

Эффективные решения

Регулирование водяных инженерных систем любого масштаба

Руководство

2010

Содержание

1.	Рекомендованные решения	
1.1	Рекомендованные решения для систем отопления	6
1.2	Рекомендованные решения для систем охлаждения	8
2.	Варианты схемных решений инженерных систем	
2.1	Рекомендованные и приемлемые решения	
2.1.1	Система с переменным гидравлическим режимом – оптимальное решение для обвязки фанкойлов и других установок систем тепло/холодоснабжения (с клапаном АВ-QM)	12
2.1.2	Система с переменным гидравлическим режимом, решение для обвязки фанкойлов и других установок систем тепло/холодоснабжения	14
2.1.3	Система с постоянным гидравлическим режимом, решение для обвязки фанкойлов и других установок систем тепло/холодоснабжения	16
2.1.4	Система с постоянным гидравлическим режимом, решение для обвязки фанкойлов и других установок систем тепло/холодоснабжения	18
2.1.5	Система с переменным гидравлическим режимом, решение для систем поверхностного (лучистого) отопления/охлаждения	20
2.1.6	Обвязка чиллера – система с переменным гидравлическим режимом в контуре чиллера с регулируемыми насосами и контролируемым минимально необходимым расходом через чиллер	22
2.1.7	Система с переменным гидравлическим режимом, решение для обвязки фанкойлов, потолочных панелей и других видов комбинированных систем тепло/холодоснабжения с регуляторами температуры прямого действия	24
2.1.8	Система с переменным гидравлическим режимом, оптимальное решение для двухтрубной системы радиаторного отопления с термостатическими регулирующими клапанами на радиаторах	26
2.1.9	Однотрубная система радиаторного отопления с термостатическими регулирующими клапанами на радиаторах и автоматическими ограничителями расхода	28
2.1.10	Система с переменным гидравлическим режимом, решение для двухтрубных систем панельно-лучистого отопления (напольного или стенового) с распределительными гребенками и индивидуальными комнатными регуляторами	30
2.1.11	Система с переменным гидравлическим режимом, решение с индивидуальными квартирными тепловыми пунктами	32
2.1.12	Система с переменным гидравлическим режимом, решение для обвязки установок воздушного отопления, тепловых завес и пр.	34
2.1.13	Система с переменным гидравлическим режимом, решение с автоматической температурной балансировкой системы ГВС с циркуляцией	36

2.1.14	Система с переменным гидравлическим режимом, решение с автоматической температурной балансировкой системы ГВС с циркуляцией	38
2.2	Нерекомендуемые и запрещенные решения	
2.2.1	Система с переменным гидравлическим режимом, часто используемое решение в радиаторном отоплении, в системах отопления/охлаждения с фанкойлами и центральными кондиционерами	42
2.2.2	Система с переменным гидравлическим режимом, часто используемое решение в радиаторном отоплении, в системах отопления/охлаждения с фанкойлами и центральными кондиционерами: вариант с ограничителями расхода и РК	44
2.2.3	Двухтрубная система тепло/холодоснабжения с переменным гидравлическим режимом, решение для систем с фанкойлами и другими видами потребителей (например поверхностного отопления/охлаждения)	46
2.2.4	Система ГВС с постоянным гидравлическим режимом и ручной балансировкой	48
2.2.5	Система с переменным гидравлическим режимом, двухтрубная система радиаторного отопления с термостатическими регулирующими клапанами и ограничителями расхода	50
2.3	Определения и аббревиатуры в пунктах 2.1 и 2.2	52
3.	Особенности работы систем при частичных нагрузках	
3.1	Синдром низкого ΔT	56
3.2	Явление перерасхода	57
3.3	Явление недорасхода	60
4	Сравнение решений 2.1.1; 2.1.4 и 2.2.1	61
4.1	Эксплуатационные затраты	61
4.1.1	Экономия на работе насоса	62
4.1.2	Теплопотери в трубопроводах	65
4.2	Сравнение капиталовложений	68
4.3	Анализ гидроники	70
5	Обзор оборудования	73
5.1	Автоматический балансировочный клапан – регулятор перепада давления	73
5.2	Автоматический комбинированный балансировочный клапан	73
5.3	Ручные балансировочные клапаны	75
5.4	Зональные клапаны, регулирующие клапаны	76
5.5	Регуляторы прямого действия	78
5.6	Комнатные термостаты	78

1

Рекомендованные решения



1.1

Рекомендованные решения для систем отопления

СИСТЕМА ОТОПЛЕНИЯ

ОДНОТРУБНАЯ
система

ДВУХТРУБНАЯ
система

Системы с или без
терморегуляторов

Системы без
терморегуляторов

Системы с
терморегуляторами

Без преднастройки

С преднастройкой

РЕКОМЕНДОВАННЫЙ:
АВТОМАТИЧЕСКИЙ
ОГРАНИЧИТЕЛЬ
РАСХОДА:
AB-QM



ПРИЕМЛЕМЫЕ:
**MSV-BD Leno™,
MSV-I, USV-I**



РЕКОМЕНДОВАННЫЕ:
**ASV-P + ASV-I
ASV-PV + ASV-I**

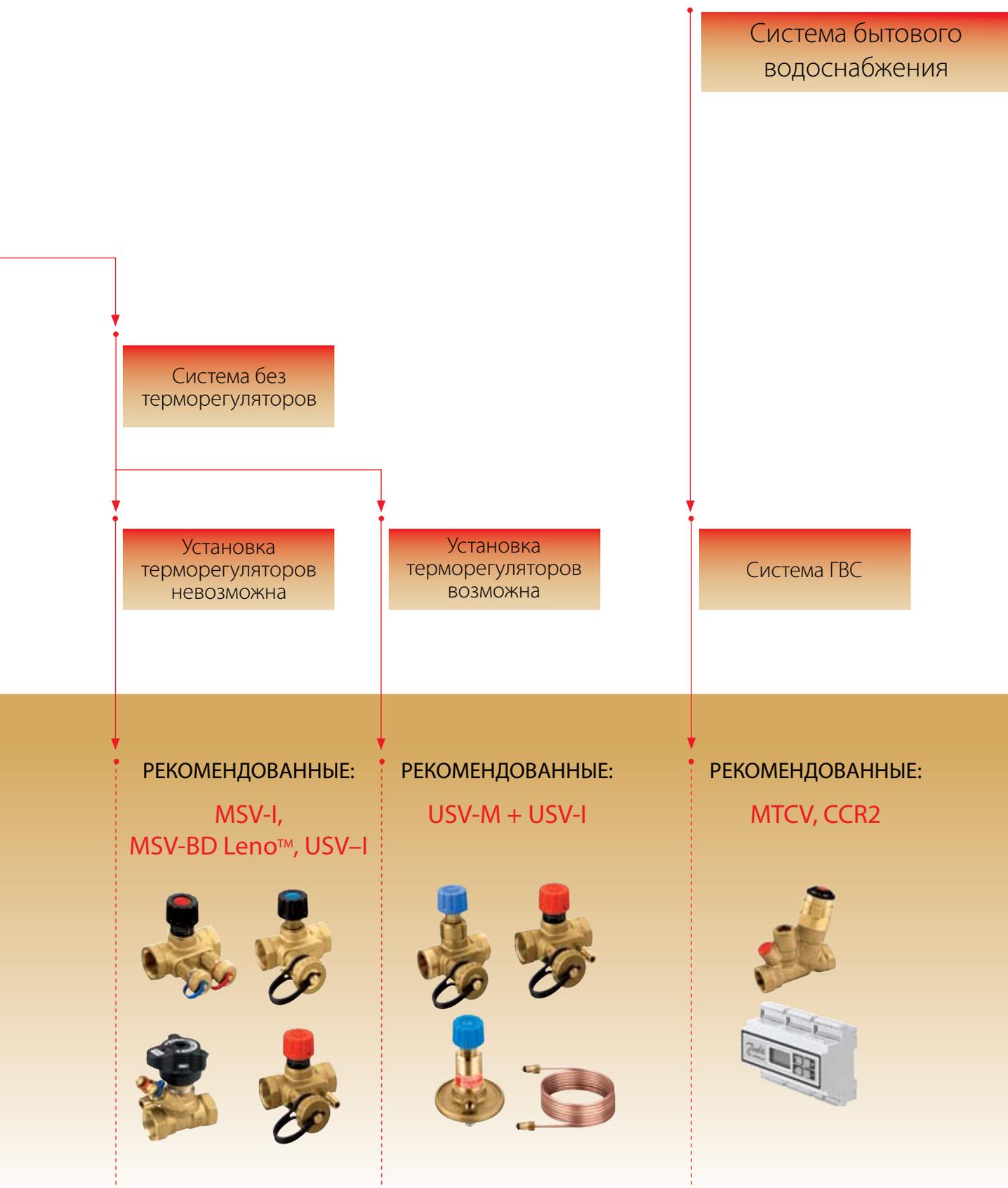


РЕКОМЕНДОВАННЫЕ:
**ASV-P + ASV-M
ASV-PV + ASV-M**



РЕКОМЕНДОВАННЫЕ:
ASV-PV + MSV-F2 (с импульсной трубкой)







1.2

Рекомендованные решения для систем охлаждения

СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ

ПОСТОЯННЫЙ РАСХОД

Автоматическая
балансировка

Ручная
балансировка

РЕКОМЕНДОВАННЫЙ:
АВТОМАТИЧЕСКИЙ
ОГРАНИЧИТЕЛЬ
РАСХОДА:
AB-QM



ПРИЕМЛЕМЫЕ:
**MSV-F2, MSV-BD Leno™,
MSV-I, USV-I**



ПЕРЕМЕННЫЙ РАСХОД

Регуляторы давления

Комбинированные клапаны

Фиксированный перепад

Регулируемый перепад

Регулирующие клапаны с приводами и автоматическим регулированием расхода

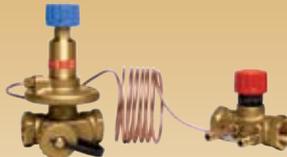
РЕКОМЕНДОВАННЫЕ:

ASV-P + ASV-M



РЕКОМЕНДОВАННЫЕ:

ASV-PV + ASV-I



РЕКОМЕНДОВАННЫЕ:

AB-QM + TWA-Z
AB-QM + ABNM
AB-QM + AMV(E)



РЕКОМЕНДОВАННЫЕ:

ASV-PV (фланцевые) + MSV-F2 (с импульсной трубкой)



2 | Варианты схемных решений инженерных систем

2.1 | Рекомендованные и приемлемые решения

1

Проектирование

- **ПРОСТОЙ МЕТОД РАСЧЕТА:** не требует расчета k_{vs} , авторитетов
- Авторитет 100% - регулирование не зависит от давления
- Упрощенный расчет настройки расхода согласно тепловой нагрузке
- Напор насоса рассчитывается с учетом мин. Др на клапане и потерь давления в системе при номинальном расходе

2

Эксплуатационные затраты

- **НАИМЕНЬШИЕ** расходы на работу насоса ^{F)} (отсутствует явление перерасхода)
- Теплопотери/теплопритоки в трубопроводах минимальные
- **НАИМЕНЬШИЙ** требуемый напор насоса
- Позволяет оптимизировать работу насоса ^{J)}
- Регулирующие клапаны – **100% АВТОРИТЕТ** и наилучшая эффективность – минимальные колебания температуры ^{K)} в помещении
- Система не требует переналадки ^{C)}

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{I)} – **УМЕРЕННЫЕ** (1 клапан на прибор)
- Не требует дополнительных балансировочных клапанов в системе
- Меньшее количество клапанов в системе – ниже стоимость инсталляции ^{D)}
- Не требуются пусконаладочные работы ^{B)}
- Позволяет применить насос с частотным регулированием ^{S)} (с пропорциональной характеристикой регулирования)

4

Особенности функционирования системы

- Регулирование гидравлики только на потребителях со **100% АВТОРИТЕТОМ**
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ПРЕВОСХОДНАЯ**
- Пусконаладочные работы не требуются
- Насос с частотным регулированием обеспечит дополнительное энергосбережение ^{T)}

5

Прочие

- Клапан АВ-QM закрывается при перепаде давления на нем до 6 бар
- Отсутствие перерасхода ^{L)}
- Достигается оптимальная работа насоса
- Минимальное суммарное энергопотребление
- **МАКСИМАЛЬНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

1

Проектирование

- **ТРАДИЦИОННЫЙ РАСЧЕТ** ^{A)}, **ВКЛЮЧАЮЩИЙ**:
 - расчет k_{vs} клапанов, авторитетов регулирующих клапанов
 - Упрощенный расчет гидравлики (можно разбить систему на несколько независимых подсистем)
 - Необходимо рассчитывать преднастройку на регуляторах перепада давления
 - Напор насоса рассчитывается на сопротивление системы при номинальном расходе

2

Эксплуатационные затраты

- **СРЕДНИЕ** расходы на работу насоса ^{F)} (ограниченное количество приборов на ветке из-за риска возникновения перерасхода)
- Теплопотери/теплопритоки в трубопроводах минимальные
- Высокий требуемый напор насоса - возникают дополнительные потери из-за необходимости применения регуляторов перепада давления
- Позволяет оптимизировать работу насоса ^{J)}
- Регулирующие клапаны – можно добиться высокого авторитета ^{E)} и хорошей эффективности – низкие колебания температуры ^{K)} в помещении
- Система не требует переналадки ^{C)}

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{I)} – **УМЕРЕННЫЕ** (1 регулирующий клапан на прибор + по регулятору перепада давления на ответвление)
- Дорогостоящие регуляторы перепада давления больших диаметров
- Меньше клапанов, чем в решении 2.1.4 – ниже стоимость инсталляции ^{I)}
- Не требуются пусконаладочные работы ^{B)}, кроме случаев с длинными ветками
- Позволяет применить насос с частотным регулированием ^{S)} (с постоянной характеристикой регулирования)

4

Особенности функционирования системы

- Перепад давления на регулирующих клапанах близок к постоянному
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ХОРОШАЯ**
- Насос с частотным регулированием обеспечит увеличение энергосбережения ^{T)}

5

Прочие

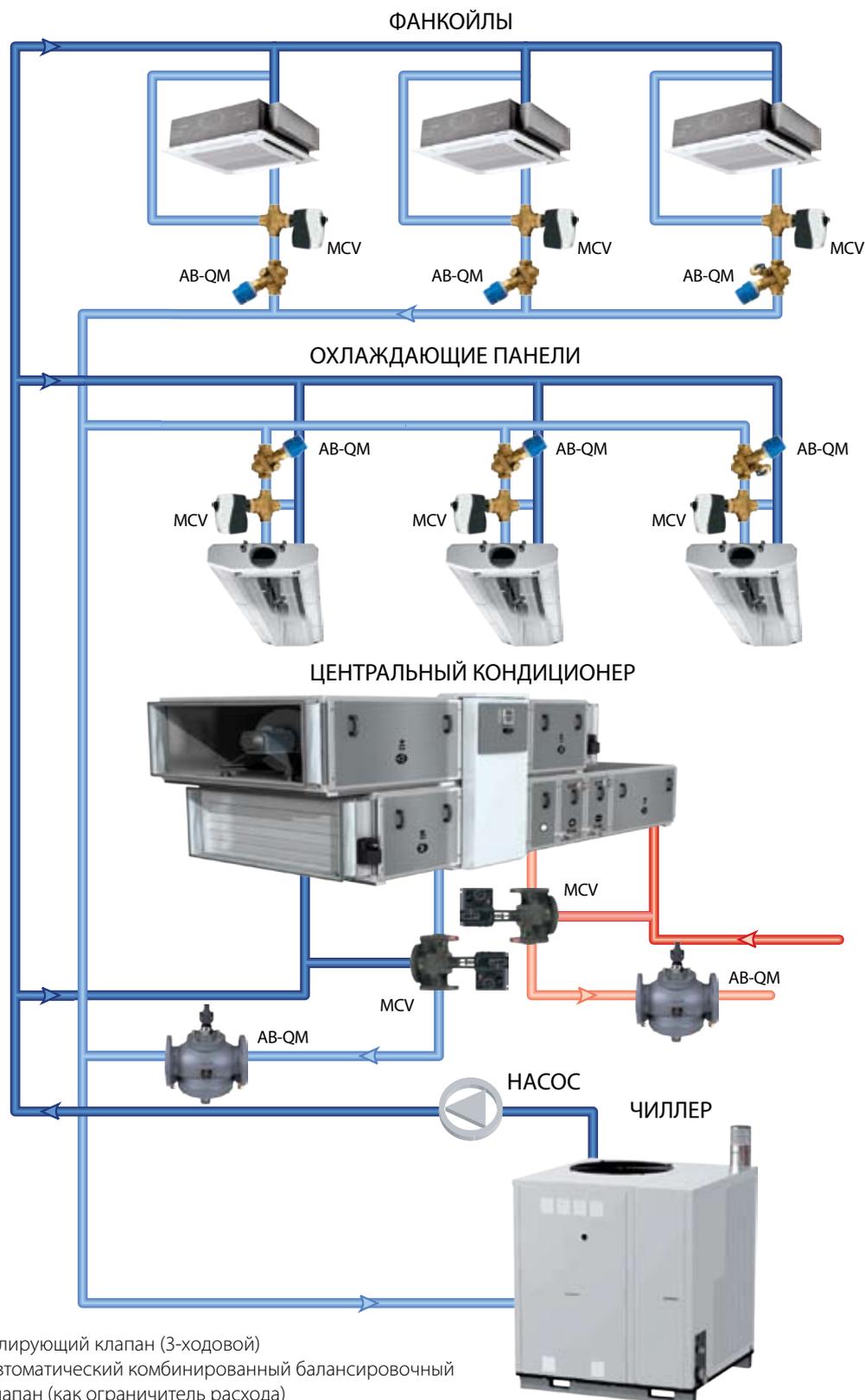
- Незначительный перерасход при частичной нагрузке (ручные балансировочные клапаны на потребителях)
- Для обеспечения хороших авторитетов регулирующих клапанов перепад давления на каждом из них должен составлять не менее половины установленного Δp на соответствующем регуляторе перепада давления
- Соответственно необходим насос большей производительности



2.1.3

Система с постоянным гидравлическим режимом, решение для обвязки фанкойлов и других установок систем тепло/холодоснабжения

(В данном случае имеем 100% постоянный расход в системе. В этом решении благодаря автоматической балансировке устраняется перерасход при частичной нагрузке в системе.)



* Приемлемое – правильное решение, меньшая эффективность.

1

Проектирование

- **ТРАДИЦИОННЫЙ РАСЧЕТ ^{A)}, ВКЛЮЧАЮЩИЙ:**
расчет k_{vs} и авторитетов регулирующих клапанов
- Упрощенный расчет гидравлики с клапанами-ограничителями расхода (только расчет настроек расхода)
- Напор насоса рассчитывается на сопротивление системы при номинальном расходе

2

Эксплуатационные затраты

- **ВЫСОКИЕ** расходы на работу насоса ^{F)}
- Большие теплотери/теплопритоки в трубопроводах
- Оптимизация работы насоса ^{J)} невозможна, если требуемый напор насоса не совпадает с его рабочей характеристикой
- Регулирующие клапаны – хорошего авторитета ^{E)} и высокой эффективности невозможно достигнуть ^{K)} (в случае плавного регулирования)
- **СИНДРОМ НИЗКОГО ΔT ^{H)}** – не выдерживается температура в обратке, что ведет к снижению эффективности чиллера

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{I)} – **ОЧЕНЬ ВЫСОКИЕ** (3-ходовой клапан + комбинированный клапан)
- Регулирование гидравлики только на потребителях
- Меньше клапанов, чем в решении 2.1.4 – ниже стоимость инсталляции
- Не требуются пусконаладочные работы ^{B)}

4

Особенности функционирования системы

- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ОЧЕНЬ ХОРОШАЯ**, все время – постоянный расход
- Пусконаладочные работы не требуются даже при расширении или изменении конфигурации системы
- Энергопотребление насоса постоянное – значительно выше, чем в системах с переменным режимом ^{O)}

5

Прочие

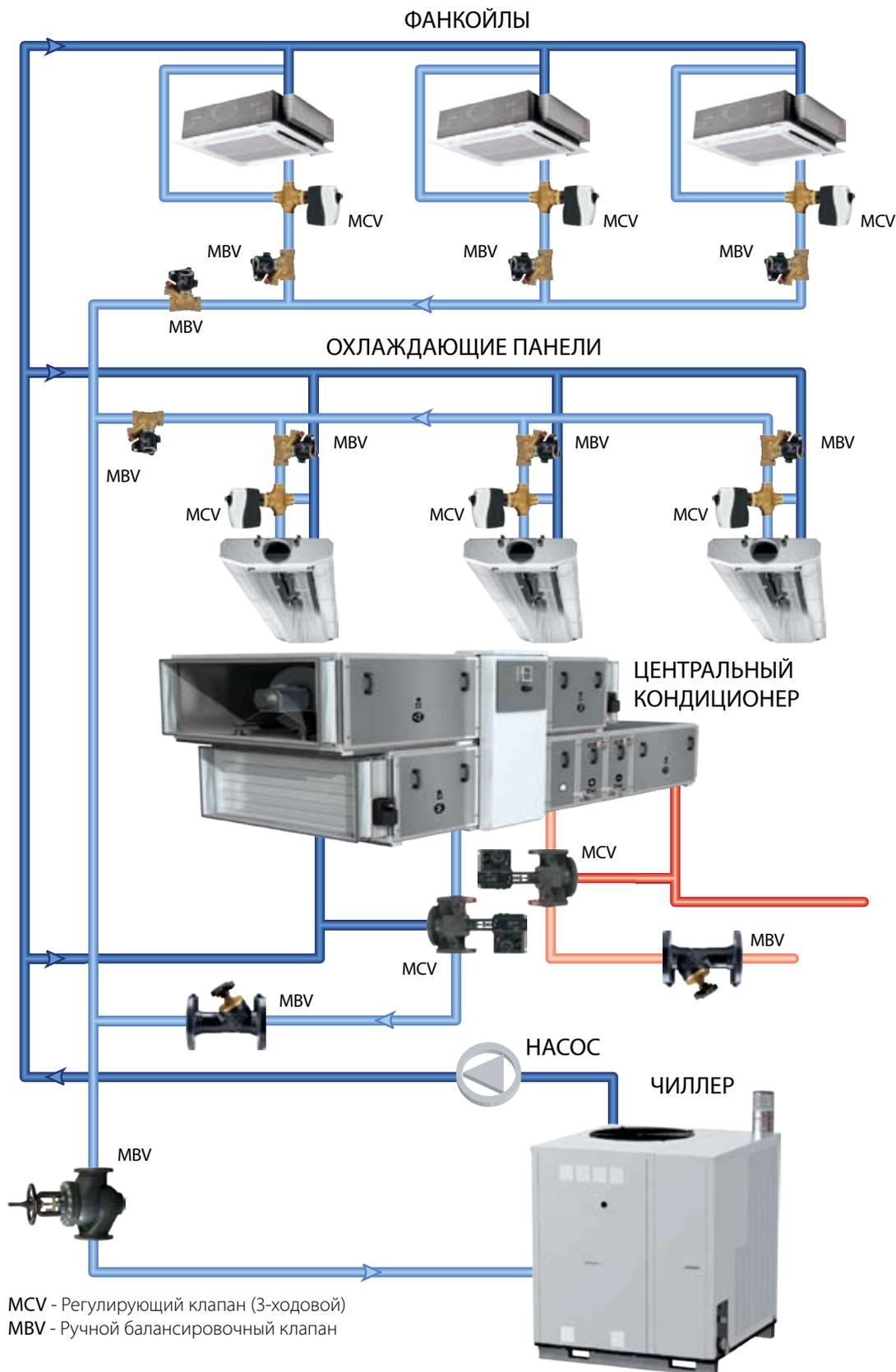
- Насос подбирается с запасом, но расход соответствует настройкам на клапанах-ограничителях
- **СИСТЕМА С ДЕЙСТВИТЕЛЬНО ПОСТОЯННЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ РЕЖИМОМ**



2.1.4

Система с постоянным гидравлическим режимом, решение для обвязки фанкойлов и других установок систем тепло/холодоснабжения

(В данном случае имеем приблизительно постоянный расход в системе. Это решение с тех времен, когда энергия была дешевой и автоматические балансировочные клапаны недоступны.)



* Приемлемое – правильное решение, меньшая эффективность.

1

Проектирование

- **ТРАДИЦИОННЫЙ РАСЧЕТ^{A)}, ВКЛЮЧАЮЩИЙ:**
расчет k_{vs} клапанов, авторитетов регулирующих клапанов, преднастроек ручных балансировочных клапанов

2

Эксплуатационные затраты

- **ОЧЕНЬ ВЫСОКИЕ** расходы на работу насоса ^{F) 3.2} (из-за явления перерасхода)
- Большие теплотери/теплопритоки в трубопроводах
- Оптимизация работы насоса ^{J)} **НЕВОЗМОЖНА.**
- Регулирующие клапаны – невозможно добиться хорошего авторитета и высокой эффективности^{E)} – высокие колебания температуры^{K)} в помещении (в случае плавного регулирования)
- **СИНДРОМ НИЗКОГО ΔT ^{H)}** – не выдерживается температура в обратке, что ведет к снижению эффективности чиллера
- Время от времени требуется переналадка ^{C)} системы, выполняемая бригадой высококвалифицированных наладчиков

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{I)} – **ВЫСОКИЕ** (3-ходовой регулирующий клапан + ручные балансировочные клапаны + наладка системы)
- Необходимы клапаны-партнеры ^{N)} больших диаметров
- Больше клапанов – выше стоимость монтажа ^{L)} (особенно для клапанов больших диаметров – фланцевые соединения, габариты, вес оборудования)
- **НАЛАДКА^{B)}** системы необходима

4

Особенности функционирования системы

- Балансировка при полной нагрузке – **ХОРОШАЯ**, при частичной – **УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНАЯ**
- При частичной нагрузке в системе расход будет на 20-40% выше расчетного – необходим более мощный насос
- Затраты на работу насоса ^{F)} намного выше при частичной нагрузке

5

Прочие

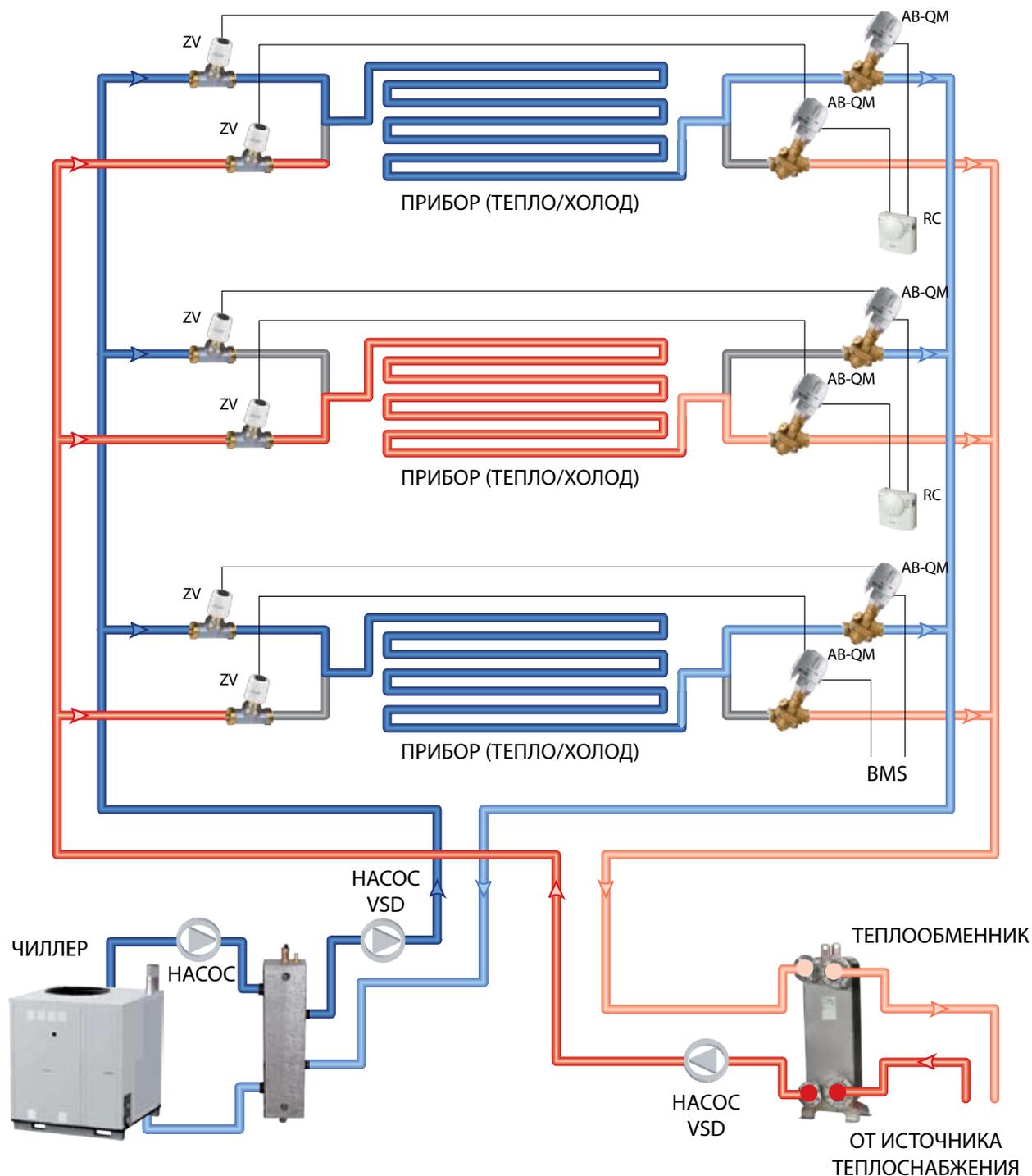
- Насос подбирается с запасом для обеспечения корректной работы ручных балансировочных клапанов
- **НЕТ РЕАЛЬНОГО ПОСТОЯННОГО ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РЕЖИМА^{G)}** в системе, если отсутствуют ручные балансировочные клапаны на байпасах ^{P)}



2.1.5

Система с переменным гидравлическим режимом, решение для систем поверхностного (лучистого) отопления/охлаждения

(В данном случае имеем переменный гидравлический режим в обеих системах (тепло/холод), независимых друг от друга. Обеспечено ограничение расхода (или контроль) последовательно (тепло/холод) на потребителя, независимо от перепадов давления в системах. Вместе с этим исключается перерасход на протяжении всего периода эксплуатации.)



- AB-QM - Автоматический комбинированный балансировочный клапан
- RC - Комнатный термостат
- BMS - Система управления
- VSD - Частотный регулятор насоса
- ZV - Зональный клапан

* Рекомендованное – правильное решение, высокая эффективность.

1

Проектирование

- **ПРОСТОЙ МЕТОД РАСЧЕТА:** не требует расчета k_{vs} , авторитетов
- **АВТОРИТЕТ 100%** – независимое от давления регулирование обеих (тепло/холод) систем
- Упрощенный расчет настройки расхода согласно тепловой нагрузке
- Напор насоса рассчитывается согласно мин. Др на клапане и потерь давления в системе при номинальном расходе
- Зональные клапаны необходимы для последовательного управления отоплением и охлаждением

2

Эксплуатационные затраты

- **НАИМЕНЬШИЕ** расходы на работу насоса ^{F)} (отсутствует явление перерасхода)
- Теплопотери/теплопритоки в трубопроводах минимальные
- Наименьший требуемый напор насоса
- Позволяет оптимизировать работу насоса ^{J)}
- Регулирующие клапаны – **100% АВТОРИТЕТ** и наилучшая эффективность – минимальные колебания температуры ^{K)} в помещении
- Система не требует переналадки ^{C)}

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{I)} – **СРЕДНИЕ**
- Не требует дополнительных балансировочных клапанов в системе
- По две пары клапанов на одного потребителя (увеличивает стоимость инсталляции ^{L)})
- Не требуются пусконаладочные работы ^{B)}
- Позволяет применить насос с частотным регулированием ^{S)}

4

Особенности функционирования системы

- Возможность одновременной работы систем отопления и охлаждения
- Регулирование гидравлики только на потребителях со 100% авторитетом
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ПРЕВОСХОДНАЯ**
- Пусконаладочные работы не требуются – только настройка расхода
- Низкие колебания температуры ^{K)} в помещении
- Насос с частотным регулированием обеспечит увеличение энергосбережения ^{T)}

5

Прочие

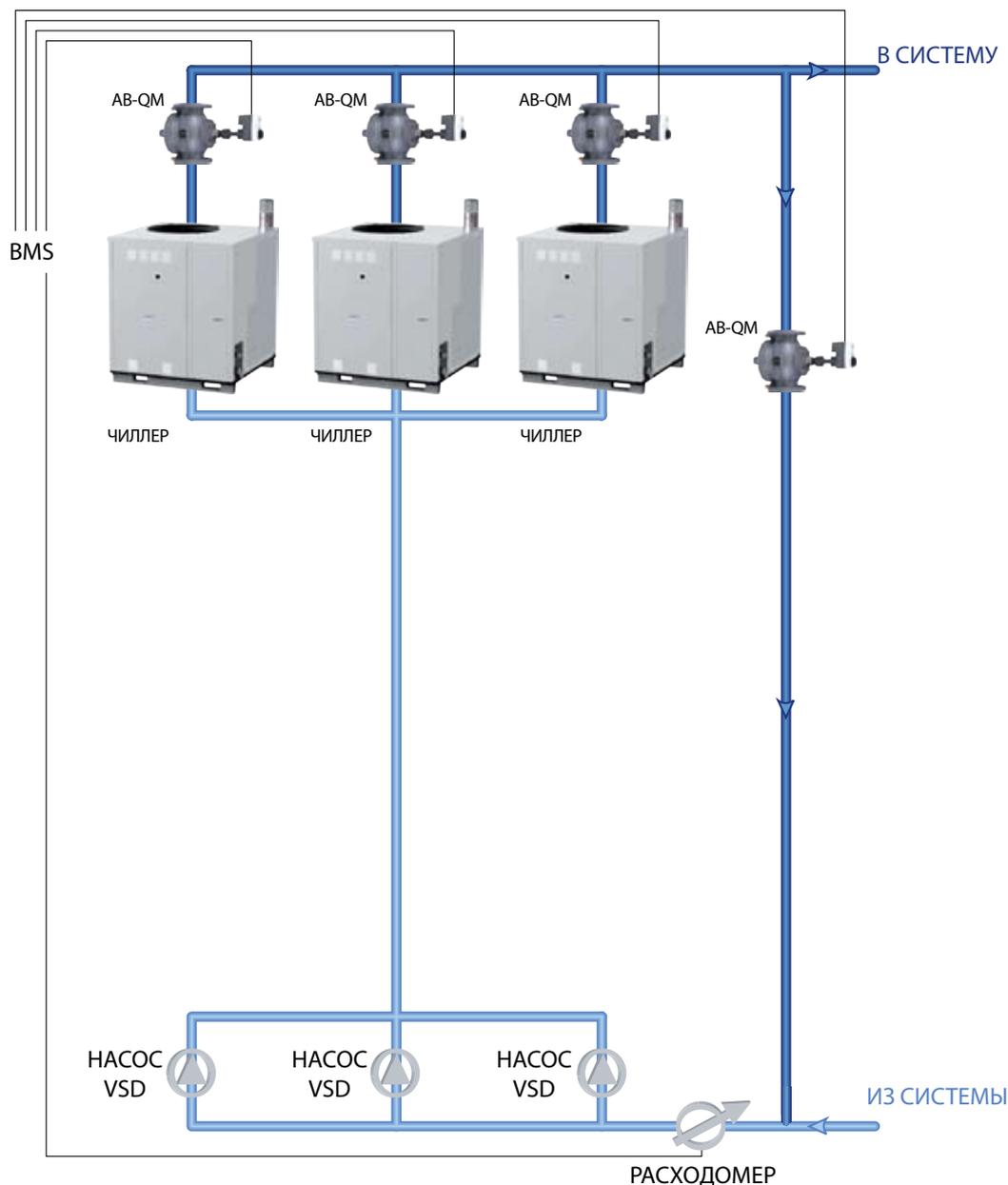
- Комбинированный клапан закрывается при перепаде давления на нем до 6 бар
- Отсутствует явление перерасхода ^{L)}
- Достигается оптимальная работа насоса
- Минимальное суммарное энергопотребление, **МАКСИМАЛЬНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**
- Система управления должна исключать возможность одновременной работы на приборе контуров отопления и охлаждения



2.1.6

Обвязка чиллера – система с переменным гидравлическим режимом⁰⁾ в контуре чиллера с регулируемыми насосами и контролируемым минимально-необходимым расходом через чиллер

(Современное решение с переменным гидравлическим режимом в контуре чиллера и минимальным расходом через байпас. Очень высокоэффективная схема.)



AB-QM - Автоматический комбинированный балансировочный клапан

BMS - Система управления

VSD - Частотный регулятор насоса

* Рекомендованное – правильное решение, высокая эффективность.

1

Проектирование

- Расчет гидравлики производится с минимальным расходом через байпас
- Напор насоса рассчитывается на сопротивление системы при номинальном расходе
- Байпас рассчитывается относительно минимального расхода через чиллер
- Комбинированное управление системой

2

Эксплуатационные затраты

- Возможны **НАИМЕНЬШИЕ** расходы на работу насоса ^{F)} (переменный гидравлический режим в контуре чиллера)
- Точное поддержание температуры среды, устраняется «синдром низкого Δt » ^{H)}
- **ВЫСОКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ** чиллера
- Позволяет оптимизировать работу насоса ^{J)}
- Минимальный расход через байпас

3

Капиталовложения

- Капиталовложения в сравнении с традиционной системой ^{I)} – ниже (нет разделителя, не нужен дополнительный насос за байпасной линией)
- Необходим насос с частотным регулированием ^{S)}

4

Особенности функционирования системы

- Независимое регулирование гидравлики со **100% АВТОРИТЕТОМ** на каждом чиллере
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ПРЕВОСХОДНАЯ**
- Пусконаладочные работы не нужны
- Насос с частотным регулированием обеспечивает наивысшее энергосбережение ^{T)}
- Точное поддержание температуры среды

5

Прочие

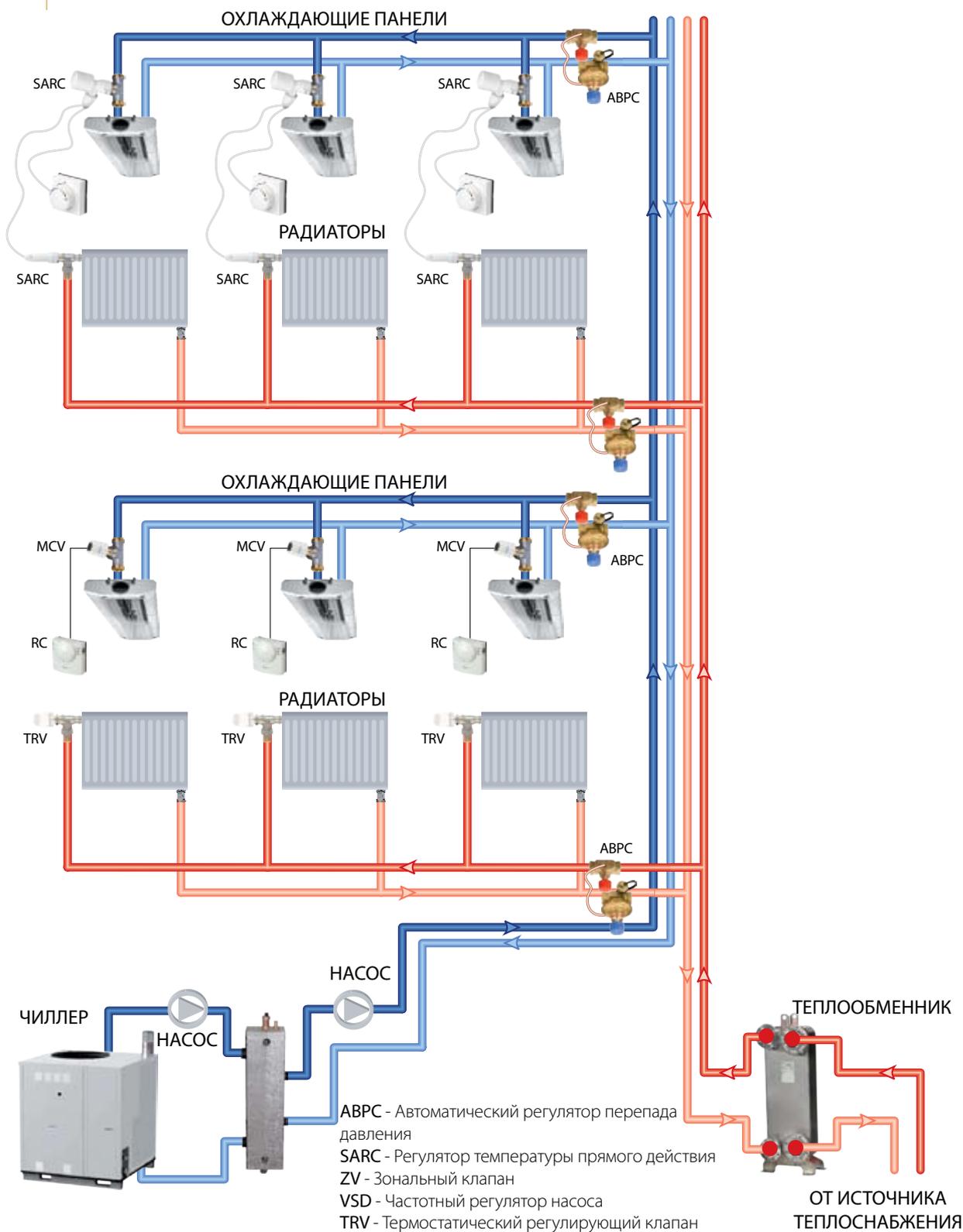
- Регулирование чиллеров не зависит от давления
- Нет перерасхода ^{U)} через чиллер
- Надежная и высокоэффективная схема (особенно если регулирование на потребителях осуществляется комбинированными клапанами)



2.1.7

Система с переменным гидравлическим режимом, решение для обвязки фанкойлов, потолочных панелей и других видов комбинированных систем тепло/холодоснабжения с регуляторами температуры прямого действия

(В данном случае имеем переменный гидравлический режим в системе и постоянный перепад давления на каждой ветке независимо от колебаний давления в системе. Благодаря этому уменьшается перерасход и проблемы с шумом при работе с частичной нагрузкой.)



* Рекомендованное – правильное решение, высокая эффективность.

1

Проектирование

- **ТРАДИЦИОННЫЙ РАСЧЕТ^{A)}, ВКЛЮЧАЮЩИЙ:** расчет k_{vs} и авторитетов регулирующих клапанов
- Упрощенный расчет гидравлики (можно разбить систему на несколько независимых подсистем)
- Необходим расчет преднастройки на регуляторах перепада давления
- Напор насоса рассчитывается на сопротивление системы при номинальном расходе

2

Эксплуатационные затраты

- **СРЕДНИЕ** расходы на работу насоса^{F)} (ограниченное количество приборов на ветке из-за риска возникновения перерасхода)
- Теплотери/теплопритоки в трубопроводах минимальные
- Выше требуемый напор насоса – возникают дополнительные потери из-за необходимости применения регуляторов перепада давления
- Позволяет оптимизировать работу насоса^{J)}
- Регулирующие клапаны прямого действия – низкие колебания температуры^{K)} в помещении
- **ПЕРЕНАЛАДКА^{C)}** системы не требуется

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты^{I)} – **УМЕРЕННЫЕ** (2-ходовые регулирующие клапаны + регуляторы температуры прямого действия + регуляторы перепада давления на ответвлениях)
- **НИЖЕ** стоимость установки^{I)} – отсутствует монтаж электропроводки
- Наладка системы^{B)} не требуется, только выполнение простой преднастройки
- Позволяет применить насос с частотным регулированием^{S)} (постоянная характеристика регулирования)

4

Особенности функционирования системы

- Стабильная температура в помещении^{V)}, высокий уровень комфорта
- Перепад давления на регулирующих клапанах близкий к постоянному
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ХОРОШАЯ**
- Насос с частотным регулированием обеспечит увеличение энергосбережения^{T)}
- Расход на прибор определяется преднастройкой на регулирующем клапане

5

Прочие

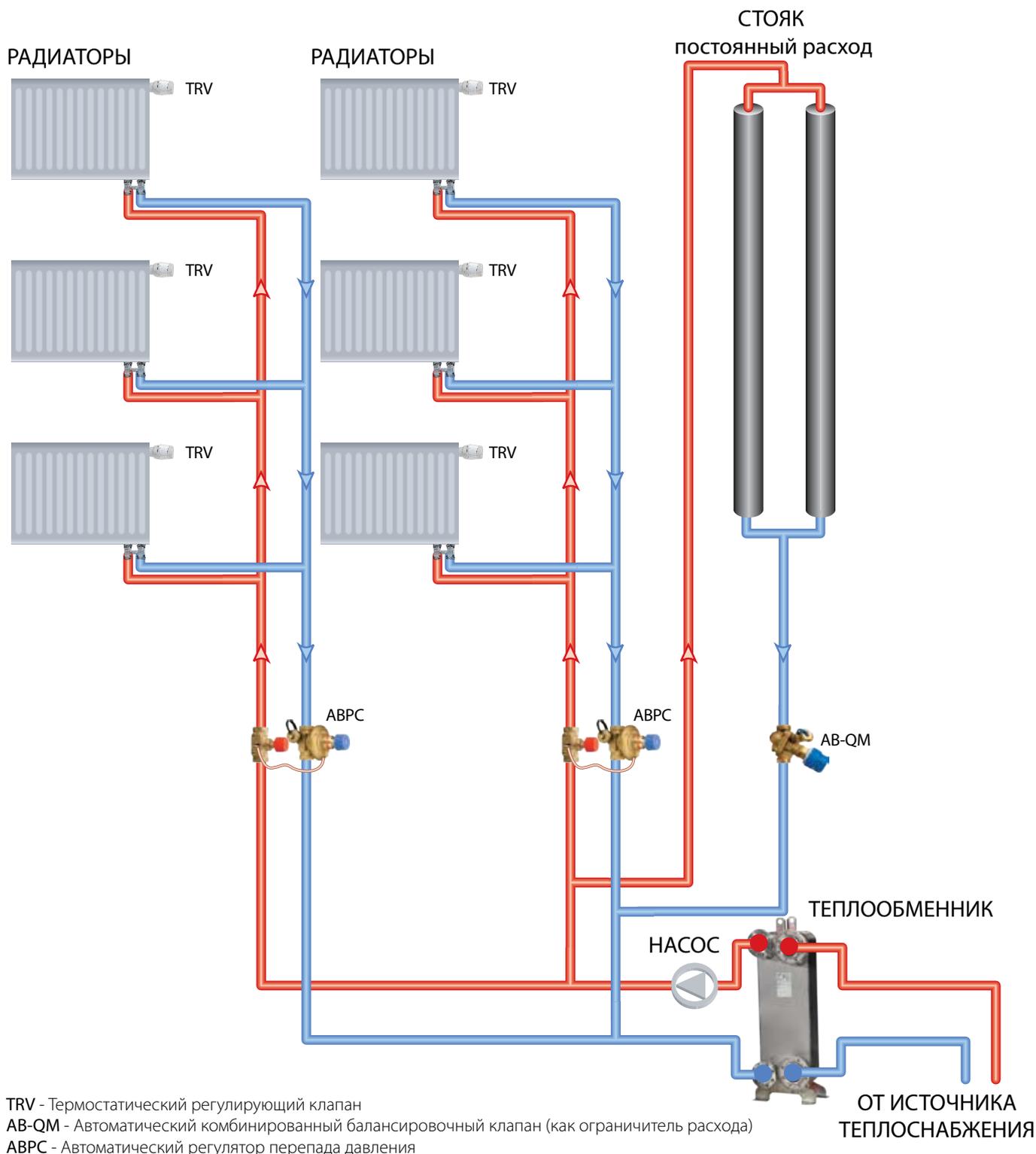
- Незначительный перерасход при частичной нагрузке
- Для обеспечения хороших авторитетов регулирующих клапанов перепад давления на каждом из них должен составлять не менее половины установленного Δp на соответствующем регуляторе перепада давления
- Соответственно, необходим насос большей производительности



2.1.8

Система с переменным гидравлическим режимом, оптимальное решение для двухтрубной системы радиаторного отопления с термостатическими регулирующими клапанами на радиаторах

(В данном случае имеем переменный гидравлический режим в системе и постоянный перепад давления на каждом стояке независимо от временной нагрузки и колебаний давления в системе.)



* Рекомендованное – правильное решение, высокая эффективность.

1

Проектирование

- **ТРАДИЦИОННЫЙ РАСЧЕТ** ^{A)}, **ВКЛЮЧАЮЩИЙ**:
 - расчет k_v (преднастроек) и авторитетов регулирующих клапанов
- Упрощенный расчет гидравлики (можно разбить систему на несколько независимых подсистем)
- Простой расчет перепада давления поддерживаемого регулятором: рекомендуемый перепад давления 10 кПа
- Напор насоса рассчитывается на сопротивление системы при номинальном расходе

2

Эксплуатационные затраты

- **СРЕДНИЕ** расходы на работу насоса ^{F)}
- Незначительное остывание теплоносителя в трубопроводах
- Выше требуемый напор насоса – возникают дополнительные потери из-за необходимости применения регуляторов перепада давления
- Позволяет оптимизировать работу насоса ^{J)}
- Достигаются **ВЫСОКИЕ АВТОРИТЕТЫ** ^{E)} регулирующих клапанов
- Регуляторы прямого действия – низкие колебания температуры ^{K)} в помещении

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{I)} – **ПРИЕМЛЕМЫЕ** (термостатические регулирующие клапаны + автоматические регуляторы перепада давления на ответвлениях)
- Меньше клапанов, чем при ручной балансировке – ниже стоимость инсталляции ^{I)}
- Наладка ^{B)} системы, как правило, не требуется
- Позволяет применить насос с частотным регулированием ^{S)} (с постоянной характеристикой регулирования)

4

Особенности функционирования системы

- Перепад давления на регулирующих клапанах, близкий к постоянному
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ХОРОШАЯ** – высокий уровень комфорта
- Минимальные колебания температуры ^{K)} в помещении (регуляторы температуры прямого действия)
- Частотное регулирование насоса обеспечит дополнительное энергосбережение ^{T)}

5

Прочие

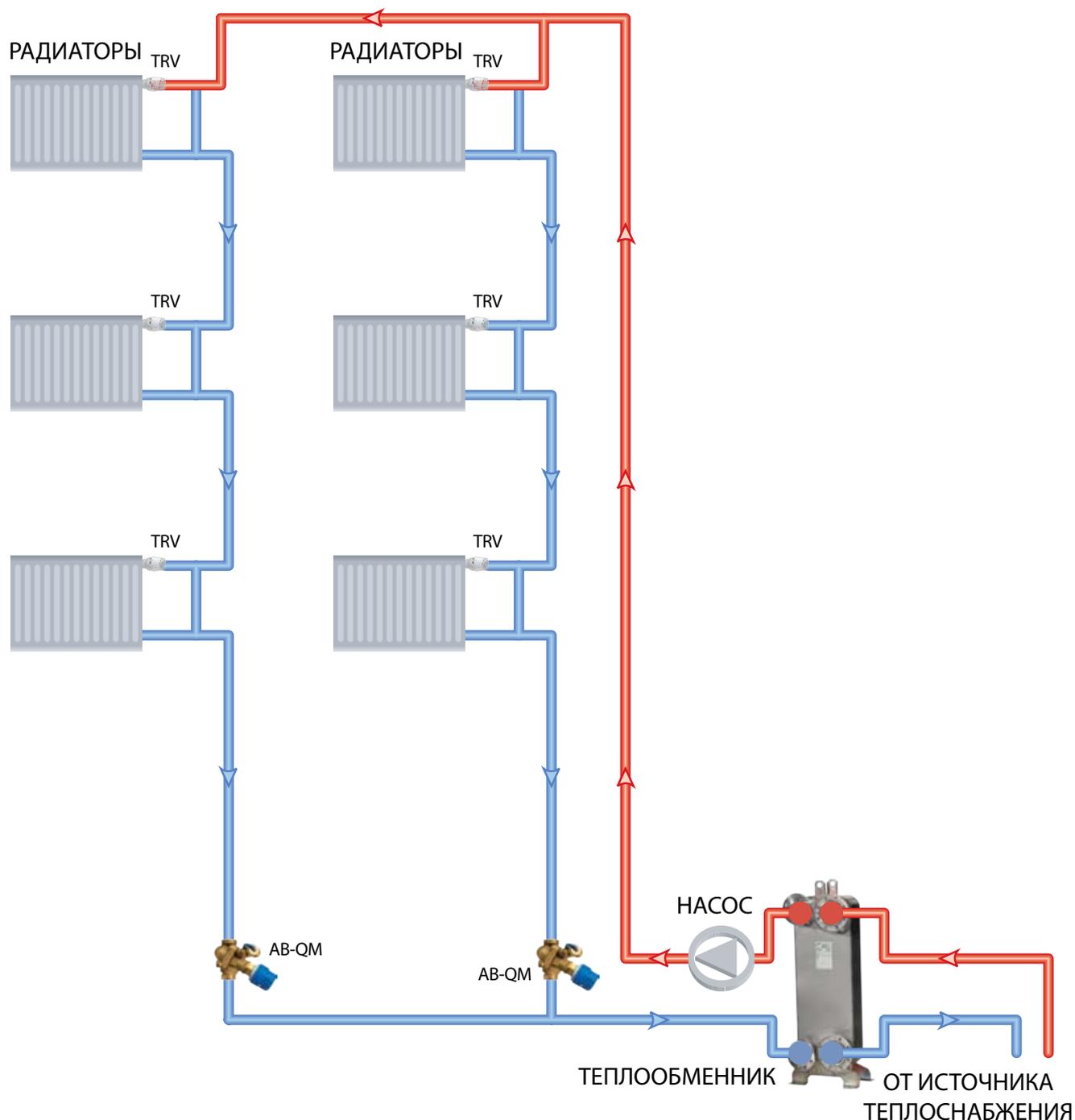
- Незначительный перерасход при частичной нагрузке
- Для обеспечения хороших авторитетов регулирующих клапанов перепад давления на каждом из них должен составлять не менее половины установленного D_r на соответствующем регуляторе перепада давления
- Соответственно, необходим насос большей производительности



2.1.9

Однотрубная система радиаторного отопления с термостатическими регулирующими клапанами на радиаторах и автоматическими ограничителями расхода

(В данном случае имеем постоянный расход в стояках, полученный с помощью автоматических регуляторов расхода для обеспечения корректного распределения теплоносителя в системе.)



TRV - Термостатический регулирующий клапан

AV-QM - Автоматический комбинированный балансировочный клапан (как ограничитель расхода)

* Рекомендованное – правильное решение, высокая эффективность.

1

Проектирование

- Специальный метод расчета по “ α ” (коэффициент затекания) и размеру радиатора. k_v клапана (пропускная способность) также должно быть учтено
- Расчет остывания теплоносителя в вертикальном трубопроводе
- **УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ ГИДРАВЛИКИ (РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ МЕЖДУ СТОЯКАМИ)**
- Расчет преднастроек не нужен
- Напор насоса рассчитывается на сопротивление системы при номинальном расходе

2

Эксплуатационные затраты

- **ВЫСОКИЕ** расходы на работу насоса^{F)}
- Теплотери в трубопроводах высокие, но большинство из них попадают в обогреваемые помещения (вертикальный стояк)
- Выше требуемый напор насоса – длинные участки трубопроводов и относительно высокие значения k_v на байпасах^{J)}
- Позволяет оптимизировать работу насоса^{J)} (с частотным регулированием насоса и клапанами АВ-QM с измерительными ниппелями)

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты^{I)} – **СРЕДНИЕ**
- Меньше клапанов, чем в случае с ручной балансировкой – ниже стоимость инсталляции^{I)}
- Наладка^{B)} системы не требуется
- Частотное регулирование насоса^{S)} необязательно

4

Особенности функционирования системы

- Регулирование гидравлики осуществляется только на стояках – требуемый расход приблизительно постоянный
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ХОРОШАЯ**
- Низкие колебания температуры в помещении^{K)} (регуляторы прямого действия), несмотря на тепловой поток от трубопроводов

5

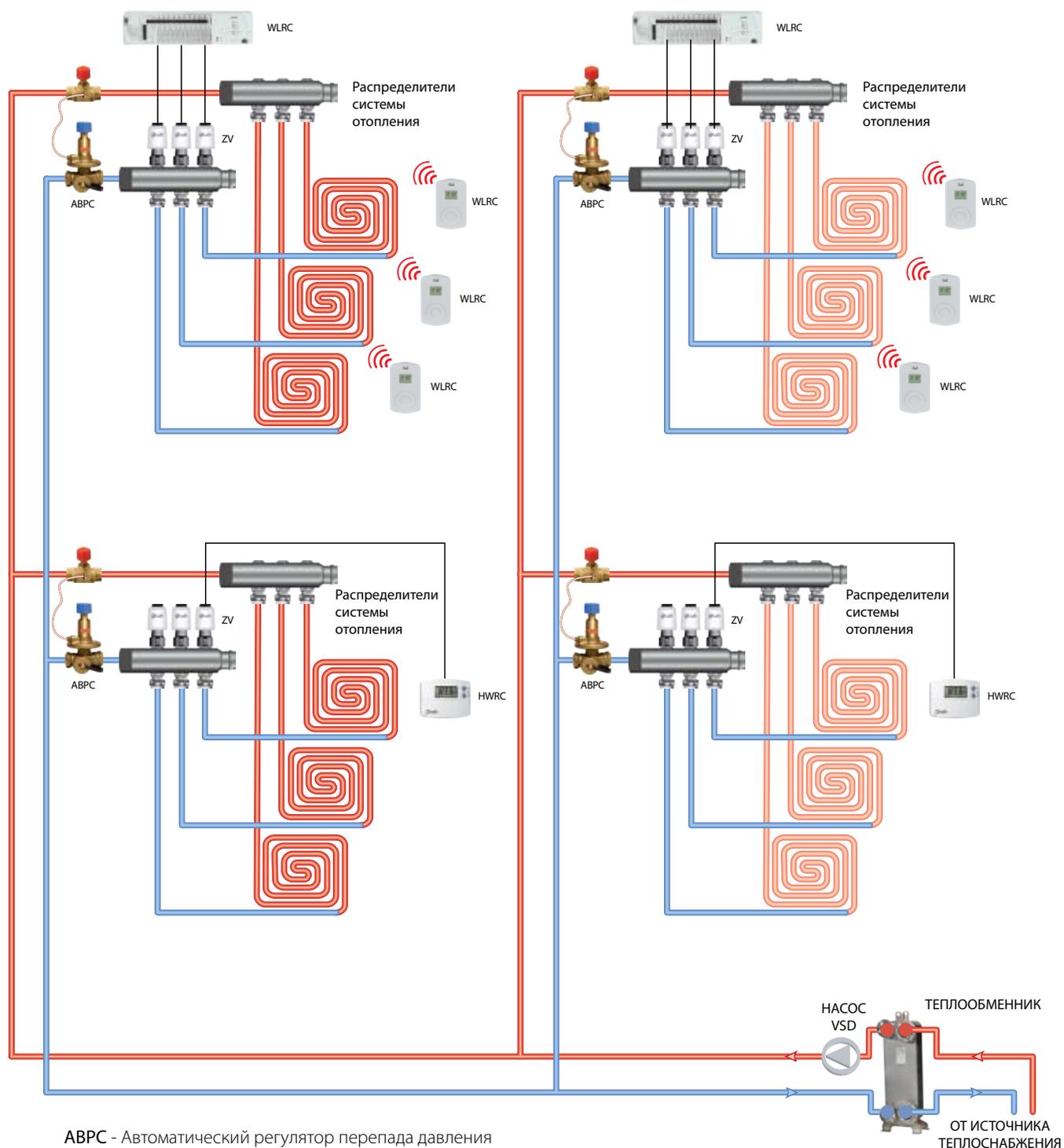
Прочие

- Незначительный перерасход в системе при частичной нагрузке (клапан АВ-QM поддерживает постоянный расход на стояк даже если регулирующие клапаны закрыты)



2.1.10

Система с переменным гидравлическим режимом, решение для двухтрубных систем панельно-лучистого отопления (напольного или стенового) с распределительными гребенками и индивидуальными комнатными регуляторами
(В данном случае имеем переменный гидравлический режим в системе и постоянный перепад давления на каждой паре гребенок независимо от временной нагрузки и колебаний давления в системе.)



ABPC - Автоматический регулятор перепада давления
VSD - Частотный регулятор насоса
WLRC - Комнатный термостат с радиокмутацией
HWRC - Комнатный термостат с проводной комутацией
ZV - Зональный клапан

* Рекомендованное – правильное решение, высокая эффективность.

1

Проектирование

- **ТРАДИЦИОННЫЙ РАСЧЕТ^{A)}, ВКЛЮЧАЮЩИЙ ДЛЯ КЛАПАНОВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ НАСТРОЙКИ КАЖДОГО КОНТУРА:**
- k_v преднастройки, расчет потерь давления
- Упрощенный расчет гидравлики (можно разбить систему на несколько независимых подсистем)
- Простой расчет перепада давления поддерживаемого регулятором: рекомендованный перепад давления 10 кПа
- Напор насоса рассчитывается по номинальному расходу

2

Эксплуатационные затраты

- **НИЗКИЕ** расходы на работу насоса^{F)}
- Теплотери в трубопроводах низкие
- Выше требуемый напор насоса – возникают дополнительные потери из-за необходимости применения регуляторов перепада давления
- Позволяет оптимизировать работу насоса^{J)}
- Как правило, ВКЛ/ВЫКЛ регулирование на большой теплоаккумулирующей поверхности – выше колебания температуры^{K)} в помещении

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты^{L)} – **УМЕРЕННЫЕ**
- Меньшее количество клапанов, чем в варианте с ручной балансировкой – ниже стоимость инсталляции^{M)}
- Наладка^{N)} системы не нужна
- Позволяет применить насос с частотным регулированием^{S)} (постоянная характеристика регулирования)

4

Особенности функционирования системы

- Регулирование гидравлики только на гребенках. Перепад давления на них близкий к постоянному
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ХОРОШАЯ** – допускается пониженная температура в помещении
- Частотное регулирование насоса обеспечивает дополнительное энергосбережение^{T)}

5

Прочие

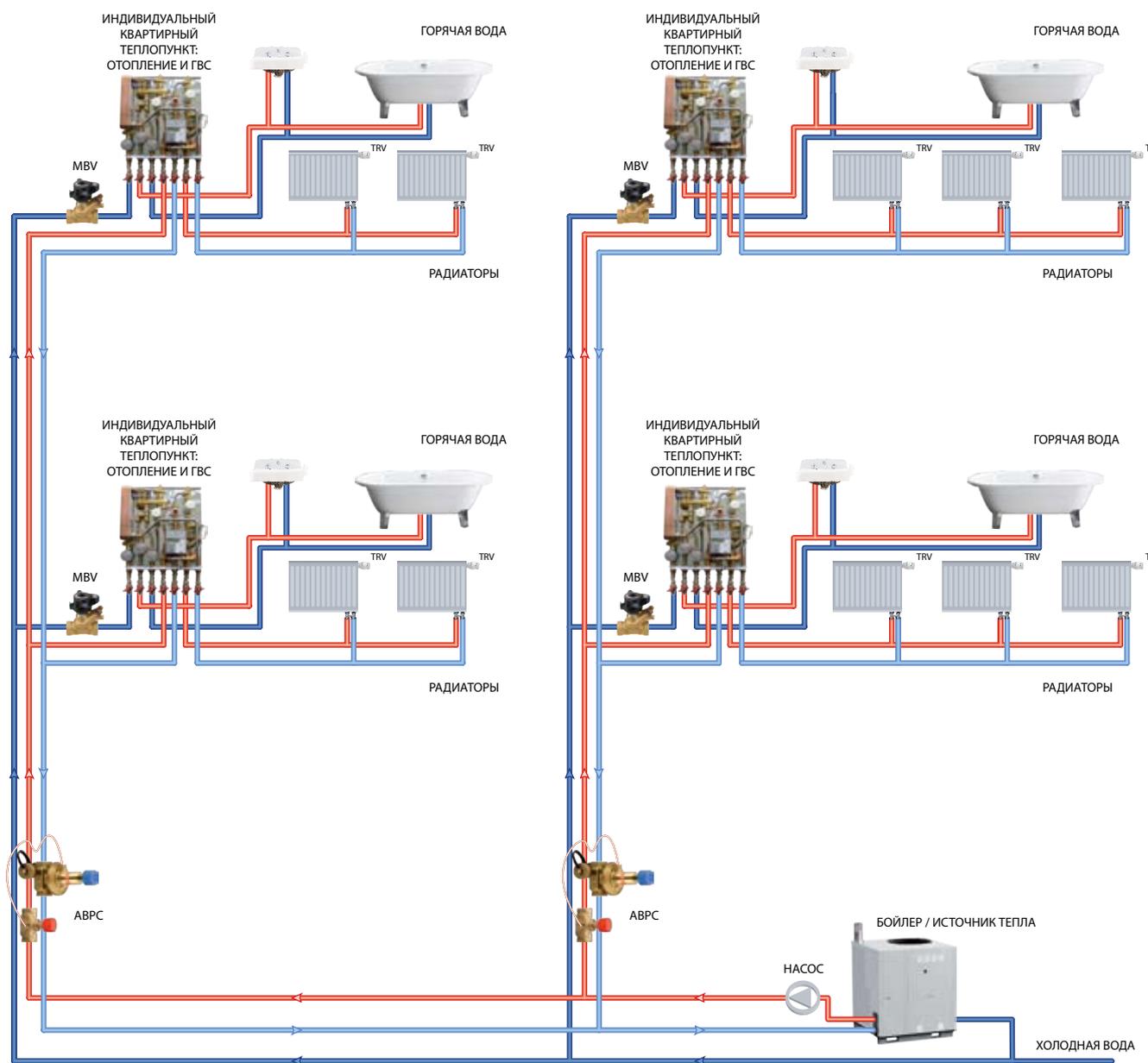
- Минимальный перерасход при частичной нагрузке в системе (постоянный перепад давления в каждом кольце)



2.1.11

Система с переменным гидравлическим режимом, решение с индивидуальными квартирными тепловыми пунктами

(В данном случае имеем переменный гидравлический режим в первичной сети (теплоснабжающей) и ограничение расхода в часть здания из соображений одновременности.)



ABPC - Автоматический регулятор перепада давления
MBV - Ручной балансировочный клапан
TRV - Термостатический регулирующий клапан

* Рекомендованное – правильное решение, высокая эффективность.

1

Проектирование

- Требуемый перепад давления в тепловом пункте – известная величина
- Квартирный тепловый пункт оборудован регулятором перепада давления по контуру отопления (это предохраняет от избыточного давления)
- **НЕОБХОДИМ СПЕЦИАЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ГИДРАВЛИКИ**: диаметр трубопровода зависит от коэффициента одновременности
- Расчет преднастроек на терморегуляторах во вторичном контуре в пределах регулируемого перепада давления
- Простой расчет перепада давления поддерживаемого регулятором: рекомендованный перепад давления на нем 10 кПа
- Напор насоса рассчитывается на сопротивление системы при номинальном расходе с учетом коэффициента одновременности

2

Эксплуатационные затраты

- **СРЕДНИЕ** расходы на работу насоса ¹⁾
- Теплотери в трубопроводах низкие (3 трубопровода вместо 5)
- Выше требуемый напор насоса – высокий перепад на квартирном тепловом пункте и дополнительные потери давления на регуляторе Δp и ограничителе расхода

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ¹⁾ – **ВЫСОКИЕ** (квартирный тепловой пункт + регуляторы перепада давления и ограничители расхода на стояках)
- Меньше трубопроводов и дополнительного оборудования – отсутствует система горячего водоснабжения. Горячая вода готовится непосредственно в квартире
- Наладка необходима (установка Δp на регуляторе и ограничение расхода)
- Позволяет применить насос с частотным регулированием ⁵⁾ (постоянная характеристика регулирования)

4

Особенности функционирования системы

- Регулирование гидравлики внутри квартирного теплового пункта и в нижней части стояков
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ОЧЕНЬ ХОРОШАЯ**
- **ВЫСОКИЙ УРОВЕНЬ КОМФОРТА** (индивидуальный учет тепла, простая система, ГВС ^{М)} мгновенного приготовления, регуляторы температуры помещения прямого действия, возможность автоматического переключения режимов работы)
- Энергоэффективное решение, низкие теплотери в трубопроводах
- Частотное регулирование насоса обеспечит увеличение энергосбережения ¹⁾

5

Прочие

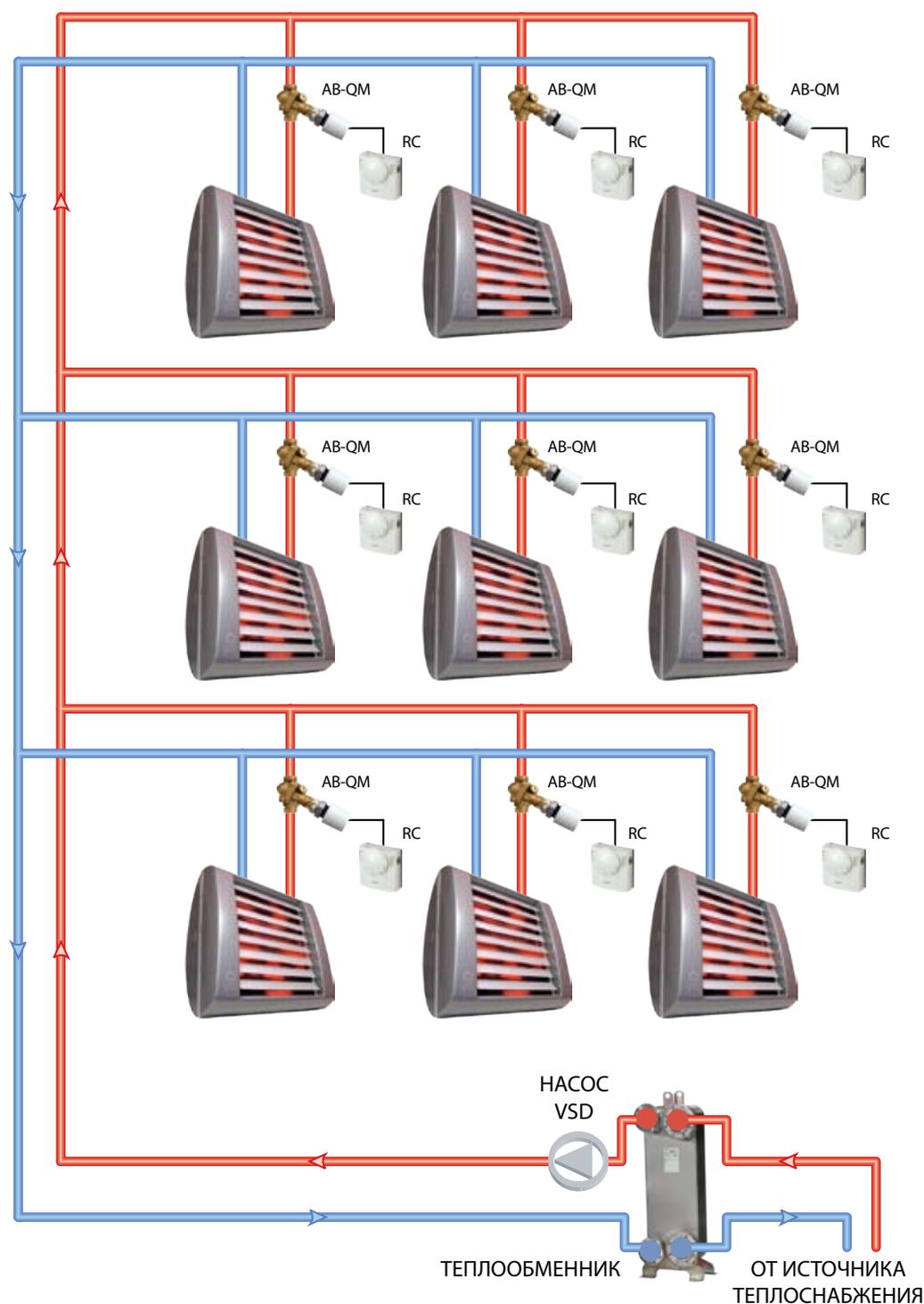
- Рекомендуются термостатические регулирующие клапаны для систем отопления
- Минимальный перерасход при частичной нагрузке в системе (быстрое реагирование регулятора температуры ГВС)
- Встроенный байпас в квартирном тепловом пункте предохраняет теплообменник от перегрева



2.1.12

Система с переменным гидравлическим режимом, решение для обвязки установок воздушного отопления, тепловых завес и пр.

(В данном случае имеем переменный гидравлический режим в системе и ограничение расхода (или регулирование) на каждом потребителе, независимое от колебаний давления в системе. Благодаря этому исключена любая возможность перерасхода на протяжении всего периода эксплуатации.)



AB-QM - Автоматический комбинированный балансировочный клапан
RC - Комнатный термостат
VSD - Частотный регулятор насоса

* Рекомендованное – правильное решение, высокая эффективность.

1

Проектирование

- **ПРОСТОЙ МЕТОД РАСЧЕТА:** никаких k_{vs} , авторитетов
- **АВТОРИТЕТ 100%** – регулирование не зависит от давления
- Упрощенный расчет настройки расхода согласно тепловой нагрузке
- Напор насоса рассчитывается согласно мин. Др на клапане и потерь давления в системе при номинальном расходе

2

Эксплуатационные затраты

- **НАИМЕНЬШИЕ** расходы на работу насоса ^{F)} (отсутствует явление перерасхода)
- Теплопотери/теплопритоки в трубопроводах минимальные
- Наименьший требуемый напор насоса
- Позволяет оптимизировать работу насоса⁾
- Регулирующие клапаны – **100% АВТОРИТЕТ** и наилучшая эффективность – минимальные колебания температуры в помещении ^{K)}
- Переналадка^{C)} системы не требуется

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{l)} – **УМЕРЕННЫЕ** (по одному клапану АВ-QM на прибор)
- Не требует дополнительных балансировочных клапанов в системе
- Меньше клапанов в системе – ниже стоимость инсталляции ^{l)}
- Наладка^{B)} системы не требуется
- Позволяет применить насос с частотным регулированием ^{S)} (пропорциональная характеристика регулирования)

4

Особенности функционирования системы

- Регулирование гидравлики только на потребителей со **100% АВТОРИТЕТОМ**
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ПРЕВОСХОДНАЯ**
- **ПУСКОНАЛАДОЧНЫЕ РАБОТЫ** не требуется
- Частотное регулирование насоса обеспечит увеличение энергосбережения ^{T)}

5

Прочие

- Клапан АВ-QM закрывается при перепаде давления на нем до 6 бар
- Отсутствие перерасхода ^{l)}
- Достигается оптимальная работа насоса
- Минимальное суммарное энергопотребление, **МАКСИМАЛЬНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ**

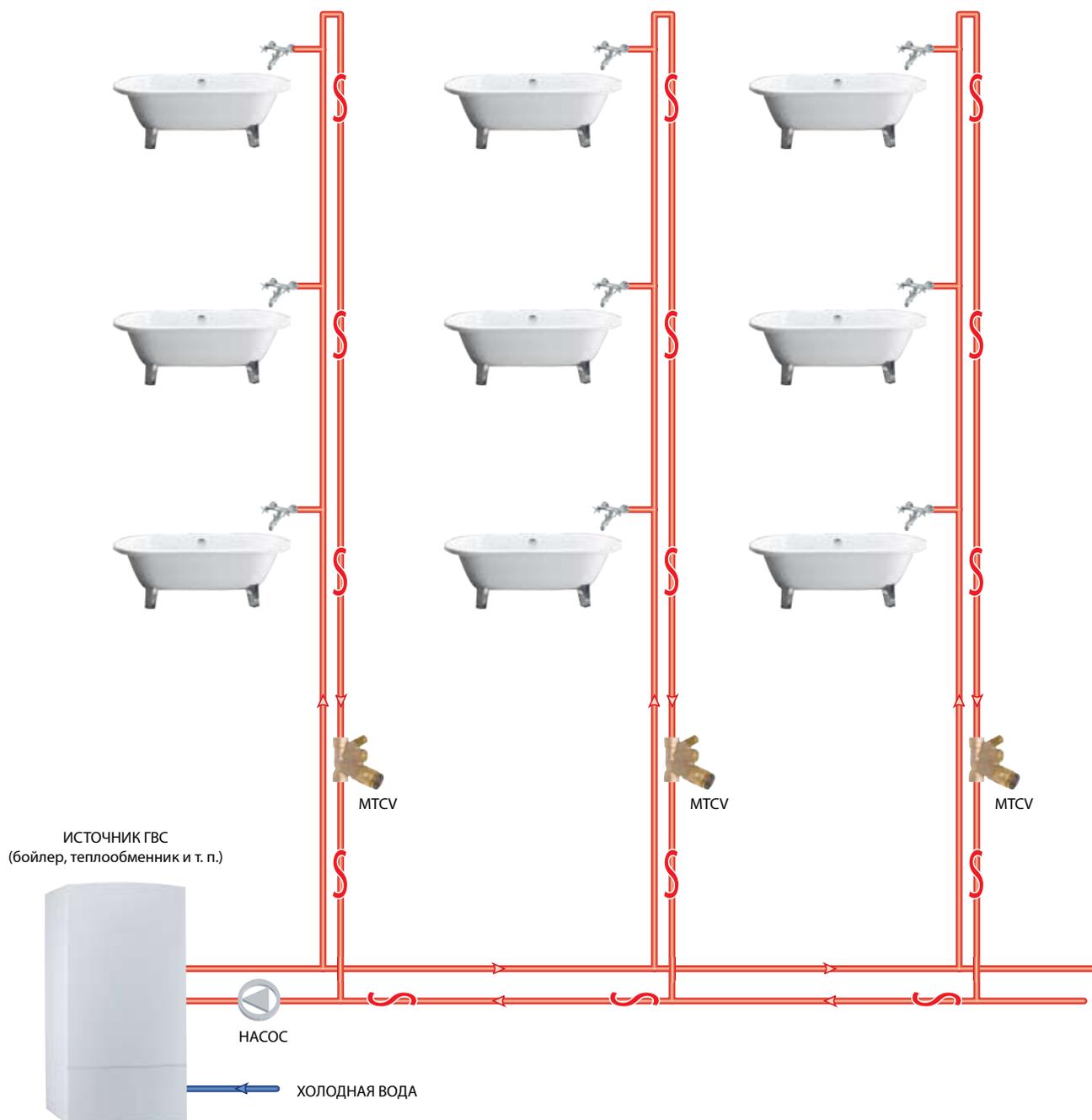


2.1.13

Система с переменным гидравлическим режимом, решение с автоматической температурной балансировкой системы ГВС с циркуляцией

(В данном случае имеем переменный гидравлический режим в контуре ГВС и равную температуру на каждом приборе водоразбора независимо от расстояния между бойлером и временным пользователем горячей водой. Благодаря этому уменьшается количество циркулирующей воды на протяжении всего периода.

Термическая дезинфекция возможна с применением дополнительного оборудования.)



MTCV - Многофункциональный клапан регулирования температуры

* Рекомендованное – правильное решение, высокая эффективность.

1

Проектирование

- **УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ**, включающий для регулирующих клапанов прямого действия: расчет k_{vs} и авторитетов
- Упрощенный расчет гидравлики – только расчет трубопроводов
- Расчет преднастроек не нужен
- Напор насоса рассчитывается на сопротивление системы при номинальном расходе

2

Эксплуатационные затраты

- **НИЗКИЕ** расходы на работу насоса ^{F)}
- Минимальные теплотери в циркуляционном трубопроводе
- Оптимизация работы насоса ^{J)} производится
- Регулирующие клапаны прямого действия обеспечивают постоянную температуру горячей воды ^{Z)} в точках водоразбора
- **ПЕРЕНАЛАДКА** ^{C)} системы не требуется
- Высокая эффективность бойлера из-за большего ΔT в системе

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{I)} – **СРЕДНИЕ**: МТСВ более дорогостоящие, чем ручные балансировочные клапаны, но имеют короткий срок окупаемости
- **НИЖЕ** стоимость инсталляции ^{I)} – не нужны клапаны-партнеры ^{N)}
- Наладка системы не требуется ^{B)}
- Частотное регулирование насоса ^{S)} рекомендуется (постоянная характеристика регулирования)

4

Особенности функционирования системы

- Стабильная температура циркулирующей воды, высокий уровень комфорта
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ОЧЕНЬ ХОРОШАЯ**
- Частотное регулирование насоса и высокая эффективность бойлера обеспечивают энергосбережение ^{T)}

5

Прочие

- Нет перерасхода, расход соответствует требуемому (в случае включения водоразбора - вода горячая, МТСВ ограничивает циркуляцию)
- Уменьшение затрат благодаря соответствующей температуре воды в точке водоразбора
- Термическая дезинфекция возможна с применением дополнительного оборудования

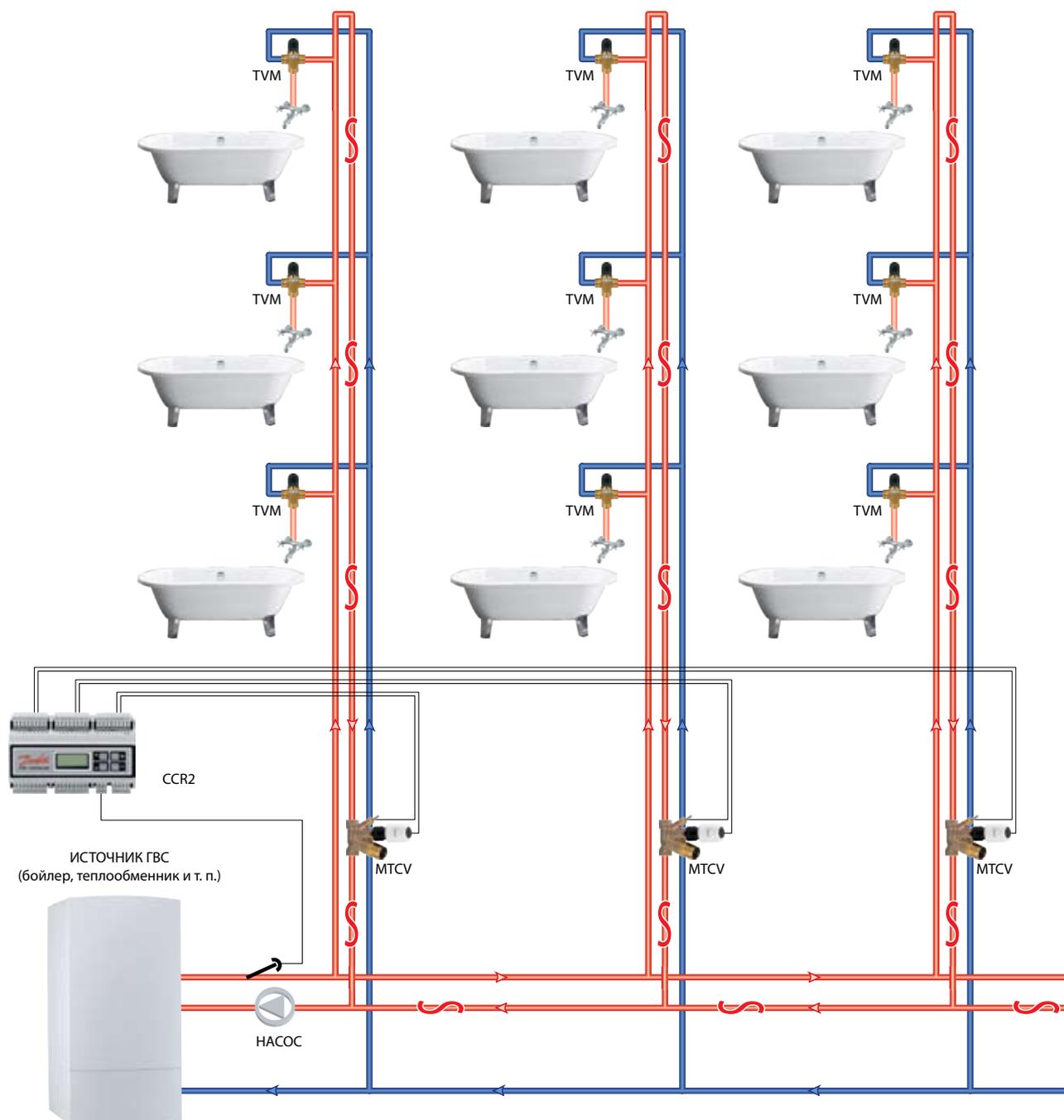


2.1.14

Система с переменным гидравлическим режимом, решение с автоматической температурной балансировкой системы ГВС с циркуляцией

(В данном случае имеем переменный гидравлический режим в системе ГВС и постоянную температуру воды в точке водоразбора независимо от расстояния между источником ГВС и потребителем. В связи с этим уменьшается количество циркулирующей воды.)

Термическая дезинфекция возможна с применением дополнительного оборудования.)



MTCV - Многофункциональный клапан регулирования температуры

TVM - Терморегулирующий смесительный клапан

CCR2 - Регистр данных и дезинфекционная электроника

* Рекомендованное – правильное решение, высокая эффективность.

1

Проектирование

- **УПРОЩЕННЫЙ РАСЧЕТ**, включающий для регулирующих клапанов прямого действия: расчет k_{vs} и авторитетов
- Упрощенный расчет гидравлики – только расчет трубопроводов
- Расчет преднастроек не нужен
- Напор насоса рассчитывается на сопротивление системы при номинальном расходе

2

Эксплуатационные затраты

- **НИЗКИЕ** расходы на работу насоса ^{F)}
- Минимальные теплотери в контуре циркуляции
- Оптимизация работы насоса ^{J)} производится
- Регулирующие клапаны прямого действия обеспечивают постоянную температуру воды ^{Z)} в точках водоразбора
- **ПЕРЕНАЛАДКА** ^{C)} системы не требуется
- Высокая эффективность бойлера из-за большего ΔT в системе

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{I)} – **ВЫСОКИЕ** (MTCV и CCR2 + (как опция) терморегулирующие смесительные клапаны и функция дезинфекции)
- **НИЖЕ** стоимость инсталляции ^{I)} – не нужны клапаны-партнеры ^{N)}
- Наладка системы ^{B)} не требуется
- Частотное регулирование насоса ^{S)} рекомендуется (постоянная характеристика регулирования)

4

Особенности функционирования системы

- Стабильная температура циркулирующей воды, высокий уровень комфорта
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ОЧЕНЬ ХОРОШАЯ**
- Частотное регулирование насоса и высокая эффективность бойлера обеспечивают энергосбережение ^{T)}

5

Прочие

- Нет перерасхода, расход на циркуляцию соответствует требуемому (в случае включения водоразбора – вода горячая, MTCV ограничивает циркуляцию)
- Уменьшение затрат благодаря соответствующей температуре воды в точке водоразбора (в случае применения TVM)
- Термическая дезинфекция ^{Q)} системы превосходная – оптимизирована и программируема
- Регистрация показаний температуры возможна на CCR2

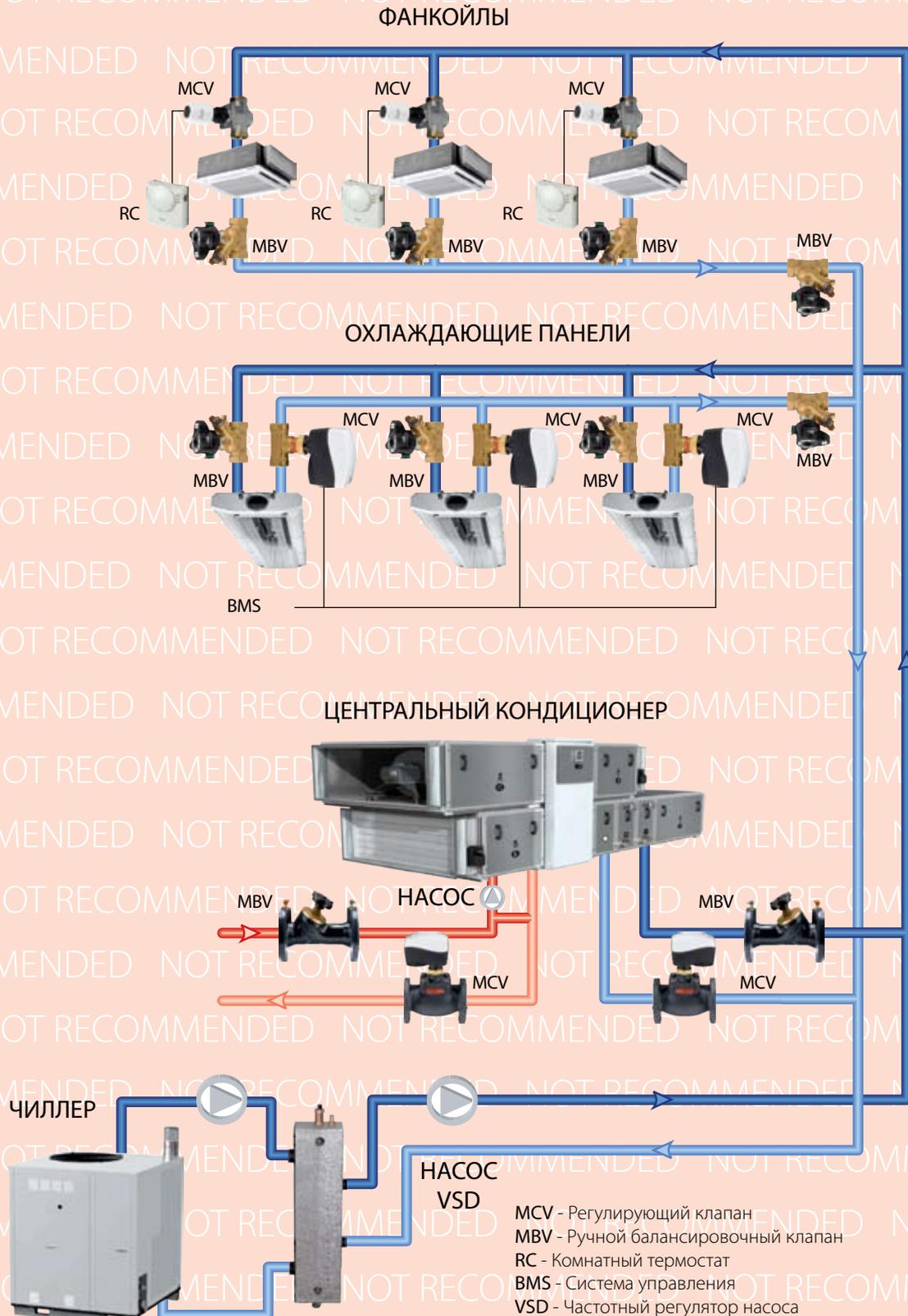
2.2 | Нерекомендуемые и запрещенные решения



2.2.1

Система с переменным гидравлическим режимом, часто используемое решение в радиаторном отоплении, системах отопления/охлаждения с фанкойлами и центральными кондиционерами

(В данном случае имеем переменный гидравлический режим в системе, но нет возможности обеспечить постоянный перепад давления на потребителях. Располагаемое давление в системе колеблется, что является причиной плохого регулирования температуры, перерасхода и проблем с шумом при частичной нагрузке в системе.)



* Не рекомендуемое – неверное решение, сложности эксплуатации, неэффективно.

1

Проектирование

- **ТРАДИЦИОННЫЙ РАСЧЕТ** ^{A)}, **ВКЛЮЧАЮЩИЙ ДЛЯ РЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНОВ:** расчет K_{vs} и авторитетов
- Необходим комплексный гидравлический анализ
- Необходим расчет преднастроек клапанов на потребителях и клапанов-партнеров ^{N)}
- Напор насоса рассчитывается на сопротивление системы при номинальном расходе

2

Эксплуатационные затраты

- **ВЫСОКИЕ** расходы на работу насоса ^{F)} (проблемы с перерасходом)
- Теплотери/теплопритоки в трубопроводах средние
- Высокий требуемый напор насоса – высокие потери давления на регулирующих клапанах для обеспечения хороших авторитетов и дополнительные потери давления на клапанах-партнерах ^{N)}
- Оптимизация работы насоса ^{J)} возможна, если есть клапаны-партнеры + использование компенсационного метода наладки ^{D)}
- Невозможно добиться хорошего авторитета и высокой эффективности
- Переналадка необходима время от времени ^{C)}
- Высокие колебания температуры в помещении

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{I)} – **СРЕДНИЕ** (2-ходовой регулирующий клапан + ручной балансировочный клапан для наладки)
- Дорогостоящие клапаны-партнеры больших диаметров (в основном фланцевые)
- Больше клапанов – выше стоимость инсталляции ^{I)} (особенно для клапанов больших диаметров – фланцевых!)
- Необходима наладка системы ^{B)}
- Позволяет применить насос с частотным регулированием ^{S)} (постоянная характеристика регулирования)

4

Особенности функционирования системы

- Регулирование гидравлики во всей системе (клапаны на потребителях и клапаны-партнеры ^{N)})
- Балансировка при полной нагрузке – хорошая, но при частичной нагрузке – **НЕПРИЕМЛЕМАЯ**
- Наладка очень важна, но действительна только при полной нагрузке в системе
- В случае применения термостатических регулирующих клапанов зона пропорциональности X_r завышена при частичной нагрузке – плохое регулирование температуры в помещении

5

Прочие

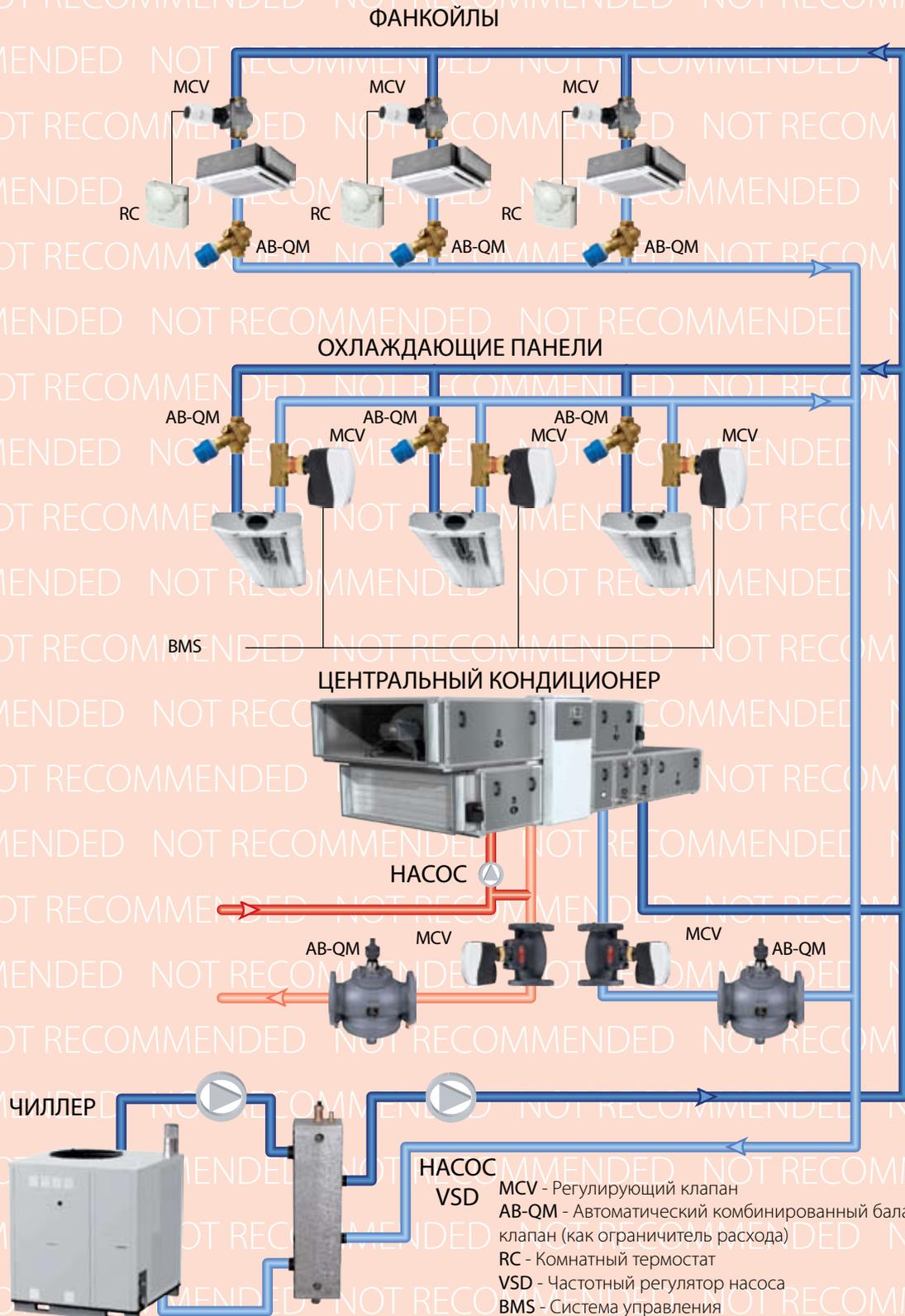
- Значительный перерасход при частичной нагрузке (ручная балансировка)
- Для обеспечения нормальных авторитетов регулирующих клапанов необходим насос большей производительности



2.2.2

Система с переменным гидравлическим режимом, часто используемое решение в радиаторном отоплении, системах тепло/холодоснабжения с фанкойлами и центральными кондиционерами: вариант с ограничителями расхода и РК

(В данном случае имеем переменный гидравлический режим в системе, но нет возможности обеспечить постоянный перепад давления на потребителях и на регулирующих клапанах. Расход ограничивается с помощью клапана АВ-QM, но в случае плавного регулирования он работает противоположно регулируемому клапану.)



* Не рекомендуемое – неверное решение, сложности эксплуатации, неэффективно.

1

Проектирование

- **ТРАДИЦИОННЫЙ РАСЧЕТ** ^{А)}, **ВКЛЮЧАЮЩИЙ ДЛЯ РЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНОВ:** расчет k_{vs} и авторитетов
- Упрощенный расчет гидравлики с клапанами-ограничителями расхода (только расчет настроек расхода)
- Напор насоса рассчитывается на сопротивление системы при номинальном расходе

2

Эксплуатационные затраты

- **СРЕДНИЕ** расходы на работу насоса – макс. расход ограничен на потребителей
- Теплотери/теплопритоки в системе низкие
- Выше требуемый напор насоса – высокие потери давления на регулирующих клапанах для обеспечения хороших авторитетов и избыточные потери давления на клапанах АВ-QM
- Оптимизация работы насоса ^{В)} возможна, если клапаны АВ-QM оснащены измерительными ниппелями
- В случае плавного регулирования, регулирующий клапан и клапан АВ-QM работают противоположно друг другу – регулирование расхода осложнено
- Регулирующие клапаны срабатывают очень часто, и срок их службы сокращается

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{В)} – **ОЧЕНЬ ВЫСОКИЕ** (2 клапана на прибор)
- В два раза больше клапанов – выше стоимость инсталляции ^{В)}
- Позволяет оптимизировать работу насоса
- Позволяет применить насос с частотным регулированием ^{В)} (постоянная характеристика регулирования)

4

Особенности функционирования системы

- Регулирование гидравлики во всей системе
- Хорошая балансировка при полной нагрузке и при частичной в случае ВКЛ/ВЫКЛ регулирования
- В случае плавного регулирования балансировка **НЕПРИЕМЛЕМАЯ** (при частичной нагрузке)
- Важно выставить настройку на клапанах АВ-QM

5

Прочие

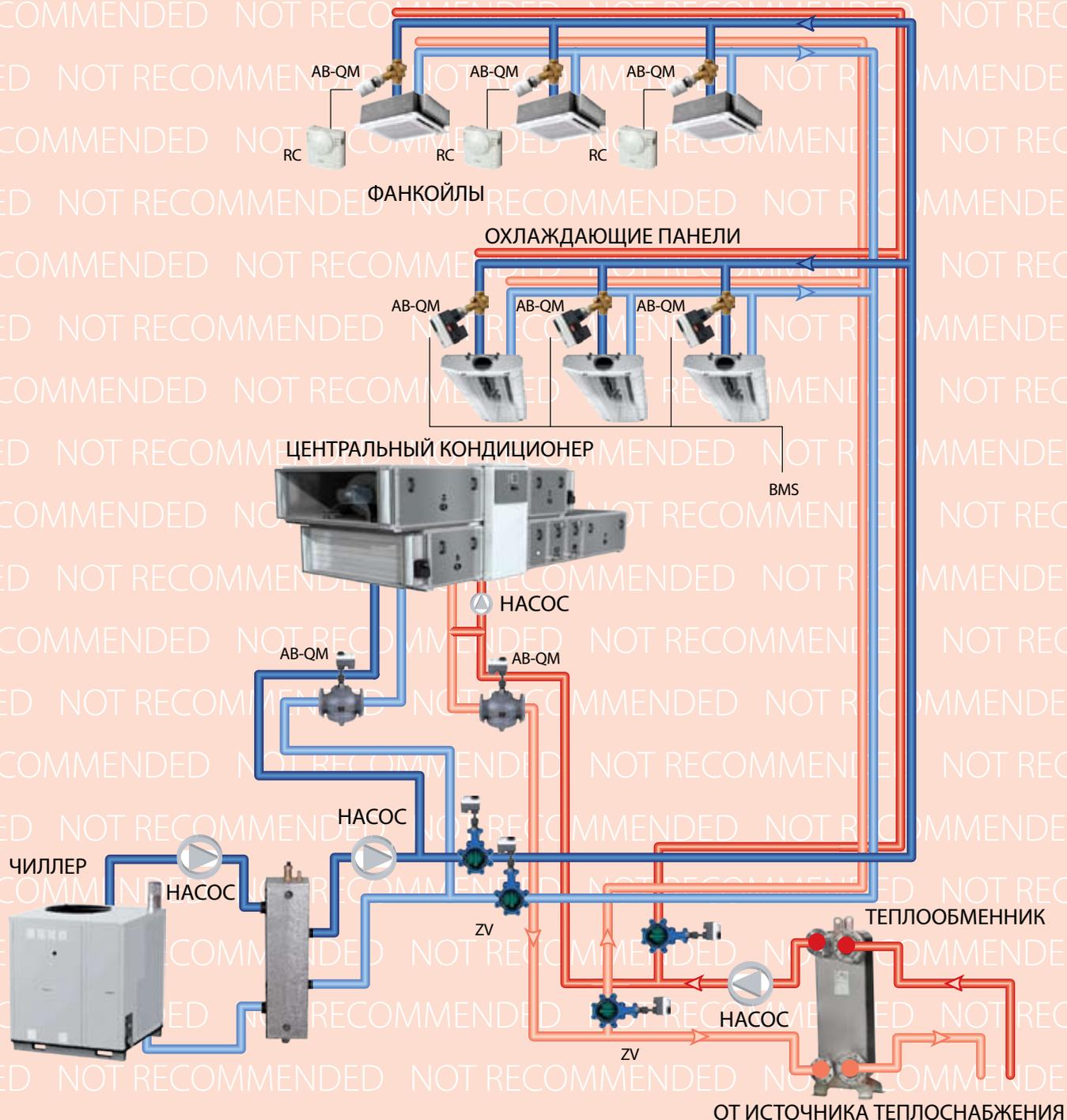
- **ПЕРЕРАСХОД** при частичной нагрузке с плавным регулированием, регулирующий клапан пытается постоянно его компенсировать.
- **СИСТЕМА ОЧЕНЬ НЕСТАБИЛЬНА**
- Необходим насос большей производительности



2.2.3

Двухтрубная система тепло/холодоснабжения с переменным гидравлическим режимом, решение для систем с фанкойлами и другими видами потребителей (например, поверхностного отопления/охлаждения)

(Этим решением невозможно осуществлять отопление и охлаждение одновременно. Необходимо предусмотреть переключение системы зональными клапанами на источники тепла/холода, в зависимости от потребностей здания. Нужно обеспечить ограничение максимального расхода для большего требуемого значения (обычно в холодоснабжении). Расход в период отопления/охлаждения через потребитель независим от колебаний давления в системе.)



- АВ-QM - Автоматический комбинированный балансировочный клапан
- RC - Комнатный термостат
- BMS - Система управления
- VSD - Частотный регулятор насоса
- ZV - Зональный клапан

* Не рекомендованное – неверное решение, сложности эксплуатации, неэффективно.

1 Проектирование

- **ПРОСТОЙ МЕТОД РАСЧЕТА:** никаких k_{vs} , авторитетов
- Простой расчет настройки расхода согласно большему требуемому значению потребления (для отопления или охлаждения)
- Подбор трубопроводов согласно большему требуемому расходу (обычно для системы охлаждения)
- Расчет напора насоса согласно мин. Δp на регулирующем клапане и потерь давления в системе при номинальном расходе (большем при охлаждении). Понижение напора насоса допускается в случае пониженного требуемого расхода (отопление), если ограничение расхода возможно выполнить на потребителях
- Практикуется приближение расчетных перепадов температур в системах отопления и охлаждения

2 Эксплуатационные затраты

- **НИЗКИЕ** расходы на работу насоса ^{F)}
- Минимальные теплопотери/теплопритоки в трубопроводах
- Ниже требуемый напор насоса (в основном, в отоплении, т. к. уменьшается расход)
- Позволяет оптимизировать работу насоса ^{J)}
- Регулирующие клапаны – 100 % авторитет и наивысшая эффективность – минимальные колебания температуры в помещении ^{K)}

3 Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{L)} – **НИЗКИЕ** (только 2 трубопровода, по одному клапану АВ-QM на прибор)
- Зональные клапаны на тепло/холод работают в противофазе
- Не требует дополнительных балансировочных клапанов в системе
- Наладка системы не требуется ^{M)}
- Позволяет применить насос с частотным регулированием ^{N)}

4 Особенности функционирования системы

- **НЕВОЗМОЖНА ОДНОВРЕМЕННАЯ РАБОТА СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ И ОХЛАЖДЕНИЯ** – необходимое условие для зданий классификации «А» ^{O)}
- Балансировка **ПРЕВОСХОДНАЯ** как при полной, так и при частичной нагрузке в случае с большим требуемым расходом (охлаждение)
- Распределение потока проблематично в случае с пониженным требуемым расходом, возможен перерасход
- Сложно определить время смены режима ^{P)} (тепло/холод)

5 Прочие

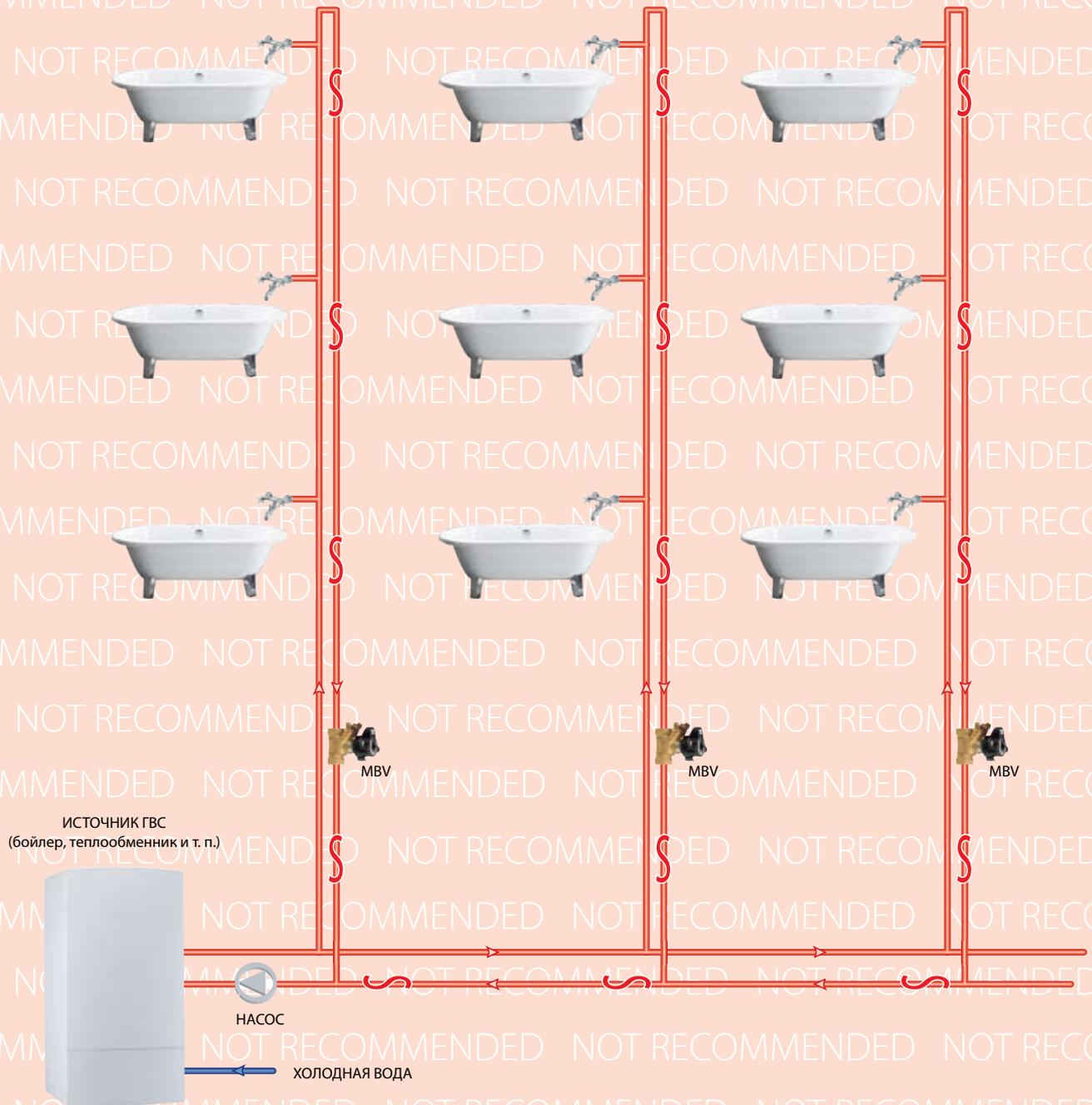
- Клапан АВ-QM закрывается при перепаде давления на нем до 6 бар
- **ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТОЧНОГО ОГРАНИЧЕНИЯ РАСХОДА** в системах отопления и охлаждения с различным требуемым расходом возможно **СО СПЕЦИАЛЬНЫМ КОМНАТНЫМ ТЕРМОСТАТОМ ИЛИ СИСТЕМОЙ УПРАВЛЕНИЯ**
- Минимальное суммарное энергопотребление, **МАКСИМАЛЬНОЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ** ^{Q)}



2.2.4

Система ГВС с постоянным гидравлическим режимом и ручной балансировкой

(В данном случае имеем постоянный гидравлический режим в системе ГВС независимо от потребляемого количества горячей воды в данное время.)



MBV - Ручные балансировочные клапаны

* Не рекомендуемое – неверное решение, сложности эксплуатации, неэффективно.

1 Проектирование

- **ТРАДИЦИОННЫЙ РАСЧЕТ^{A)}**: k_{vs} ручных балансировочных клапанов
- Усложненный расчет требуемого расхода на циркуляцию согласно теплотерям в трубопроводах
- Напор насоса рассчитывается на сопротивление системы при номинальном расходе

2 Эксплуатационные затраты

- **ВЫСОКИЕ** расходы на работу насоса ^{F)} (насос постоянно работает в номинальном режиме)
- Повышенные **ТЕПЛОПТЕРИ** в циркуляционном трубопроводе
- Оптимизация работы насоса ^{J)} невозможна
- Переналадка ^{C)} системы требуется время от времени
- Ниже эффективность бойлера или подстанции из-за повышенной температуры в обратке

3 Капиталовложения

- Инвестиционные расходы ^{I)} – **НИЗКИЕ** (ручные балансировочные клапаны, насос без регулирования)
- Выше стоимость инсталляции ^{I)} – необходимы клапаны-партнеры ^{N)}
- **НАЛАДКА** системы необходима ^{B)}

4 Особенности функционирования системы

- Изменяющаяся температура воды ^{Z)} в точке водоразбора (зависит от расстояния к источнику ГВС)
- Балансировка при полной и при частичной нагрузках – **ПРИЕМЛЕМАЯ**
- Частотное регулирование насоса не рекомендуется, большие теплотерии в трубопроводах – **НЕТ** энергосбережения ^{T)}

5 Прочие

- **БОЛЬШОЙ ПЕРЕРАСХОД**, расход на циркуляцию постоянный и не зависит от потребления
- Уменьшение затрат невозможно из-за несоответствия температуры воды, требуемой в точке водоразбора
- Обычно подбирается насос большей производительности
- Дорогостоящая термическая дезинфекция ^{Q)} в системе

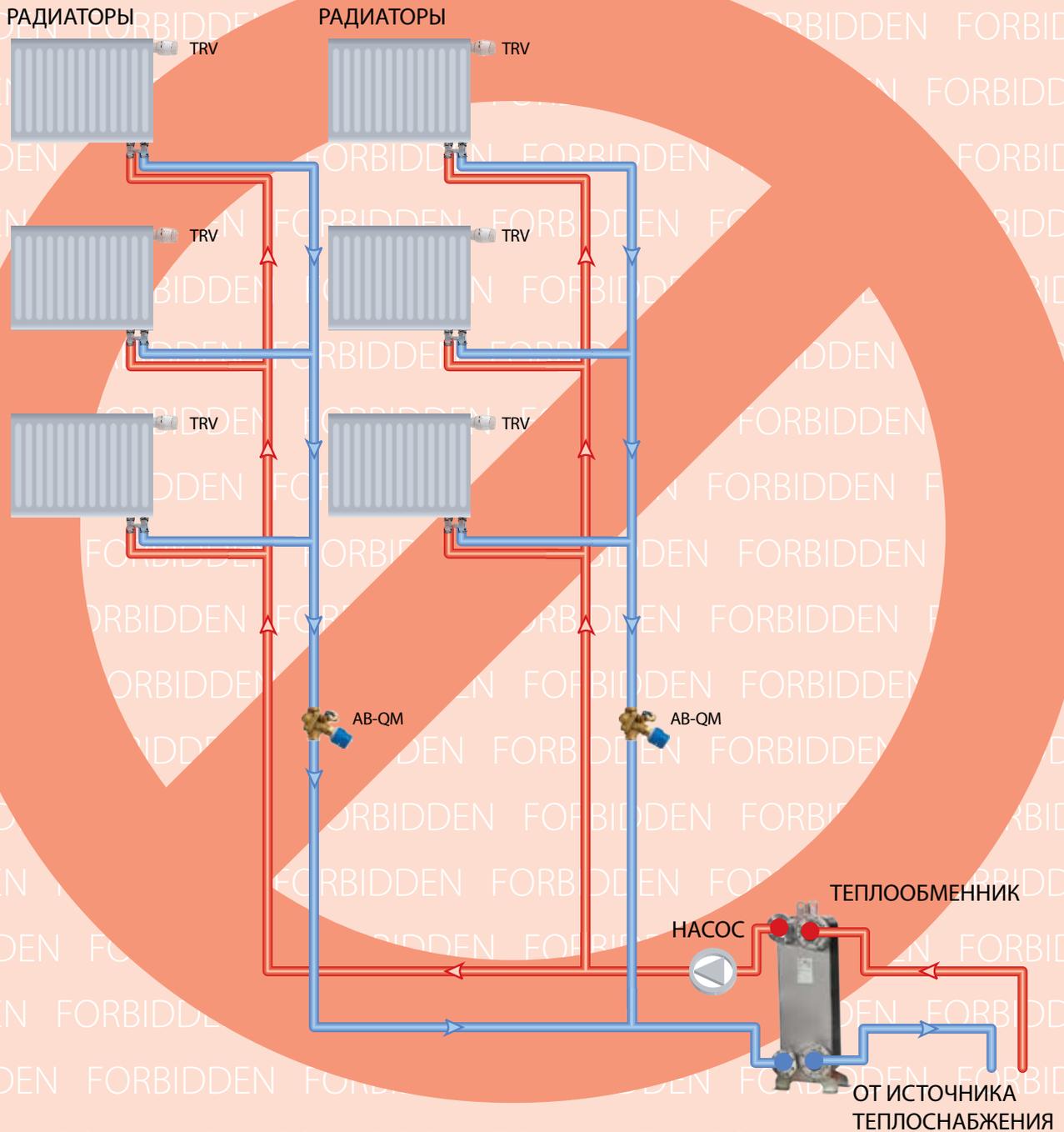


2.2.5

Система с переменным гидравлическим режимом, двухтрубная система радиаторного отопления с термостатическими регулируемыми клапанами и ограничителями расхода

(В данном случае имеем переменный гидравлический режим в системе с термостатическими регулируемыми клапанами.

Применение ограничителя расхода как балансирующего клапана – причина проблем с гидравликой. Ограничитель расхода поддерживает постоянный расход на стояк, работая, таким образом, противоположно термостатическим регулирующим клапанам на радиаторах (ограничитель расхода непрерывно открывается, пока термостатические регулирующие клапаны закрываются.)



TRV - Термостатический регулирующий клапан

АВ-QM - Автоматический комбинированный балансирующий клапан (как ограничитель расхода)

* Запрещенное – никогда не применяйте!!!

1

Проектирование

- **ТРАДИЦИОННЫЙ РАСЧЕТ^{А)}**, ВКЛЮЧАЮЩИЙ ДЛЯ **ТЕРМОСТАТИЧЕСКИХ РЕГУЛИРУЮЩИХ КЛАПАНОВ**: расчет k_{vs} и авторитетов
- Упрощенный расчет настройки на ограничителях расхода
- Напор насоса подбирается по сопротивлению системы при номинальном расходе

2

Эксплуатационные затраты

- **ВЫСОКИЕ** расходы на работу насоса ^{F)3.2}
- Терморегуляторы работают с низким авторитетом (ограничитель расхода открывается, когда терморегуляторы закрываются) – получаем ВКЛ/ВЫКЛ регулирование – высокие колебания температуры в помещении ^{К)}
- Теплотери в трубопроводах средние – перерасход в системе
- Высокий требуемый напор насоса – ограничитель расхода открывается при закрывании терморегуляторов, дополнительные потери давления на ограничителях расхода
- Оптимизация работы насоса возможна (при наличии измерительных ниппелей на ограничителях расхода)

3

Капиталовложения

- Инвестиционные затраты ^{И)} – **ВЫСОКИЕ** (ограничители расхода, разрушающие уровень управления)

4

Особенности функционирования системы

- Ограничители расхода дают эффект **ТОЛЬКО** при номинальном расходе
- Регулирование гидравлики при частичной нагрузке **НЕПРИЕМЛЕМОЕ** – ограничитель расхода работает противоположно терморегуляторам (ограничитель расхода открывается при закрывании терморегуляторов)
- Балансировка при частичной нагрузке **ПЛОХАЯ** – низкий уровень комфорта
- Сравнительно высокие колебания температуры в помещении (как ВКЛ/ВЫКЛ регулирование)

5

Прочие

- Перерасход при частичной нагрузке в системе (регуляторы прямого действия не могут компенсировать этого)

2.3

Определения и аббревиатуры в пунктах 2.1 и 2.2

- А Традиционный расчет.** Для получения качественного регулирования нужно учитывать два наиболее важных параметра регулирования: авторитет регулирующего клапана и располагаемое давление перед каждым потребителем. Для этого нужно рассчитать требуемые K_v регулирующих клапанов, проверить их авторитет и подобрать балансировочные клапаны.
- В Наладка.** Несмотря на рассчитанные требуемые настройки ручных балансировочных клапанов при проектировании, необходимо убедиться, что расход в любой точке системы соответствует требуемым значениям. Для этого (из-за неточностей при установке), расход проверяется в точках измерения и корректируется при необходимости.
- С Переналадка.** Время от времени наладка должна выполняться повторно, например, в случае изменения функций и размеров помещения, изменения количества людей и оргтехники.
- Д Компенсационный метод наладки.** Специальная процедура наладки, когда клапаном-партнером компенсируются отклонения расхода на ручных балансировочных клапанах (для более детальных разъяснений обращайтесь к специалистам Danfoss).
- Е Высокий авторитет.** Авторитет – это степень искажения расходной характеристики регулирующего клапана. Авторитет определяется как отношение потерь давления на клапане к располагаемому перепаду давления
- $$a = \frac{Dp_{MCV}}{Dp_{MCV} + Dp_{\text{трубы/потребитель}}}$$
- Расходная характеристика регулирующего клапана незначительно искажается, если его авторитет не меньше 0,5-0,6.
- Ф Расходы на работу насоса.** Расходы на оплату энергопотребления насоса.
- Г Постоянный расход.** Расход в системе или через потребитель не изменяется на протяжении всего периода эксплуатации, вне зависимости от нагрузки.
- Н Синдром низкого ΔT .** Это явление более характерно для систем охлаждения. Если требуемый ΔT в системе не может быть обеспечен, эффективность холодильной машины значительно снижается. Это явление также часто встречается в системах отопления.
- И Инвестиционные затраты.** Итоговая сумма денег, которую необходимо заплатить за определенную часть инсталляции оборудования (для сравнения принималась во внимание полная стоимость оборудования, стоимость выполнения его установки и наладки).
- Ж Оптимизация работы насоса.** В случае электронного регулирования работы насоса, напор насоса может быть уменьшен до значения, при котором будет обеспечен требуемый расход во всей системе, сводя энергопотребление к минимуму.
- К Колебания температуры в помещении.** Реальная температура в помещении непрерывно отклоняется от установленной температуры. Колебания характеризуют размер этих отклонений.

- L** | **Нет перерасхода.** Расход через потребитель соответствует требуемому, нет перерасхода.
- M** | **ГВС.** система горячего водоснабжения.
- N** | **Клапан-партнер.** Дополнительный ручной балансировочный клапан, необходимый на всех ответвлениях для обеспечения наладки системы (требуется по технологии проведения работ).
- O** | **Переменный расход.** Расход в системе изменяется постоянно, в соответствии с временной нагрузкой. Это зависит от окружающей обстановки (температура, теплоступления от солнца) и внутренних теплоступлений, режима эксплуатации здания.
- P** | **Отсутствие балансировки на байпасе.** В случае применения приточных установок с 3-ходовыми регулирующими клапанами (на разделение потока) необходимо установить ручной балансировочный клапан на байпас и с его помощью выровнять сопротивление байпаса и калорифера. Если этого не сделать, то система не будет сбалансирована. В аналогичной ситуации с фанкойлами вообще нет возможности установить балансировочный клапан на байпас (т. е., такая система не балансируется).
- Q** | **Термическая дезинфекция.** В системах ГВС количество бактерий Legionella значительно возрастает в диапазоне температур циркуляционной воды. Это может быть причиной болезни и даже смерти. Чтобы избежать этого, необходима периодическая дезинфекция. Самый простой способ – повышение температуры воды выше ~60 - 65 °С. При этой температуре бактерии уничтожаются.
- R** | **EPBD.** Директива энергоэффективности зданий – согласно рекомендациям 2002/91/ЕК, обязательным в Европейском союзе от 2 января 2006 г. Это руководство содержит положения по энергосбережению и ревизии зданий.
- S** | **Частотное регулирование насоса (VSD).** Циркуляционный насос оборудован встроенным или наружным электронным регулятором, обеспечивающим постоянный, пропорциональный (или параллельный) перепад давления в системе.
- T** | **Энергосбережение.** Снижение потребления электричества и/или тепла.
- V** | **Группа.** 2 - 4 прибора регулируются одним сигналом температуры.
- W** | **Смена режима.** В тех системах, где охлаждение и отопление не работают параллельно, система должна быть включена на работу в определенном режиме.
- X** | **Класс «А».** Здания классифицируются согласно уровня комфорта (нормы ЕС). «А» означает наивысший уровень комфорта с наименьшими колебаниями температуры в помещениях.
- Y** | **Стабильная температура в помещении.** Достижима с пропорциональным регулятором прямого действия или электронным регулятором. Это решение исключает колебания температуры в помещении из-за отсутствия гистерезиса, как у ВКЛ/ВЫКЛ термостатов.
- Z** | **Температура воды в точке водоразбора.** Температура воды в системе ГВС на выходе из крана.

3

Особенности работы систем при частичных нагрузках

3.1

«Синдром низкого ΔТ»

Почти во всех системах водяного охлаждения существует сложность поддержания расчётных температур воды при частичных нагрузках, известная как «синдром низкого ΔТ». Можно сказать, что «синдром низкого ΔТ» относится к разнице температур воды после chillера и воды, возвращающейся в chillер.

Рассмотрим такой пример: когда температура в обратке ниже расчётной (из-за проблем с перерасходом и т. д.), chillер не может работать с максимальной нагрузкой. Если chillер, рассчитанный на охлаждение обратной воды с температуры 13 °С до температуры 7 °С, получает расчётный расход, но с температурой 11 °С, chillер работает с частичной нагрузкой:

$$\text{ЧИЛ}(\%) = \left[\frac{T_{\text{обр.}} - T_{\text{под.}}}{T_{\text{обр. расч.}} - T_{\text{под.}}} \right] \times 100 = \left[\frac{11-7}{13-7} \right] \times 100 = 66,6\%,$$

где:

ЧИЛ (%) – нагрузка chillера

$T_{\text{обр.}}$ – температура обратной воды (в нашем случае 11 °С)

$T_{\text{под.}}$ – расчётная температура подачи (в нашем случае 7 °С)

$T_{\text{обр. расч.}}$ – расчётная температура обратной воды (в нашем случае 13 °С)

В случае, когда ΔТ (разница между температурой воды в подающем и обратном трубопроводах) опускается с расчётных 6 °С (13 °С - 7 °С) до 4 °С (11 °С - 7 °С), chillер становится недогруженным на 33,4 %.

Так как обычно с номинальной нагрузкой система работает незначительное время, то на протяжении всего остального времени chillер работает с низкой эффективностью. Во многих случаях нагрузка chillера опускается до значения 30 - 40 %, когда температура обратной воды ниже расчётной.

Есть несколько причин возникновения «синдрома низкого ΔТ»:

- Применение 3-ходовых регулирующих клапанов: 3-ходовые клапаны по своему устройству сбрасывают воду с подачи в обратку, приводя к понижению расчётной температуры воды в обратном трубопроводе. Это является одной из основных причин «синдрома низкого ΔТ» (рассмотрено в разделе 2.1.4). Способ устранения – не использовать 3-ходовые регулирующие клапаны (т. е. не создавать системы с постоянным гидравлическим режимом).
- Ограниченный выбор 2-ходовых регулирующих клапанов: в неправильно отбалансированных системах завышенный размер 2-ходового регулирующего клапана может привести к большему расходу через клапан при полном его открытии, чем рассчитано.

- «Синдром низкого ΔT » усиливается при частичной нагрузке из-за изменения давления в системе, в результате чего увеличивается расход через открытые регулирующие клапаны. Это явление возникает, в частности, в системах с неправильной балансировкой (как показано в примере 2.2.1). Способ решения: рекомендуется применение 2-ходовых регулирующих клапанов со встроенным регулятором перепада давления. Регулятор перепада давления в работающем регулирующем клапане устраняет перерасход и вследствие этого устраняет «синдром низкого ΔT ».
- И другие, например: неправильная настройка или пониженная эффективность теплообменного прибора.

3.2 Явление перерасхода

Одной из причин возникновения «синдрома низкого ΔT » является перерасход. В этой главе мы попробуем вкратце объяснить, что это, и почему такое явление возникает.

Все системы проектируются для номинальных параметров (100 % нагрузка), где проектант рассчитывает напор насоса на основании правила: потеря давления в критическом кольце состоит из потерь давления в трубопроводах, теплообменниках, балансировочных клапанах, регулирующих клапанах и других элементах системы (фильтры, счётчики и т. д.).

Рассмотрим традиционную систему, представленную ниже, рис. 1а (на основе примера 2.2.1) и рис. 1б. В обоих случаях мы должны обеспечить достаточное давление на регулирующих клапанах для обеспечения их высоких авторитетов. Очевидно, что каждый потребитель с регулирующим клапаном, расположенный ближе к насосу, будет иметь больший перепад давления. В связи с этим избыточное давление будет редуцировано ручными балансировочными клапанами. Система работает правильно при 100 % нагрузке.

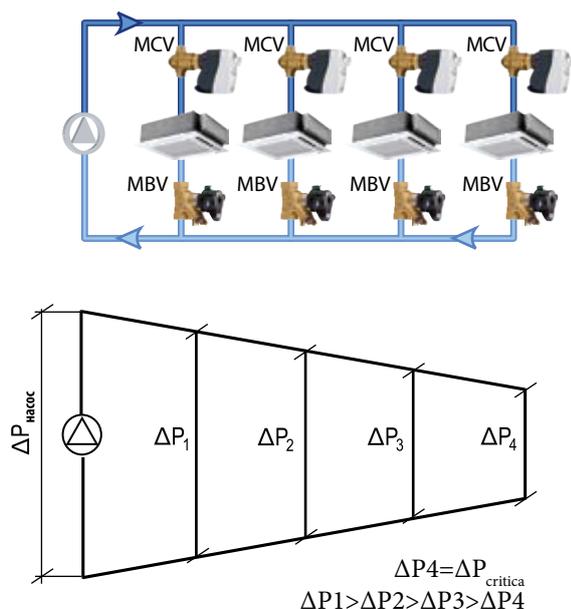


Рис. 1а.
Тупиковая схема

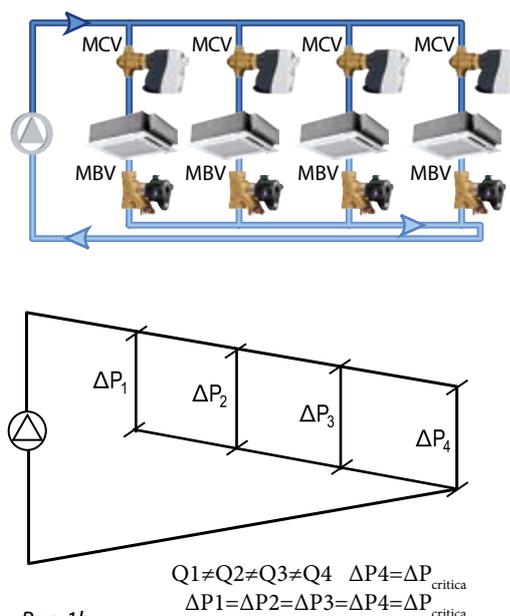


Рис. 1б.
Попутная схема

Для регулирования расхода через каждый прибор используется 2-ходовой регулирующий клапан. Рассмотрим ситуацию с частичной нагрузкой в системе (потребители 2 и 3 перекрыты).

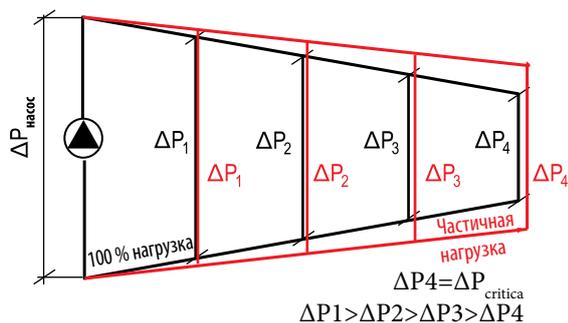
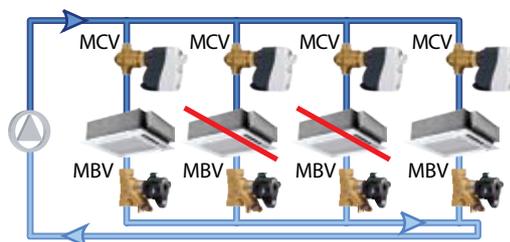
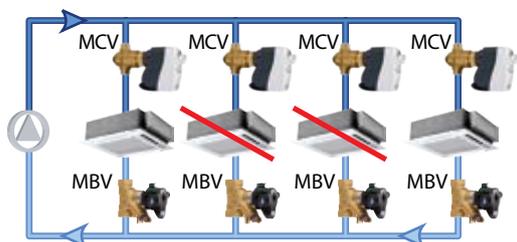


Рис. 2а.
Частичная нагрузка – тупиковая схема

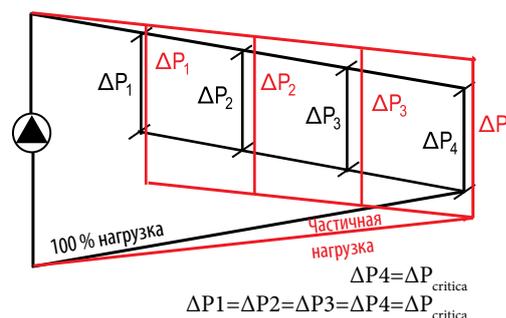


Рис. 2б.
Частичная нагрузка – попутная схема

Из-за уменьшения расхода в системе перепад давления в ней изменяется, провоцируя прирост располагаемого давления в открытых кольцах. Ручные балансировочные клапаны с фиксированными настройками, используемые для балансировки системы (настройки рассчитаны для 100 % нагрузки), не могут понизить избыточное давление, возникающее при частичной нагрузке. Избыточное давление на 2-ходовых регулирующих клапанах – причина перерасхода. Это явление присутствует как в тупиковой схеме, так и в схеме с «попутным» движением энергоносителя. По этой причине пример 2.2.1 – нерекомендуемое решение.

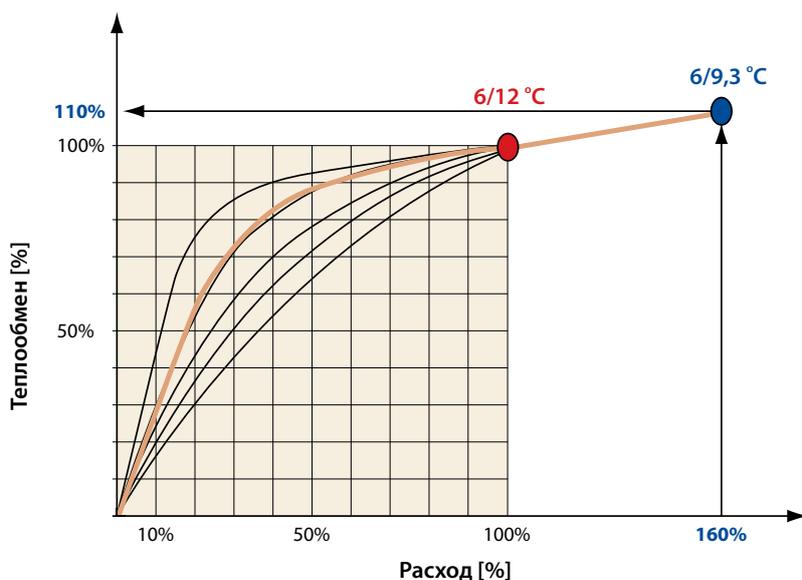


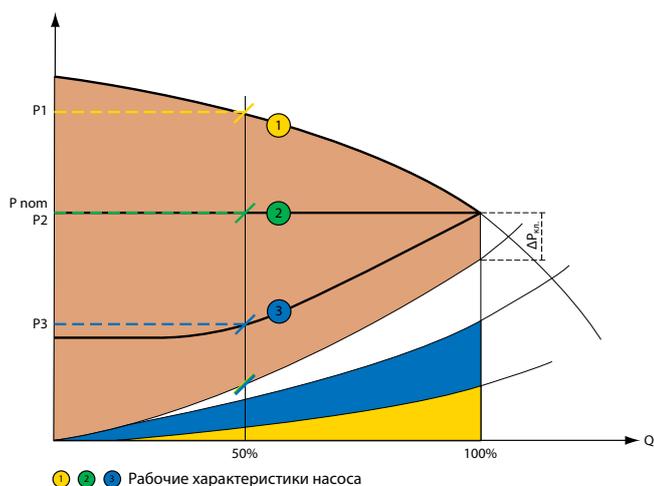
Рис. 3
Теплообменная характеристика прибора

Традиционные фанкойлы спроектированы на $\Delta T = 6^\circ$. Таким образом 100 % мощность достигается при 100 % расходе через прибор при температуре воды в подаче 6°C и в обратке 12°C . Перерасход слабо влияет на мощность прибора. Однако, другое влияние более критично для функционирования водяных систем охлаждения. Перерасход через прибор имеет су-

ществленное влияние на теплообмен, а это значит, что температура воды в обратке никогда не достигнет расчётного значения – вместо расчётной температуры 12 °С, реальная температура немного ниже 9,3 °С. Последствием понижения температуры воды в обратке после фанкойлов есть «синдром низкого ΔT ».

Сегодня в большинстве случаев применяются насосы с частотным регулированием, в основе работы которых – изменение расходной характеристики насоса в соответствии с требованием системы. Расход при 100 % нагрузке в системе определяет напор насоса, который соответствует номинальному – $P_{ном}$.

Нет необходимости рассматривать насос без регулирования (1), так как очевидно, что он создает повышенное давление ($P1$) при изменении расхода со всеми вышеупомянутыми последствиями (перерасход, «синдром низкого ΔT »).



① ② ③ Рабочие характеристики насоса

Рис. 4.

Различные рабочие характеристики насоса

Более современные насосы с постоянной характеристикой по давлению (2) гораздо эффективнее. Напор насоса остаётся постоянным при любом расходе и равен $P_{ном}$. Однако, обратим внимание на составляющие этого параметра ($P_{ном}$), в частности на перепад давления на регулирующем клапане ($\Delta P_{кл.}$) – при 50 % нагрузке он намного выше чем при 100 % нагрузке. Возникают проблемы с перерасходом, что влияет на эффективность системы. Необходимо заметить, что при частичной нагрузке $P2$, ниже чем $P1$, значит проблемы с избыточным давлением (перерасходом) будут меньше, по сравнению с насосами с рабочей характеристикой 1. Однако, проблема избыточного давления не решается. В такой ситуации независимые по давлению регулирующие клапаны есть идеальным решением для регулирования системы с высокой эффективностью.

Рассмотрим, как работает система с регулированием насоса на основе пропорциональной характеристики (3). При частичной нагрузке в системе снижается расход и уменьшаются потери давления в элементах системы (трубах, ручных балансировочных клапанах и т. д.) – характеристики насоса автоматически адаптируются к новым параметрам. В анализируемом нами случае при 50 % нагрузке напор насоса достигает значения $P3$, при этом ΔP на регулирующем клапане ($\Delta P_{кл.}$) достигает почти того же значения, что и при 100 % нагрузке, – проблема с избыточным давлением на регулирующих клапанах решена! К сожалению только теоретически – это приводит нас к другому явлению, хорошо известному как «проблема недорасхода» (раздел 3.3).

Подытожим: насос с любой рабочей характеристикой не решает проблем с гидравликой в системах с переменным гидравлическим режимом и с традиционными регулируемыми клапанами. «Традиционные регулирующие клапаны» – означает все типы клапанов, где мы не можем непрерывно контролировать перепад давления на клапане, за исключением клапанов типа АВ-QM.

3.3

Явление недорасхода

Чтобы проанализировать это явление, мы рассмотрим схему, представленную на рис. 1а. Как упоминалось выше, избыточное давление на каждом приборе можно редуцировать ручными балансировочными клапанами. Правильный типоразмер и настройка клапана должны быть подобраны для 100 % нагрузки. Для обеспечения заданных характеристик регулирующих клапанов, ручные балансировочные клапаны на приборах, расположенных ближе к насосу, должны редуцировать большее значение избыточного давления $\Delta P_{изб.}$ (рис. 5). Рассмотрим работу системы с насосом на основе характеристики 3 (рис. 4). График перепада давления при частичной нагрузке изменится, как показано на рис. 2а. Датчик давления, расположенный в критическом кольце, контролирует перепад давления в этом кольце. Напор насоса постепенно начнет снижаться (P3 на рис. 4). $\Delta P_{ном}$ – номинальное давление, для которого рассчитывались настройки ручных балансировочных клапанов. В этом, особенном, случае, при 50 % нагрузке, из-за низкого напора насоса (P3) избыточное давление на открытых потребителях будет намного ниже, чем при 100 % нагрузке. Но настройки на ручных балансировочных клапанах останутся такими же, как и были для намного большего перепада давления. В результате работающий потребитель не получит достаточного расхода, регулирующие клапаны не смогут поддерживать нужную температуру в помещении – это явление недорасхода.

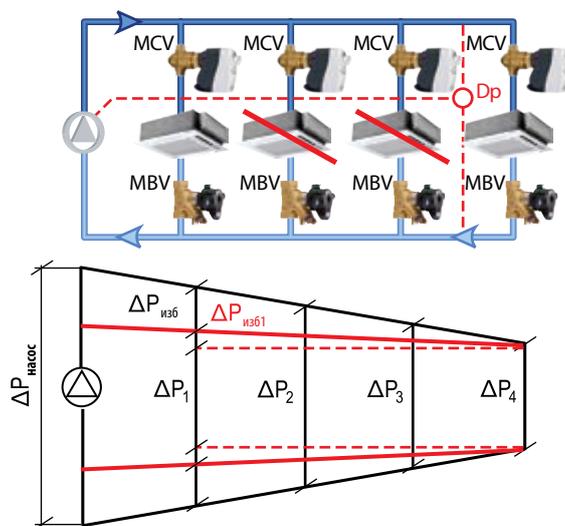


Рис. 5.

Тупиковая схема с пропорциональной характеристикой регулирования

Подытожим: пример 2.2.1 (рис. 1а и 1б) – нерекомендованное решение, так как достигаются только плохие результаты при попытке получить качественное регулирование, основанное на традиционных регулирующих клапанах с ручными балансировочными клапанами и различными расходными характеристиками насоса. Это полностью неправильный подход в системах с переменным гидравлическим режимом. Цель этого руководства – повысить осведомлённость проектировщиков, в первую очередь, о различии систем (постоянный и переменный режимы) и о выборе рекомендуемых решений на основе правильного регулирования и балансировки.

Нужно заметить, что все попытки адаптировать схему с попутным движением энергоносителя для работы в переменном гидравлическом режиме не дадут желаемых результатов, что показано на рис. 2б.

4

Сравнение решений 2.1.1; 2.1.4 и 2.2.1

4.1

Эксплуатационные затраты

Энергосбережение с «динамической» балансировкой в офисном здании!**Общие данные**

В связи с постоянно растущими ценами на энергоносители, новые здания обычно «оптимизируют» на базе располагаемых денежных средств. Но в недалёком будущем эта тенденция изменится – энергосбережение и повышение уровня комфорта (А, В, С – классификация зданий) становятся всё более и более важными.

В связи с этим мы покажем, сколько энергии мы можем сохранить, используя новый метод регулирования в сравнении с традиционными решениями. Для этого мы выбрали реальное здание со следующими параметрами: площадь 18 430 м² на 15 уровнях. Четырехтрубная система с фанкойлами (всего 941 шт.), регулируемые с помощью комнатных термостатов (вкл./выкл.).

Предложенные ниже решения наиболее часто встречаются на практике. Проведем для них сравнение.

1. Система с постоянным гидравлическим режимом и статической балансировкой (схема – смотри рис. 1).
2. Система с переменным гидравлическим режимом и статической балансировкой (схема – смотри рис. 2).
3. Система с переменным гидравлическим режимом и динамической балансировкой (схема – смотри рис. 3).

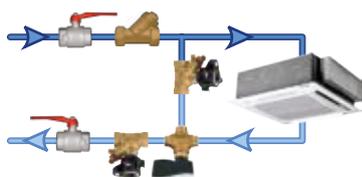


Рис. 1
Постоянный гидравлический режим со статической балансировкой (соотв. решению 2.1.4 – приемлемое)

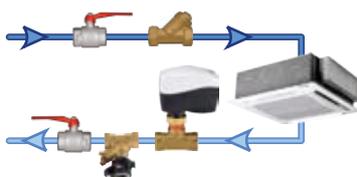


Рис. 2
Переменный гидравлический режим со статической балансировкой (соотв. решению 2.2.1 – не рекомендовано)

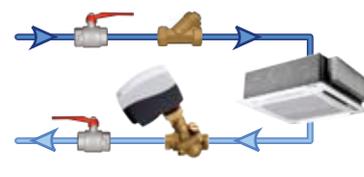


Рис. 3
Переменный гидравлический режим с динамической балансировкой (соотв. решению 2.1.1 – рекомендовано)

Моделирование системы

Для определения энергосберегающего эффекта система модулируется с помощью компьютерной программы расчета. Мы протестируем систему при 100 % (номинальной) нагрузке и при 50 % нагрузке (средняя годовая нагрузка). Система проверяется при удельном сопротивлении 150 Па/м.

- В случае с постоянным гидравлическим режимом достаточно выполнить гидравлический расчет только для полной нагрузки, т. к. расход не изменяется при частичной нагрузке. По той причине, что система нуждается в ручной настройке, где достижимая точность $\pm 15\%$, принимаем, что насос будет перегружен на 15 % для перекрытия нехватки расхода.
- В случае статической балансировки, типоразмеры и настройка арматуры, подобранные на основе номинальной нагрузки, будут зафиксированы для частичной нагрузки, когда 50 % потребителей будут выборочно отключены. В результате мы получим в среднем около 42 % избыточного расхода из-за возрастания располагаемого перепада давления на фанкойлах. Так как система нуждается в ручной настройке, где достижимая точность $\pm 15\%$, принимаем, что насос будет перегружен на 15 % для перекрытия нехватки расхода.
- В случае динамической балансировки анализ будет простым, потому что автоматические регуляторы обеспечивают постоянный расход через потребители как при частичной нагрузке, так, в равной степени, и при полной, и это независимо от изменений давления в системе.

Возможности энергосбережения

Возникает вопрос: где можно сэкономить энергоресурсы при эксплуатации? Ответов несколько, в частности:

1. Экономия на работе насоса – фокус на явлении перерасхода (рассмотрено ниже)
2. Теплопотери в трубопроводах – понижение температуры в обратке обеспечивает уменьшение потерь энергии в трубопроводах
3. Точность поддержания температуры в помещениях – уменьшение колебаний температуры дает энергосберегающий эффект
4. Эффективность источника энергоснабжения – повышение ΔT в системе обеспечивает повышение эффективности системы
5. Неоценимые качества – самочувствие пользователей, уровень комфорта и т. д.

Энергосбережение в HVAC системах – очень комплексная тема, и все вышеперечисленные факторы необходимо анализировать.

4.1.1

Экономия на работе насоса

Рассматриваемый пример основан на реальном проекте, данные по которому приведены ниже:

- 15-этажное здание, 10 стояков, тип здания – отель
- Расход в системе – 215 м³/ч
- Напор насоса – 250 кПа
- Мощность насоса – 20.1 кВт:
 - Вариант 1 – система с постоянным гидравлическим режимом, насос без регулирования (с 15 % перерасходом из-за ручной настройки)
 - Вариант 2 – система с переменным гидравлическим режимом, насос с постоянной характеристикой регулирования по давлению (с 15 % перерасходом из-за ручной настройки)
 - Вариант 3 – система с переменным гидравлическим режимом, насос с пропорциональной характеристикой регулирования.

- Количество фанкойлов – 941 шт.
- Стоимость электроэнергии – 0.0835 евро/кВт·ч
- Продолжительность работы системы с соответствующей нагрузкой (по усредненным данным):
 - Нагрузка 100 % – 6 % общего времени эксплуатации
 - Нагрузка 75 % – 15 % общего времени эксплуатации
 - Нагрузка 50 % – 35 % общего времени эксплуатации
 - Нагрузка 25 % – 44 % общего времени эксплуатации

Перед началом расчетов подумаем, какой тип регулирования насоса можно здесь применить. Понятно, что нет необходимости в регулировании насоса в системе с постоянным гидравлическим режимом. В системах с переменным гидравлическим режимом компании, привыкшие использовать ручную балансировку, стремятся поддерживать постоянный напор насосов (в силу привычки), в то время как производители автоматических балансировочных клапанов рекомендуют применять пропорциональное регулирование (для большего энергосбережения).

Теперь давайте рассмотрим наш объект. Система холодоснабжения оборудована циркуляционным насосом Grundfos TPE 150-280/4-AS. Рабочая точка – 250 кПа при 215 м³/ч (из-за ручной настройки варианты 1 и 2 будут рассчитаны с перерасходом в 15% – значение 247 м³/ч).

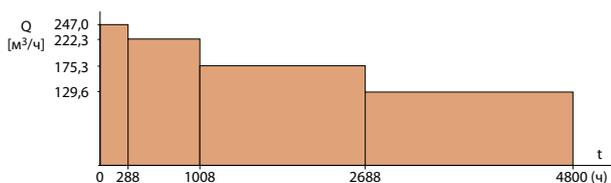


Рис. 4а

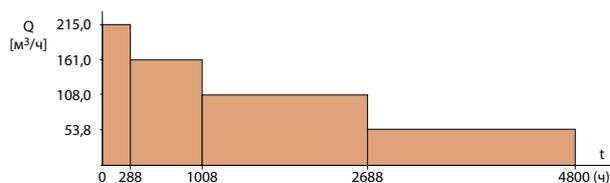


Рис. 4б

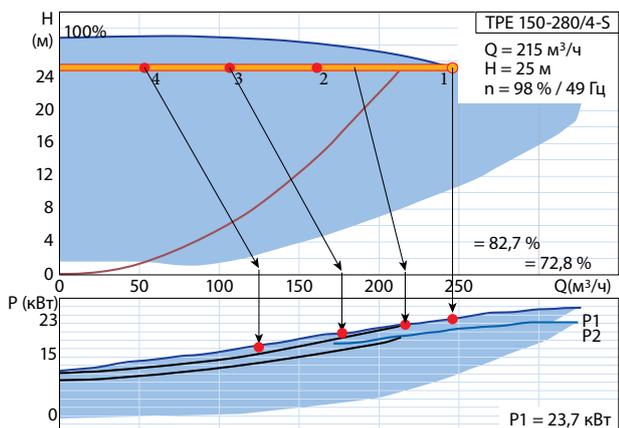


Рис. 5. Анализ работы насоса в системе со статической балансировкой

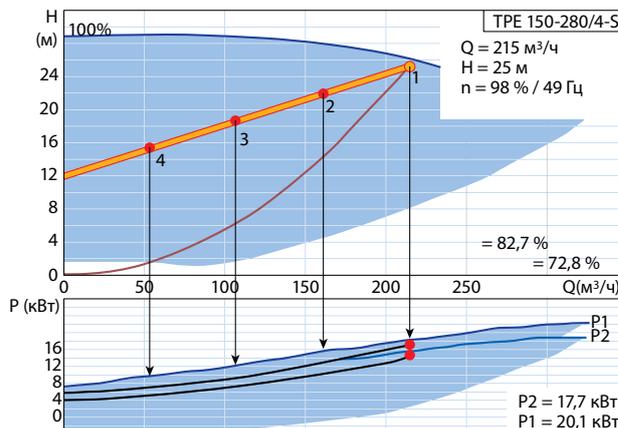


Рис. 6. Анализ работы насоса в системе с динамической балансировкой

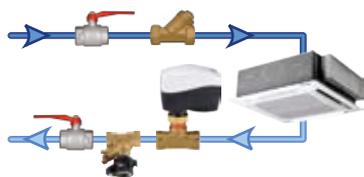


Рис. 7. Вариант 2: с проблемой перерасхода (не рекомендовано)

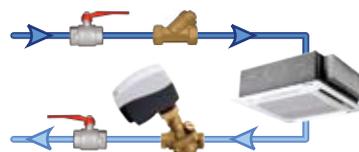


Рис. 8. Вариант 3: без перерасхода (рекомендовано)

Требуемый напор насоса приблизительно одинаковый во всех вариантах, отличается всего парой кПа (учитывая систему трубопроводов, основные элементы, балансирующую арматуру в разных схемах). Для упрощения сравнения 1-2 кПа разницы пренебрегаем (в сравнении с 250 кПа) и некоторые рабочие точки используем как точки отсчета. Для точного расчета энергопотребления насоса, нагрузка должна быть разбита по сезону, а для укрупненного вполне достаточно четырехступенчатого приближения. Рис. 4а и 4б показывают диаграмму нагрузки на протяжении 200 дней сезона.

Верхний график показывает продолжительность соответствующей нагрузки в течение 200-дневного сезона (объект расположен в географической зоне с 200-дневной продолжительностью работы системы, для других зон необходим перерасчет).

Рис. 5 показывает регулирование насоса с применением статических балансирующих клапанов и поддержанием постоянного перепада давления (обвязка фанкойла рис. 7). Он также показывает характеристическую кривую работы насоса вместе с его энергопотреблением. По результатам моделирования мы знаем, что при частичной нагрузке в системе 42 % избыточного расхода (¼ нагрузки в системе – расход почти в два раза больше, ¾ нагрузки в системе – расход на 20 % больше). Поэтому энергопотребление насоса рассчитано с «повышенным» расходом (см. черные стрелки), из-за явления перерасхода. Зная это, будет легко подсчитать суммарное энергопотребление насоса на протяжении сезона. Результаты расчета можно увидеть в Таблице 9, где расходы на работу насоса рассчитаны на основе цены 0.0835 евро/кВт·ч. Стоимость/год/фанкойл было рассчитано разделением суммарного энергопотребления на количество фанкойлов (941 шт.).

Требуемая доля мощности	Фактический расход [м³/ч]	Мощность, потребляемая насосом [кВт]	Продолжительность нагрузки	Дней в год	Часов в год	Энергопотребление
Вариант 1						
100%	247,00	23,70	6,00%	12	288	6825,6
75%	247,00	23,70	15,00%	30	720	17064
50%	247,00	23,70	35,00%	70	1680	39816
25%	247,00	23,70	44,00%	88	2112	50054,4
Итого:			100,00%	200	4800	113760
Общие затраты на циркуляцию: €/ год						9555,84
Затраты на циркуляцию на фанкойл: €/ фанкойл						10,15
Вариант 2						
100%	247,00	23,70	6,00%	12	288	6825,6
75%	222,30	20,30	15,00%	30	720	14616
50%	175,37	17,60	35,00%	70	1680	29568
25%	129,68	15,10	44,00%	88	2112	31891,2
Итого:			100,00%	200	4800	82900,8
Общие затраты на циркуляцию: €/ год						6963,67
Затраты на циркуляцию на фанкойл: €/ фанкойл						7,40
Вариант 3						
100%	215,00	20,10	6,00%	12	288	5788,8
75%	161,25	14,52	15,00%	30	720	10454,4
50%	107,50	9,27	35,00%	70	1680	15573,6
25%	53,75	6,01	44,00%	88	2112	12693,12
Итого:			100,00%	200	4800	44509,92
Общие затраты на циркуляцию: €/ год						3738,83
Затраты на циркуляцию на фанкойл: €/ фанкойл						3,97

Таблица 9

Рис. 6 показывает энергопотребление насоса с пропорциональным регулированием, применяемым совместно с динамическими балансировочными клапанами. Как мы знаем, нет дополнительного расхода в системе с динамической балансировкой. Поэтому стрелки к графику энергопотребления вертикальные при любой нагрузке. Зная это, легко подсчитать сезонное энергопотребление.

Для системы с постоянным расходом нужны только данные номинального расхода, так как характеристическая кривая насоса неизменна.

Расходы на фанкойл – главный удельный показатель, который приводит нас к следующим выводам:

- **Энергопотребление насоса в системе с переменным расходом и статическими балансировочными клапанами на 86,4 % выше, чем в системе с динамической балансировкой, что составляет почти 3,43 евро перерасхода на фанкойл в год (схема на рис. 2, не рекомендованная Данфосс).**
- **Энергопотребление в системе с постоянным расходом более чем в 2 раза выше, чем в системе с динамической балансировкой, что составляет 6,18 евро перерасхода на фанкойл в год.**
- **Наиболее экономичная система с динамической балансировкой.**

4.1.2

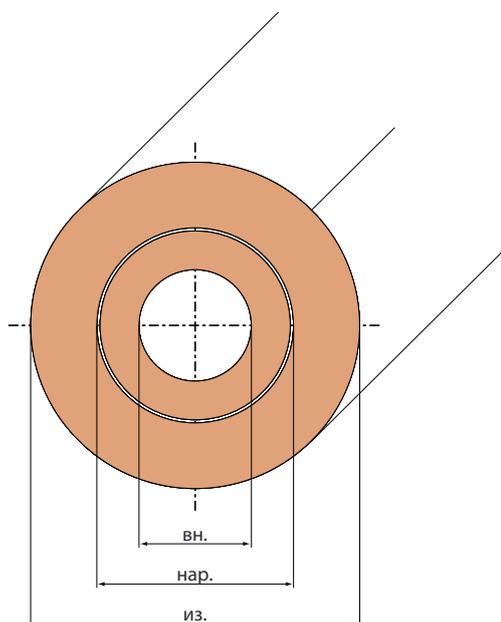
Теплопотери в трубопроводах

Стоит учесть также снижение температуры потока в трубопроводах.

В этой схеме вычислений используются коэффициент теплопередачи от изолированного трубопровода и хорошо известная формула определения теплового потока:

$$k_{\text{труба - изоляция}} = \frac{1}{\frac{1}{d_{\text{вн.}} \cdot \Pi \cdot \alpha_{\text{вн.}}} + \sum \frac{1}{2 \cdot \Pi \cdot \lambda_{\text{из.}}} \cdot \ln \frac{d_{\text{из., вн.}}}{d_{\text{из., нар.}}} + \frac{1}{d_{\text{нар.}} \cdot \Pi \cdot \alpha_{\text{нар.}}}}$$

$$Q = k_{\text{труба - изоляция}} \cdot L \cdot (t_{\text{воздух}} - t_{\text{вода}})$$



Для определения теплотерь в трубопроводах нужно принимать во внимание материал и диаметр труб. Трубы до DN 32 – медные, больше DN 32 – стальные, соответствующие EN.

Температура окружающего воздуха (над подвесными потолками) составляет 28 °С в зимний и летний период. Диапазон температур в случае отопления составляет 90/70 °С, в случае охлаждения – 6/12 °С.

Важно знать, каким образом температура в обратке может быть использована в расчетах при выборе способа регулирования. В случае системы с постоянным гидравлическим режимом известно, что если через фанкойл нет расхода (в среднем 50% рабочего времени), энергоноситель поступает в обратный трубопровод без снижения температуры в случае отопления и без возрастания температуры в случае охлаждения. За какое-то время температура в обратке станет такой же, как в подающем трубопроводе. Когда фанкойл открыт, номинальный расход идет через него и температурный перепад восстанавливается. В случае системы с переменным гидравлическим режимом и статической балансировкой, при 50 % средней годовой нагрузке, повышенный перепад давления является причиной повышенного расхода, и, как результат, среда проходит через фанкойл быстрее с меньшим перепадом температур. Принимая во внимание увеличение расхода и теплообменные свойства фанкойла (вода-воздух), перепад температур будет больше половины от расчетного значения (4,2 °С вместо 6 °С). В случае динамической балансировки номинальный расход проходит через фанкойл, постоянно обеспечивая расчетный перепад температур (6 °С). Рис. 13 показывает упрощенные схемы трех вариантов.

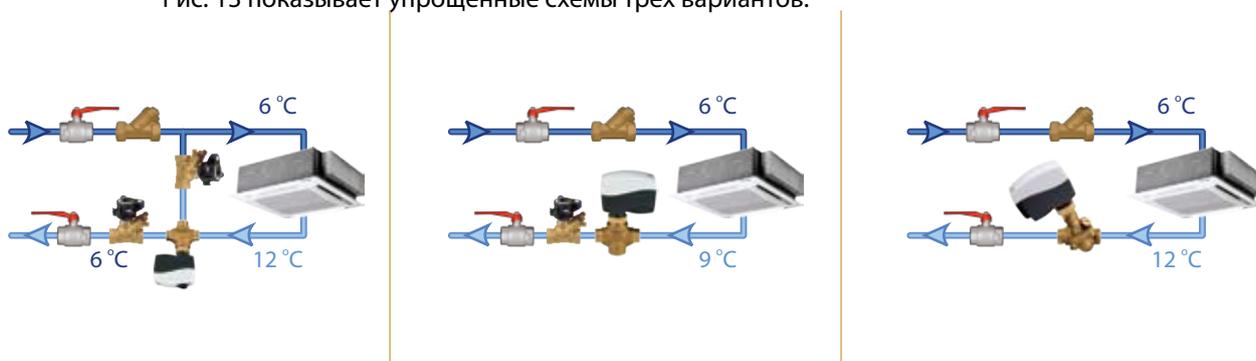


Рис. 13
Температурный анализ систем

Дальше, необходимо рассчитать количество энергии, которое теряется в обратном трубопроводе при работе системы охлаждения, когда регулирующие клапаны фанкойлов закрыты в случае системы с постоянным гидравлическим режимом и открыты в случае системы с переменным гидравлическим режимом. Для упрощения принимаем, что замедление циркуляции и теплотери равны нулю в системах с переменным гидравлическим режимом, если фанкойл закрывается (на самом деле, после остановки циркуляции горячая или охлажденная вода стоит в трубопроводах и медленно отдает тепло/холод в окружающее пространство, результатом чего есть теплотери). В случае же системы с постоянным гидравлическим режимом, трубопроводы остаются холодными или горячими, что приводит к увеличению теплотерь.

После этих выводов теплотери в трубопроводах будет рассчитать достаточно просто. Продолжительность сезона 200 дней, также как и в предыдущем расчете. Однако принимаем только 12 часов работы в сутки для определения теплотерь, так как клапаны закрыты 50% общего времени эксплуатации, и нет циркуляции в трубопроводах. Исключением является система с постоянным гидравлическим режимом, так как расход в трубопроводах остается постоянным, а изменяется температура в соответствии с нагрузкой.

Теплотери	Q [Вт]	Стоимость энергии [€]	Q [Вт]	Стоимость энергии [€]	Q [Вт]	Стоимость энергии [€]
	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
DN 10	0	0	0	0	0	0
DN 15	41	4	38	4	34	4
DN 20	8998	967	8310	893	7410	797
DN 25	2338	251	2159	232	1926	207
DN 32	7671	825	7084	762	6317	679
DN 40	15376	1653	14200	1527	12662	1361
DN 50	2700	290	2494	268	2224	239
DN 65	481	52	444	48	396	43
DN 80	658	71	608	65	542	58
DN 100	642	90	777	84	693	75
DN 125	2954	318	2728	293	2433	162
DN 150	2058	221	1901	204	1695	182
DN 200	2697	290	2490	268	2221	239
DN 250	0	0	0	0	0	0
ИТОГО:	46814	5033	43234	4648	38552	4145
Стоимость / фанкойл	5,34 € / шт.		4,93 € / шт.		4,40 € / шт.	

Таблица 14. Расчет теплотерь в трубопроводах

Таблица показывает реальные теплотери в обратных трубопроводах. Конечно, не все теплотери уходят из здания. В наших дальнейших расчетах мы учтем утилизацию.

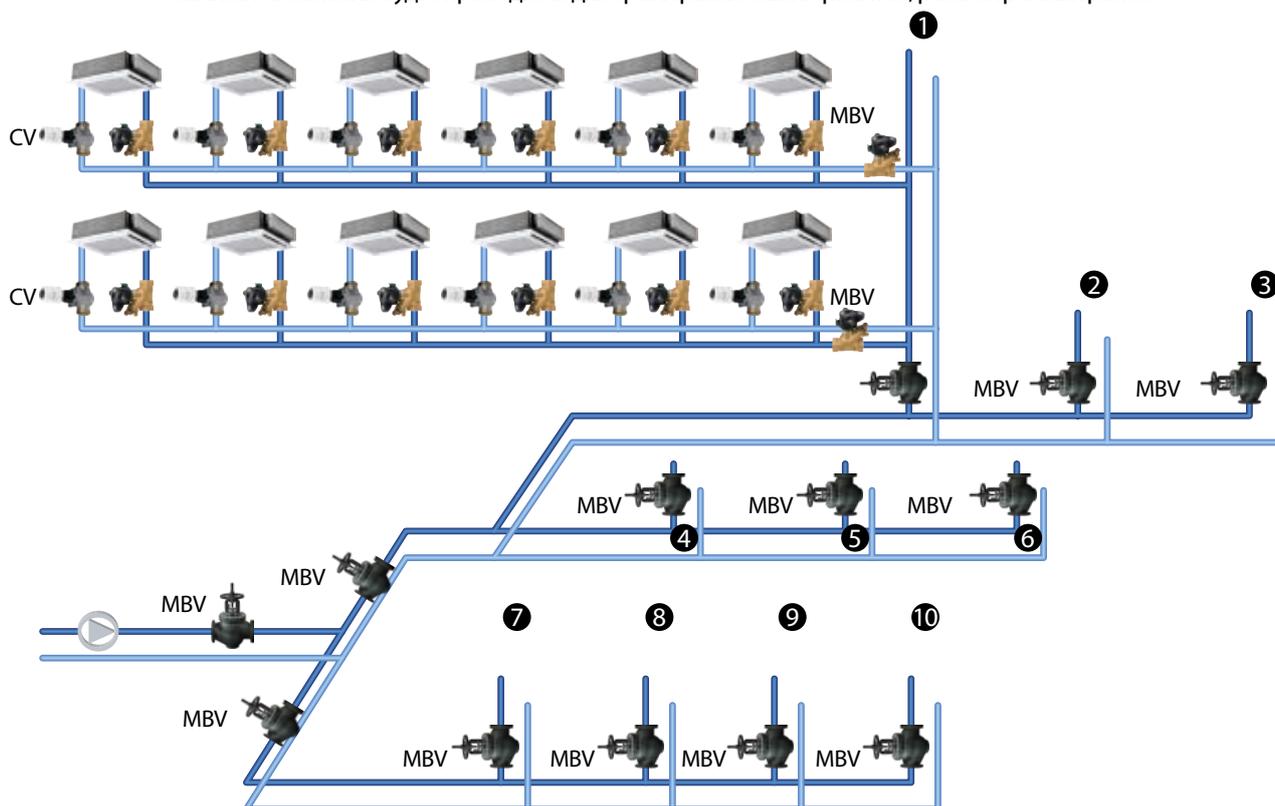
Стоимость энергопотребления на фанкойл в год в нижней части таблицы приводит нас к следующим выводам:

- Наиболее экономичной является система с динамической балансировкой
- Потери в системе со статической балансировкой на 12% выше, чем в системе с динамической балансировкой, что составляет 0,53 евро перерасхода на фанкойл в год (вариант 2 в сравнении с 3)
- Потери в системе с постоянным расходом на 21,4% выше, чем в системе с динамической балансировкой, что составляет 0,94 евро перерасхода на фанкойл в год (вариант 1 в сравнении с 3)
- Проанализировав работу системы, состоящей из 941 фанкойла, на 10-летний период, получим следующий экономический эффект:
 - Вариант 3 в сравнении с 1 даст: $0,94 \text{ евро} \times 941 \text{ фанкойл} \times 10 \text{ лет} = 8845 \text{ евро}$
 - Вариант 3 в сравнении с 2 даст: $0,53 \text{ евро} \times 941 \text{ фанкойл} \times 10 \text{ лет} = 4987 \text{ евро}$.

Расчеты, выполненные для системы трубопроводов здания таким образом, здесь не приведены. Однако результаты представлены в сравнительной таблице (обратите внимание: данная информация не включена в конечное сравнение капиталовложений для различных вариантов).

4.2 Сравнение капиталовложений

Схема установки представлена на рисунке ниже. Двухтрубная горизонтальная система распределяет воду между 10 стояками, которые имеют ответвления с общим балансировочным клапаном на каждом из 15 этажей (по 6 фанкойлов на каждом ответвлении). Максимальная скорость в горизонтальных участках трубопроводов – 2,2 м/с, в стояках – 1,5 м/с. Сравнение капиталовложений будет проводиться для троих различных вариантов, рассмотренных ранее.



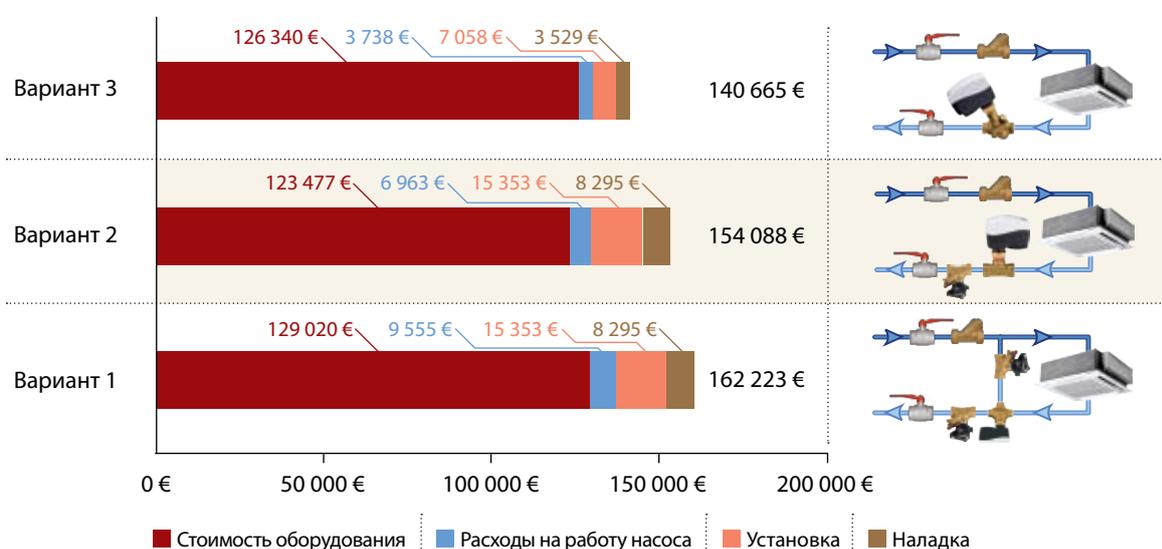
Для сравнения капиталовложений по предложенными вариантам, необходимо сначала рассмотреть каждый из них отдельно:

- Вариант 1:** трехходовой регулирующий клапан с термоэлектрическим приводом (вкл./выкл. регулирование) и ручной балансировочный клапан. Для обеспечения корректной балансировки, необходимо установить дополнительные балансировочные клапаны-партнеры на ответвлениях и стояках. Такие клапаны имеют большие диаметры, что влияет на итоговую стоимость. Спецификация:

 - регулирующие клапаны: 941 шт. VZ3 с приводами TWA;
 - балансировочные клапаны: 941 шт. резьбовых MSV на фанкойлах;
 - балансировочные клапаны: 150 шт. резьбовых MSV на ответвлениях;
 - балансировочные клапаны: 15 шт. фланцевых MSV на стояках и магистралях.
- Вариант 2:** двухходовой регулирующий клапан с термоэлектрическим приводом (вкл./выкл. регулирование). Для гидравлической балансировки применяются ручные балансировочные клапаны, аналогично варианту 1. В этом варианте также необходимы ручные балансировочные клапаны больших диаметров (магистраль, стояки). Здесь нужно сделать маленькое замечание – во многих случаях подрядчики пытаются избежать установки этих клапанов, что в конечном итоге приводит к огромным проблемам с наладкой (фактически ее невозможно выполнить) и, соответственно, некорректной работе системы. Спецификация:

 - регулирующие клапаны: 941 шт. VZ2 с приводами TWA;
 - балансировочные клапаны: 941 шт. резьбовых MSV на фанкойлах;
 - балансировочные клапаны: 150 шт. резьбовых MSV на ответвлениях;
 - балансировочные клапаны: 15 шт. фланцевых MSV на стояках и магистралях.
- Вариант 3:** комбинированный клапан AB-QM, который выполняет две функции – балансировки и регулирования. Так как балансировочная функция автоматическая, нет необходимости устанавливать балансировочные клапаны на ответвлениях, стояках и магистралях. Спецификация:

 - регулирующие клапаны: 941 шт. AB-QM с приводами TWA.



Общее сравнение стоимости было сделано на основании розничных цен Данфосс.

Выводы сопоставления капиталовложений:

- С точки зрения затрат на приобретение арматуры, самым оптимальным является вариант 2. Однако, если проанализировать суммарные затраты, то становится ясно, что вариант 3 наиболее привлекателен. Общая разница между вариантами 2 и 3 составляет 10%, а между вариантами 1 и 3 – почти 16 %!
- Комбинированные клапаны АВ-QM показали превосходные результаты с точки зрения капиталовложений и эксплуатационных затрат.

Рассматриваемый пример (из-за упрощения данных) не включал таких факторов:

- Проектирование (применение автоматической балансировки значительно упрощает и ускоряет расчет)
- Теплотери/притоки влияют на суммарное энергопотребление
- Перерасход и увеличенный напор насоса в решениях с ручной балансировкой с допустимой точностью $\pm 15\%$ от номинального расхода
- Стабильность и точность поддержания температуры, влияющие на потребление электроэнергии
- Низкая эффективность чиллера под влиянием «синдрома низкого ΔT »
- Комфорт и высокая работоспособность, благодаря поддержанию стабильной температуры
- Больше времени необходимо для установки больших тяжелых фланцевых клапанов
- Выше стоимость установки клапанов больших диаметров

Каждый конкретный проект должен анализироваться индивидуально, и результаты общей стоимости для сравнения зависят от таких факторов:

- Размер объекта – большие разветвлённые системы с большими диаметрами трубопроводов требуют установки соответствующего количества больших фланцевых балансировочных клапанов, что в итоге даст намного большую стоимость в сравнении с решением с комбинированными клапанами
- Затраты на работу насоса в значительной степени зависят от типа здания: коммерческое здание, такое как офисный центр, существенно отличается от отеля или больницы
- Перерасход, в зависимости от размера устанавливаемого клапана, достигает от 40 до 80% от номинального расхода.

4.3 Анализ гидроники

Компания Danfoss разработала прибор, с помощью которого можно проанализировать эффективность системы и определить потенциал энергосбережения. Анализатор гидроники – это, по сути, термограф, с помощью которого можно фиксировать температуру на протяжении длительного периода времени. Для анализа системы на фанкойл устанавливаются 4 сенсора для измерения температур воды в подаче и обратке и воздуха на входе и выходе. После измерений на протяжении некоторого периода можно сравнить результаты, используя современное программное обеспечение.

Sunway Lagoon – пятизвездочный отель, где было принято решение провести реновацию. Незвзирая на то, что хозяева отеля были позитивно настроены на применение комбинированных клапанов АВ-QM, они захотели дополнительных доказательств возможных сбережений и выгод.

В отеле около 940 фанкойлов, которые были первоначально оснащены по традиционному решению двухходовым регулирующим клапаном и ручным балансировочным клапаном. Когда первая фаза реновации отеля была завершена, часть комнат была оборудована комбинированными клапанами (около 150 шт.). Хозяевам отеля было предложено провести испытания с помощью анализатора гидроники и сравнить два принципиальных решения – традиционное и с клапанами АВ-QM. Результаты анализа показали значительный потенциал энергосбережения на работе насоса и эффективности чиллера. Модернизация всех 940 фанкойлов комбинированными клапанами АВ-QM улучшит эффективность чиллера и сбережения на работе насоса приблизительно на 60 % от общего энергопотребления.

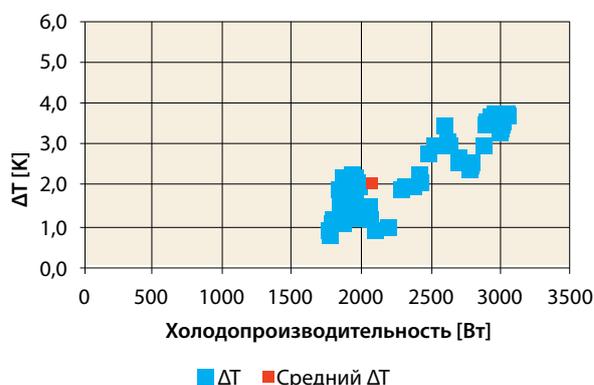


График 1а.

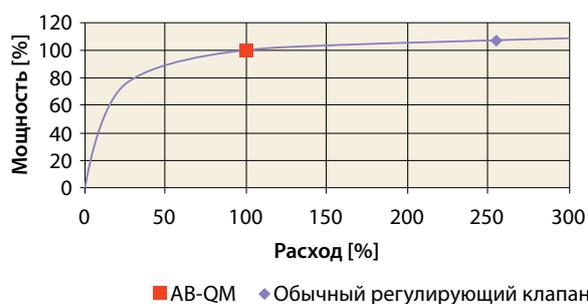


График 2.

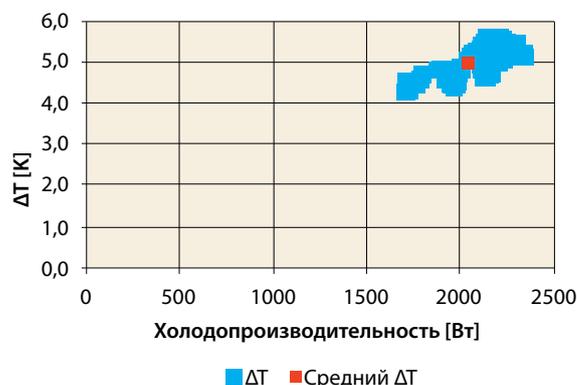


График 1б.

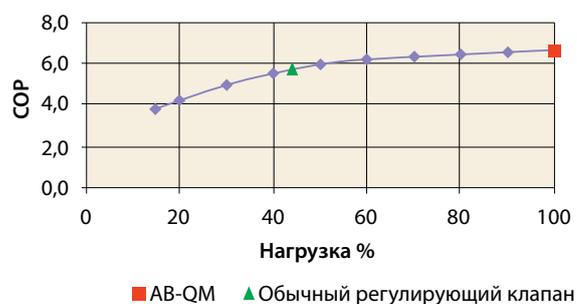


График 3.

График 1 показывает зависимость между ΔT воды и холодопроизводительностью измеренными на фанкойле. График 1а показывает результаты измерений на фанкойле с традиционным регулирующим клапаном и ручным балансировочным клапаном. График 1б показывает результаты на фанкойле с клапаном АВ-QM.

Результаты: на левом графике средний ΔT составляет 2°C и холодопроизводительность 2,2 кВт. На правом графике средний ΔT составляет 5°C и холодопроизводительность 2,1 кВт. Можем сделать вывод, что с клапаном АВ-QM холодопроизводительность фанкойла практически та же, несмотря на то, что ΔT по воде значительно больше. Это главным образом влияет на эффективность чиллера, что видно на графике 3.

График 2 показывает зависимость между холодопроизводительностью фанкойла и расходом через него.

В случае с традиционным регулирующим клапаном и ручным балансировочным клапаном перерасход составляет 150%, что дает только 10% прироста холодовыделений по сравнению с фанкойлом, оснащенным клапаном АВ-QM.

График 3 показывает зависимость между COP чиллера и его нагрузкой.

Перерасход через фанкойл – это причина неэффективной работы чиллера из-за «синдрома низкого ΔT » (смотри раздел 3.1). К тому же, из-за меньшего расхода в системе при идентичной нагрузке, производительность насоса может быть понижена более чем наполовину, в результате чего получаем солидный энергосберегающий эффект на работе насоса.

5. Обзор оборудования

5.1 Автоматический балансировочный клапан-регулятор перепада давления

Рисунок	Обозначение	Описание	DN (мм)	k_v (м ³ /ч)	Прим. Т/Х/HVAC*	Комментарии
	ASV-P	Регулятор перепада давления с фиксированным перепадом 10 кПа	15... 40	1,6... 10	Т	Совмещает функцию отключения и возможность слива дренажа
	ASV-PV	Регулятор перепада давления с регулируемой настройкой перепада 5–25 или 20–40 кПа	15... 40	1,6... 10	Т и HVAC	Совмещает функцию отключения и возможность слива дренажа
	ASV-M	Монтируется на подающем трубопроводе, подключение импульсной трубки, функция перекрытия потока	15... 40	1,6... 10	Т и HVAC	Используется с ASV-P или ASV-PV совместно в основном для отключения
	ASV-I	Монтируется на подающем трубопроводе, преднастройка, возможность выполнения измерений, функция перекрытия потока	15... 40	1,6... 10	Т и HVAC	Используется с ASV-PV совместно в основном для ограничения расхода
	ASV-PV	Регулятор перепада давления с регулируемой настройкой перепада 20–40, 35–75 или 60–100 кПа	50... 100	20... 76	Все	Используется с MSV-F2 на подающем трубопроводе для отключения, ограничения расхода и подключения импульсной трубки
	AVDO	Перепускной клапан с диапазоном настройки 5... 50 кПа	15... 25	2,39... 5,98	Все	Большие диаметры доступны в других модификациях

5.2 Автоматический комбинированный балансировочный клапан АВ-QМ

АВ-QМ без привода : автоматический ограничитель расхода

АВ-QМ с приводом : регулирующий клапан с функцией балансировки

Рисунок	Обозначение	Описание	DN (мм)	Расход (м ³ /ч)	Прим. Т/Х/HVAC	Комментарии
	AB-QM	Автоматический комбинированный балансировочный клапан, с или без измерительных ниппелей	10... 50	0,15... 12,5	Т, HVAC	В комбинации с приводом обеспечивает высококачественное регулирование расхода
	AB-QM	Автоматический комбинированный балансировочный клапан, с измерительными ниппелями	50... 150	12,5... 145	HVAC	В комбинации с приводом обеспечивает высококачественное регулирование расхода

* Т: Теплоснабжение

Х: Холодоснабжение

HVAC: Вентиляция и кондиционирование

Приводы для клапана АВ-QM

Рисунок	Обозначение	Описание	Используется с АВ-QM	Скорость (с/мм)	Тип регулирования	Комментарии
	TWA-Z	Термоэлектрический привод с напряжением питания 24 В и 230 В, индикатор положения	DN10-20, DN25,32 до 60% номинального расхода	60	ВКЛ/ВЫКЛ	Доступный в вариантах NC и NO, запирающее усилие 90 Н
	ABNM, ABNM-Z	Термоэлектрический привод с напряжением питания 24 В, индикатор положения	DN10-20, DN25,32 до 80% номинального расхода	30	0-10 В	Только вариант NC, запирающее усилие 100 Н
	AMI 140	Редукторный электропривод с напряжением питания 24 В и 230 В, индикатор положения	DN10 -DN32	12	ВКЛ/ВЫКЛ	Заводская настройка NC, возможность переключить на NO, запирающее усилие 200 Н
	AMV/E 110NL, 120NL	Редукторный электропривод с напряжением питания 24 В, индикатор положения	DN10 -DN32	12 и 24	3-точечный, 0-10 В	Определение рабочего хода обеспечивает точное регулирование независимо от преднастройки на АВ-QM
	AME 15 QM	Редукторный электропривод с напряжением питания 24 В, возможность ручного управления	DN40 - DN100	10	3-точечный, 0-10 В	3-точечный управляющий сигнал с напряжением питания 230 В доступен в других модификациях
	AME 55 QM	Редукторный электропривод с напряжением питания 24 В	DN 125, 150	8	3-точечный, 0-10 В	3-точечный управляющий сигнал с напряжением питания 230 В доступен в других модификациях

5.3 Ручные балансировочные клапаны

Рисунок	Обозначение	Описание	DN (мм)	k_{vs} (м ³ /ч)	Прим. Т/Х/HVAC	Комментарии
	MSV-I	Преднастройка, возможность провести измерения, функция отключения, латунный корпус клапана	15... 50	1,6... 16	Т	Оборудован измерительными ниппелями
	USV-I	Преднастройка, возможность провести измерения, функция отключения, возможность слива дренажа, латунный корпус клапана	15... 50	1,6... 16	Т и HVAC	Возможность слива дренажа
	USV-M	Функция отключения с возможностью слива дренажа, латунный корпус клапана	15... 50	1,6... 16	Т	Возможность слива дренажа
	MSV-S	Функция отключения с возможностью слива дренажа, латунный корпус клапана	15... 50	3... 40	Все	Большие k_{vs} клапана
	MSV-BD LENO™	Преднастройка, с измерительными ниппелями, функции отключения и слива дренажа, DZR корпус клапана	15... 50	2,5... 40	Все	Большие k_{vs} клапана, высокая точность, специальные функции
	MSV-F2	Преднастройка, с измерительными ниппелями, функция отключения, GG-25 корпус клапана	15... 400	3,1 - 2585	Все	Доступно исполнение PN 25
	PFM 4000	Измерительное устройство для ручных балансировочных клапанов	-	-	Все	Blue tooth или радиопреобразователи, запоминающее устройство на основе PDA

* Т: Теплоснабжение
 Х: Холодоснабжение
 HVAC: Вентиляция и кондиционирование

5.4 Зональные клапаны, регулирующие клапаны

Рисунок	Обозначение	Описание	DN (мм)	k_v (м ³ /ч)	Прим. Т/Х/HVAC	Комментарии
	RA-N	Преднастройка (14 установок), для двухпозиционного регулирования или регуляторов прямого действия с термоголовкой	10... 25	0,65... 1,4	T	Рекомендуется применять с центральным регулятором Др
	RA-C	Преднастройка (4 установки), для двухпозиционного регулирования или регуляторов прямого действия с термоголовкой	15... 20	1,2... 3,3	X, HVAC	Рекомендуется применять с центральным регулятором Др
	VZL-2/3/4	Клапаны для фанкойлов для двухпозиционного регулирования с линейной расходной характеристикой	15... 20	0,25... 3,5	HVAC	Короткий ход клапана, применяется с редукторным или термоэлектрическим приводами
	VZ-2/3/4	Клапаны для фанкойлов для двухпозиционного или плавного регулирования с логарифмической расходной характеристикой	15... 20	0,25... 4,0	HVAC	Плавное регулирование
	AMZ 112/113	Зональный регулирующий клапан с большим k_v	15... 32/25	17... 123, 3,8... 11,6	Все	Укомплектован редукторным электроприводом
	VRB 2- или 3-ходовой	Регулирующий клапан с логарифмически-линейной расходной характеристикой	15... 50	0,63... 40	Все	Соединение с наружной и внутренней резьбой, высокий коэффициент управления
	VF 2- или 3-ходовой	Регулирующий клапан с логарифмически-линейной расходной характеристикой	15... 150	0,63... 320	Все	Фланцевое соединение, высокий коэффициент управления
	VFS 2-ходовой	Регулирующий клапан для пара с логарифмической расходной характеристикой	15... 100	0,4... 145	HVAC	PN 25, Tmax: 200°C
	VFY-WA	Зональный регулирующий клапан для функции переключения	25... 300	40... 5635	HVAC	Ручное или автоматическое управление

Приводы для клапанов

Рисунок	Обозначение	Описание	Используется с клапанами	Скорость (с/мм)	Тип регулирования	Комментарии
	TWA-A, TWA-Z	Термоэлектрический привод с напряжением питания 24 В и 230 В, индикатор положения	RA-N/C, VZL	60	ВКЛ./ВЫКЛ.	Доступен в вариантах NC и NO, запирающее усилие 90 Н
	ABNM, ABNM-Z	Термоэлектрический привод с напряжением питания 24 В, индикатор положения	RA-N/C, VZL	30	0-10 В	Только вариант NC, запирающее усилие 100 Н
	AMI 140	Редукторный электропривод с напряжением питания 24 В и 230 В, индикатор положения	VZL (VZ)	12	ВКЛ./ВЫКЛ.	Заводская установка NC, возможно поменять на NO, запирающее усилие 200 Н
	AMV/E -H 130, 140	Редукторный электропривод с напряжением питания 24 В и 230 В	VZ (VZL)	12 и 24	3-точ., 0-10 В	Запирающее усилие 200 Н, возможность ручного управления
	AMV/E 13 SU	Редукторный электропривод с возвратной пружиной, с напряжением питания 24 В и 230 В, возможность ручного управления	VZ (VZL)	14 и 15	3-точ., 0-10 В	Возвратная пружина (spring up): защита от замерзания
	AMV/E 335, 435	Редукторный электропривод с напряжением питания 24 В и 230 В	VRB, VF/VL	7 или 14	3-точ., 0-10 В	Вариант 230 В только с 3-точ. управлением
	AMV/E 25, 35	Редукторный электропривод с напряжением питания 24 В и 230 В, возможность ручного управления	VL/VF, VFS DN 15-50	3/11	3-точ., 0-10 В	Вариант 230 В только с 3-точ. управлением
	AMV/E 25 SD/SU	Редукторный электропривод с возвратной пружиной, с напряжением питания 24 В и 230 В	VL/VF, VFS DN 15-50	15	3-точ., 0-10 В	Возвратная пружина. Spring down: защита от перегрева, spring up: защита от замерзания
	AMV/E 55/56	Редукторный электропривод с напряжением питания 24 В и 230 В	VL/VF, VFS DN 65-100	8 / 4	3-точ., 0-10 В	Вариант 230 В только с 3-точ. управлением
	AMV/E 85/86	Редукторный электропривод с напряжением питания 24 В и 230 В	VF, DN125, 150 VFS, DN 60-100	8 / 3	3-точ., 0-10 В	Вариант 230 В только с 3-точ. управлением
	AMB-Y	Редукторный электропривод с напряжением питания 24 В и 230 В, зональное регулирование	VFY-WA	30 сек./90°	ВКЛ./ВЫКЛ.	IP 65, вращающий момент от 20 до 300 Н, возможность ручного управления

5.5 Регуляторы температуры прямого действия

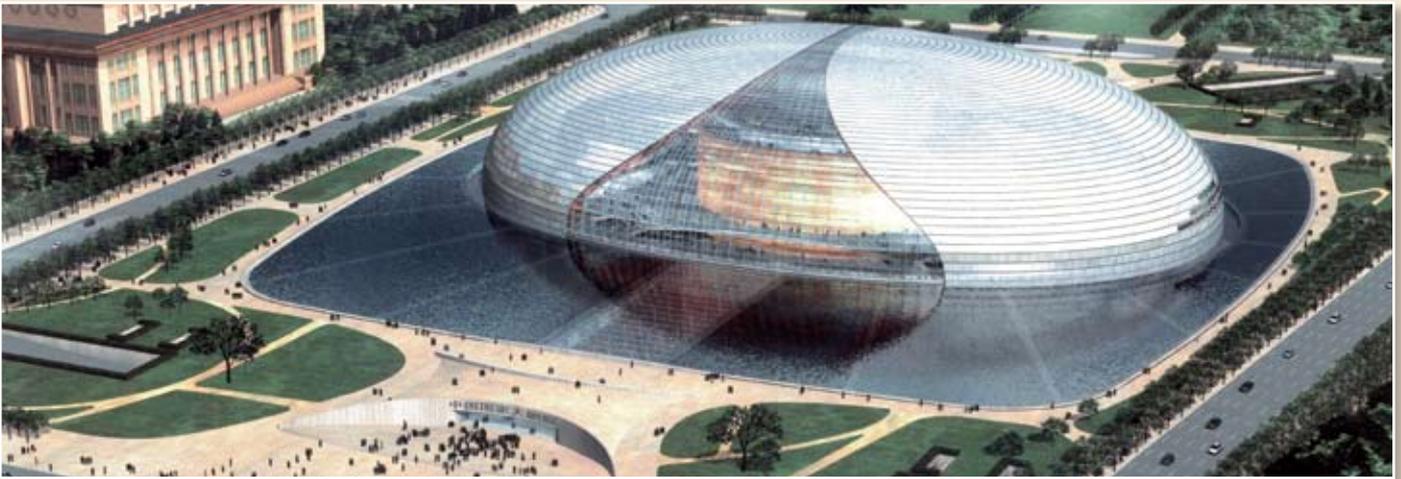
Рисунок	Обозначение	Описание	Используется с клапанами	Длина капиллярной трубки (м)	Прим.	Комментарии
	FEK	Только регулирование холодоснабжения, диапазон температур 17-27 °С	RA-C	5 или 2 + 2	холод	Встроенный или выносной датчик
	FEV	Только регулирование теплоснабжения, диапазон температур 17-27 °С	RA-N	5 или 2 + 2	тепло	Встроенный или выносной датчик
	FED	Последовательное регулирование тепло/холод, диапазон температур 17-27 °С	RA-N, RA-C	4 + 11 или 2 + 2 + 2	тепло/ холод	Встроенный или выносной датчик, устанавливаемая нейтральная зона 0,5-2,5 °С
	EDA	Сигнализатор точки росы с напряжением питания 24 В и 230 В	—	—	холод	EDA-S датчик влажности

5.6 Комнатные термостаты

Рисунок	Обозначение	Описание	Напряжение питания	Регулирование скорости вентилятора	Система	Комментарии
	RET 230CO 1/2/3/4	Комнатный термостат для систем тепло/холодоснабжения	230 В	нет или 3-скоростной	2-трубная, 4-трубная	Ручное переключение режимов и скорости вентилятора
	RET230 HC	Комнатный термостат для систем тепло/холодоснабжения со встроенным или выносным датчиком температуры	230 В	1- или 3-скоростной	4-трубная	Автоматическое переключение режимов по температуре в помещении
	RET230 HCW	Комнатный термостат для систем тепло/холодоснабжения со встроенным или выносным датчиком температуры	230 В	1- или 3-скоростной	2-трубная	Автоматическое переключение режимов по температуре воды в трубопроводе
	HC6000	Программируемый комнатный термостат для систем тепло/холодоснабжения	230 В	1- или 3-скоростной	2-трубная, 4-трубная	Автоматическое переключение режимов, хроно-пропорциональное регулирование

Регулирование ГВС

Рисунок	Обозначение	Описание	DN (мм)	k_v (м ³ /ч)	Функции	Комментарии
	MTCV	Многофункциональный термостатический циркуляционный клапан ГВС	15... 20	1,5... 1,8	Ограничение температуры циркуляции	Диапазон температур 40-60 °С, корпус клапана RG5, макс. температура 100 °С
	MTCV версия «В»	Блок температурной дезинфекции прямого действия	15... 20	1,5... 1,8	Позволяет выполнять термическую дезинфекцию	Встроенный байпас для запуска процесса термической дезинфекции
	CCR2	Регулятор процесса дезинфекции и регистратор температуры, напряжение питания 24 В	-	-	Электронное регулирование	Программируемый процесс дезинфекции, хранение данных
	TWA-A	Термоэлектрический привод с напряжением питания 24 В, индикатор положения	-	-	ВКЛ/ВЫКЛ регулирование	Доступен в вариантах NC и NO, запирающее усилие 90 Н
	ESMB, ESM-11	Датчики температуры	-	-	Регистрация температуры	PT 1000, доступны различные типы датчиков
	TVM-W	Термостатический смесительный клапан	20... 25	1,9... 3,0	Ограничение температуры	Встроенный температурный датчик, наружная резьба



Расположение: Пекин – Китай
Проект: Grand National Theatre
Применение: АВ-QM для отопления и охлаждения



Расположение: Варшава – Польша
Проект: Daimler Chrysler Office Building
Применение: MSV для охлаждения



Расположение: Мюнхен – Германия
Проект: Swiss Life
Применение: АВ-QM для отопления и охлаждения



Расположение: Ситард – Нидерланды
Проект: Sabic European Headquarters
Применение: АВ-QM и ASV для отопления и охлаждения



Расположение: Берлин – Германия
Проект: The Museum of Natural History
Применение: АВ-QM и ASV для отопления и охлаждения

Компания Danfoss не несет ответственность за возможные ошибки в каталогах, брошюрах и других печатных материалах. Компания Danfoss сохраняет за собой право вносить изменения в свою продукцию без уведомления. Это положение также распространяется на уже заказанные продукты, но при условии, что внесение таких изменений не влечет за собой необходимость внесения изменений в уже согласованные спецификации. Все торговые марки в данном материале являются собственностью соответствующих компаний. Danfoss и логотип Danfoss – это торговые марки компании Danfoss. Авторские права защищены.



Данфосс ТОВ:
 Украина, 04080,
 г. Киев, ул. В. Хвойки, 11
 Тел. 0(44) 4618700
 Факс 0(44) 4618707
www.danfoss.ua