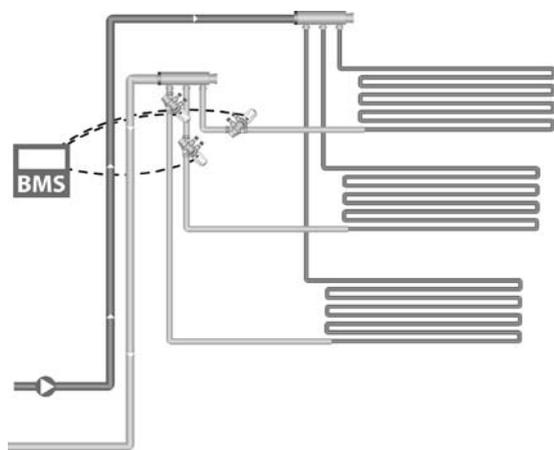


Рис.3.15. Установка клапана BALLOREX® Dynamic в системе отопления типа “теплый пол”

Предварительная настройка клапана:

1. Снимите управляющий электропривод с клапана.
2. Подключите расходомер к измерительным портам клапана. Выберите в памяти устройства типоразмер подключаемого клапана.
3. Вращайте ключ предварительной настройки до момента получения требуемого расхода в соответствии с показаниями расходомера.
4. Установите электропривод на клапан и подключите привод к управляющему контроллеру (подробности подключения см. в разделе по приводам).

**Примечание:** Регулятор температуры работает с авторитетом 100% независимо от параметров системы, в которой он установлен.

## Электроприводы:

Клапаны BALLOREX® Dynamic управляются следующими типами электроприводов:

Артикул	Описание
43600011-000009	Аналоговый привод с управляющим сигналом 0-10 В. Питание 24 В.
43600012-000009	2-х позиционный привод. Питание 230 В.
43600013-000009	2-х позиционный привод. Питание 24 В.

## Характеристики:

### Аналоговый привод с питанием 24 В

Термоэлектрический привод для регулирования расхода пропорционально величине управляющего сигнала. Управляется комнатным терморегулятором либо контроллером системы отопления/кондиционирования (охлаждения) сигналом 0-10 В.

### Технические характеристики:

Режим работы клапана	Нормально закрытый
Напряжение питания	24 В, 50-60 Гц
Номинальная мощность	2 Вт
Управляющий сигнал	0-10 В
Ход штока	4 мм
Усилие	100 Н +/-5%
Рабочая температура	0..60 °С
Степень защиты	IP 54
Длина шнура питания	1 м (белого цвета)



Рис.3.16. Габаритные размеры привода

В механизме привода используется резистор, меняющий линейный размер в зависимости от величины управляющего сигнала. Линейная деформация резистора приводит к изменению положения регулировочного штока привода.

Зависимость хода штока от величины управляющего сигнала приведена на графике слева.

Регулирование начинается при величине управляющего сигнала более 0,5 В.



Рис.3.17. График зависимости хода штока от величины управляющего сигнала

Новый клапан поставляется со штоком, расположенным в верхнем положении. Это сделано для того, чтобы после установки на клапан привод, будучи обесточенным, не прикрывал его при проведении пуско-наладочных работ в системе. Привод начнет функционировать в нормальном режиме спустя 6 минут после подачи питания, полностью закрыв клапан. Затем шток клапана поднимется на 0,5 мм и снова закроется для определения точного хода штока привода для полного закрытия клапана. После этого клапан будет полностью готов к работе.

Снятие привода производится посредством нажатия защитной крышечкой-секреткой на корпус клапана. При снятии крышки-секретки снять привод с клапана становится невозможно.



Рис.3.18. Схема подключения привода

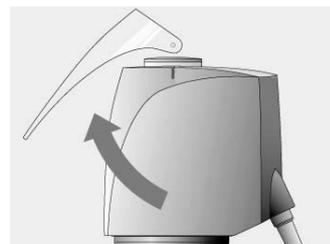


Рис.3.19. Крышка-секретка для защиты привода от кражи

## 2-х позиционный привод с питанием 24 или 230 В

Термоэлектрический привод для работы по сигналу включено/выключено от командного контроллера. Управляется комнатным терморегулятором либо контроллером системы.

### Технические характеристики:

Питание	230 В, 50/60 Гц 24 В, 50/60 Гц
Режим работы клапана	Нормально закрытый
Номинальная мощность	1,8 Вт
Время открытия/закрытия	180 с
Ход штока	4 мм
Усилие	100 Н +/-5%
Рабочая температура	0..60 °С
Степень защиты	IP 54
Длина шнура питания	1 м (серого цвета)

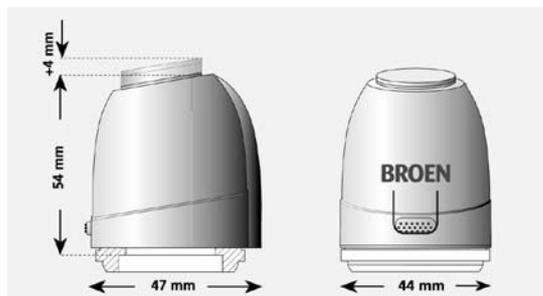


Рис.3.20. Габаритные размеры привода

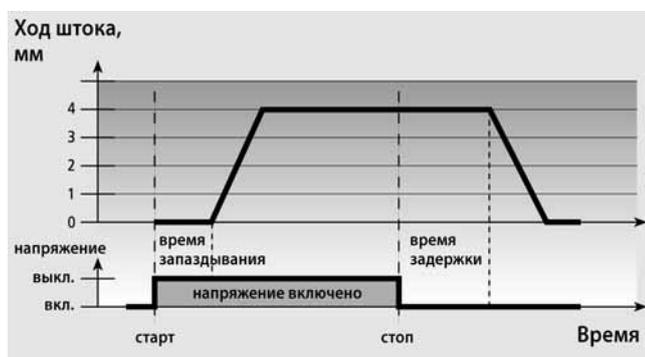


Рис.3.21. График зависимости хода штока от управляющего сигнала

В механизме привода используется резистор, меняющий линейный размер при подаче напряжения питания. Линейная деформация резистора приводит к изменению положения регулировочного штока привода. Запаздывание и задержка регулирования являются следствием инерционности нагрева и охлаждения резистора

Зависимость хода штока от управляющего сигнала во времени приведена на графике слева.

Новый клапан поставляется со штоком, расположенным в верхнем положении. Это сделано для того, чтобы после установки на клапан привод, будучи обесточенным, не прикрывал его при проведении пуско-наладочных работ в системе. Привод начнет функционировать в нормальном режиме спустя 6 минут после подачи питания, полностью закрыв клапан.

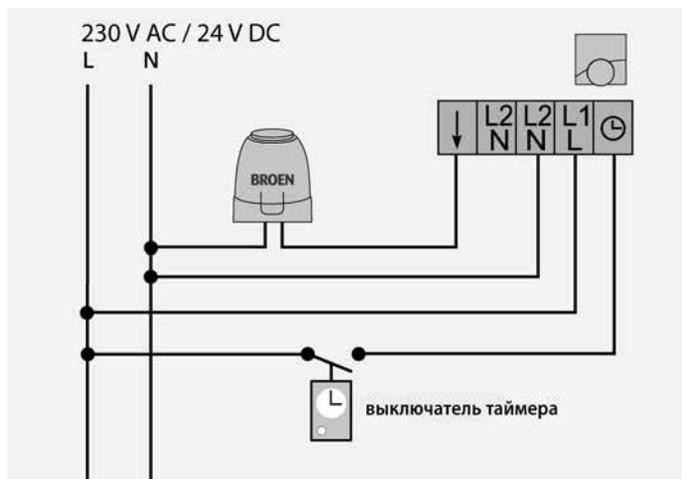


Рис.3.22. Схема подключения привода

## Расходомер для балансировочных клапанов BALLOREX® S, QP+M

Расходомер предназначен для измерения расхода и температуры воды, протекающей через клапан BALLOREX®. Расходомер используется для балансировки гидравлической системы как на прямой, так и на обратной трубе.

### Функции

Расходомер измеряет скорость потока через клапан BALLOREX® в л/с, но может быть перенастроен на показания в м³/ч.

Принцип измерения расхода основывается на том, что скорость вращения турбинки расходомера в потоке жидкости прямо пропорциональна скорости жидкости. Вращение колеса турбинки генерируется в набор импульсов, которые обрабатываются электроникой прибора и преобразуются в показания дисплея.

Из 17 кнопок расходомера 14 используются для установки Ду. 1 кнопка используется для прямого измерения температуры и 1 кнопка для независимого измерения разницы температур.

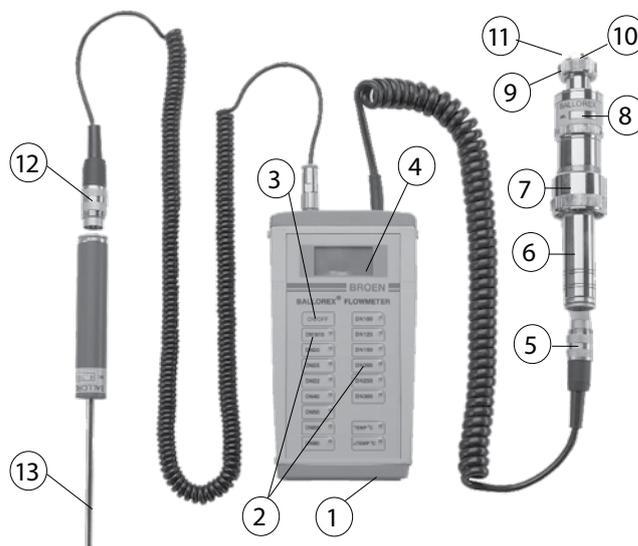
Измерения температуры производятся при помощи термочувствительного датчика, расположенного на конце измерительного зонда, и считываются с дисплея в °С. Отдельный температурный датчик используется для измерения разницы между температурой на датчике измерительного зонда и своей собственной, т. е. разницы температур между прямым и обратным потоками.

Поставляется в переносном чемоданчике.

В комплект включены: батарея, кабели и инструкция по эксплуатации.

### Основные технические характеристики

Поток	
Принцип измерения	турбинка
Расход	л/с (м³/ч)
Диапазон измерения	0,01 л/с – 490,56 л/с
Разрешение	0,001 л/с – 0,1 л/с
Погрешность	макс. ±5 %
Температура	
Диапазон измерения	-10 °С – +99 °С
Разрешение	0,1 °С
Погрешность	±10 °С
Температура окружающей среды	Рабочая температура (°С) -40 °С
Температура хранения	-20 °С – +60 °С
Рабочее давление	макс. 10 бар = 1 МПа
Батарея (тип «Крона»)	MN 1604 GLRGI 9,0 В



### Спецификация комплекта

1. Корпус электронного блока
2. Клавиатура
3. «Вкл./Выкл.»
4. Дисплей
5. Гнездо для подсоединения измерительного зонда
6. Выдвижной измерительный зонд
7. Фиксирующая гайка зонда
8. Шкала условных диаметров
9. Фиксирующая гайка на измерительный вход клапана
10. Турбинка
11. Температурный датчик
12. Гнездо для присоединения внешнего температурного датчика
13. Внешний температурный датчик

## Расходомер для балансировочных клапанов BALLOREX® Venturi

Расходомер предназначен для измерения расхода воды, протекающей через клапан BALLOREX Venturi FODRV. Работает по принципу дифференциального манометра, определяя расход через контрольный перепад давления на измерительной диафрагме и ее пропускную способность. Может применяться для клапанов некоторых других производителей, имеющих измерительную диафрагму. Используется для балансировки гидравлической системы отопления/охлаждения как на подающей, так и на обратной линии. Подключается к двухходовому измерительному порту клапана посредством идущих в комплекте присоединительных ниппелей.



### Основные технические характеристики

Принцип измерения	Контрольный перепад давления на диафрагме
Максимальное рабочее давление	10 бар
Максимальная погрешность измерения	+/-3%
Температура окружающей среды	-5...+50°C
Температура хранения	-10...+70°C
Питание	Батарейка типа "крона" (6F22); 9 В
Число записей значений расхода, не более	2500
Период записи данных	1 сек...24 часа
База данных, не более	200 клапанов
Разъем для подключения к компьютеру	USB
Размеры	77x192x25 мм
Масса	0,35 кг
Класс герметичности	IP40
Периодичность калибровки	12 месяцев

### Преимущества

- быстрое ниппельное подключение к измерительному порту клапана
- двухстрочный матричный дисплей
- время выхода на режим 300 мс
- адаптируемое меню на русском языке
- запоминающее устройство на 2500 записей
- встроенная база данных на 150 клапанов ведущих производителей балансировочных клапанов
- возможность ввода данных клапанов других производителей
- интерфейс USB для подключения к компьютеру
- программное обеспечение для визуализации данных

### Комплектность поставки

1. Электронно-вычислительное устройство с плечевым ремнем
2. Две импульсных трубки для подключения электронно-вычислительного устройства к присоединительным ниппелям
3. Два присоединительных ниппеля для подключения к клапану
4. USB кабель для подключения к компьютеру
5. CD с программным обеспечением для визуализации данных
6. Чемодан для транспортировки и хранения
7. Инструкция по эксплуатации

## Приложения

### Подбор клапана для систем холодоснабжения

При подборе клапана для систем с водным раствором этилен - или пропиленгликоля требуется производить поправку на плотность смеси при определении расхода холодоносителя:

$$Q_{real} = K_v \times \sqrt{\frac{\Delta P \times \rho_{H_2O t=20^\circ C}}{\rho_{glycol}}};$$

Где:  $K_v$  - значение перепада давления на диафрагме (м³/ч),

$\rho$  - плотность среды- воды при температуре 20 °С или гликолевой смеси заданной концентрации и температуре,

$Q$  – расход среды (м³/ч),

$\Delta P_{signal}$  – перепад давления на диафрагме (бар).

#### Пример:

Дано:

Система холодоснабжения с этиленгликолевой смесью концентрацией 30 % и температурой -2 °С. Установлен клапан BROEN BALLOREX® Dynamic Ду 15 исполнение High flow (артикул 4360000H- 000001) с диапазоном регулирования расхода 0,30-1,40 м³/ч, измерительная диафрагма с  $K_v=1,56$  м³/ч;

Показания расходомера:

- расход среды: 0,854 м³/ч;

- перепад давления на диафрагме: 0,3 бар;

Найти:

Фактический расход заданной среды.

#### Решение:

По приведенной ниже диаграмме зависимости плотности гликолевой смеси от температуры и концентрации раствора определяем фактическую плотность заданной среды. В нашем примере она равна 1052 кг/м³.

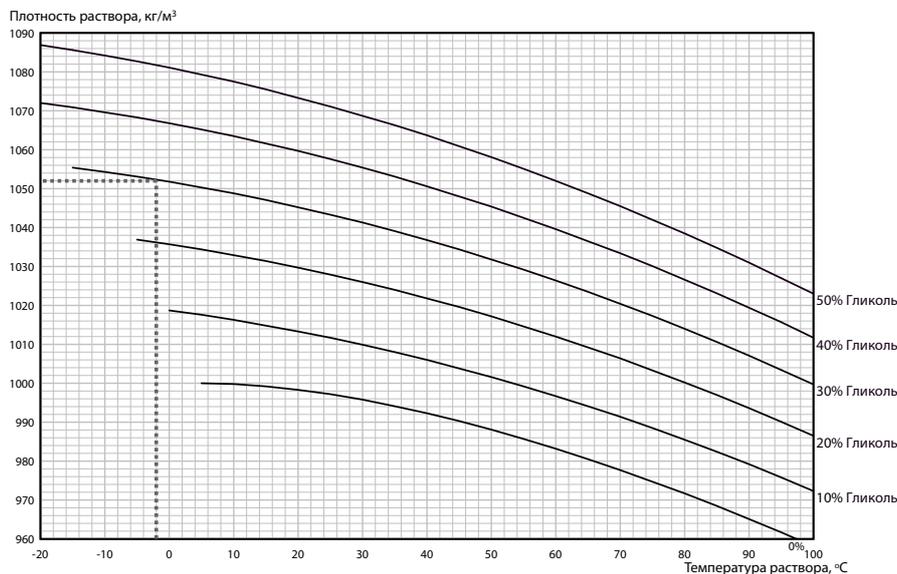


Рис.5.1. График зависимости плотности водного раствора этиленгликоля от температуры и концентрации

По приведенной выше формуле определяем эквивалентный расход гликолевой смеси:

$$Q_{real} = 1,56 \sqrt{0,3 \times 998 \frac{0,3 \times 998}{1052}} = 0,832 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

## Диаграммы плотности водного раствора гликоля

### Этиленгликоль

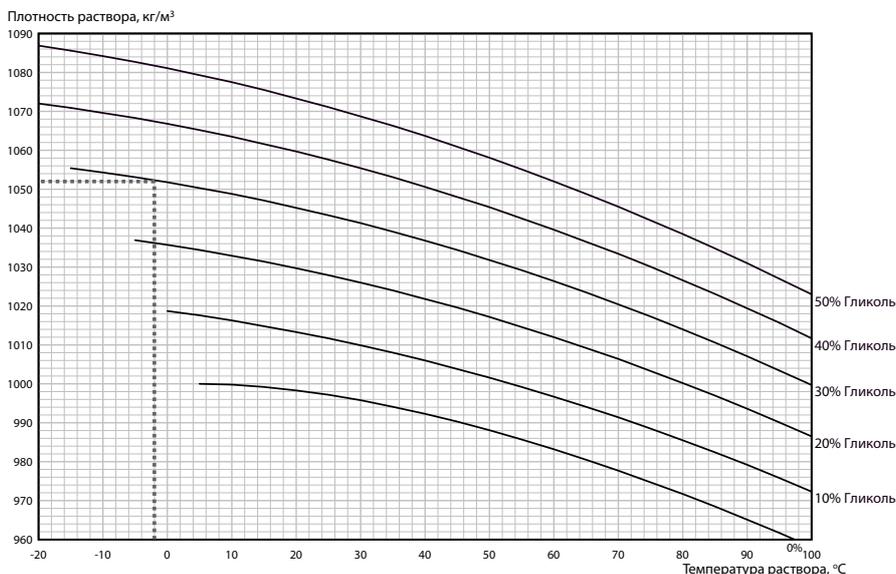


Рис.5.2. График зависимости плотности водного раствора этиленгликоля от температуры и концентрации

### Пропиленгликоль

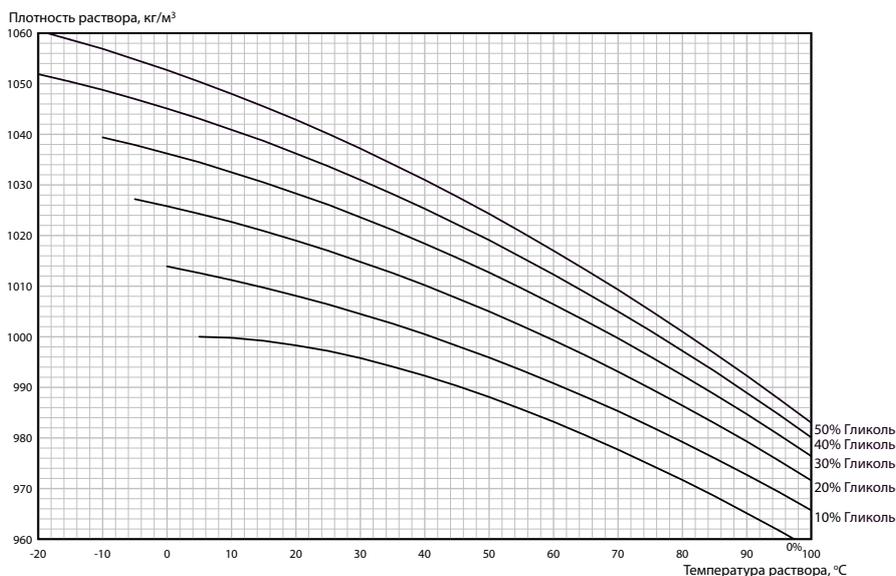


Рис.5.3. График зависимости плотности водного раствора пропиленгликоля от температуры и концентрации

Рекомендуется вместо диаграмм подбора плотностей гликолевых растворов пользоваться диаграммами подбора поправочных коэффициентов, приведенных ниже. При этом расчет фактического расхода раствора гликоля существенно упрощается и производится по следующей формуле:

$$Q_{real} = Q_{H_2O} \times k ;$$

Пример:

Дано:

Система холодоснабжения с этиленгликолевой смесью концентрацией 30 % и температурой -2 °C. Установлен клапан BALLOREX® Dynamic Ду 15 исполнение High flow (артикул 4360000H- 000001) с диапазоном регулирования расхода 0,30-1,40 м³/ч, измерительная диафрагма с Kvs=1,56 м³/ч;

Показания расходомера:

- расход среды: 0,854 м³/ч;

- перепад давления на диафрагме: 0,3 бар;

Найти:

Фактический расход заданной среды.

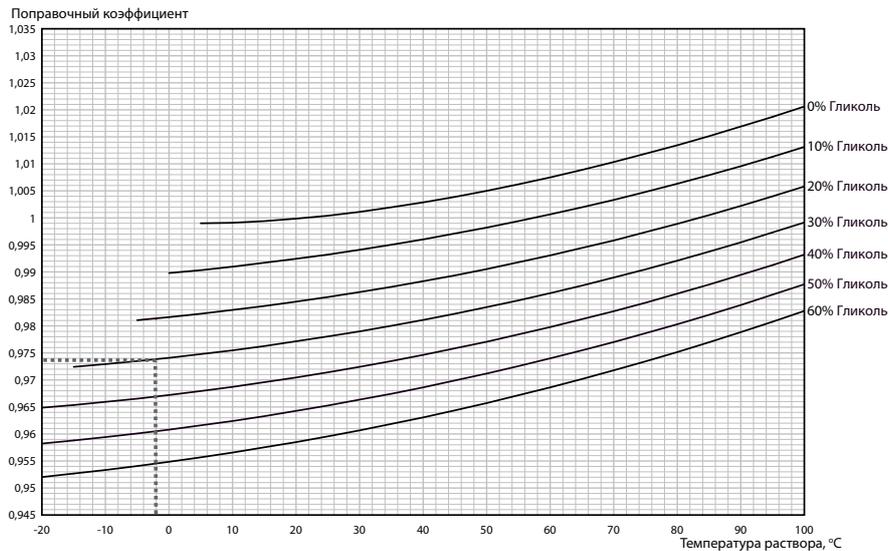
Решение:

По приведенной ниже диаграмме зависимости значения поправочного коэффициента от температуры и концентрации раствора определяем коэффициент  $k$ . Далее вычисляем фактический расход:

$$Q_{\text{real}} = 0,854 \times 0,974 = 0,832 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

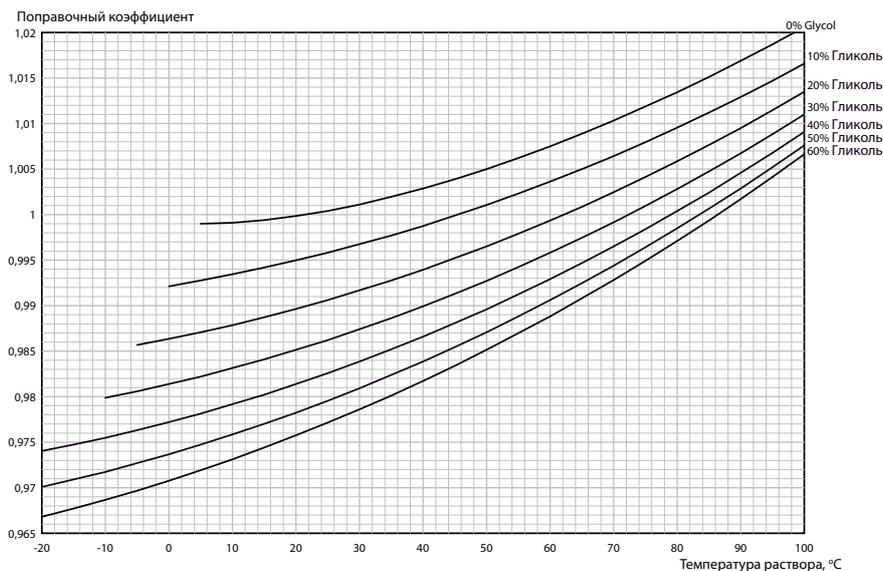
## Диаграммы поправочных коэффициентов

### Этиленгликоль



**Рис.5.4. График зависимости поправочного коэффициента для водного раствора этиленгликоля от температуры и концентрации**

### Пропиленгликоль



**Рис.5.5. График зависимости поправочного коэффициента для водного раствора пропиленгликоля от температуры и концентрации**

## Гидравлическая увязка системы отопления

Под гидравлически сбалансированной (увязанной) системой отопления подразумевается система, в которой расчетный расход обеспечивается на всех ее участках. В общем случае расчетный расход на конкретном участке системы отопления будет определяться исходя из уравнения гидравлического баланса для замкнутого циркуляционного кольца:

$$H = \sum \Delta p_i \quad (1)$$

Где:  $H$  - располагаемый напор в данном циркуляционном кольце, бар;  
 $\sum \Delta p_i$  - суммарные потери давления на всех элементах трубопровода данного циркуляционного кольца, бар, включая потери давления на трение в трубах и местные потери давления в арматуре (подробное описание методики гидравлического расчета системы отопления см. на стр. 55 данного каталога).

Потеря давления на трение в трубах равна:

$$\Delta p_{mp} = 10^{-5} \times Rl \quad (2)$$

Где:  $R$  - удельная линейная потеря давления на 1 м длины трубопровода, Па/м;  
 $l$  - длина трубопровода, м.

Потеря давления в трубопроводной арматуре при заданных коэффициентах местных сопротивлений для арматуры определяется следующим соотношением:

$$Z = \sum \xi \frac{V^2}{2} \rho \quad (3)$$

Где:  $\sum \xi$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений на рассчитываемом участке трубопровода;  
 $V$  - скорость теплоносителя в трубопроводе, м/с;  
 $\rho$  - плотность жидкости при заданной температуре теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>.

Потеря давления в трубопроводной арматуре при заданных значениях параметра пропускной способности для арматуры определяется следующим соотношением:

$$Z = Q^2 \left( \sum \left( \frac{1}{k_{vi}^2} \right) \right) \quad (4)$$

Подставляя в (1) правые части уравнений (2) и (3), получаем:

$$H = 10^{-5} \times Rl + \sum \xi \frac{V^2}{2} \rho \quad (5)$$

Подставляя в (1) правые части уравнений (2) и (4), получаем:

$$H = 10^{-5} \times Rl + Q^2 \left( \sum \left( \frac{1}{k_{vi}^2} \right) \right) \quad (6)$$

Расход зависит от располагаемого напора и гидравлического сопротивления элементов трубопроводной сети и в общем случае не совпадает с расчетным (подробное описание методики определения расчетного расхода теплоносителя см. на стр. 57 данного каталога). Поэтому для обеспечения расчетного расхода необходимо предусмотреть в каждом циркуляционном кольце системы отопления устройство переменного гидравлического сопротивления (ручной балансировочный клапан), позволяющее ограничить произвольный расход до расчетного значения:

$$H = 10^{-5} \times R_{расч} \times l + Q_{расч}^2 \left( \sum \left( \frac{1}{k_{vi}^2} \right) \right) + \Delta p_{бк} \quad (7)$$

Где:  $\Delta p_{бк}$  - перепад давления на балансировочном клапане при расчетном расходе, м<sup>3</sup>/ч;  
 $Q_{расч}$  - расчетный расход теплоносителя, м<sup>3</sup>/ч;  
 $R_{расч}$  - расчетная удельная линейная потеря давления на 1 м длины трубопровода при расчетном расходе, Па/м;

Для циркуляционного кольца, имеющего наибольшее гидравлическое сопротивление, выбираем условный проход балансировочного клапана (клапанов) по диаметру трубопровода, а его (их) расчетную пропускную способность ( $k_v$ ) путем выбора соответствующей предварительной настройки равной 80% от максимальной ( $k_{vs}$ ) - табличного значения:

$$k_v = 0,8 \times k_{vs} \quad (8)$$



**Примечание 1:** Запас в 20% от максимальной пропускной способности балансировочного клапана берется для компенсации уменьшения пропускной способности труб и прочей арматуры вследствие их зарастания в процессе эксплуатации системы отопления.

Далее определяем :

$$\Delta p_{\text{БК}} = \frac{Q_{\text{расч}}^2}{k_v^2} \quad (9)$$

Далее по уравнению (7) находим минимальный потребный напор  $H_{\text{min}}$  в системе отопления.

$$H_{\text{min}} = 10^{-5} \times R_{\text{расч}} \times l + Q_{\text{расч}}^2 \left( \sum \left( \frac{1}{k_{vi}^2} \right) + \Delta p_{\text{БК}} \right)$$

Для всех остальных циркуляционных колец определяем величину  $\Delta p_{\text{БК}}$  соответствующих балансировочных клапанов:

$$\Delta p_{\text{БК}} = H_{\text{min}} - 10^{-5} \times R_{\text{расч}} \times l - Q_{\text{расч}}^2 \left( \sum \left( \frac{1}{k_{vi}^2} \right) \right) \quad (10)$$

Вычисляем по расчетному значению  $H_{\text{min}}$  и значению  $k_v$  каждого клапана:

$$k_v = \frac{Q_{\text{расч}}}{\sqrt{\Delta p_{\text{БК}}}} \quad (11)$$

По расчетному значению  $k_v$  каждого клапана по таблице подбора или диаграммам перепада давления (см. разделы данного каталога по клапанам BALLOREX® серий Venturi и S) находим соответствующий условный проход и предварительную настройку клапана, не забывая о 20% запасе по пропускной способности клапана для компенсации уменьшения пропускной способности трубопровода вследствие его зарастания в процессе эксплуатации.

**Примечание 2:** Рассмотренная методика подбора условного прохода и предварительной настройки балансировочных клапанов является теоретической. Поскольку фактические значения расхода теплоносителя на участках системы отопления могут отличаться от расчетных, рекомендуется точную настройку клапанов определять посредством метода пропорциональности, подробно описанного на стр. 59.

## Гидравлический расчет системы отопления

Гидравлический расчет системы отопления можно проводить, например, по удельной линейной потере давления. Падение давления  $DP$  в системе отопления складывается из потерь давления на трение по длине трубопровода  $l$  и потерь давления на преодоление местных сопротивлений:

$$DP = Rl + Z$$

Где:  $R$  - удельная линейная потеря давления на 1 м длины трубопровода, Па/м;

$l$  - длина трубопровода, м;

$Z$  - потеря давления на местное сопротивление, Па/м.

Удельную линейную потерю давления по длине трубопровода можно определить по формуле:

$$R = \frac{\lambda V^2}{2d_p} \cdot 10^3$$

Где:  $l$  - коэффициент сопротивления по длине;

$V$  - скорость течения воды, м/с;

$d_p$  - расчетный диаметр трубы, м.

Коэффициент сопротивления по длине  $l$  следует рассчитывать по формуле:

$$\sqrt{\lambda} = \frac{0,5 \left[ \frac{b}{2} + \frac{1,312(2-b) \lg 3,7d_p / K_s}{\lg Re_\phi - 1} \right]}{\lg \frac{3,7d_p}{K_s}}$$

Где:  $b$  - число подобия режимов течения воды;

$K_s$  - коэффициент эквивалентной шероховатости, м;

$Re_\phi$  - число Рейнольдса фактическое.

Приведенный (внутренний) диаметр  $d_p$  вычисляется по следующей зависимости:

$$d_p = 0,5 (2d_n + D d_n - 4S - 2DS)$$

Где:  $d_n$  - наружный диаметр трубы, м;

$Dd_n$  - допуск на наружный диаметр трубы, м;

$S$  - толщина стенки трубы, м;

$DS$  - допуск на толщину стенки трубы, м.

Фактическое число Рейнольдса  $Re_\phi$  определяется как:

$$Re_\phi = \frac{d_p V}{\nu_t}$$

Где:  $\nu_t$  - коэффициент кинематической вязкости воды, м<sup>2</sup>/с, определяемый по таблице 1.

Таблица 1:

Температура воды, °С	Коэффициент кинематической вязкости воды $\nu_p$ , м <sup>2</sup> /с
35	0,73 × 10 <sup>-6</sup>
40	0,66 × 10 <sup>-6</sup>
45	0,6 × 10 <sup>-6</sup>
50	0,55 × 10 <sup>-6</sup>
55	0,51 × 10 <sup>-6</sup>
60	0,47 × 10 <sup>-6</sup>
65	0,43 × 10 <sup>-6</sup>
70	0,41 × 10 <sup>-6</sup>
80	0,36 × 10 <sup>-6</sup>
90	0,32 × 10 <sup>-6</sup>

Число Рейнольдса  $Re_{kv}$  соответствующее началу квадратичной области гидравлических сопротивлений при турбулентном движении воды, равно:

$$Re_{kv} = \frac{500d_p}{K_s}$$

Число подобия режимов течения воды  $b$  определяется по формуле:

$$b = 1 + \frac{\lg Re_{\phi}}{\lg Re_{кн}}$$

Коэффициент эквивалентной (равномерно-зернистой) шероховатости  $Kэ$ , м, принимается равным  $1,0 \times 10^{-6}$  м.

При средней температуре теплоносителя, отличной от  $80^{\circ}\text{C}$ , следует учесть согласно таблице 2 поправочный коэффициент  $\alpha$ . Значение  $R$  определяется по номограмме для гидравлического расчета трубопровода со средней температурой  $80^{\circ}\text{C}$  и при расчетном расходе в справочной информации производителя труб.

$$R_t = R \times \alpha$$

Где  $R_t$  - удельный перепад давления при средней расчетной температуре теплоносителя и расходе  $G$ , Па/м;

$R$  - значение удельного перепада давления при  $t = 80^{\circ}\text{C}$  и при том же значении  $G$ , Па/м.

**Таблица 2:**

Средняя температура теплоносителя в трубах, $^{\circ}\text{C}$	90	80	70	60	50	40
Коэффициент $\alpha$	0,98	1,0	1,02	1,05	1,08	1,11

Падение давления при преодолении местных сопротивлений  $Z$ , Па, может быть определено из зависимости:

$$Z = \sum \xi \frac{V^2}{2} \rho$$

Где  $\sum \xi$  - сумма коэффициентов местных сопротивлений на рассчитываемом участке трубопровода;

$V$  - скорость теплоносителя в трубопроводе, м/с;

$\rho$  - плотность жидкости при заданной температуре теплоносителя,  $\text{кг/м}^3$ .

Ориентировочные значения коэффициентов местных сопротивлений соединительных деталей элементов системы отопления приведены в таблице 3.

Гидравлические характеристики отопительных приборов: вентилях, клапанов, включая термостатические, представлены в справочных изданиях фирм-изготовителей и разработчиков нормативной документации.

**Таблица 3:**

№ п.п.	Детали	Схематическое изображение деталей	Значение коэффициента
1	Отвод с радиусом закругления $\geq 5d$ : 90° 45°		0,3-0,5
2	Тройники: на проход		0,5
3	на ответвление 90°		1,5
4	на слияние 90°		1,5
5	на разделение потока		3,0
6	Крестовина: на проход		2,0
7	на ответвление		3,0
8	Отступ		0,5
9	Обход		1-0
10	Внезапное расширение сужение		1,0 0,5

## Определение расчетного расхода теплоносителя в системе отопления

Расчетный расход сетевой воды на конкретном участке системы отопления (например, стояке или разводящей магистрали) определяется следующим соотношением:

$$G_{уч} = \beta_1 \beta_2 \frac{3,6 \times Q_{уч}}{c \times \Delta T}$$

Где:  $G_{уч}$  - расчетный расход сетевой воды на участке системы отопления, кг/ч;

$\beta_1$  - поправочный коэффициент, учитывающий теплопередачу через дополнительную площадь (сверх расчетной) отопительных приборов, принятых к установке (для радиаторов и конвекторов =1,03...1,08);

$\beta_2$  - поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери вследствие размещения отопительных приборов у наружных ограждений (для радиаторов и конвекторов =1,02...1,04);

$Q_{уч}$  - тепловая нагрузка участка системы отопления, равная сумме тепловых нагрузок обслуживаемых на данном участке отопительных приборов, Вт;

$c$  - удельная массовая теплоемкость воды, равная 4,187 кДж/(кг °С);

$\Delta T$  - температурный перепад между подающим и обратным трубопроводом системы отопления, °С.

Расчетный расход сетевой воды в системе отопления всего здания равен:

$$G_{зд} = \beta_1 \beta_2 \frac{3,6 \times Q_{от}}{c \times \Delta T}$$

Где:  $Q_{от}$  - тепловая мощность системы отопления, равная сумме тепловых нагрузок всех установленных в здании отопительных приборов, Вт;

Тепловая мощность системы отопления рассчитывается исходя из теплового баланса здания по формуле:

$$Q_{от} = k(Q_{огр} + Q_{u(вент)} - Q_{быт})\beta_1\beta_2$$

Где:  $k$  - поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери, связанные с теплоносителем в разводящих магистралях, проходящих в неотапливаемых помещениях (=1,03 при прокладке обеих магистралей в подвале, =1,1 при прокладке одной из магистралей на чердаке);

$Q_{огр}$  - тепловые потери через наружные ограждения, Вт;

$Q_{u(вент)}$  - тепловые потери на нагревание поступающего в здание наружного воздуха, Вт;

$Q_{быт}$  - бытовое тепlopоступление в течение отопительного периода, Вт;

$\beta_1$  - поправочный коэффициент, учитывающий теплопередачу через дополнительную площадь (сверх расчетной) отопительных приборов, принятых к установке (для радиаторов и конвекторов =1,03...1,08);

$\beta_2$  - поправочный коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери вследствие размещения отопительных приборов у наружных ограждений (для радиаторов и конвекторов =1,02...1,04);

Тепловые потери через i-ое наружное ограждение можно определить по формуле:

$$Q_i = (A_i / R_{o,i})(t_p - t_{ext})n_i(1 + \sum \beta_i)$$

Где:  $A_i$  - площадь ограждения, м<sup>2</sup>;

$R_{o,i}$  - приведенное сопротивление теплопередаче ограждения, м<sup>2</sup> °С/Вт;

$t_p$  - расчетная температура помещения, °С;

$t_{ext}$  - расчетная температура снаружи ограждения, °С;

$n_i$  - коэффициент, учитывающий фактическое понижение разности температуры - для ограждений, которые отделяют отапливаемое помещение от неотапливаемого (подвал, чердак и др.);

$\beta_i$  - коэффициент, учитывающий дополнительные теплотери через ограждения.

Тепловые потери на нагревание инфильтрующегося воздуха для всех зданий, кроме для жилых и общественных с естественной вытяжной вентиляцией, в общем случае вычисляются следующим образом:

$$Q_{и} = 0,28 \sum G_i \times c \times (t_{в} - t_{н})\beta$$

Где:  $G_i$  - суммарный расход инфильтрующегося воздуха, кг/ч;  
 $c$  - удельная массовая теплоемкость воды, равная 4,187 кДж/(кг °С);  
 $t_g$  - расчетная температура внутреннего воздуха, °С;  
 $t_n$  - расчетная температура наружного воздуха, °С;  
 $\beta$  - коэффициент, учитывающий нагревание инфильтрующегося воздуха в ограждении встречным тепловым потоком (экономайзерный эффект);

Тепловые потери на нагревание наружного воздуха, компенсирующего расчетный расход воздуха, для жилых зданий и общественных зданий с естественной вытяжной вентиляцией, равны:

$$Q_{\text{вент}} = 0,28L_{\text{вент}} \times \rho_n \times c \times (t_g - t_n)$$

Где:  $L_{\text{вент}}$  - расчетный расход воздуха, м³/ч;  
 $\rho_n$  - массовая плотность наружного воздуха, кг/м³.

За расчетное значение тепловых потерь в данном случае принимается большее из полученных значений:

$Q_{u(i)}$  и  $Q_{\text{вент}}$

Учет бытовых теплопоступлений при проектировании системы отопления жилого дома варьируется величиной не менее 10 Вт/м²:

$Q_{\text{быт}}^{yd}$

$$Q_{\text{быт}} = Q_{\text{быт}}^{yd} \times S$$

Где:  $Q_{\text{быт}}^{yd}$  - удельные бытовые теплопоступления, Вт;  
 $S$  - жилая площадь помещения, м².

## Практическая гидравлическая увязка систем отопления/охлаждения

При отсутствии проектных значений предварительной настройки балансировочных клапанов или несоответствия фактических расходов в системе расчетным после настройки клапанов по проектным значениям гидравлическая увязка системы отопления проводится методом пропорциональности.

### Основа метода пропорциональности:

Все участки системы отопления балансируются в одинаковой пропорции относительно значения расчетного расхода. После настройки расхода на каждом клапане регулированием производительности насоса можно обеспечить точно расчетный расход на всех потребителях.

Вводим коэффициент пропорциональности:

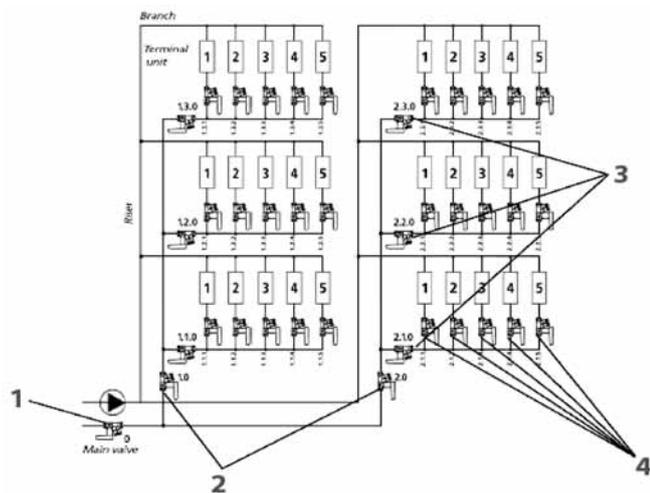
$$\lambda = \frac{\text{Фактический расход}}{\text{Расчетный расход}} \times 100\%$$

**Примечание:** Используя расходомер для клапанов BALLOREX Venturi, Вы задаете только расчетный расход и тип подключенного клапана. Значение  $\lambda$  вычисляется расходомером автоматически.

### Подготовка:

- убедиться в правильной установке балансировочных клапанов;
- промыть и обезвоздушить систему;
- прочистить фильтры-грязевики;
- произвести гидравлические испытания (опрессовку) системы;
- подготовить плансхему системы отопления с пронумерованными балансировочными клапанами;
- обеспечить работу насосов с постоянной производительностью на время ее настройки;
- временно снять все термостатические элементы с радиаторных терморегуляторов;
- взять в аренду или приобрести два расходомера;
- нанять двух специалистов и обеспечить их радиосвязью для проведения данной работы.

Будем рассматривать гидравлическую увязку системы типа “чиллер-фанкойл” с иерархией в четыре уровня:



- 1- “главный” клапан;
- 2- клапаны на стояках;
- 3- клапаны на отводах;
- 4- клапаны на фанкойлах.

Для настройки систем отопления метод будет аналогичен, только система будет иметь более простую иерархию в два уровня (“главный” клапан на разводящей магистрали и клапаны на стояках), что существенно упростит задачу.

### Реализация:

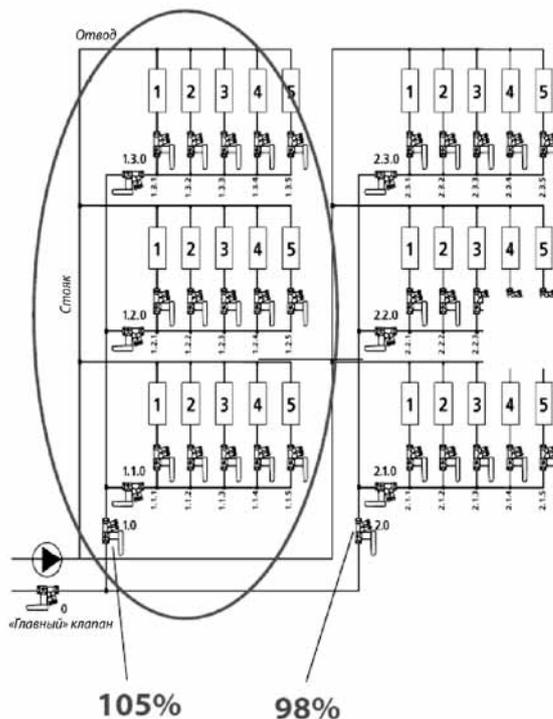
1. Настройте “главный” клапан на 110% от расчетного расхода, т.е.  $\lambda=110\%$ .
2. Измерьте значения  $\lambda$  клапанов на всех стояках.
3. Выберите стояк с наибольшим значением  $\lambda$ .
4. Перейдите к измерению  $\lambda$  клапанов на отводах выбранного стояка.

В рассмотренном примере клапан с индексом 1.0 наиболее нагруженный и имеет  $\lambda=105\%$ .

**Примечание:** Если наибольшее значение  $\lambda$  клапанов на стояках превышает 110%, следует его ограничить до 110% перед продолжением увязки отводов данного стояка.

Переходим к настройке клапанов на отводах вы-бранного стояка:

1. Измерьте значения  $\lambda$  клапанов на всех отводах выбранного стояка.
2. Выберите отвод с наибольшим значением  $\lambda$ .
3. Перейдите к измерению  $\lambda$  клапанов, установленных на обвязке фанкойлов, снабжаемых от данного отвода.



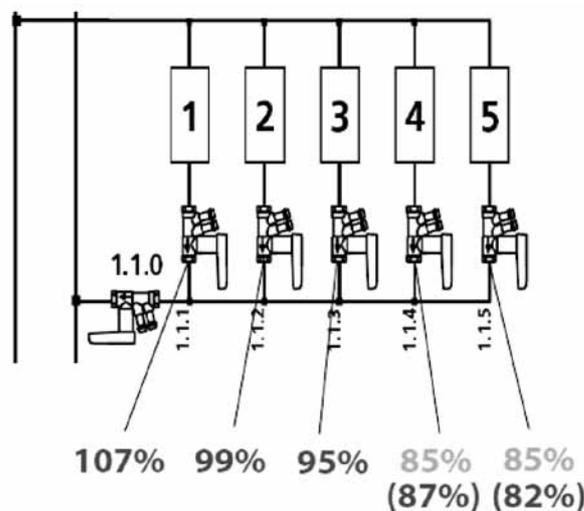
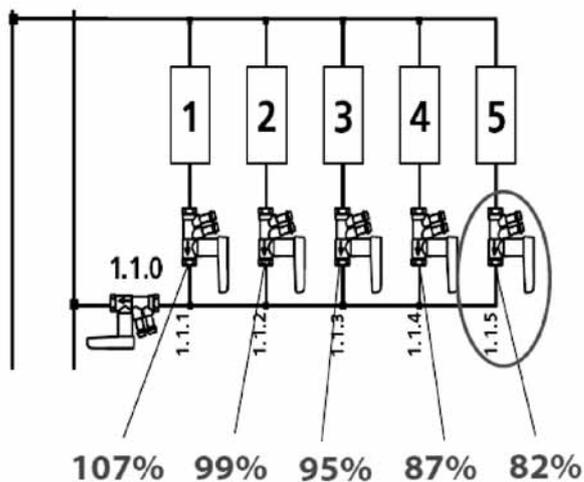
Переходим к настройке клапанов, установленных на обвязке фанкойлов:

1. Измерьте значения  $\lambda$  клапанов на всех фанкойла выбранного отвода.
2. Клапан с наименьшим значением  $\lambda$  выбираем за референсный (index) клапан. Обычно (при одинаковой тепловой мощности фанкойлов) это дальний на отводе клапан (1.1.5. в нашем примере).

**Примечание:** Если клапан с наименьшим значением  $\lambda$  не крайний (например, 1.1.3), подключите к нему первый расходомер, а второй расходомер- к крайнему клапану. Плавнo прикрывайте клапан с наименьшим значением  $\lambda$ , одновременно приоткрывая крайний до того момента, когда оба значения  $\lambda$  не станут равными. После этого за index клапан можно использовать крайний (1.1.5.).

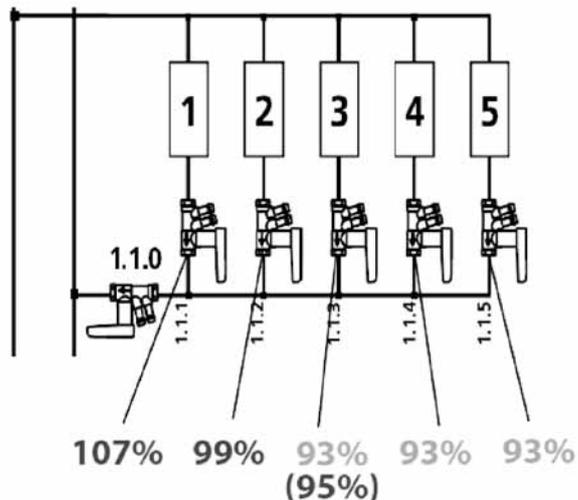
3. Подключите первый расходомер к index клапану (в нашем примере 1.1.5. с  $\lambda=82\%$ ).
4. Подключите первый расходомер к соседнему с index клапану (в нашем примере 1.1.5. с  $\lambda=87\%$ ).
5. Плавнo прикрывайте клапан 1.1.4. с наименьшим значением  $\lambda$ , одновременно приоткрывая 1.1.5. до того момента, когда оба значения  $\lambda$  не станут равными.

В результате получаем:



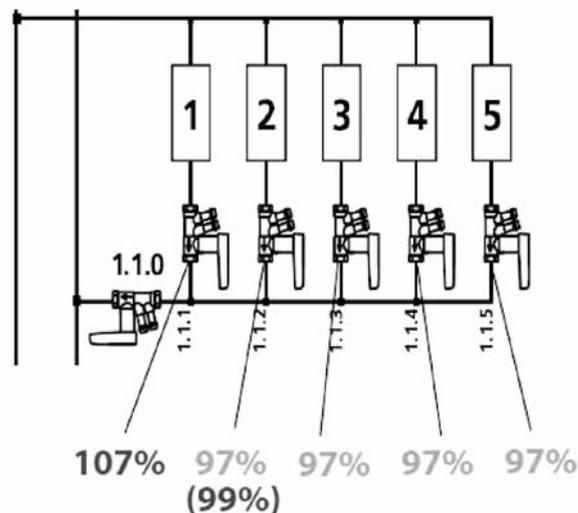
Оставьте первый расходомер в клапане 1.1.5., а второй подключите к клапану 1.1.3. и приведите в соответствие друг с другом значение  $\lambda$  обоих клапанов.

В результате получаем:



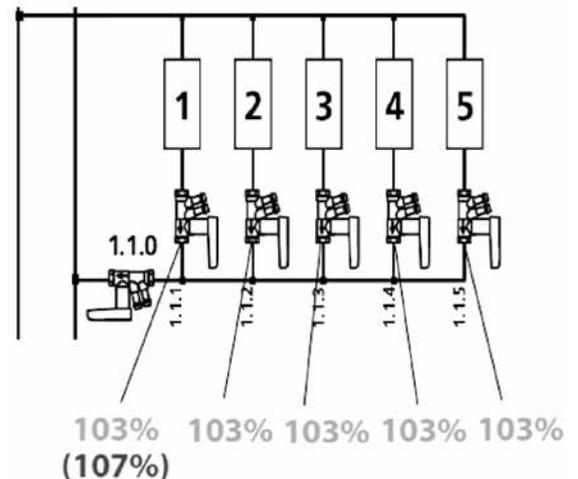
По аналогии подключите второй расходомер к клапану 1.1.2. и приведите в соответствие друг с другом значение  $\lambda$  обоих клапанов (1.1.2. и 1.1.5).

В результате получаем:



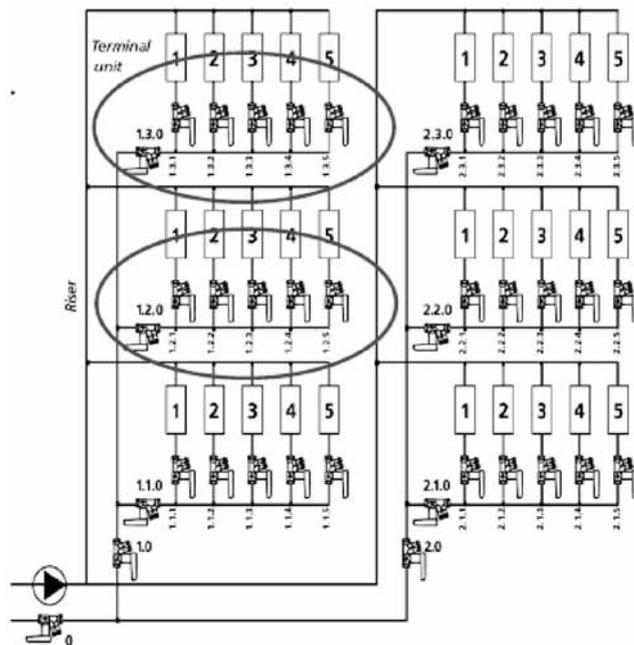
По аналогии подключите второй расходомер к клапану 1.1.2. и приведите в соответствие друг с другом значение  $\lambda$  обоих клапанов (1.1.2. и 1.1.5).

В результате получаем:

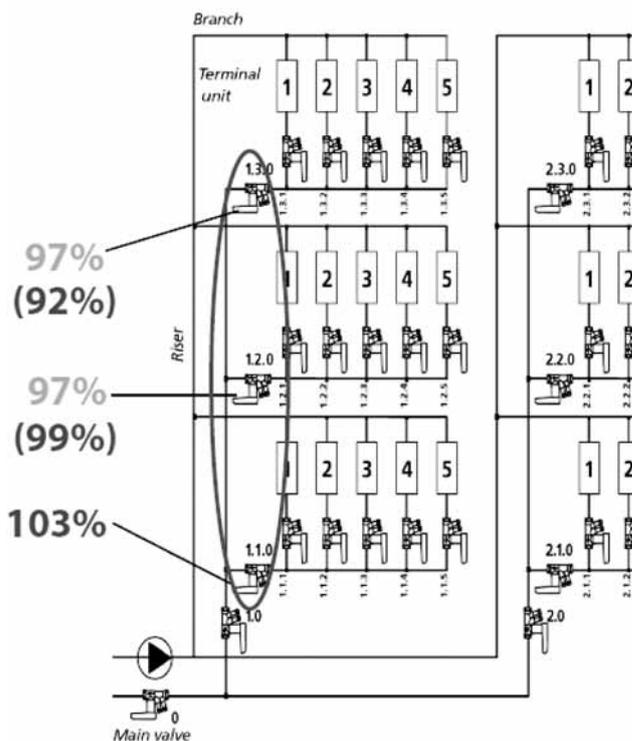


Таким образом, все клапаны на рассмотренном отводе гидравлически увязаны друг с другом с одинаковым коэффициентом пропорциональности  $\lambda$ .

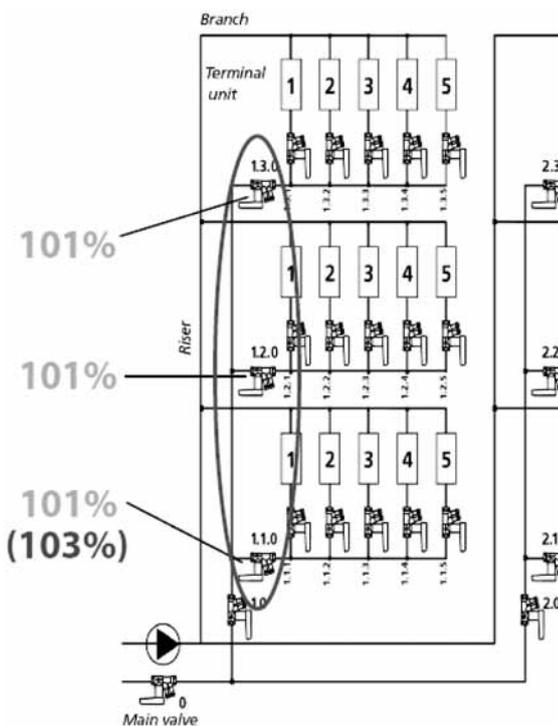
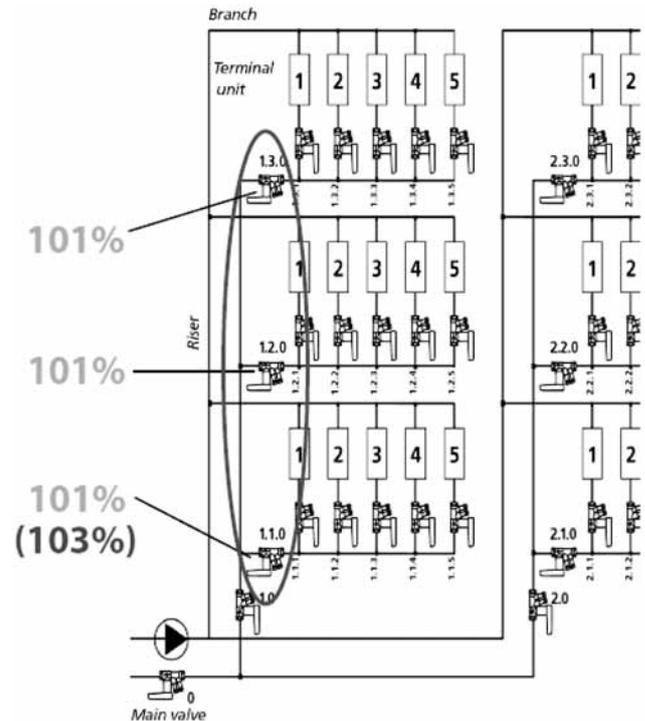
Осуществите аналогичную рассмотренной выше процедуру гидравлической увязки клапанов на отводе совторым по величине значением  $\lambda$  (в рассматриваемом примере это 1.2.0.). И далее настройте клапаны на отводе с третьим по величине значением  $\lambda$  (в рассматриваемом примере это 1.3.0.).



Теперь все клапаны на фанкойлах настроены, переходим к гидравлической увязке клапанов на отводах. Процедура аналогична настройке клапанов на фанкой-лах. В нашем примере за index выбираем клапан 1.3.0 ( $\lambda=92\%$ ). Подключаем первый расходомер к нему, а второй - к клапану 1.2.0 ( $\lambda=99\%$ ). Уравниваем значения  $\lambda$  на этих клапанах, получаем:



Затем второй расходомер подключаем к клапану 1.1.0. и приводим в соответствие друг другу значения  $\lambda$  для клапанов 1.3.0. и 1.1.0. Получаем:



Таким образом, все клапаны на рассмотренном стояке гидравлически увязаны друг с другом с одинаковым коэффициентом пропорциональности  $\lambda$ . Осуществите аналогичную рассмотренной выше процедуру гидравлической увязки клапанов на стояках со вторым по величине значением  $\lambda$  (в рассматриваемом примере это 2.0.) и т.д. по убыванию  $\lambda$ . Затем подключите первый расходомер к index клапану с наименьшим значением  $\lambda$  (в нашем примере 1.2.0.), второй к клапану с наименьшим, кроме  $\lambda$  index клапана, значением (1.1.0.). Приведите в соответствие друг друга оба значения  $\lambda$ . И далее по возрастанию  $\lambda$  проведите аналогичную процедуру для всех клапанов на стояках. В итоге получим:

