Библиотека СОК



БАЛАНСИРОВКА СИСТЕМ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Наиболее эффективный способ балансировки расходов в системе распределения в системах отопления и охлаждения



Franz Josef Spital, Australia

Содержание

1. Зачем нужна балансировка? 5

2. Инструменты, которые Вам нужны 7

3. Подготовка..... 9
3.1 План балансировки на вашем рабочем столе..... 9
3.2 Разбивка системы на модули..... 10-14

4. Пропорциональный метод..... 15

5. Компенсационный метод..... 17
5.1 Развитие Пропорционального метода 17
5.2 Опорный клапан и клапан партнер..... 17-19
5.3 Настройка опорного клапана..... 19
5.4 Необходимые инструменты..... 20
5.5 Балансировка терминалов на ветви..... 20-21
5.6 Балансировка ветвей на стояке..... 22-23
5.7 Балансировка стояков на основном трубопроводе..... 23-24
5.8 Настройка Опорного клапана в случае, когда потери давления между терминалами существенно отличаются..... 24-25

6. Метод ТА Баланс..... 26
6.1 Подготовка процедуры..... 27
6.2 Процедура..... 27
6.3 Балансировка модулей стояка между собой..... 28
6.4 Балансировка стояков между собой..... 29-30

7. **Примеры некоторых систем..... 31**
7.1 Система с переменным расходом с балансировочными клапанами..... 31
7.2 Система с перепускным клапаном BPV и балансировочными клапанами..... 32-33
7.3 Система с регулятором перепада давления STAP на каждом стояке..... 34-35
7.4 Система с регулятором перепада давления STAP на каждой ветви..... 35-37
7.5 Система с регулятором перепада давления STAP на каждом двухходовом регулирующим клапане..... 37-38
7.6 Система распределения с постоянным расходом с вторичными насосами..... 38-39
7.7 Система распределения с постоянным расходом с трехходовыми клапанами.. 39
7.8 Системы горячего водоснабжения с балансировочными клапанами..... 40-43
7.9 Системы горячего водоснабжения с клапанами TA-Therm..... 44

Приложение

A. Метод предварительной настройки..... 45

B. Перерасчет расходов, если увеличены размеры терминалов..... 46

C. Определение размеров балансировочных клапанов..... 47

D. Установка балансировочных клапанов..... 50

E. Подробная инструкция по подготовительной работе..... 51

F. Хотите узнать больше о том, «Зачем нужна балансировка?»..... 53
F1. Расчетный расход должен быть действительно доступен во всех частях системы..... 53-57
F2. Гидравлическая балансировка и стабилизация перепадов давления..... 57-65
F3. Расходы должны быть совместимы в узлах системы..... 65-67

G. Обнаружение проблем и анализ системы..... 68
G1. Общие проблемы..... 68
G2. Быстрое обнаружение проблем..... 69
G3. Точный анализ системы..... 69

1. Зачем нужна балансировка? (более подробно об этом в приложении F)

Многие владельцы зданий тратят время и средства, рассматривая жалобы на микроклимат внутри помещений. Подобная ситуация может быть даже в новых домах, где используется новейшие технологии контроля. Широко распространены следующие проблемы:

- В некоторых помещениях никогда не достигается требуемая температура, особенно после изменения нагрузки.
- Температура внутри помещений продолжает колебаться, особенно при низких и средних нагрузках, даже при наличии на терминалах современных контроллеров.
- Хотя номинальная мощность оборудования может быть достаточной, достичь расчетной мощности не удается, особенно при запуске системы после выходных или ночного снижения нагрузки.

Подобные проблемы часто возникают при неправильном распределении расходов, препятствующем нормальной работе контроллеров. Контроллеры работают эффективно, только при расчетных расходах в системе и работе в расчетных условиях.

Единственным способом добиться расчетной подачи жидкости является балансировка системы. Под балансировкой подразумевается регулировка расходов с помощью балансировочных клапанов.

Балансировка осуществляется в пяти направлениях:

1. Необходимо балансировать оборудование, чтобы добиться расчетных параметров потока для каждой котельной или каждого охладителя. Более того, в большинстве случаев, необходимо поддерживать постоянный поток для каждой установки. Колебания снижает эффективность работы, сокращает срок службы оборудования и затрудняет эффективный контроль.

2. Необходимо балансировать систему распределения таким образом, чтобы обеспечить расчетный расход на каждом терминале, независимо от общей нагрузки системы.

3. Необходимо балансировать гидравлические контуры таким образом, чтобы обеспечить правильные рабочие условия регулирующих клапанов и совместимость первичного и вторичного потоков.

4. Балансировка системы ручными балансировочными клапанами позволяет установить большинство гидравлических аномалий и определить завышения параметров насоса. Напор насоса может быть настроен на нужное значение, оптимизируя расходы на эксплуатацию насоса.

5. После того как система сбалансирована могут быть использованы центральные контроллеры, так как все комнаты реагируют на изменения одинокого. Более того, когда средняя температура в комнатах отклоняется от расчетной величины, из-за отсутствия балансировки, это приводит к большим расходам, о чем будет сказано далее.

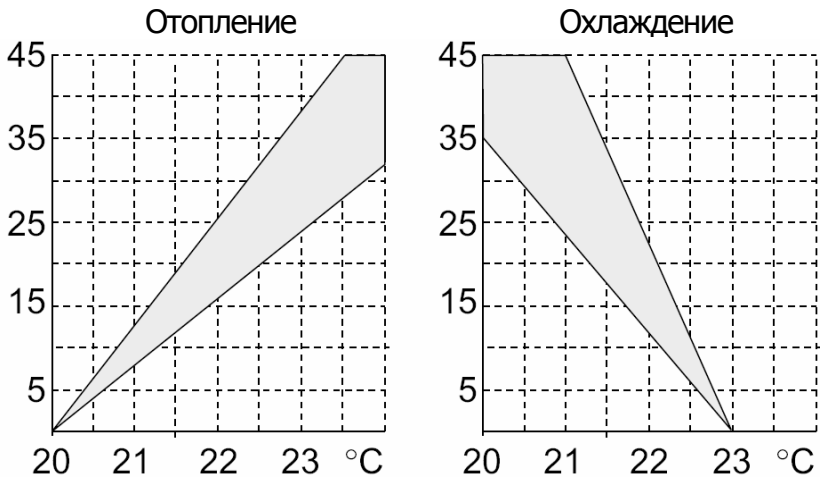


Рисунок 1.1 Процент увеличения себестоимости энергии на каждый градус С слишком высокой или слишком низкой температуры, относительно средней температуры здания

Почему средняя температура выше в системе, где не была произведена балансировка? В холодную погоду около котельной будет слишком жарко, а на верхних этажах - слишком холодно. ТЭЦ будет повышать температуру подаваемого в здание теплоносителя. Люди на верхних этажах перестанут жаловаться, а люди, проживающие ближе к котельной, будут вынуждены открывать окна. В жаркую погоду будет, также, происходить подобное. Будет слишком холодно людям, находящимся ближе к охладителю, и слишком жарко людям, находящимся на верхних этажах.

Плюс минус один градус в отдельном помещении не создает людям дискомфорт и незначительно влияет на себестоимость энергии. Но нарушение средней температуры в здании стоит дорого. В средней части Европы каждый градус выше уровня в 20°C увеличивает стоимость теплоэнергии не менее, чем на 8% (на 12% в южной части Европы). В Европе снижение на один градус от уровня в 23°C увеличивает стоимость охлаждения на 15% (смотрите рисунок 1.1).

Системы ОВК проектируются на условиях максимальной загрузки. Если система не может обеспечить полный объем во всех контурах из-за того, что она не сбалансирована согласно расчетным условиям, то вложения в систему не реализованы. Когда требуются максимальные объемы, все регулирующие клапаны полностью открываются и это не исправляет ситуацию.

Более того, регулирующие клапаны обычно имеют завышенные размеры и они не могут повлиять на балансировку. Гидравлическая балансировка, таким образом, необходима и стоит не более 2% от суммарной стоимости системы ОВК.

Каждое утро после ночной заниженной нагрузки требуется полная мощность системы для скорейшего восстановления микроклимата. Правильно сбалансированная система сделает это быстрее. Если система запускается на 30 минут быстрее это экономит 6% энергопотребления в день. Это обычно больше чем расходы на все насосы системы распределения.

Но наиболее важным вопросом является завышение параметром насоса. Балансировочные клапаны, настроенные Компенсационным Методом или методом ТА Баланс раскрывают степень завышение параметров насоса. Завышение напора насоса видна на ближайшем к нему балансировочном клапане. Исходя из этого могут быть приняты корректирующие действия (уменьшение скорости или настройка крыльчатки).

2. Инструменты, которые Вам нужны

Вам необходимы три вещи:

Приборы для измерения и регулировки расхода жидкости,
измерительный инструмент
и методика балансировки.

Приборы для измерения и регулировки расхода жидкости.

Балансировочные клапаны, представляющие собой регулирующие клапаны переменной площадью отверстия или диафрагмы с отдельным регулирующим клапаном.

Существует значительная разница между клапанами различного изготовления. Это касается и столь же значительной разницы в точности регулировки микроклимата внутри помещения, экономии энергии, а также времени, затрат и усилий, требуемых для выполнения одинаковой балансировки.

ТА, чья продукция используется во всем мире, удовлетворяет самые изысканные требования рынка и предлагает измерительные устройства и регулирующие клапаны, как для постоянного расхода, так и для переменного. Вот некоторые отличительные характеристики продукции ТА:



STAD	STAF	STAP
Балансировочный клапан STAD 15-50 мм	Балансировочный клапан STAF 20-300 мм	Регулятор перепада давления STAP 15-50 мм

Балансировочные клапаны и диафрагмы

- Точность расхода для клапанов лучше ± 5%, а для диафрагм лучше ± 3%.
- Клапаны размером до 50 мм имеют четыре полных оборота между позициями открыто и закрыто. Для больших размеров предусмотрено восемь, двенадцать или шестнадцать полных оборотов.
- Клапаны выпускают с внутренней резьбой, с фланцами, бесфланцевые клапаны, с пазами и с обжимными фитингами.
- Клапаны размером до 50 мм выполнены из Аметал®, возможно, единственного сплава, полученного литьем под давлением, который отвечает самым строгим требованиям устойчивости к цинковой коррозии.

Регулятор дифференциального давления

- Устанавливаемое значение: 10 - 60 кПа или 20 - 80 кПа.
- Для стабилизации дифференциального давления на регулирующем клапане и/или контурах.

Измерительный прибор.



Для того чтобы знать наверняка, удалось ли получить нужный расход, и какое дифференциальное давление имеется на разных участках объекта, необходимо выполнять измерения. Это также важно для диагностики и анализа системы. Прибор для балансировки CBI" компании TA Hydronics обладает всеми характеристиками, необходимыми для выполнения данных требований, например:

- Измеряет и запоминает данные дифференциального давления, расхода и температуры на STAD, STAF, STAP/STAM и других клапанах TA Hydronics.
- Запрограммирован для расчета величин настройки при балансировки, а также TA Метода и TA Баланс.
- Двухканальная связь с ПК.
- Делает поправку в расчетах при наличии антифриза.
- Большой объем памяти - может оперировать данными 1,000 клапанов и 24,000 величин при регистрации.
- Графическое табло дает возможность присваивать имена объектам и клапанам.

Пропорциональный предохранительный клапан.



В системе с переменным расходом клапаны BPV могут быть использованы для выполнения трех различных функций:

- Обеспечение минимального расхода для защиты насоса
- Уменьшение падения температуры в трубах
- Ограничение дифференциального давления в контурах с нагрузками.

Клапан BPV выполняет функцию закрытия и настройки на 10-60 кПа. 15 - 32 мм (1/2" - 1 1/4")

3. Подготовка

Балансировка расходов выполняется до настройки регулирующего оборудования. Подготовьте балансировку внимательно. Это приводит к лучшим результатам при меньших временных затратах.

Получите чертежи и изучите их для полного понимания принципов действия всей системы. Проведите инспекцию на месте для исключения потерь времени для разрешения практических проблем, таких как поиски ключа от закрытых помещений или попытаться найти несуществующий балансировочный клапан.

Более подробно об этом в приложении E.

3.1 План балансировки на вашем рабочем столе

Внимательно изучите чертежи системы
Проводите первичное изучение схем системы для понимания проекта и принципов её работы. Определите управляющие контуры, систему распределения и расположение балансировочных клапанов. Разбейте систему на модули, как это будет объяснено в главе 3.2.

Для четырех трубных систем Вам следует подготовить отдельные схемы систем отопления и охлаждения. Иногда полезно нарисовать принципиальную схему контура без подробной информации, которые не имеют отношения к балансировочным работам.

Выберите подходящую процедуру балансировки
Когда вы настраиваете расход при помощи балансировочного клапана, перепад давления на самом клапане и в трубах изменяется. Следовательно, каждая настройка расхода влияет на расход на уже настроенных клапанах. Другими словами, все контуры взаимодействуют. Основная разница между различными методами балансировки заключается в принципе, каким они компенсируют взаимодействие между контурами. Некоторые методы не компенсируют вообще. Это означает, что балансировщик должен настроить один и тот же клапан несколько раз, до тех пор пока не получить необходимый расход. Другие методы компенсируют напрямую или косвенно. Существует три таки метода: Пропорциональный метод, Компенсационный метод и Метод TA Баланс, которые описаны в данном руководстве.

Компенсационный метод является дальнейшим развитием Пропорционального метода и дает лучший результат при меньших временных затратах. Метод TA Баланс самый легкий метод, который позволяет одному наладчику балансировать всю систему при помощи одного балансировочного инструмента.

Тем не менее, ни один из этих методов не может быть применен для систем распределения, спроектированного по принципу обратного возврата (система Тихельмана, трехтрубная схема и т.д.). В этом случае, Вы должны применить итеративный метод. То есть, пройдитесь через всю систему несколько раз и настраивайте расходы «на глаз», пока они не будут соответствовать проектным расходам, или рассчитайте, вручную или на компьютере правильную предварительную настройку балансировочный клапанов.

В руководстве No. 1 ”Балансировка гидравлических контуров” приведены пошаговые методы для балансировки 23 гидравлических контуров с двух- и трех- ходовыми клапанами.

3.2 Разбивка системы на модули

Теория и практика

Теоретически достаточно установить по одному балансировочному клапану на каждый терминал для правильного распределения расходов в системе распределения. Но это требует чтобы все предварительные установки для всех балансировочных клапанов были рассчитаны, чтобы все вычисления были сделаны корректно, и чтобы вся система была собрана согласно чертежам.

Если Вы измените один или несколько значений расходов, то, как это было замечено выше, все остальные расходы более или менее изменятся. Это может потребовать долгих и утомительных поправок для получения правильных расходов.

На практике, необходимо разбить большую систему на модули и установить балансировочные клапаны таким образом, чтобы настройка одного или нескольких балансировочных клапанов могла компенсировать изменения расходов в любой другой части системы.

Закон пропорциональности

Терминалы, указанные на рисунке 3.1, формируют модуль. Изменения вне данного модуля приводят к изменению перепада давления между точками A и B. Так как расходы зависят от перепада давления, то расходы во всех терминалах изменяются в одной и той же пропорции.

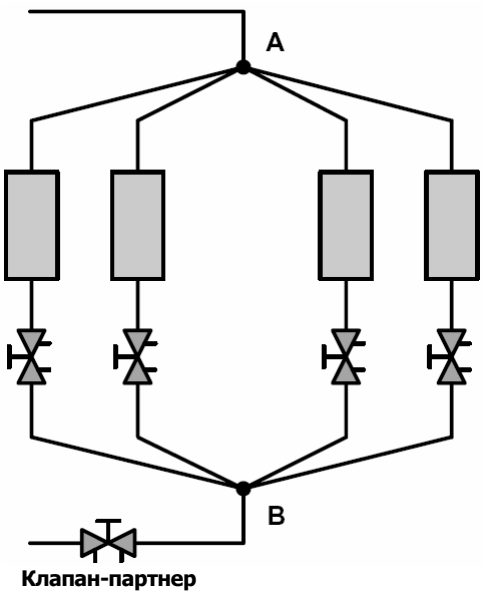


Рисунок 3.1 Внешние возмущения влияют на все терминалы модуля одинаково.

Расходы через эти терминалы могут быть проконтролированы через измерение расхода одного из терминалов, который мы можем использовать как опорный. Балансировочный клапан, который общий для всех терминалов компенсирует влияния внешних возмущений на расходы через терминалы модуля. Мы назовем это клапан клапан-партнером.

Однако терминалы обычно подключаются, как это показано на рисунке 3.2. Расход через каждый терминал зависит от перепада давления между точками A и L. Любое изменение этого перепада будет влиять на расход через каждый терминал в одинаковой пропорции.

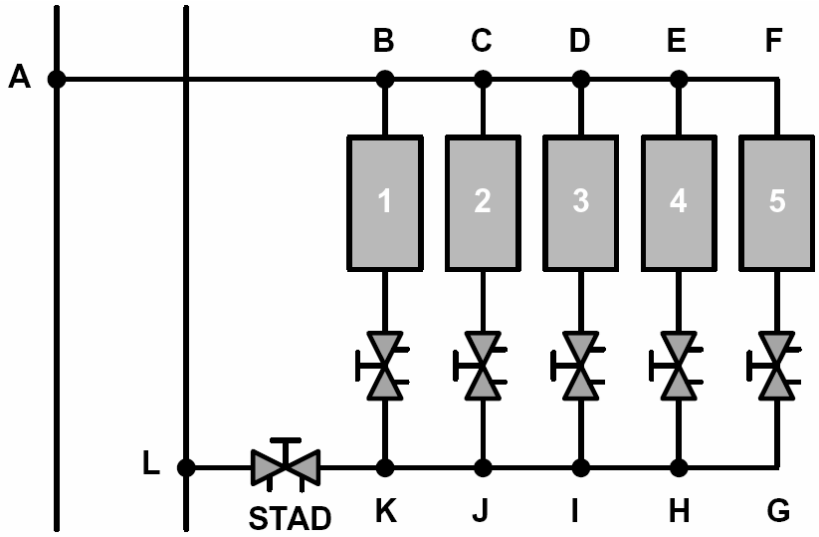


Рисунок 3.2 Ветка из нескольких терминалов составляет модуль. STAD является клапан-партнером, который скомпенсирует в сбалансированных контурах все внешние возмущения.

Но что произойдет, если возникнет возмущение внутри модуля, например, закрытием балансировочного клапана терминала 3?

Это сильно повлияет на расходы на линиях CD и IJ, и следовательно на потери давления на этих трубах. Перепад давления между точками E и H изменится значительно, который повлияет на расходы через терминалы 4 и 5 в одинаковой пропорции.

Закрытие терминала 3 будет иметь маленькое влияние на расходы в трубах AB и KL. Потери давления в этих трубах изменятся незначительно. Перепад давления между точками B и K изменится слегка и терминал 1 не отреагирует на возмущение в той же степени, что и терминалы 4 и 5. Таким образом, закон от пропорциональном изменении расходов не применим для внутренних возмущений (как это показано на рисунке 3.3).

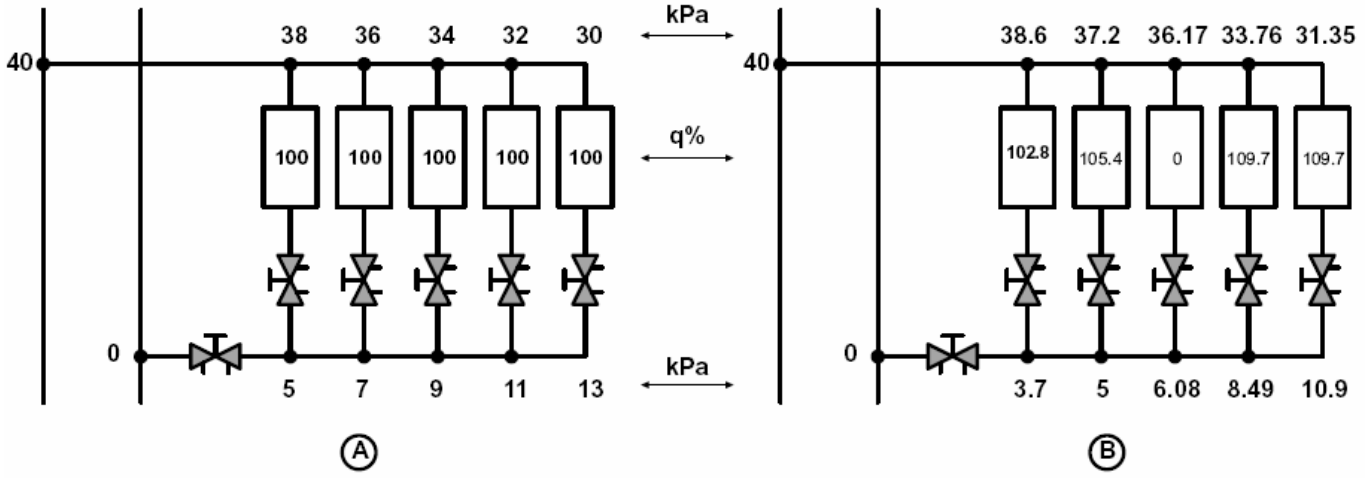


Рисунок 3.3 Внутреннее возмущение меняет расходы не пропорционально.

Кроме того, расходы изменялись бы в модуле пропорционально, если бы все перепады давления во всех частях модуля зависели бы от расхода q одинаково. Но это не верно, так как перепад давления на трубах зависит от $q^{1.87}$, в то время как, перепад давления на клапанах зависит от q^2. Для малых расходов поток становиться ламинарным и перепад давления линейно зависит от расхода. Закон пропорциональности может быть использован только для определения отклонений около расчетных значений. Это и есть одна из причин, почему Компенсационный метод, описанный в главе 5, считается наиболее точным методом балансировки, так как в этом случае расчетные расходы поддерживаются в каждом модуле в течение всей процедуры балансировки.

Модуль может быть частью большего модуля

Когда терминалы на одной ветке уже сбалансированы между собой, вы можете рассматривать всю ветвь как «черный ящик», то есть как модуль. Его компоненты реагируют на внешние настройки расходов пропорционально. Клапан-партнер легко может компенсировать такие возмущения.

Следующим шагом, ветви-модули сбалансированы между собой и клапан-партнером для них является балансировочный клапан стояка. После этого, все модули на стояке формируют модуль большего размера, расход в котором может быть настроен балансировочным клапаном стояка. В конце концов, все стояки могут быть сбалансированы между собой, где стояки составят модуль, и балансировочный клапан на основной трассе будет клапан-партнером.

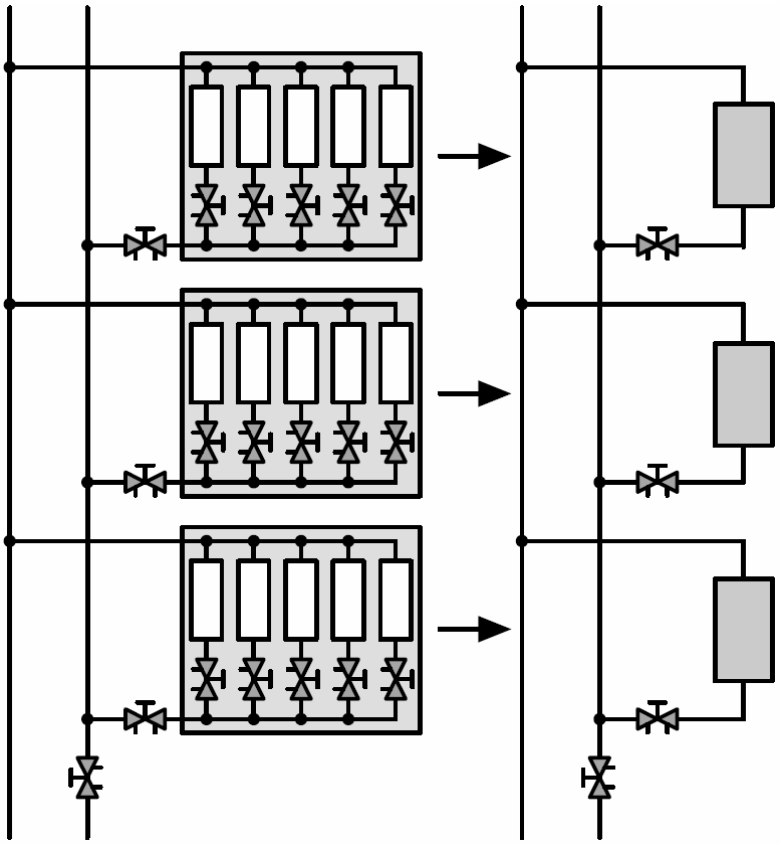


Рисунок 3.4 Каждая ветвь на стояке формирует новый модуль.

Что такое оптимальная балансировка?

На рисунке 3.5 показаны два модуля. Цифры указывают на потери давления на терминалах и на балансировочных клапанах. В обеих, случаях перепады давления на каждом терминале имеют значения, необходимые для обеспечения проектного расхода. Потери давления распределены между балансировочными клапанами терминалов и клапан-партнером по разному.

Какая балансировка лучше? Оптимальная балансировка подразумевает: (1) что коэффициент управления регулировочного клапана максимизирован, что обеспечивает точную настройку, (2) что предотвращено завышение параметров насоса, так что напор насоса и стоимость эксплуатации минимизированы. Оптимальная балансировка достигается, когда на балансировочных клапанах терминалов установлено минимально возможное значение потерь давления (как минимум 3 кПа, что позволяет точность измерения расхода).

Таким образом, значения потерь давления, полученные в варианте (b), обеспечивают оптимальную балансировку, так как на всех балансировочный клапанах установлены минимально возможные потери давления, которые обеспечивают проектный расход. Заметим что, оптимальная балансировка возможна только при наличии клапан-партнера.

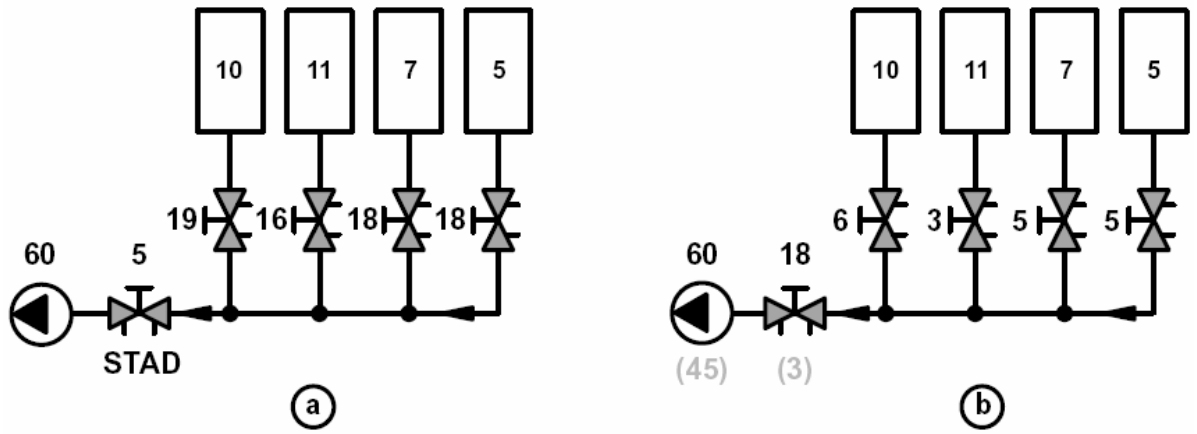


Рисунок 3.5 Набор терминалов может быть сбалансирован различными путями, но только один оптимален.

Клапан-партнер позволяет обнаружить превышение перепада давления. Соответственно, можно уменьшить обороты насоса и открыть клапан-партнер. В примере (b), потери давления и на клапан-партнере, и на насосе могут быть уменьшены на 15 кПа, что позволило бы сэкономить стоимость эксплуатации насоса на 25%.

Где установить балансировочные клапаны

Таким образом, балансировочные клапаны следует установить для разделения системы на модули, которые могут быть сбалансированы независимо от остальной части системы. Следовательно, каждый терминал, каждая ветвь, каждый стояк, каждая трасса и каждый источник должен быть оснащен балансировочным клапаном.

Тогда очень просто компенсировать любые изменения относительно чертежей, ошибок монтажа и завышения параметров. Это позволяет экономить время и получить оптимальную балансировку. Более того, система может быть сбалансирована и настроена в любой стадии монтажа, не требуя перенастройки после завершения.

Балансировочные клапаны также используются для диагностики системы и выполняют функцию запорной арматуры при ремонтных работах и обслуживании системы.

Точность получения расходов

Мы рассмотрели преимущества гидравлической балансировки. Перед изучением процедур балансировки, необходимо определить точность, с которой должны быть получены расходы.

На практике, желаемая точность настройки расходов зависит от точности получения температуры помещения. Точность также зависит от других факторов, таких как температура подачи и соотношение между необходимой мощностью и мощностью установленного терминала. В некоторых технических требованиях необходимая точность расхода установлена между +0 и +5%. Такое жесткое ограничение технически не обоснована.

Это требование выглядит еще более странным, если учесть что уделяется очень мало внимания обеспечению правильной температуры подачи на дальние терминалы. Особенно в случаях систем с переменным расходом, температура подачи, конечно, не такая же как в начале и в конце контура, и влиянием температуры воды нельзя пренебрегать. Более того, расходы воды часто рассчитываются исходя из требуемой мощности, и редко учитывают реально установленную мощность. Завышение параметров терминала на 25% обычно компенсируется уменьшением расходов на 40%. Если этот фактор не учтен, то бессмысленно настраивать расход с точностью до 5%, в то время как требуемый расход определен с начальной ошибкой в 40%.

Недорасход не может быть компенсирован контуром управления, и он напрямую влияет на режим работы при максимальной загрузке системы; а это влияние должно быть ограничено. Перерасход теоретически не имеет прямых влияний на режим работы, контур управления компенсирует его. Это может склонить нас к принятию факта перерасхода, особенно если его влияние на температуру помещения незначительное. Так мы не учтем пагубного влияния перерасхода. Если все управляющие клапаны открыты, например, после запуска системы, перерасходы вызывают недорасходы в другом месте и становится невозможным получить требуемую температуру воды при больших нагрузках, из-за несовместимости производства и распределения расходов. Перерасходы тоже должны быть ограничены. По этому, логично ограничить перерасходы и недорасходы в той же мере и применить общую точность в форме ±x%.

К счастью, если полученные расходы близки к проектным, это не так драматично влияет на температуру помещения. Если принять колебание температуры помещения, из-за неточности расходов, равной ± 0.5°C при полной нагрузке, то значение x, с некоторой долей надежности, будет

$$x = \frac{\pm 100(t_{sc} - t_{ic)}}{(t_{sc} - t_{rc})(t_{ic} - t_{ec} - a_{ic})}$$, где

t_{sc} - проектная температура подачи, t_{ic} - проектная температура в помещении, t_{rc} - проектная температура обратки, t_{ec} - проектная температура внешней среды, a_{ic} - влияние внутреннего обогрева на температуру помещения.

Пример:

Отопление - t_{sc} = 80°C; t_{rc} = 60°C; t_{ic} = 20°C; t_{ec} = -10°C; a_{ic} = 2°C; x = ±10%.

Охлаждение - t_{sc} = 6°C; t_{rc} = 12°C; t_{ic} = 22°C; t_{ec} = 35°C; a_{ic} = 5°C; x = ±15%.

4. Пропорциональный метод

Изменения перепада давления по контуру приводить к изменению расходов в терминалах контура в той же пропорции. Этот фундаментальный принцип лежит на основе Пропорционального метода.

Пропорциональный метод, который будет описан здесь, заменен более прогрессивными методами: Компенсационным методом, которая описана в главе 5 и Методом ТА Баланс, которая описана в главе 6.

Еще более подробную информацию можно найти в книге « Total Hydronic Balancing», второе издание, 1997, глава 5.4.

Мы только изучим пошаговую балансировку одной ветви одного стояка.

1. Измерьте расход через все терминалы выбранной ветви, при полностью открытом балансировочном клапане ветви (STAD-1.2.0).

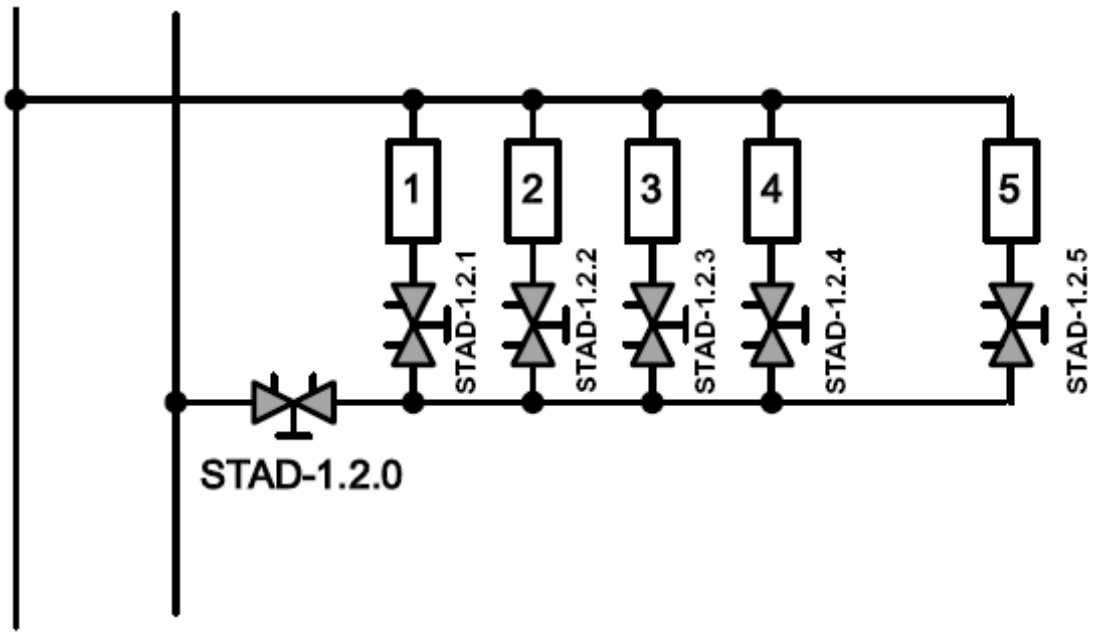


Рисунок 4.1 Балансировка терминалов на ветви.

2. Для каждого терминала определите соотношение расходов λ, равное измеренный расход/проектный расход. Определите клапан с минимальным λ_{min}. Назовем его «индексный клапан». Если потери давления одинаковые при проектном расходе, то терминал 5 естественно будет иметь минимальное соотношение расходов, так как он получает наименьший перепад давления. Если потери давления на терминалах неодинаковые, то любой из них может иметь наименьшее соотношение расходов.

3. Используйте балансировочный клапан на последнем терминале как Опорный клапан (STAD.1.2.5 на рисунке 4.1).

4. Настройте Опорный клапан STAD-1.2.5 на значение $\lambda_5=\lambda_{min}$. Зафиксируйте эту настройку STAD-1.2.5 (поворотом внутреннего шпинделя до упора). Подключите CBI измерения расхода.

5. Настройте STAD-1.2.4, так чтобы $\lambda_4 = \lambda_5$. Это приведет к изменению соотношение расходов λ_5. Если настройка STAD-1.2.4 изменит расход на Опорном клапане больше чем на 5%, STAD-1.2.4 должен быть перенастроен таким образом, чтобы значение λ_4 было равно новому значению λ_5. Зафиксируйте эту настройку STAD-1.2.4.

6. Настройте расходы на всех терминалах ветви. Сделайте это в направлении насоса, как это описано в шаге 5. Когда STAD-1.2.2 будет настроен, соотношение расходов λ_5 изменится, но λ_3 и λ_4 останутся равными λ_5. Терминалы 3, 4 и 5 следовательно останутся сбалансированными относительно друг друга. Это была и причина, почему последний терминал был использован как Опорный. Когда все терминалы будут сбалансированы относительно друг друга, будет возможно настроить клапан-партнер STAD-1.2.0 таким образом, чтобы $\lambda_5 = 1$. Все другие соотношения расходов λ_4, λ_3, λ_2 и λ_1 станут равными 1. Тем не менее, не выполняйте эту операцию, так как она выполниться автоматически, когда вы будете выполнять последнюю балансировочную операцию в системе.

7. Повторите эту процедуру для всех ветвей на этом стояке.

Примечание: Вместо контролирования соотношение расходов на Опорном клапане (терминал 5), это можно сделать на последнем настроенном балансировочном клапане. Например, после настройки балансировочного клапана на терминале 2, новые соотношения расходов на всех балансировочных клапанах терминалов 3, 4 и 5 будут одинаковыми, и может быть измерено на балансировочном клапане терминала 3, вместо Опорного клапана (терминал 5). Это поможет сэкономить время настройщика, который должен использовать два CBI (CBI_a и CBI_b).

Когда терминал 3 настроен, CBI_a остается на нем. Настройщик идет к терминалу 2 и настраивает его при помощи CBI_b. Потом он возвращается обратно к терминалу 3, измеряет соотношение расходов и снимает CBI_a. Теперь он настраивает расход на терминале 2, не снимая CBI_b и оставляя его на терминале, идет к терминалу 1 с CBI_a и так далее...

Запомните, что пропорциональная балансировка действительна только тогда, когда соотношения расходов остаются близкими к 1 (смотрите замечание в конце главы 3.2), и это условие полностью выполняется в Компенсационном методе.

5. Компенсационный метод
(ТА Метод)

Компенсационный метод является развитием Пропорционального метода, с тремя важными преимуществами:

Ступенчатый ввод в действие: *Вы можете балансировать систему по мере ввода в действие, без необходимости «перебалансировки» всего здания после его завершения.*

Быстрый ввод в действие: *Уменьшает затраты времени, так как не требует измерений расходов на всех балансировочных клапанах и расчетов соотношение расходов. Он также требует только одну настройку расхода на каждом балансировочном клапане.*

Затраты на насос могут минимизированы: *Когда балансировка завершена, Вы можете устранить превышение параметров насоса прямо на основном балансировочном клапане. Соответственно может быть уменьшен напор насоса. Это приводит к большой экономии электроэнергии, особенно в системах охлаждения.*

5.1 Развитие Пропорционального метода

Компенсационный метод основан на Пропорциональном методе, но с дальнейшим развитием одного из существенного аспекта: при использовании Компенсационного метода соотношения расходов всегда приравниваются к 1 в течение всего процесса балансировки модуля (смотри замечания в конце главы 3.2).

а) Ступенчатый ввод в действие:

- Система может быть разбита на модули. Это значит, что система может быть введена в действие по мере того как продолжается строительство, и не требуется балансировка всего здания после его завершения.

б) Быстрый ввод в действие

- Никаких первичных измерений расходов на всех ветвях и стояках. Никаких расчетов соотношений расходов для определения начальной точки балансировки.
- Балансировку можно начать с любого стояка (хотя Вы должны закрыть все стояки, которые не будите балансировать).
- Никаких забот о возможности вызова слишком больших расходов на основном насосе. Никаких забот о малых значениях перепада давлений, которые не позволяют измерять малые расходы.
- Требуется только одна настройка расходов на каждом балансировочном клапане.

в) Затраты на насос могут быть минимизированы

- Компенсационный метод автоматически минимизирует потери давлений на балансировочных клапанах. Основной балансировочный клапан устраняет всякие превышения параметров основного насоса. Часто насосы могут быть заменены на меньшие.
- Настройки насосов с несколькими скоростями работы могут быть оптимизированы.

5.2 Опорный клапан и клапан-партнер

Когда мы настраиваем расход при помощи балансировочного клапана, на клапане и на трубах меняются потери давления, этим изменяя перепад давления на балансировочных клапанах. Настройка расхода на одном балансировочном клапане меняет расходы, настроенные на других клапанах. Это приводит к тому, что один и тот же балансировочный клапан приходится настраивать несколько раз.

Компенсационный метод устраняет эту сложность. Расход на каждом балансировочном клапане настраивается один раз. Метод предполагает возможность измерения возмущения расхода, возникшее при настройке балансировочного клапана, и что такое возмущение может быть компенсировано каким-либо образом.

Такое возмущение регистрируется на дальнем от насоса балансировочном клапане, в данном модуле. Этот балансировочный клапан называется Опорным клапаном.

Балансировочный клапана действующий на весь расход ветви, так называемый Клапан-партнер, компенсирует возмущения. С помощью этого клапана перепад давления на Опорном клапане может быть установлено на первоначальное значение каждый раз после возникновения возмущений.

Метод начинается настройкой расходов, согласно проектному значению, на Опорном клапане, согласно процедуре описанной ниже. Результатом является определенное значение перепада давления Δp_R (рисунок 5.1), который отслеживается беспрерывно. Данное значение фиксируется на Опорном клапане.

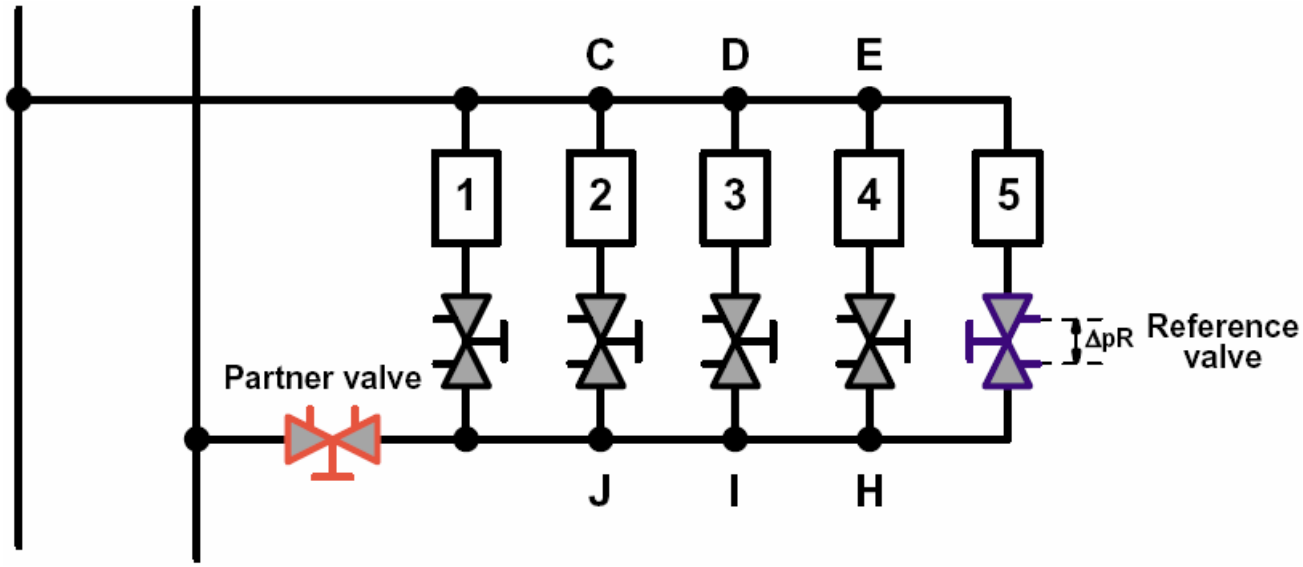


Рисунок 5.1 Опорный клапан всегда расположен в модуле и на терминале, наиболее удаленном от насоса. Клапан-партнер определяет суммарный расход на ветви.

Теперь, когда расход правильный, перепады давления на терминале 5, на его балансировочном клапане и на арматуре тоже правильны. Следовательно, перепад давления Δp_{EH} правильный и мы можем настроить расход на терминале 4.

Когда расход на терминале 4 будет настроен, Δp_R на Опорном клапане слегка изменится, настройка которого уже зафиксировано. Это и есть значение возмущения от настройки расхода на терминале 4.

Δp_R должен быть перенастроен на свое первоначальное значение при помощи клапана-партнера. Другими словами, проектный расход на Опорном клапане будет настроен компенсацией на клапан-партнере.

Теперь, когда расходы на терминалах 4 и 5 равны проектным значениям, перепад давления Δp_{DI} на терминале 3 равен проектному значению. Следовательно, мы можем настроить расход на этом терминале.

Настройка расхода на терминале 3 создает возмущение на Опорном клапане, который компенсируется Клапан-партнером. Настройка проектного расхода на терминале 5 автоматически приводит перепад давления Δp_{EH} и расход на терминале 4 к проектным значениям.

Это процедура работает независимо от количества терминалов на ветки. Настройки должны проводиться в сторону насоса, начиная от Опорного клапана. Эта же процедура потом применяется к настройке стояков. Последняя ветвь на стояке, наиболее удаленная от насоса, используется как опорная, и балансировочный клапан стока становится клапан-партнером.

5.3 Настройка Опорного клапана

Выберите значение Δp_R как можно маленьким, но достаточно большим, чтобы удовлетворить следующим условиям.

• Минимум 3 кПа для получения достаточной точности измерений

Балансировочный инструмент CBI измеряет перепады давления до 0.5 кПа. Тем не менее, для уменьшения относительного влияния пульсации давления в системе на измерение расхода, мы рекомендуем Δp_R > 3 кПа.

Значение k_v для потерь давления 3 кПа, вычисляется по следующей формуле:

$$k_v = 5.8 \times q \text{ [м}^3\text{/ч]} \text{ или } k_v = 21 \times q \text{ [л/сек]}$$

Более легкий способ, это позволить CBI вычислить точную настройку Опорного клапана.

• Падения давления на полностью открытом клапане и при проектном расходе

Если потери давления больше чем 3 кПа для проектного расхода и клапан полностью открыт, то ясно, что невозможно настроить Опорный клапан на 3 кПа.

Это представляет второе условие для Δp_R: по крайней мере, как можно большая потеря давления на полностью открытом клапане при проектном расходе. В этом случае, балансировочный клапан, который Опорный просто полностью открыт.

После того как, подходящее значение Δp_R выбрано, настройте Опорный клапан на Δp_R при проектном расходе. Используйте CBI или номограмму для правильного значения установки рукоятки. Потом зафиксируйте рукоятку.

Для получения выбранного Δp_R, и таким образом проектного расхода, настройте Клапан-партнер. Это всегда возможно, так как все остальные стояки закрыты и потери давления на основном трубопроводе маленькие. Имеющийся перепад давления, таким образом, больше чем нормальный. Избыток будет забран Клапан-партнером.

Если потери давления между терминалами существенны, то смотрите главу 5.8.

5.4 Необходимые инструменты

Необходимы два балансировочных инструмента CBI для измерения перепадов давления и расходов на балансировочных клапанах.



5.5 Балансировка терминалов на ветви

Выберите любой стояк, например, ближайший к насосу. Это обеспечит необходимый перепад давления для выбранного стояка. Выберите любую из ветвей на выбранном стояке. Обычно нет необходимости закрыть все остальные ветви на стояке. Тем не менее, если в некоторых ветвях установлены байпасы, которые могут «закоротить» контур, то расход в этих ветвях должен быть ограничен или они должны быть изолированы.

1. Определите положение рукоятки Опорного клапана, которое обеспечит выбранный Δp_R (обычно 3 кПа) при проектном расходе. Используйте CBI или номограмму для определения точного положения рукоятки.

2. Настройте Опорный клапан на это положение и зафиксируйте клапан (крутите внутренний шпиндель до упора).

3. Соедините CBI к Опорному клапану.

4. Балансировщик (1) настраивает Клапан-партнер для получения выбранного значения Δp_R на Опорном клапане. Информация о текущем значении Δp_R передается Балансировщику (1) Балансировщиком (3), например, по радио. Эта операция дает проектный расход на терминале 5. Если выбранное значение Δp_R не может быть достигнуто, причиной может быть то, что другие несбалансированные клапаны этой ветви пропускают слишком много воды. Закройте некоторые из них, для получения необходимого Δp_R.

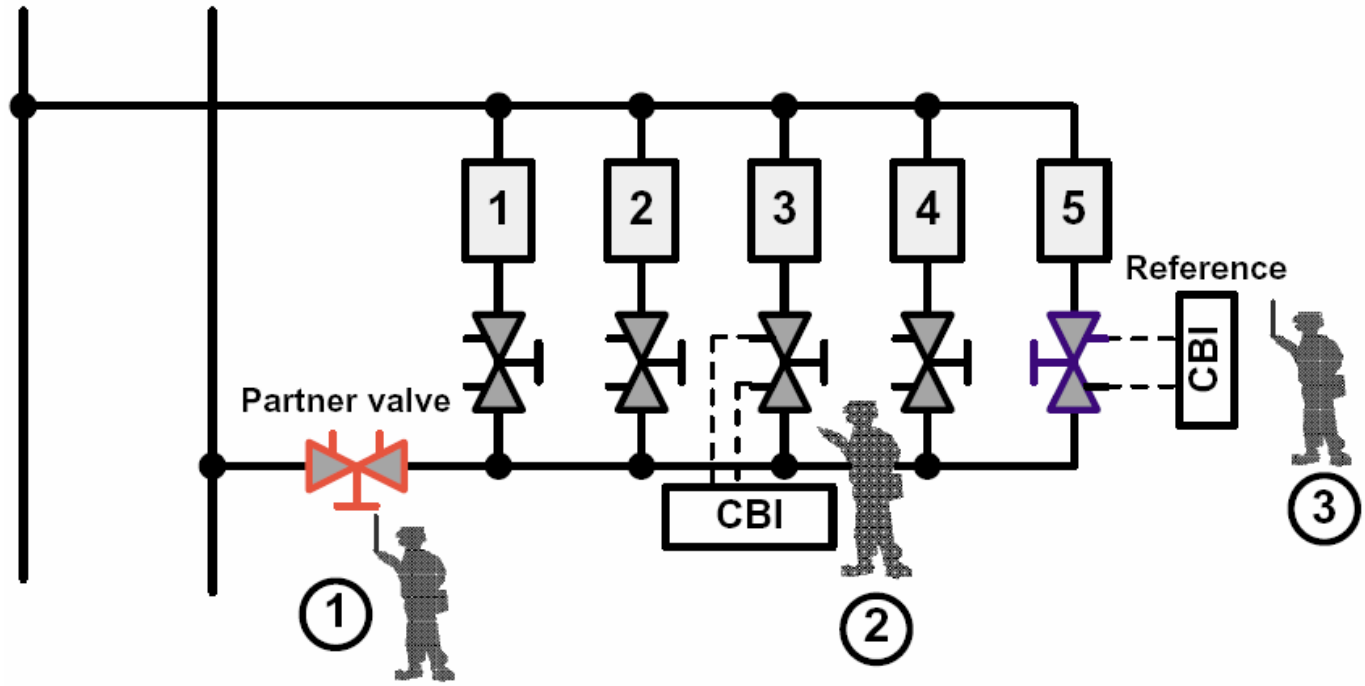


Рисунок 5.2 Балансировка терминалов на ветви

5. Теперь Балансировщик (2) настраивает проектный расход на терминале 4 при помощи компьютерной функции CBI. Он вычисляет положение рукоятки, которое обеспечить проектный расход. В течение всего процесса Балансировщик (1) беспрерывно перенастраивает Клапан-партнер для поддержки Δp_R в первоначальном значении.

6. Балансировщик (2) настраивает расходы на всех терминалах, последовательно работая в направлении терминала 1, согласно шагу 5, описанному выше. Теперь все терминалы на ветви сбалансированы относительно друг друга, независимо от текущего перепада давления, действующего на ветвь.

Примечание: Допустим, у нас работают два Балансировщика (1 и 2) и у нас два CBI (CBI_a и CBI_b). Когда мы балансируем терминал 3, при помощи CBI_a, Балансировщик (2) может проверить изменение расхода на терминале 4 (CBI_b), вместо того чтобы пойти к Опорному клапану (терминал 5). Он связывается с Балансировщиком (1) для настройки расхода в терминале 4, забирает CBI_b из этого терминала и в итоге он настраивает расход на терминале 3. Он оставляет CBI_a на терминале 3 и идет с CBI_b к терминалу 2, повторяя такую же процедуру и проверяя расход на терминале 3.

Повторите эту процедуру на всех клапанах.

5.6 Балансировка ветвей на стояке

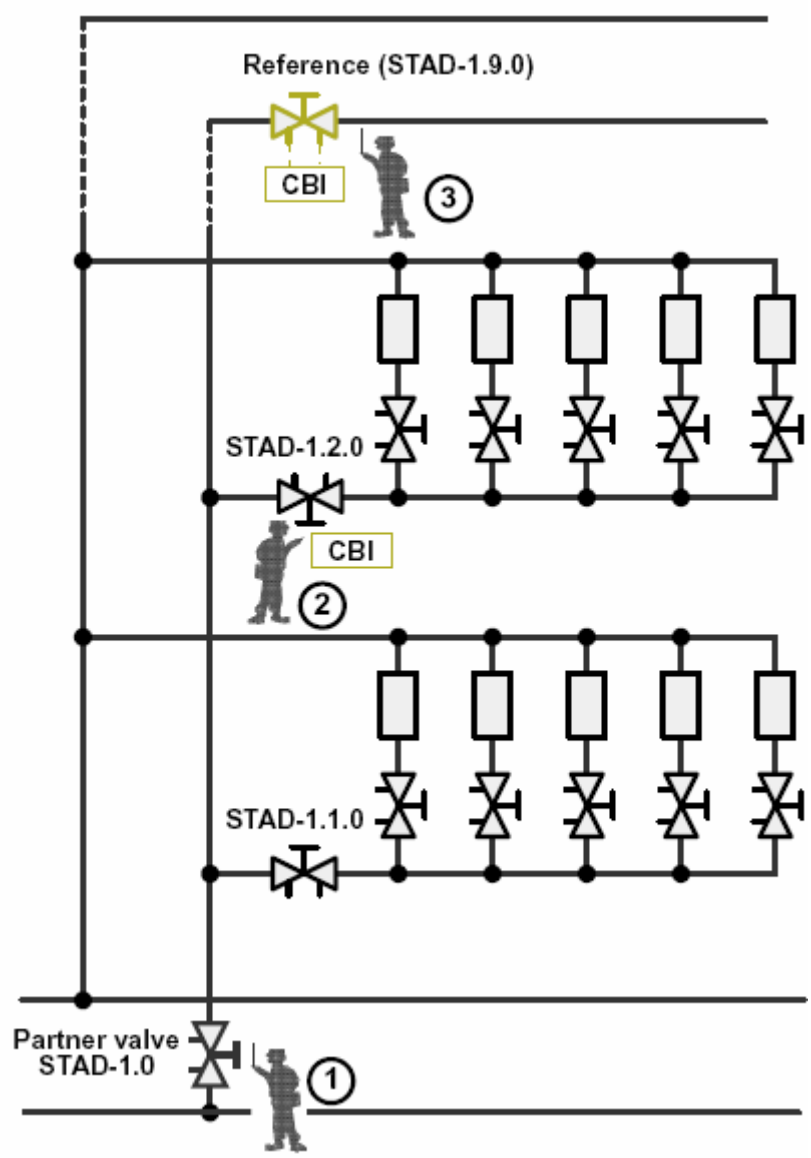


Рисунок 5.5 Балансировка ветвей на стояке

1. Найдите положение рукоятки Опорного клапана STAD-1.9.0, при котором проектный расход получается при выбранном значение Δp_R, обычно 3 кПа. Используйте CBI или номограмму для определения точного положения рукоятки.

2. Настройте Опорный клапан на это положение и зафиксируйте клапан (крутите внутренний шпиндель до упора).

3. Соедините CBI к Опорному клапану.

4. Балансировщик (1) настраивает Клапан-партнер для получения выбранного значения Δp_R на Опорном клапане. Эта операция дает проектный расход на опорной ветви. Если выбранное значение Δp_R не может быть достигнуто, причиной может быть то, что другие несбалансированные ветви этого стояка пропускают слишком много воды. Закройте некоторые из них, для получения необходимого Δp_R.

5. Теперь Балансировщик (2) настраивает проектный расход на ветви 1.2.0 при помощи компьютерной функции CBI. Он вычисляет положение рукоятки, которое обеспечивает проектный расход. В течение всего процесса Балансировщик (1) беспрерывно перенастраивает Клапан-партнер для поддержки Δp_R в первоначальном значении.

6. Балансировщик (2) настраивает расходы на всех ветвях, последовательно работая в направлении ветви 1.1.0, согласно шагу 5, описанному выше. Теперь все ветви на стояке сбалансированы относительно друг друга, независимо от текущего перепада давления, действующего на стояк.

5.7 Балансировка стояков на основном трубопроводе

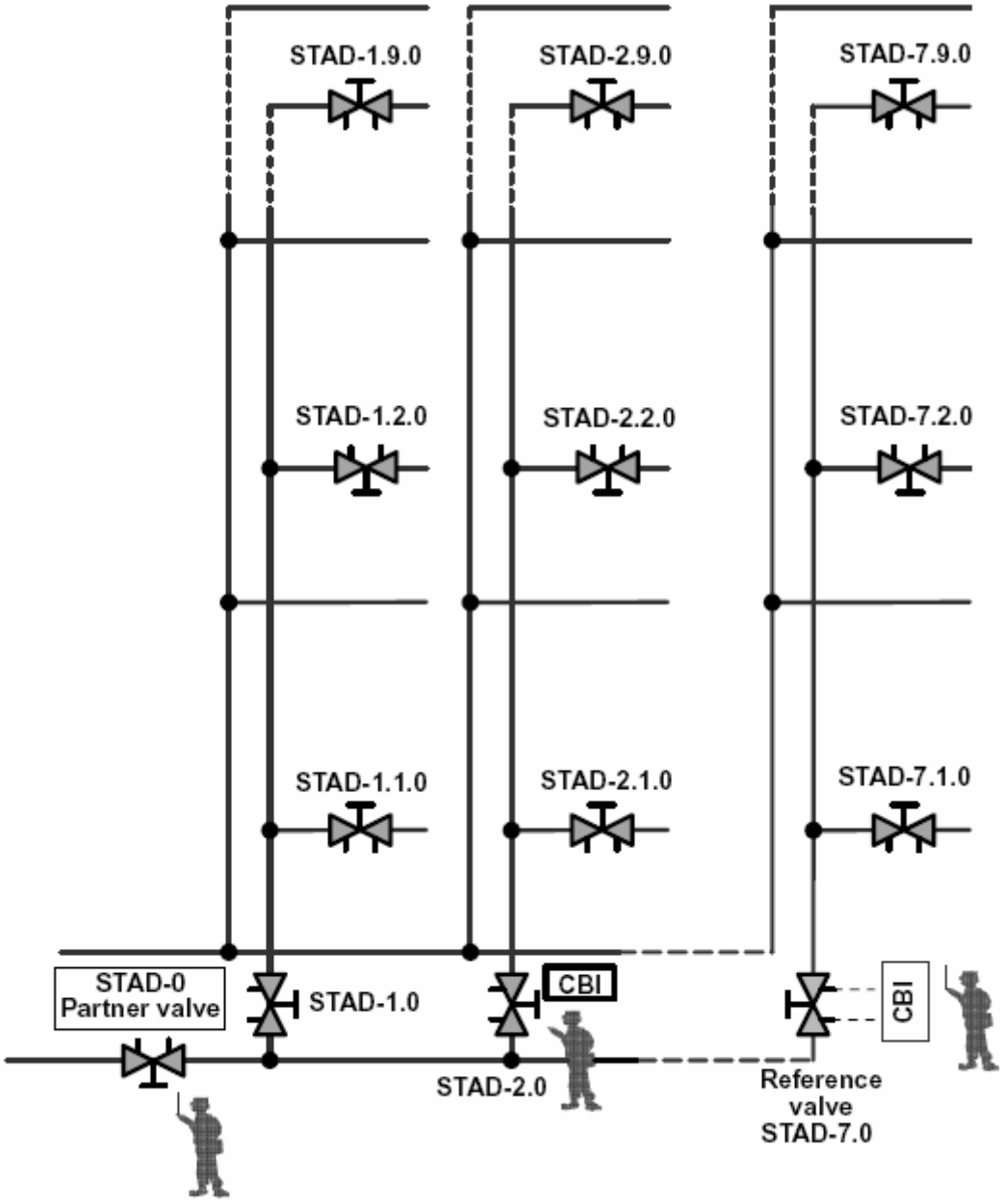


Рисунок 5.4 Балансировка стояков

Процесс балансировки такой же, как и в случае балансировки ветвей на стояке. В этом случае, STAD-7.0 – Опорный клапан и STAD-0 – Клапан-партнер.

Когда балансировка стояков 7.0, 6.0, 5.0 и других завершена, вся система сбалансирована на проектных значениях расходов и оставшейся потери давления на STAD-0 устраняет завышение параметров насоса. Если избыток напора слишком большой, будет выгодно заменить насос на меньший по размеру.

Если используется насос с переменной скоростью, то нет необходимости в STAD-0. Настройте насос на максимальную скорость, при которой получите проектный расход на Клапан-партнере одного из стояков. Все остальные расходы автоматически примут расчетное значение.

5.8 Настройка Опорного клапана в случае, когда потери давления между терминалами существенно отличаются

Если потери давления между терминалами существенно отличаются, Δp_R равно 3 кПа на Опорном клапане может быть недостаточно для обеспечения необходимого перепада давления на других терминалах. В Пропорциональном методе эта проблема решена присвоением соотношения расходов на Опорном клапане значения соотношения расходов на индексном контуре. Но часто Пропорциональный метод переоценивает Δp_R и балансировка становится неоптимальной (излишне большие потери давления на балансировочных клапанах). Внизу показан способ достижение подходящего значения Δp_R.

На ветви, показанной на рисунке 5.6, располагаются терминалы с различными перепадами давления.

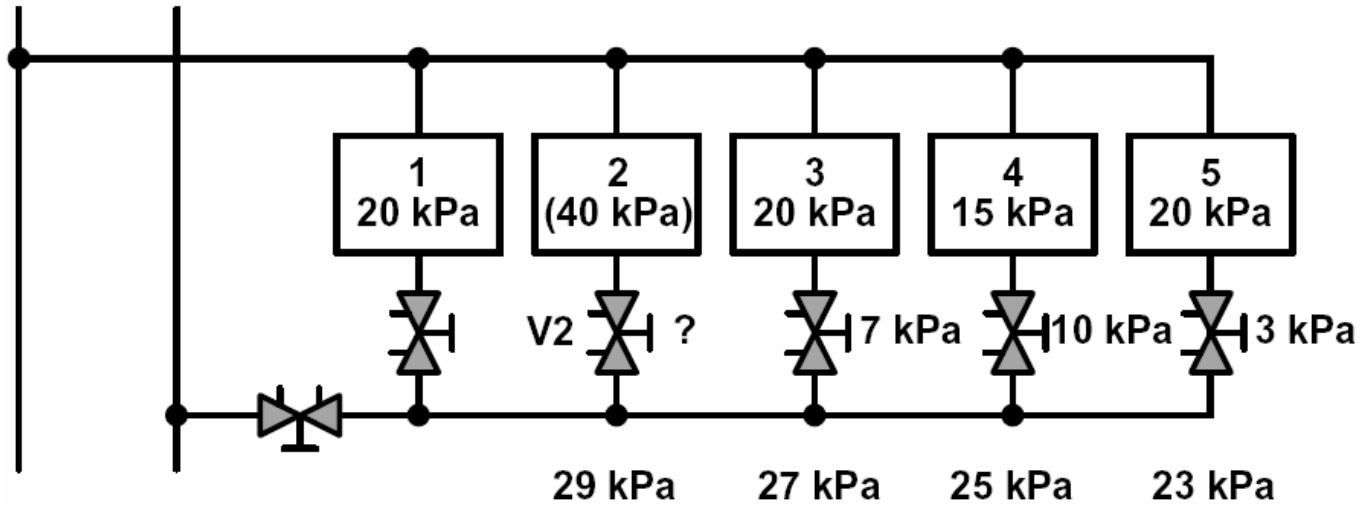


Рисунок 5.6 Если на Опорном клапане выбрано 3 кПа, то перепад давления на индексном контуре, в данном случае на терминале 2, может быть слишком маленьким

Выберите Δp_R, как это было рекомендовано в главе 5.3, обычно 3 кПа. Мы назовем это начальное значение Δp_{Ro}. Проведите балансировку согласно Компенсационному методу.

Когда Вы достигните индексного контура, Вы заметите что, невозможно достичь проектного расхода, так как перепад давления только 29 кПа, в то время как требуется более 40 кПа для достижения проектного расхода. Сделайте следующие шаги:

1. Закройте балансировочный клапан (V2) в индексном контуре и настройте правильный расход на Опорном клапане при помощи Клапан-партнера. Измерьте перепад давления на V2. Назовем его значение Δp_o.

2. Настройте V2 таким образом, чтобы падение давления было бы приблизительно 3 кПа при проектном расходе.

3. Откройте Клапан-партнер для достижения проектного расхода на индексном контуре.

4. Измерьте расход на Опорном контуре. Вычислите соотношение расходов λ = измеренный расход/проектный расход.

5. Новое значение Δp_R для Опорного клапана вычисляется по следующей формуле:

$$\text{Новое } \Delta p_R = \Delta p_{Ro} + \Delta p_o \times (\lambda^2 - 1)$$

6. Перенастройте Опорный клапан для получения проектного расхода при данном значении потери давления, и балансируйте всю ветвь заново.

Сравните рисунок 5.6 и результат описанной процедуры, показанной на рисунке 5.7.

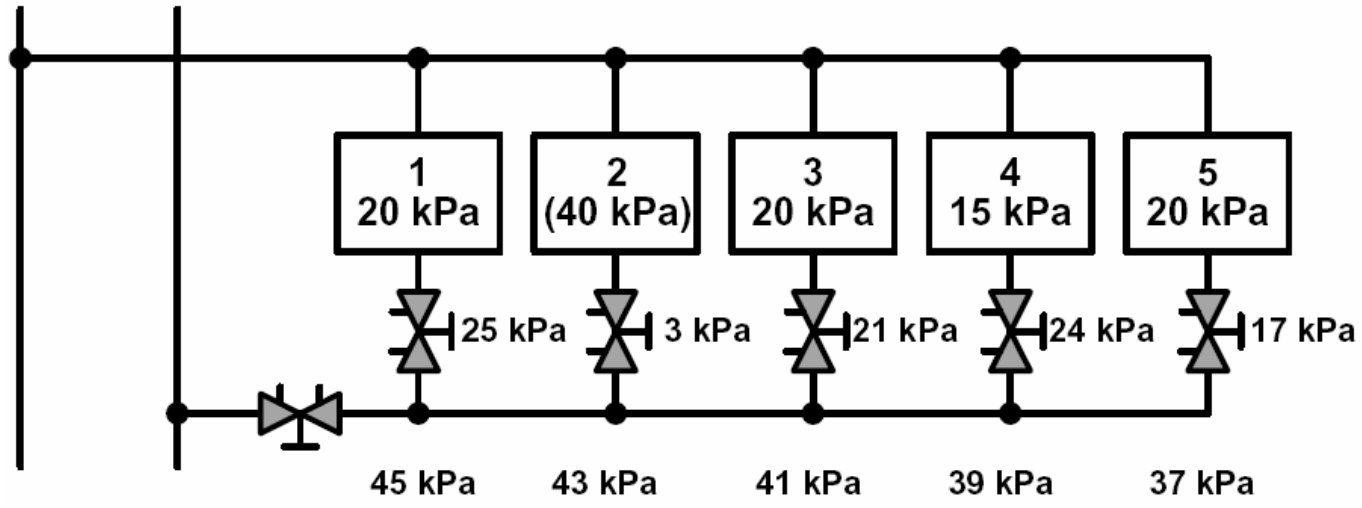


Рисунок 5.7 Перепад давления по все контурам и потери давления на балансировочных клапанах и терминалах.

6. Метод ТА Баланс

Метод ТА Баланс является встроенной в балансировочный инструмент CBI программой с все теми же тремя преимуществами Компенсационного метода плюс возможность балансировать всю систему одним человеком и одним CBI:

Эти преимущества следующие:

Ступенчатый ввод в действие: *Вы можете балансировать систему по мере ввода в действие, без необходимости «перебалансировки» всего здания после его завершения.*

Быстрый ввод в действие: *Уменьшает затраты времени, так как не требует измерений расходов на всех балансировочных клапанах и расчетов соотношения расходов. Он также требует только одну настройку расхода на каждом балансировочном клапане.*

Затраты на насос могут минимизированы: *Когда балансировка завершена, Вы можете устранить превышение параметров насоса прямо на основном балансировочном клапане. Соответственно может быть уменьшен напор насоса. Это приводит к большой экономии электроэнергии, особенно в системах охлаждения.*

Один человек и один инструмент: *После проведения измерений давлений и расходов, программа рассчитывает точные настройки балансировочных клапанов, которые обеспечивают достижение желаемых расходов.*

Программа подразумевает, что система разделена на модули. Напомним, что модуль состоит из нескольких контуров напрямую подключенные к одним и тем же трубам подачи и обратным трубам. Каждый контур имеет свой балансировочный клапан, и модуль имеет один общий балансировочный клапан, называемый Клапан-партнером.

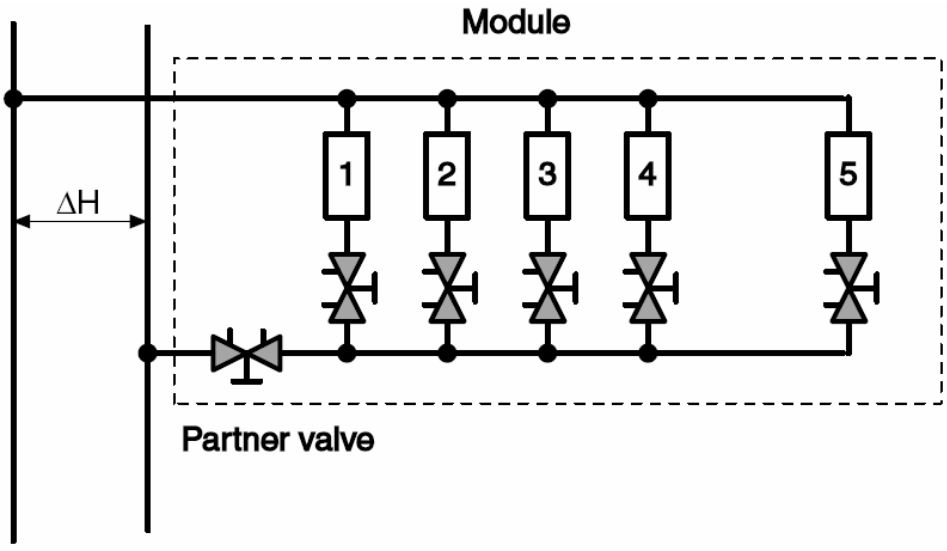


Рисунок 6.1 модуль состоит из нескольких контуров напрямую подключенный к одним и тем же трубам подачи и обратным трубам

6.1 Подготовка процедуры

В течение измерений перепад давление ΔH, на входе в модуль, должен быть постоянным. Значение ΔH не так важно, но его должно быть достаточно, чтобы проводить правильные измерения. Для этого, следует изолировать еще не сбалансированные модули или стояки, которые могут создать большие расходы. Чтобы быть уверенным, что потери давления на балансировочных клапанах будут достаточными для проведения точных измерений, установите их на 50% открытого положения (для STAD – 2 оборота) или в любое заранее рассчитанное положение. Клапан-партнер модуля должен быть полностью открытым в процессе балансировки.

Метод ТА Баланс требует, чтобы балансировочные клапан были пронумерованы, как это показано на рисунке 1. Первый клапан после Клапан-партнера должен иметь номер 1, и следующие клапаны должны быть пронумерованы соответственно (смотри рисунок 6.1). Клапан-партнер не имеет номера.

6.2 Процедура

Измерьте только один модуль за один раз.

CBI показывает на экране инструкции о каждом шаге процедуры. Для каждого клапана модуля, независимо от порядка, проведите следующую процедуру:

1. Введите номер, тип, размер и текущее положение рукоятки (например: 1, STAD, DN 20, 2 оборота).
2. Введите желаемый расход.
3. Автоматически происходит измерение расхода.
4. Закройте клапан полностью.
5. Автоматически происходит измерение перепада давления.
6. Откройте клапан на первоначальное положение.
7. После того как, проведены измерения на всех балансировочных клапанах модуля, CBI требует измерения Δp на Клапан-партнере при полностью закрытом положении.

После того как все процедуры проделаны CBI вычисляет точное положение рукоятки для всех балансировочных клапанов модуля. Настройте балансировочные клапаны на эти значения.

CBI «обнаружил» индексный контур (контур с наибольшим перепадом давления) и присвоил индексному клапану минимальное значение потери давления, необходимое для точного измерения расхода. Обычно это значение 3 кПа, но при желании может быть изменено. Настройки других балансировочных клапанов вычисляются автоматически, обеспечивая относительную балансировку элементов модуля. Эти настройки не зависят от текущего значение перепада давления ΔH, действующего на модуль.

До сих пор, проектные расходы еще не достигнуты. Это случится после того как мы настроим Клапан-партнер на его правильный расход. Эту операцию мы проделаем в данной процедуре позже.

6.3 Балансировка модулей стояка между собой

После того как все модели одного стока сбалансированы индивидуально, их необходимо балансировать между собой. Каждый модуль выглядит как контур с балансировочным клапаном, который Клапан-партнер данного модуля. Процедура балансировки состоит из вычисления настроек Клапан-партнеров модулей 1, 2 и 3 стояка при помощи метода ТА Баланс.

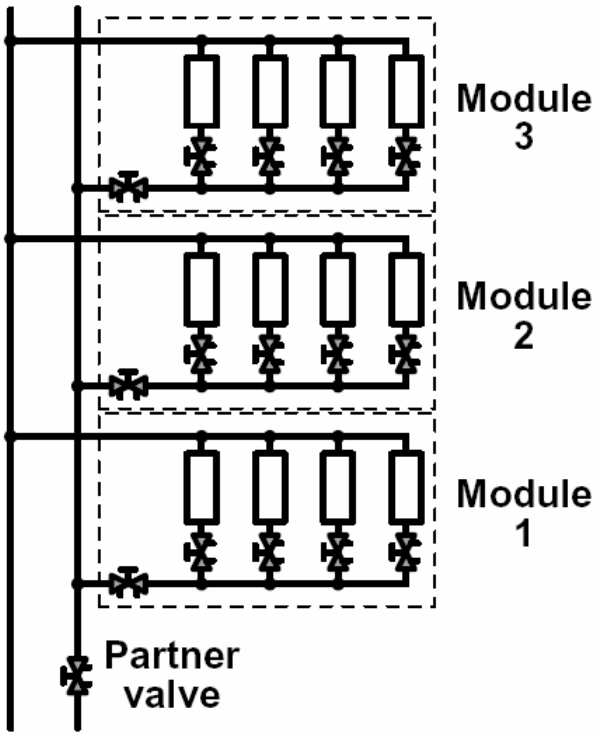


Рисунок 6.2 Стояка состоит из модулей 1, 2 и 3, после того как те рассчитаны и настроены.

Стояк должен быть измерен и рассчитан так же, как это было описано ранее.

6.4 Балансировка стояков между собой

После того как стояки сбалансированы, ни составляют модуль. Клапан-партнером этого модуля является основной балансировочный клапан, связанный с основным насосом.

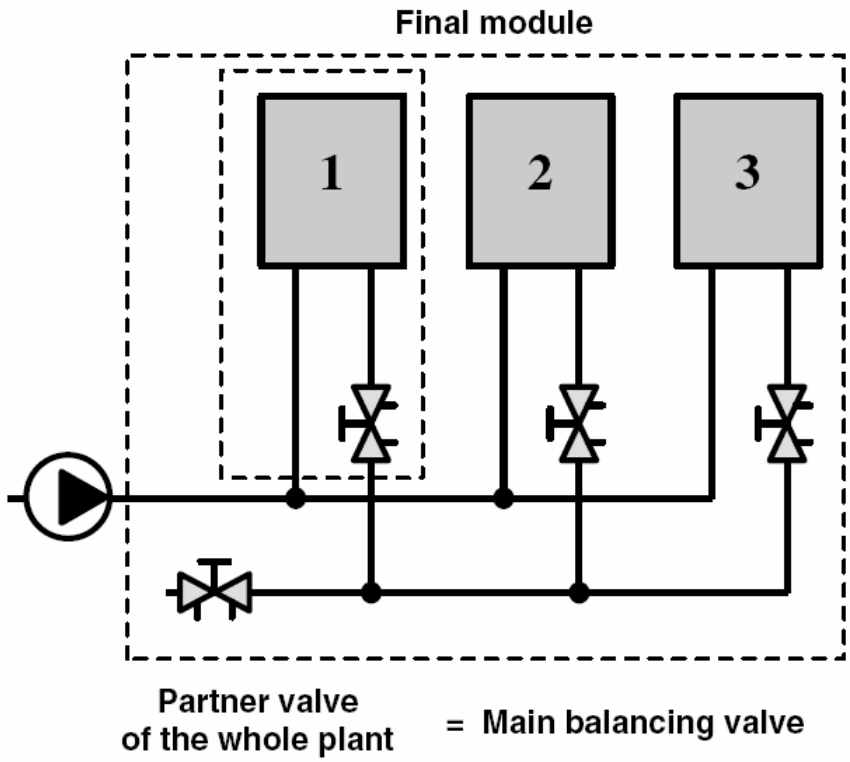


Рисунок 6.3 Все стояки составляют конечный модуль

В этом новом модуле стояки будут сбалансированы между собой аналогичным способом.

В итоге, суммарный расход будет настроен главным балансировочным клапаном. Когда и эта операция закончится, во всех контурах системы будут желаемые расходы. Для того чтобы проверить это, можно произвести измерения на некоторых балансировочных клапанах.

Если все данные сохранены в CBI то список настроек и значения измерений можно распечатать через ПК.

Все превышения давления сосредоточены на главном балансировочном клапане. Если это превышение значительно, то можно уменьшить скорость насоса, если это насос с переменной скоростью, или сменить крыльчатку, если насос с постоянной скоростью, что приведет к уменьшению напора насоса и экономии энергии. Иногда параметры насоса бывают слишком завышены, и тогда необходимо сменять его на насос с меньшим размером.

С насосом с переменной скоростью установка главного балансировочного клапана не обязательна. Нужно подобрать максимальную скорость для достижения проектного расхода на Клапан-партнере одного из стояков. И тогда все остальные расходы автоматически примут проектное значение.

Примечание:

1. В течение измерений в модуле необходимо избегать внешних возмущений. Это может вызвать ошибки в математической модели, заложенной в CBI и привести к отклонениям полученных расходов в результате расчета настроек.

2. Во время измерения перепада давления на полностью закрытом балансировочном клапане не стоит забывать что, при перепадах давления превышающих 200 кПа сработает автоматическая система защиты CBI от механического повреждения.

3. В общем, метод ТА Баланс самый быстрый из всех методов, так как требует только одного балансировщика и прост в исполнении. Тем не менее, по Сравнению с Компенсационным методом балансировщик должен посетить каждый балансировочный клапан большее количество раз (для измерений). Соответственно, если балансировочные клапаны труднодоступны, иногда более экономично использовать Компенсационный метод.

7. Примеры некоторых систем

7.1 Система с переменным расходом с балансировочными клапанами

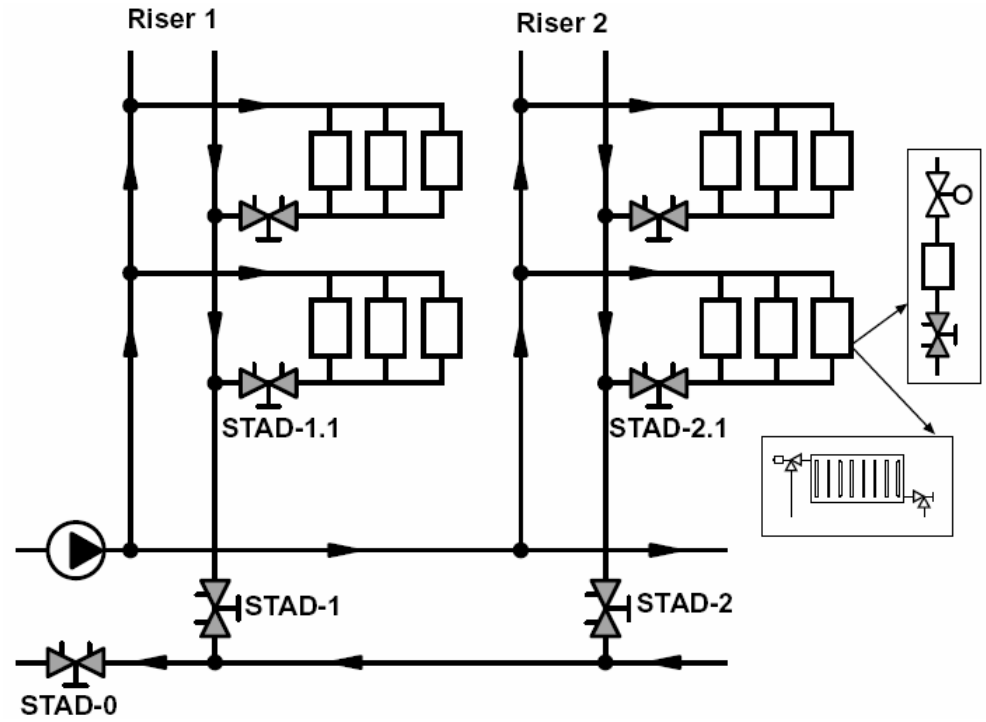


Рисунок 7.1 Общий пример системы распределения

Система разделена на модули.

STAD-1.1 является Клапан-партнером первой ветви первого стояка.

STAD-1 является Клапан-партнером модулей стояка и STAD-0 главный Клапан-партнер.

Если терминалами являются радиаторы, то термостатические клапаны настроены на потерю давления 10 кПа при проектном расходе. Гидравлическая балансировка должна быть произведена до установки термостатических головок.

Для балансировки таких систем мы рекомендуем Компенсационный метод (глава 5) или метод ТА Баланс (глава 6). Главные балансировочный клапан STAD-0 отражает избыток напора насоса и необходимо провести соответствующую настройку насоса. Если это насос с переменной частотой, то нет необходимости в STAD-0: достаточно настроить скорость насоса для получения проектного расхода на одном из балансировочных клапанов стояка.

7.2 Система с перепускным клапаном BPV и балансировочными клапанами

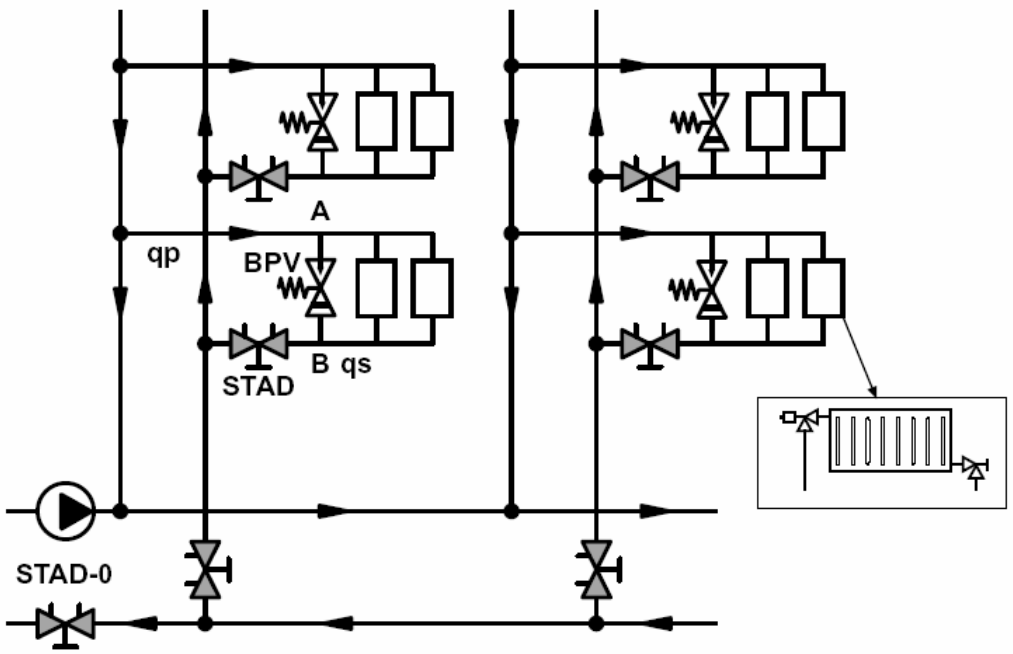


Рисунок 7.2 На каждой ветки перепускной клапан BPV поддерживает постоянное давление AB

Подобные системы применяются в отоплении радиаторами.

На каждой ветви балансировочный клапан обслуживает несколько радиаторов или терминалов совместно с перепускным клапаном BPV.

Если на некоторых терминалах управляющие клапана закрываются, то перепад давления AB увеличивается. Если перепад давления превышает настройку пропускного клапана, то он открывается. Увеличение расхода на перепускном клапане BPV создает достаточное падение давление на балансировочном клапане STAD для создание приблизительно постоянного перепада давления между точками A и B. Без балансировочного клапана перепускной клапан BPV, не важно открытый или закрытый, передал бы перепад давления между подающими и обратными трубами напрямую. Перепускной клапан BPV не может стабилизировать вторичный перепад давления, он должен быть согласован с балансировочным клапаном.

Радиаторный клапаны настроены на 10 кПа падения давления при проектном расходе. Система, показанная на рисунке 7.1, сбалансируется при полностью закрытых перепускных клапанах BPV. После того как система сбалансирована настройка перепускных клапанов BPV выбирается из 10 кПа установленных на термостатический клапанах плюс еще 5 кПа, то есть 15 кПа. Существуют другие способы настройки перепускных клапанов BPV, но вышеуказанный самый простой.

Пример:

Первичный перепад давления 40 кПа. В результате процедуры балансировки получился перепад давления 27 кПа на балансировочном клапане ветви при правильном расходе 600 л/ч на ветви. Это означает 40 – 27 = 13 кПа между точками A и B при проектных условиях. Радиаторные клапаны были настроены на перепад давления 10 кПа, но для того чтобы получить суммарный расход, перепад давления 10 кПа должен быть получен в средине ветви, при более чем 10 кПа на её начале (13 кПа).

А теперь предположим, что некоторые термостатические клапаны закрылись, увеличивая вторичный поток q_s. В следующей таблице приведены некоторые оценки расходов и перепадов давления.

Вторичный расход q_s	Расход через пропускной клапан	Δp_{AB}	Первичный расход q_p
600	0	13.0	600
576	1	15.0	577
562	14	15.1	576
400	162	16.5	562
100	430	18.9	530
0	525	20.6	525

Таблица 7.1 Когда термостатические клапаны закрываются, перепускной клапан BPV постепенно открывается

По мере того как первичный расход уменьшается от 600 л/ч до 525 л/ч, первичный перепад давления остается практически неизменным 40 кПа.

Перепускной клапан BPV начинает открываться, когда Δp_{AB} достигает значения 15 кПа. Когда все термостатические клапаны закрываются перепад давления Δp_{AB} достигает 20.6 кПа, вместо более 40 кПа в случае отсутствия перепускного клапана BPV.

Главный балансировочный клапан STAD-0 отражает избыток напора насоса и необходимо провести соответствующую настройку насоса. Если это насос с переменной частотой, то нет необходимости в STAD-0: достаточно настроить скорость насоса для получения проектного расхода на одном из балансировочных клапанов стояка.

7.3 Система с регулятором перепада давления STAP на каждом стояке

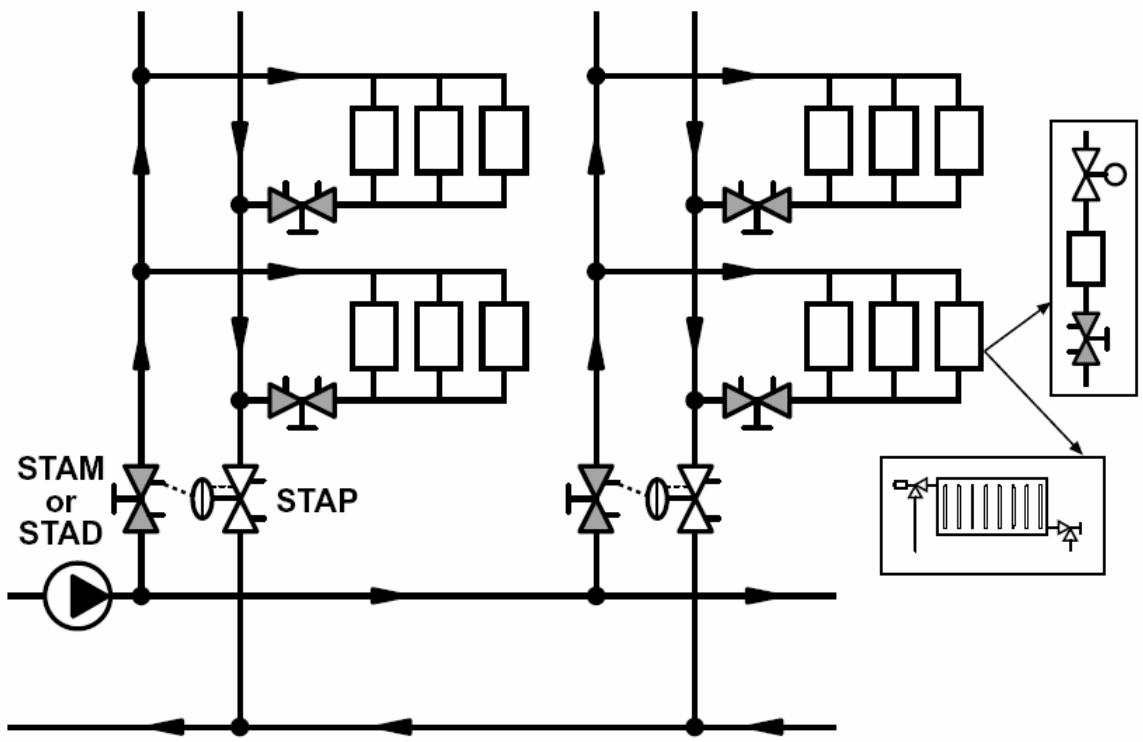


Рисунок 7.3 Регулятор перепада давления STAP стабилизирует перепад давления на каждом стояке

В больших системах напор насоса может быть слишком большим или переменным в некоторых терминалах. В этом случае необходимо стабилизировать перепад давления в нижней части каждого стояка при помощи регулятора перепада давления STAP.

Каждый стояк является модулем, который в процессе балансировки может быть рассмотрен независимо от всех остальных. Перед началом балансировки стояка необходимо отключить его регулятор перепада давления STAP и полностью открыть его, чтобы быть уверенным что можем получить необходимый расход в процессе балансировки. Самый легкий способ сделать это, закрыть дренаж на STAM или STAD на подаче и слить воду с верней камеры мембраны (подключите шприц CBI к верхней части STAP).

Если терминалами являются радиаторы, то термостатические клапаны настроены на потерю давления 10 кПа при проектном расходе.

Если у каждого терминала имеется свой балансировочный клапан, до начала балансировки стояков терминалы должны быть сбалансированы между собой внутри ветвей Компенсационным методом или методом ТА Баланс.

Когда стояк уже сбалансирован, регулятор перепада давления STAP настраивается таким образом, чтобы получить проектный расход, который может быть измерен на STAM (STAD), установленном в нижней части стояка. Стояки пока еще не сбалансированы между собой.

Примечание: Некоторые проектировщики для обеспечения минимального расхода, когда все управляющие клапаны закрыты, устанавливают перепускной клапан BPV в конце каждого стояка. Другой выход из этого положения, это установка на некоторых терминалах трехходовых клапанов, вместо двухходовых клапанов. Обеспечение минимального расхода

имеет несколько преимуществ:
1. Расход на насосе не должен упасть ниже минимального значения.
2. Если расход слишком маленький, теплопотери в трубах вызывает большие ΔT в трубах и остальная часть работающего контура не может обеспечить необходимую мощность, так как температура подачи слишком маленькая в случае отопления и большая в случае охлаждения. Минимальный расход в контурах уменьшает это эффект.
3. Если все управляющие клапаны закрыты, регулятор перепада давления STAP так же закрыт. Из-за остывания воды в закрытом пространстве статическое давление в трубах возврата уменьшается. Перепад давления на управляющих клапанах будет таким большим, что первый открывающийся клапан будет чрезвычайно шуметь. Минимальный расход позволяет избежать этот эффект.

Настройка перепускного клапана BPV осуществляется следующим образом:
• Регулятор перепада давления STAP нормально функционирует, все ветви стояка изолированы.
• Балансировочный клапан STAM (STAD) настроен как минимум на перепад давления 3 кПа при 25% проектного расхода.
• Перепускной клапан BPV настроен на получение 25% проектного расхода стояка при перепаде давления, полученного на балансировочном клапане STAM (STAD).
• Балансировочный клапан STAM (STAD) открывается полностью, и все ветви приводятся в рабочее положение.

7.4 Система с регулятором перепада давления STAP на каждой ветви

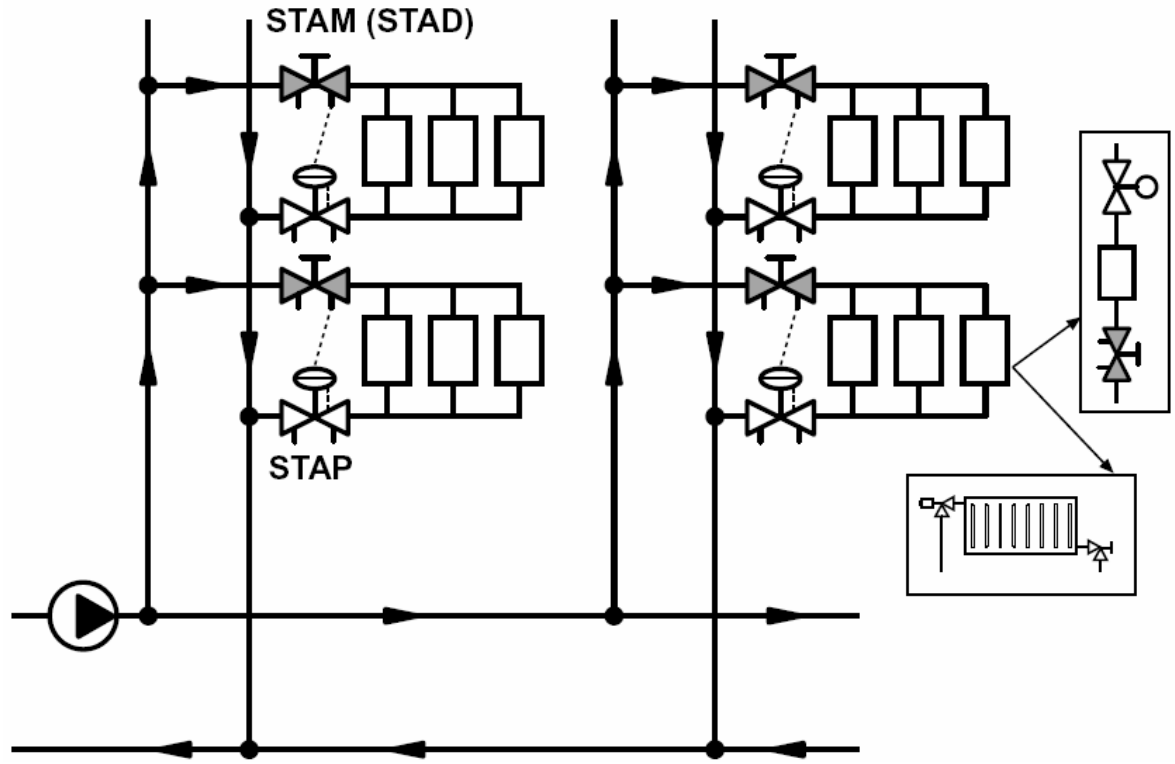


Рисунок 7.4а Регулятор перепада давления STAP стабилизирует перепад давления на каждой ветви

Перепад давления стабилизирован на каждой ветви, на всех терминалах обеспечены необходимым перепадом давления. Все ветви сбалансированы независимо от других.

Если терминалами являются радиаторы, то термостатические клапаны настроены на потерю давления 10 кПа при проектном расходе.

Если у каждого терминала имеется свой балансировочный клапан, до начала балансировки стояков терминалы должны быть сбалансированы между собой внутри ветвей Компенсационным методом или методом ТА Баланс.

Когда ветвь уже сбалансирована, регулятор перепада давления STAP настраивается таким образом, чтобы получить проектный расход, который может быть измерен на STAM (STAD), установленном на входе в ветвь.

Некоторые проектировщики для обеспечения минимального расхода, когда все управляющие клапаны закрыты, устанавливают перепускной клапан BPV в конце каждой ветви. Одновременно это обеспечивает минимальный расход на насосе, когда регулирующие клапаны всех терминалов закрыты. Смотрите примечание в главе 7.3, а также, пример, который приведен далее.

Необходимо сбалансировать ветви между собой, а также стояки между собой.

Пример:
Распространено применение регуляторов перепада давления STAP в каждой квартире жилого дома, как это показано на рисунке 7.4b. Двухходовой управляющий клапан связан комнатным термостатом для контроля температуры помещения

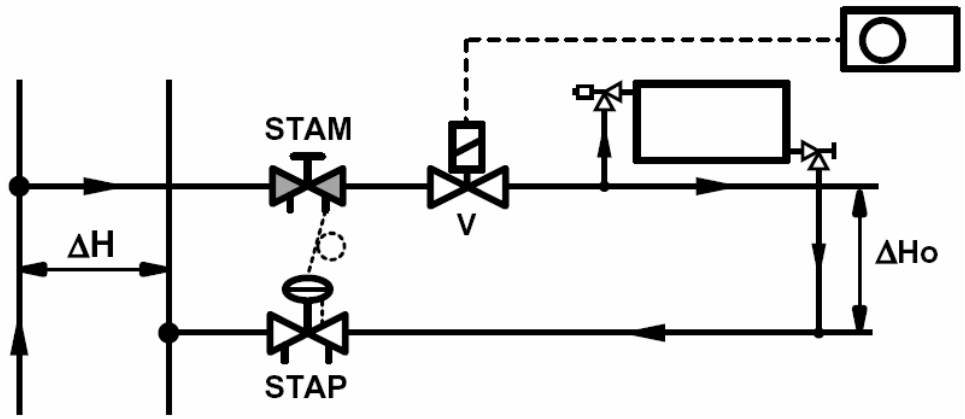


Рисунок 7.4b Неверный проект с расположением управляющего клапана после измерительного клапана STAM

Если управляющий клапан расположен, как это показано на рисунке 7.4b, перепад давления ΔH_o соответствует перепаду давления полученном на регуляторе давления STAP минус переменный перепад давления на управляющем клапане V. То есть ΔH_o реально не стабилизирован. Вторая проблема следующая: если управляющий клапан V закрывается, то регулятор перепада давления STAP воспринимает первичный перепад давления ΔH и тоже закрывается. По мере остывания воды в закрытом пространстве, статическое давление во «вторичном» контуре уменьшается. Перепад давления на клапане V и STAP катастрофически вырастает. Когда управляющий клапан V начинает открываться, могут появиться сильные шумы из-за гравитации на клапане V. Эта проблема может быть разрешена установкой управляющего клапана на возврате, ближе к регулятору перепада давления STAP.

Правильная схема показана на рисунке 7.4c.

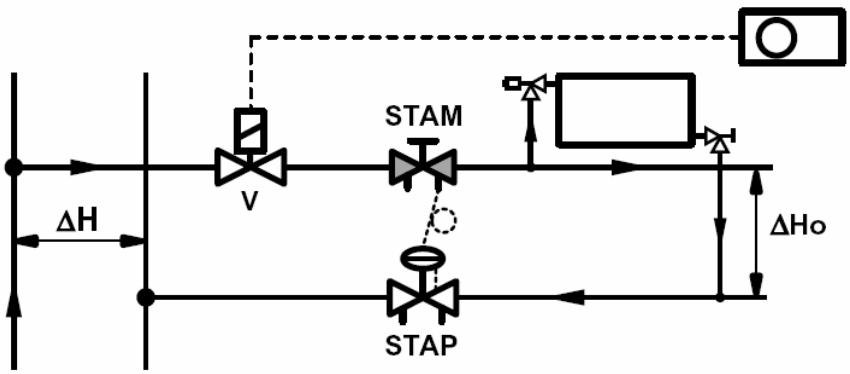


Рисунок 7.4c Управляющий клапан расположен перед измерительным клапаном STAM

Как показано на рисунке 7.4c, если управляющий клапан закрывается, то перепад давления ΔH_o опускается до нуля и регулятор перепада давления STAP открывается полностью. Вторичный контур остается в контакте с системой распределения и статическое давление остается неизменным, что позволяет избегать проблемы, описанные для рисунка 7.4b. Более того, перепада давления ΔHo стабилизировано намного лучше.

Как мы смогли заметить, небольшое изменение в проекте системы может существенно изменить рабочие условия.

7.5 Система с регулятором перепада давления STAP на каждом двухходовом регулирующим клапане

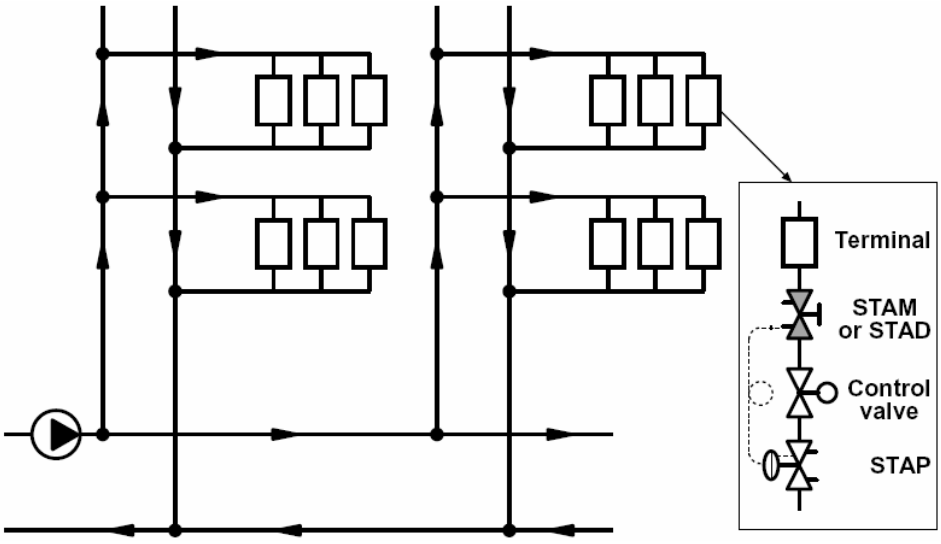


Рисунок 7.5 При помощи регулятора перепада давления STAP перепад давления на каждом управляющем клапане поддерживается постоянным.

У каждого управляющего клапана установлен регулятор перепада давления STAP. С точки зрения управления, это наилучшее решение. К тому же, получается автоматическая балансировка. Для каждого терминала, последовательно, управляющий клапан открывается полностью и регулятор перепада давления STAP настраивается для получения проектного расхода. И когда управляющий клапан открывается полностью, то достигается проектный расход и он никогда не превышается. Так как перепад давления на управляющем клапане постоянен, то его коэффициент управления всегда близок к единице.

Вся процедура балансировки ограничена действиями, описанными выше. Нет необходимости балансировать терминалы, ветви и стояки между собой, так как это получается автоматически.

Что происходит, если некоторые управляющие клапаны комбинированы регулятором перепада давления STAP, а некоторые нет?

В этом случае, возвращаемся к рисунку 7.1 с балансировочными клапанами на ветвях и стояках. Полная балансировка осуществляется при полностью открытых регуляторах перепада давления STAP. При этом рекомендуется использовать балансировочные клапаны STAD вместо STAM. Они используются как обыкновенные балансировочные клапаны для балансировки системы. После того как система сбалансирована, для каждого регулятора перепада давления STAP проделывается следующая процедура:

- STAD соединен с STAP и настроен на значение перепада давления 3 кПа при проектном расходе.
- настроить STAP так, чтобы получить проектный расход через его управляющий клапан, когда тот полностью открыт; расход измеряется на балансировочном клапане STAD.

7.6 Система распределения с постоянным расходом с вторичными насосами

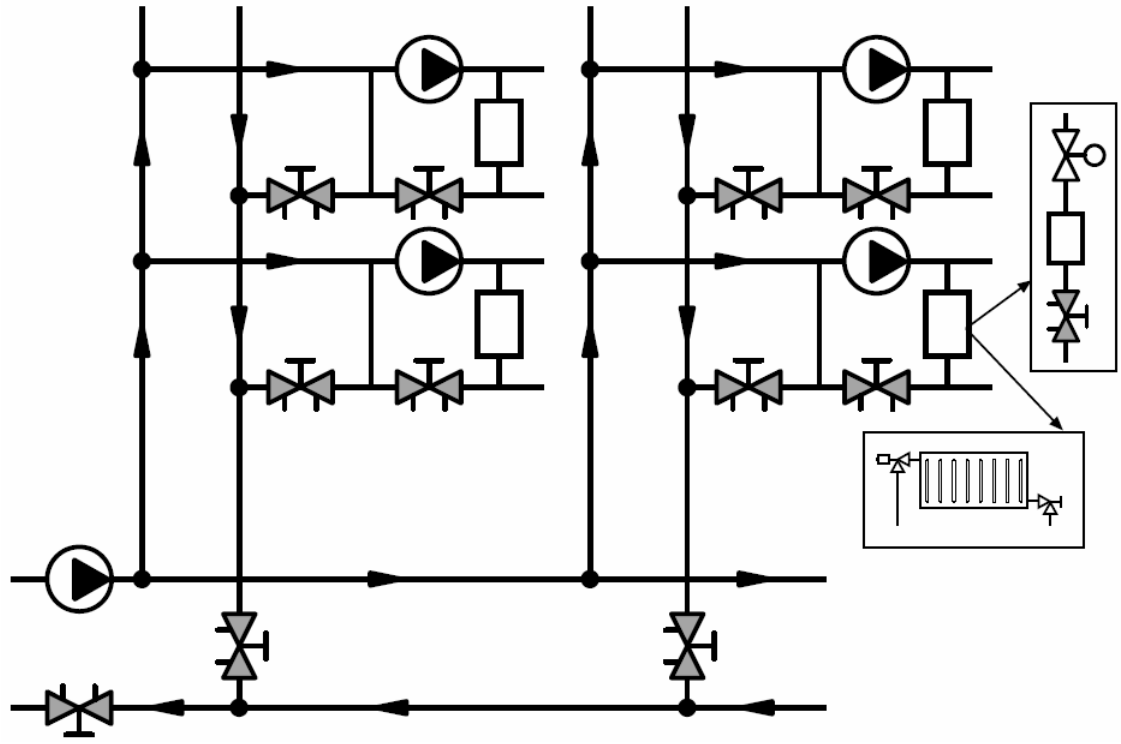


Рисунок 7.6 Постоянный расход на первичном контуре и переменный расход на вторичном контуре

Если имеется только один производственный агрегат, то система с постоянным расходом является удобным решением. Напор насоса должен покрывать только падение давления на производственном агрегате и первичных контуров системы распределения. Все контуры должны быть обеспечены вторичными насосами.

Для того чтобы избежать взаимовлияния между первичным насосом и вторичными насосами, на каждом контуре устанавливается байпас.

Каждый контур будет сбалансирован независимо от других.

Первый контур будет сбалансирован отдельно, как это показано в главе 7.1, со следующими примечаниями: для того чтобы избежать чрезмерно больших расходов в коротких контурах, рекомендуется чтобы перед началом процедуры балансировки все балансировочные клапаны должны быть закрыты наполовину.

7.7 Система распределения с постоянным расходом с трехходовыми клапанами

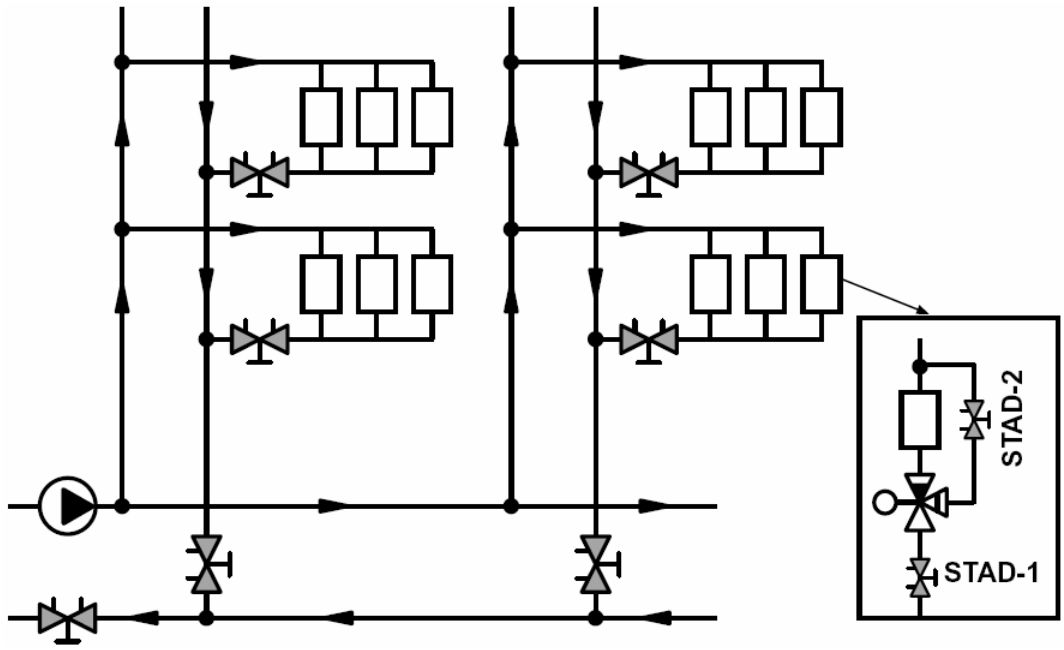


Рисунок 7.7 Постоянный расход в первичном контуре обеспечивается установлением трехходовых клапанов с функцией разделения на каждом терминале

Балансировка такой системы осуществляется также как и системы на рисунке 7.1. Для процедуры балансировки на каждом трехходовом клапане важно установить балансировочный клапан STAD-1 на постоянном расходе. Балансировочный клапан STAD-2 на байпасе создает точно такой же перепад давления, как и сам терминал. В этом случае расход будет таком же, как если бы трехходовой клапан был открыт или закрыт. Тем не менее, если падение давления на терминале меньше чем 25% проектного перепада давления на контуре, нет необходимости в установки балансировочного клапана STAD-2.

7.8 Системы горячего водоснабжения с балансировочными клапанами

В домашних системах горячего водоснабжения, в случае малых расходов или его отсутствия температура воды в трубах значительно падает вниз. И как результат, люди разочаровываются от долгого ожидания горячей воды, когда это им так необходимо. К тому же, при температурах ниже 55°C в трубопроводах бурно размножаются некоторые бактерии (например, Легионелла). Для того чтобы держать воду постоянно горячей необходимо обеспечить непрерывную рециркуляцию для восполнения теплопотерь. По этому, для обеспечения по контуру минимального расхода q_1 необходима установка рециркуляционного насоса (рисунок 7.8а).

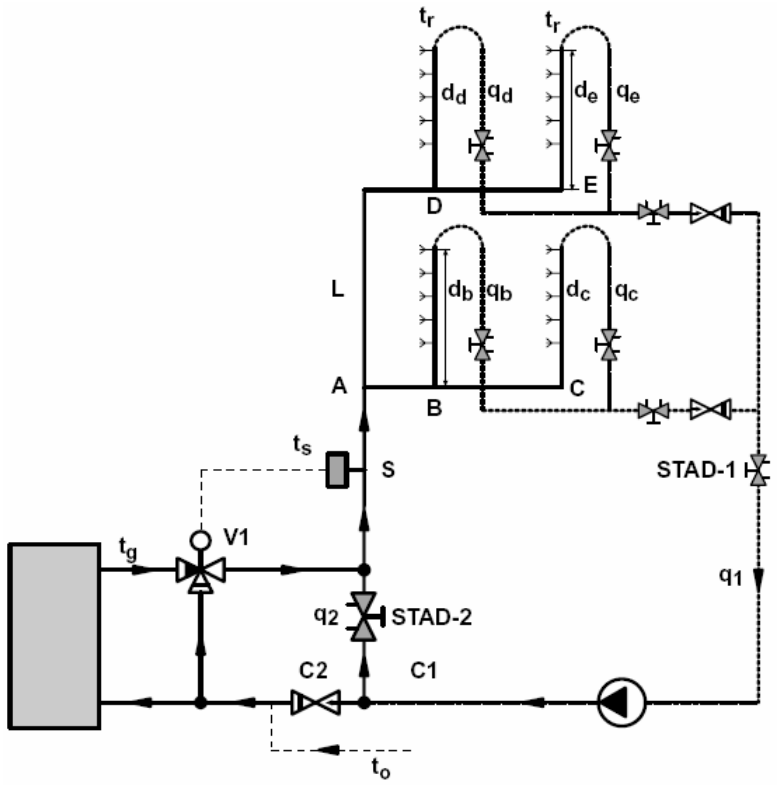


Рисунок 7.8а Насос рециркуляции поддерживает температуру воды

Определение рециркуляционного расхода

Если принять, что наиболее недовольные потребители требуют падение температуры не более ΔT ниже температуры подачи t_s, то минимальный расход q_1 вычисляется по формуле:

$$q_1 = \frac{0.86 * P_m}{\Delta T}$$

где, P_m: теплопотери в трубопроводах подачи [Вт]
трубы рассматриваются как $\sum L + \sum d = [SA + AC + AE] + [d_b + d_c + d_d + d_e]$
ΔT: приемлемое падение температуры (5K)
q_1: минимальный расход [л/ч]

Для ΔT равной 40K между водой и окружающей средой потери тепла приблизительно равны 10 Вт/м, независимо от диаметра трубы. Это справедливо если толщина изоляции в мм (λ = 0.036) равно 0.7 x внешний диаметр трубы (без изоляции).

Очевидно что, лучше сделать расчеты в соответствии с реальной изоляцией, примененной в системе. Для более точной оценки можно использовать следующую эмпирическую формулу:

$$P = \frac{\Delta T}{40}(3 + \frac{5d_e}{3.5 + \frac{0.036I}{\lambda}})$$

где, P в Вт/м, d_e внешний диаметр трубы (без изоляции) и I толщина изоляции в мм, λ в Вт/м K.

Для ΔT = 40K и λ = 0.036 (пеностекло) по этой формуле получаем

$P = (3 + \frac{5d_e}{3.5 + I})$ с d_e < 100 мм.

Если вся система правильно сбалансирована, то неправильная оценка суммарного расхода не так трагична. Если расход уменьшиться на 50%, и температуры воды на подаче будет 60°C, то в худшем случае температура воды на выходе будет 51°C, вместо положенных 55°C. Однако, в этом случае риск размножения Легионелла возрастает.

Далее, в примерах, мы будем рассматривать следующую гипотезу: t_s = 60°C, t_r = 55°C и P = 10 Вт/м. Соответственно,

$$q_1 = \frac{0.86 * 10}{(60 - 55)}(\sum L + \sum d) = 1.72(\sum L + \sum d)$$

Зная общий расход воды мы сможем рассчитать расход для каждого стояка. Начиная с точки S (рисунок 7.8a), где расположен температурный датчик для, температура воды на входе в стояк A может быть вычислен следующим образом:

$$t_A = t_S - \frac{0.86 P_{SA}}{q_1},$$

где P_{SA} – теплопотери на секции SA.

Для первого стояка теплопотери на трубах будут $Z_{AC} = P_{AZ} + P_{db} + P_{d}c$. Таким образом, мы можем вычислить последовательно температуру в узлах и необходимый расход следующим образом.

$$q_{AB} = \frac{0.86 Z_{AC}}{t_A - 55} \qquad t_B = t_A - \frac{0.86 P_{AB}}{q_{AB}} \qquad q_b = \frac{0.86 P_{db}}{t_B - 55}$$

$$q_{BC} = q_{AB} - q_b \qquad t_C = t_B - \frac{0.86 P_{BC}}{q_{BC}} \qquad q_c = \frac{0.86 P_{dc}}{t_C - 55}$$

Расход $q_{AD} = q_1 – q_A$B, так что, мы можем рассчитать t_D и второй стояк, как это сделано выше. Эта систематичная и простая процедура может быть использована даже для более сложных систем.

Зная расходы, система может быть легко сбалансирована с помощью Компенсационного метода или метода ТА Баланс.

Для грубой оценки напора насоса, падением давления на трубопроводах можно пренебрегать. Рассматривая только трубы на возврате, мы предлагаем взять H [кПа] = 10 + 0.15 (L_{SE} + d_e) + 3 кПа для каждого балансировочного клапана в каждой ветке (3 клапана в нашем примере). L_{SE} длина труб на возврате, которая, как мы полагаем, равна длине труб на подаче. Если, для нашего примера L_{SE} + d_e = 100, то H = 10 + 15 + 9 = 34 кПа. В данном примере мы полагаем, что, падение давления на теплообменнике, на обратном клапане и на аксессуарах равно 10 кПа, а падание давления на трубах равна 0.15 кПа/м.

Рассматривая только ветку AC, из рисунка 7.8a, но с четырьмя распределительными контурами, для расчета расходов мы можем использовать вышеуказанные формулы. Эти формулы могут быть преобразованы в более удобные для систематических вычислений. В следующем примере показано такое преобразование формул.

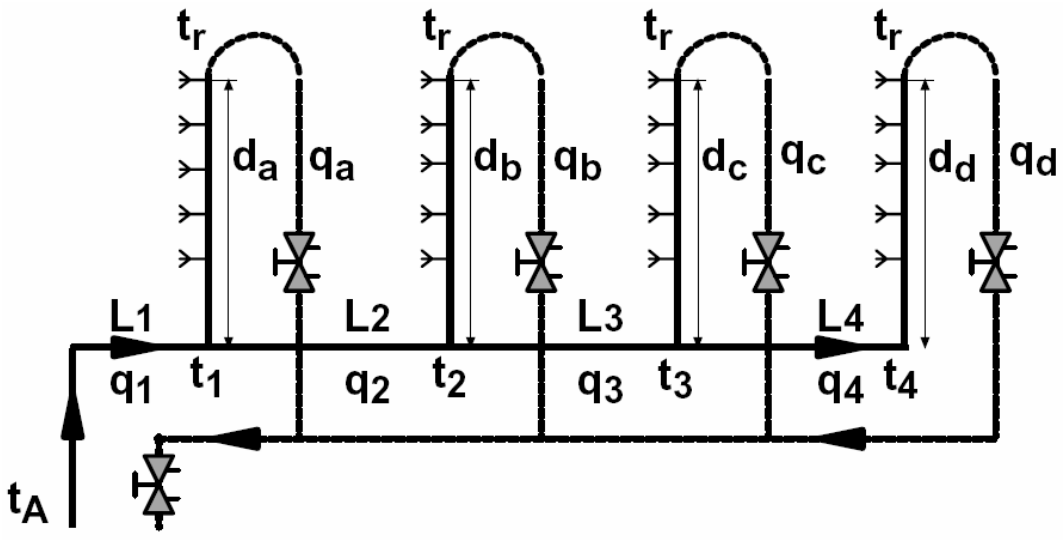


Рисунок 7.8b Распределительная ветка с четырьмя контурами

Рассмотрим следующие длины труб, в метрах:

L_1	L_2	L_3	L_4
40	25	20	35
d_a	d_b	d_c	d_d
10	9	11	12

Длины труб в метрах

Пусть температура на подаче будет t_A, а ожидаемая температура воды на возврате t_r. Например, t_A = 59°C (пусть падение температуры от точки S до точки A равна 1°C) и t_r = 55°C. Для $\Delta T = t_A - t_r$ = 4°C и принимая падение давления 10 кПа/м на трубах получим расход q_1 следующим образом:

$$q_1 = 0.86x10\frac{\sum(L_i + d_i)}{t_A - t_r}$$

Таким образом q_1 = 2.15 (40 + 25 + 20 + 35 + 10 + 9 + 11 + 12) = 348 л/ч и $t_1 = (t_A - 8.6\ L_1/q_1)$.

Для получения более удобной формулы, давайте преобразуем существующую следующим образом:

$t_1 = 8.6\ ((t_A-t_r)/8.6 - L_1/q_1) + t_r$. Обозначим $(t_A-t_r)/8.6 = \lambda$ и $D_1 = \lambda - L_1/q_1$. И так получаем $t_1 = 8.6\ D_1 + t_r$. В данном примере λ = 0.465.

$D_1 = \lambda - L_1/q_1$	$q_A = d_a/D_1$	$q_2 = q_1 - q_a$	$t_1 = 8.6 * D_1 + t_r$
$D_2 = D_1 - L_2/q_2$	$q_b = d_b/D_2$	$q_3 = q_2 - q_b$	$t_2 = 8.6 * D_2 + t_r$
$D_3 = D_2 - L_3/q_3$	$q_c = d_c/D_3$	$q_4 = q_3 - q_c$	$t_3 = 8.6 * D_3 + t_r$
$D_4 = D_3 - L_4/q_4$	$q_d = d_d/D_4$		$t_4 = 8.6 * D_4 + t_r$

Формулы

Эти формулы могут быть расширены для любого количества контуров. Мы воспользуемся ими для расчета расходов. В расчете температур нет необходимости, но это дополнительная информация.

$D_1 = 0.465 - 40/348 = 0.351$	$q_A = 10/0.351 = 29$	$q_2 = 348 - 29 = 319$	$t_1 = 8.6 * 0.351 + 55 = 58.0$
$D_2 = 0.351 - 25/319 = 0.272$	$q_b = 9/0.272 = 33$	$q_3 = 319 - 33 = 286$	$t_2 = 8.6 * 0.272 + 55 = 57.3$
$D_3 = 0.272 - 20/286 = 0.202$	$q_c = 11/0.202 = 54$	$q_4 = 286 - 54 = 232$	$t_3 = 8.6 * 0.202 + 55 = 56.7$
$D_4 = 0.202 - 35/232 = 0.051$	$q_d = 12/0.051 = 232$		$t_4 = 8.6 * 0.051 + 55 = 55.4$

Результаты вычислений

Предположим, что последний контур требует 67% расхода, в то время как первый контур только 8%. Если система не сбалансирована, первый контур будет иметь расход больше чем последний.

Грубая оценка напора насоса дает следующий результат:
H = 10 + 0.15 * (40 + 25 + 20 + 35 + 12) + 3 * 3 = 39 кПа

7.9 Системы горячего водоснабжения с клапанами TA-Therm

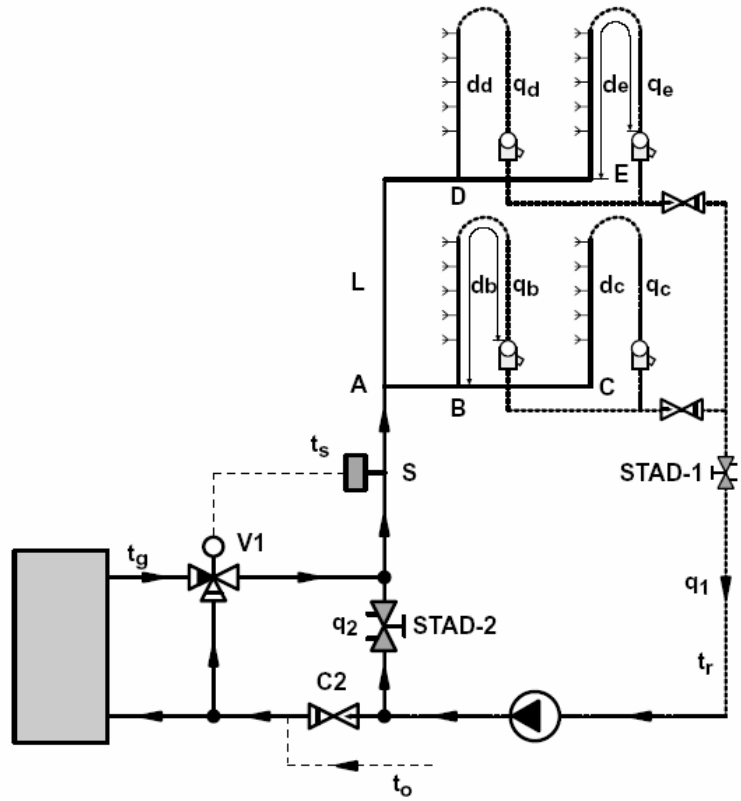


Рисунок 7.9 *Температура возврата на каждом контуре поддерживается автоматически*

На возврате каждого контура установлен термостатический клапан TA-Therm, который поддерживает температуру воды возврата на установленном уровне. На клапане TA-Therm может быть установлен термометр для измерения полученной температуры. Для определения размеров труб и насоса нужно рассчитать циркуляционный расход (смотри рисунок 7.8b). Для наиболее дальних контуров напор насоса рассчитывается приблизительно следующим образом (для TA-Therm - k_v=0.3)

Контур q_e : H = 10 + 0.15 (SE+d_e) + (0.01 q_e /0.3)2 + 3
Контур q_c : H = 10 + 0.15 (SC+d_c) + (0.01 q_c /0.3)2 + 3

Выбирается наибольшее значение для H.

Значение k_v, данное выше и равное 0.3, соответствует приблизительно настройке TA-Therm с колебанием температуры воды на 2°C.

Приложение А

Метод предварительной настройки

Метод предварительной настройки требует, чтобы проектировщик рассчитал правильные предварительные настройки для всех балансировочных клапанов и нанес эти значения на чертеж. Преимуществом этого метода является то, что становится намного легче для монтажника предварительно настроить балансировочные клапаны.

Определяются потери давления для всех терминалов и аксессуаров (регулирующих клапанов, трубопроводов, клапанов и отводов) при проектном расходе. Потери давления от насоса до наименее «удачного» контура суммируются, и получается необходимый напор насоса.

Далее выбирается близкий по напору стандартный насос, который обеспечил бы проектный расход в наименее «удачном» контуре. Разность между расчетным и реальным напором насоса является избыточным для системы. Если эта разница существенна, она должна быть устранена каким-либо образом. В системах с переменным расходом возможно изменение размеров управляющих клапанов, чтобы они взяли на себя как можно больше избыточного давления. Остальная часть может быть скомпенсирована балансировочными клапанами.

Значения предварительной настройки и расходы отражаются на проектах системы. Это заметно уменьшает задачу балансировки системы.

Если применяется метод предварительной настройки еще на этапе выполнения чертежей, скорее понадобятся коррекции до окончания проекта системы. Системы редко собираются согласно чертежам. Изменения влияют на расходы. Реальные расходы и изменения относительно проекта должны быть отмечены в окончательном отчете о балансировке.

Приложение B

Перерасчет расходов, если увеличены размеры терминалов

Если потребности в мощности известны, то также известны расходы для различных терминалов, с учетом ΔT работы системы. Расходы рассчитываются следующими формулами:

$$q = \frac{0.86P}{\Delta T_c} \text{ (л/ч) или } q = \frac{0.86P}{4186\Delta T_c} \text{ (л/сек)}$$

Но необязательно, что терминалы будут работать в проектных температурах подачи. Также не гарантировано, что в системе установлены терминалы с точной выходной проектной мощностью. Обычно выбираются терминалы с выходной мощностью чуть выше расчетной, и очень редко с низкой.

Выходная мощность терминала определяется производителем при номинальных условиях (с индексом «n»). Предположим, что терминал работает в несколько других условиях чем номинальные, например, с другой температурой подачи, и что его размеры слегка преувеличены. Если мы знаем текущее значение температуры подачи и завышение размеров, мы можем рассчитать реально требуемый расход. Этот требуемый расход обычно предоставляется производителем.

Для радиаторов используется следующая формула:

$$t_r = t_i + \frac{(t_{sn} - t_{in})(t_{rn} - t_{in})}{(t_s - t_i)(P_n / P_s)^{2/n}}$$

где, t_r = температура воды на возврате (trn в номинальных условиях)
t_s = температура воды на подаче (tsn в номинальных условиях)
t_i = температура помещения (tin в номинальных условиях)
P_c = требуемая мощность радиатора в ваттах
P_n = мощность в ваттах, в номинальных условиях, установленного радиатора.

Если (2/n) не задано производителем радиатора, то используется n = 1.3.

Пример:
Радиатор должен обеспечить выходную мощность P_c = 1,000 Вт при температуре помещения t_i = 22°C. Температура подачи t_s = 75°C. Мощность установленного радиатора P_n = 1500 Вт, при номинальных условиях температуры подачи t_{sn} = 80°C, температура возврата t_{rn} = 60°C и температура помещения t_{in} = 20°C.

Каким будет расход через радиатор?
Поставляя вышеперечисленные значения в формулу, получаем температуру возврата t_r = 46°C. Реальный перепад температуры ΔT = 75 – 46 = 29K, и расход q = 0.86 x 1,000/29 = 30 л/ч.

Приложение C

Определение размеров балансировочных клапанов

Балансировочный клапан, который больше чем необходим, не только лишняя трата денег. Он должен быть настроен ближе к полностью закрытому положению, при котором точность измерений расходов очень плохая.

Лучший диапазон настроек это между 50% и 100% максимально открытого положения клапана. Следовательно, нужно выбрать такой балансировочный клапан, который обеспечил бы необходимую потерю давления при проектном расходе в этом диапазоне.

При потерях давления меньше 3 кПа из-за возмущений от насоса, регулирующих клапанов, отводов и прочее перед балансировочным клапаном точность измерений ухудшается. Если известен Δp, который необходимо создать, размер балансировочного клапана может быть определен при помощи следующей формулы:

$$k_v = \frac{0.01 \times q}{\sqrt{\Delta p}}$$, q (л/ч), Δp (кПа)

$$k_v = \frac{36 \times q}{\sqrt{\Delta p}}$$, q (л/сек), Δp (кПа)

Пример:

Балансировочный клапан должен создать падение давления 15 кПа при расходе 2,000 л/ч. Согласно формуле выше k_v = 5.16. Балансировочный клапан с ближайшим значением k_{vs} (смотри таблицу) выше 5.16 это STAD20.

Если неизвестен перепад давления, то выбор может быть сделан согласно следующей таблице.

Таблица выборов			
Ду	k_{vs}	Расход, л/ч	Расход, л/сек
STAD			
100	430	0.028	0.119
350	750	0.097	0.208
650	1600	0.181	0.444
1300	2400	0.361	0.667
2000	3800	0.556	1.056
2800	5700	0.778	1.583
4500	11000	1.25	3.056
STA-DR			
200	450	0.056	0.125
200	600	0.056	0.167
600	1200	0.167	0.333
STAF		м3/ч	м3/сек
10	25	2.78	6.94
18	38	5	10.56
33	60	9.17	16.67
55	95	15.28	26.39
90	150	25	41.67
150	270	41.67	75
270	420	75	116.67
400	650	111.11	180.56

		Перепад давления на трубах, кПа/м				Скорость потока в трубах, м/сек			
Открытый клапан Δp кПа		Размер + 1		Клапан		Размер + 1		Клапан	
		мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.	мин.	макс.
0.5	8.6	17	390	76	1332	0.14	0.59	0.23	0.97
1.9	8.9	62	244	268	1085	0.27	0.57	0.48	1.04
1.3	7.9	61	312	184	990	0.31	0.77	0.49	1.21
2.2	7.6	55	167	213	664	0.36	0.66	0.62	1.15
2	7.2	57	183	119	391	0.41	0.77	0.55	1.04
2.1	8.8	33	119	104	390	0.35	0.72	0.57	1.15
1.9	11.1	19	77	100	408	0.23	0.57	0.57	1.39
1	5.1	21	97	96	438	0.15	0.34	0.28	0.62
1	9	7	53	21	167	0.1	0.29	0.15	0.46
2.2	9	13	48	53	193	0.16	0.33	0.29	0.57
1.1	6.9	38	208	84	467	0.52	1.3	0.72	1.79
2.3	10	31	125	113	463	0.56	1.17	0.94	1.98
3	10	34	105	96	297	0.67	1.22	1.02	1.85
3.4	10	35	97	89	251	0.77	1.33	1.12	1.94
4.6	12.8	24	63	90	235	0.74	1.24	1.26	2.09
3.8	12.5	20	60	63	189	0.78	1.41	1.24	2.22
5.2	12.6	25	58	60	138	1	1.55	1.41	2.19
7.6	20.1	29	71	53	131	1.16	1.88	1.48	2.4

Пример:

Необходимо выбрать балансировочный клапан для расхода 2,000 л/ч. Требуемый перепад давления неизвестен. Можно выбрать STAD25 и расход будет установлен между 1,300 и 2400 л/ч.

При расходе 2,000 л/ч перепад давления в стальной трубе Ду25 530 кПа/м (смотри рисунок С1). Так как это слишком много и желательно выбрать трубу размера Ду32.

Возможно так же выбрать STAD32, чтобы размер клапана был такой же, что и размер трубы. Для того чтобы получить 3 кПа на STAD32 при 2,000 л/ч, он должен быть настроен в положении 3.45 (86% открытого – выше 80% открытого обычно приемлемо).

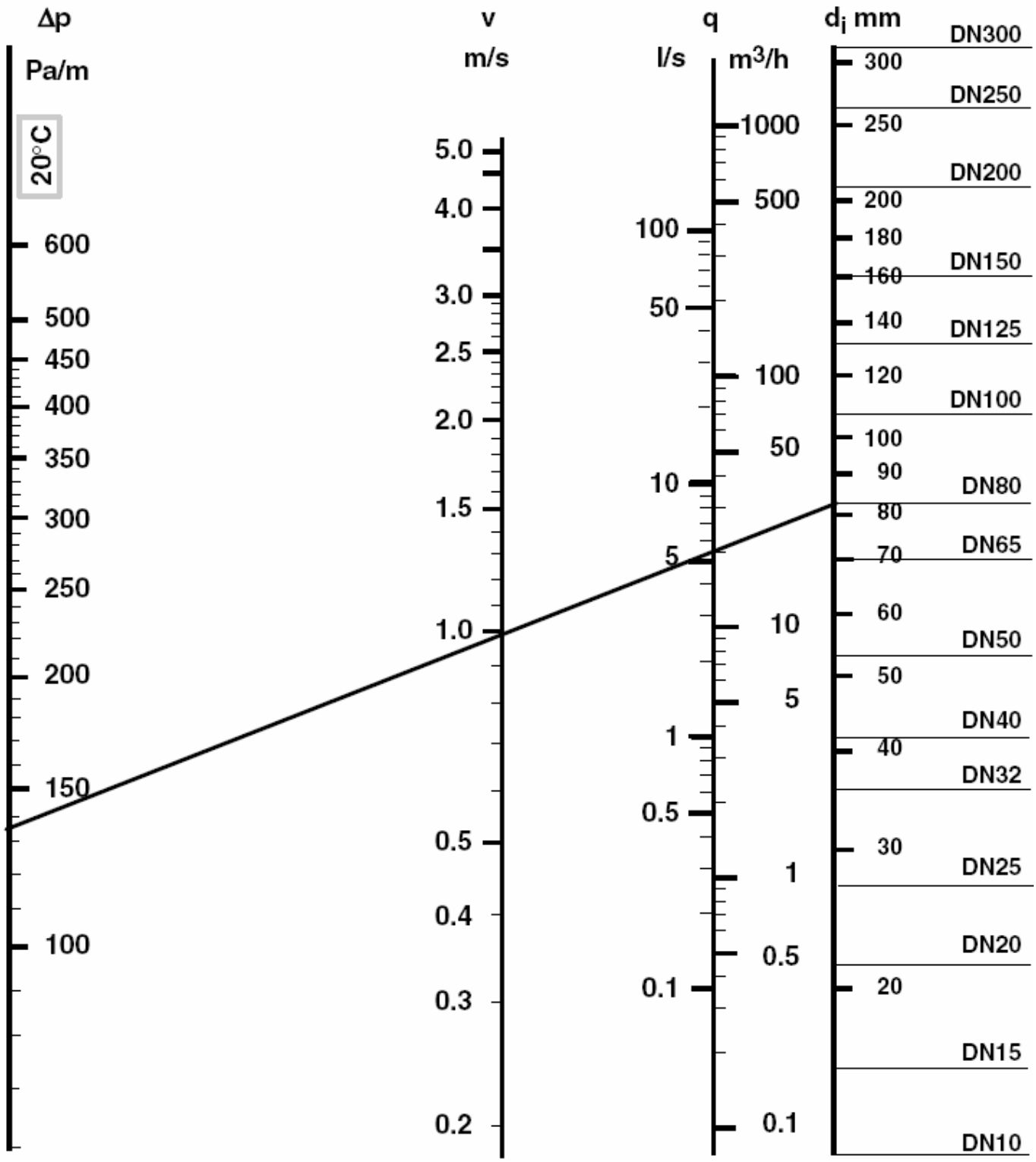


Рисунок C1 Падение давления и скорость воды при температуре 20°C (в стальной трубе с коэффициентом шероховатости 0.05 mm).

Эта диаграмма позволяет проверить совместимость размера выбранного балансировочного клапана с размером трубы. Обычно, размер трубы такой же, как и размер балансировочного клапана или на размер больше.

Пример:
Труба Ду 80 и расход 20 м^3/ч: скорость = 1 м/сек и Δp = 135 Па/м. Для такой трубы и STAF65, и STAF80 приемлемы.

Приложение D

Установка балансировочных клапанов

Для уверенности в точности измерений обычно достаточно оставлять прямой участок трубы длиной пять диаметров трубы перед балансировочным клапаном, и два диаметра трубы после клапана.

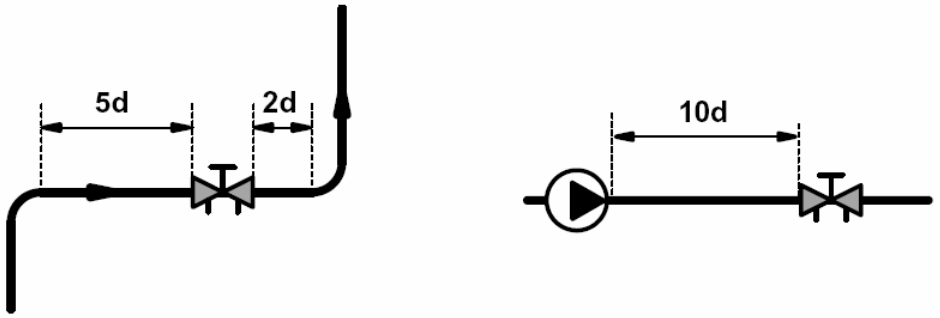


Рисунок D1. Прямые участки трубопровода спереди и после балансировочного клапана.

Если балансировочный клапан установлен после какого-либо источника сильных возмущений, например насоса или регулирующего клапана, рекомендуется оставлять прямой участок трубы длиной 10 диаметров трубы перед балансировочным клапаном. Не устанавливайте на этом участке ничего, что может вызвать возмущения (например, датчики температуры).

На подаче или на возврате?

С точки зрения гидравлики нет никакой разницы, где установлен балансировочный клапан, на подаче или на обратной трубе. Естественно, расход на подаче и на обратной трубе одинаковый.

Тем не менее, обычно балансировочный клапан устанавливается на обратной трубе, особенно если на балансировочном клапане имеется дренажное устройство, которое расположено так, чтобы дренировать настраиваемый терминал. Также предпочтительно устанавливать клапан так, чтобы поток старался открыть (как показано на рисунке ниже) клапан, так как это позволяет производить более точные измерения и избежать шумов.

На практике, балансировочные клапаны могут быть установлены в наиболее доступном месте, с учетом того, что возможность турбулентного течения устранена.

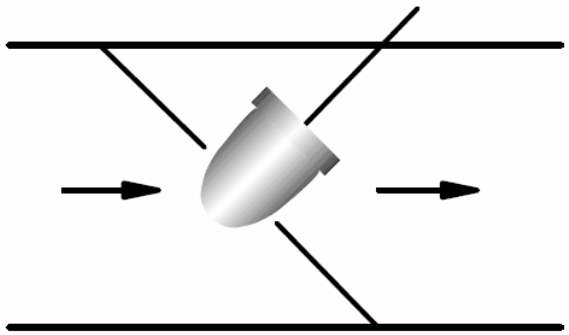


Рисунок D2. Поток старается открыть клапан

Приложение E

Подробная инструкция по подготовительной работе

Иногда случается так, что балансировщик тратит время на поиски таких простых вещей, как ключи от комнаты, где установлены балансировочные клапаны, или найти «потерянный» балансировочный клапан за подвесным потолком, или дотянуться до практически недоступных точек измерения.

Предварительная инспекция на месте может сэкономить рабочее время, особенно если система велика. Такая инспекция может включать следующее:

- На чертежах для всех балансировочных клапанов должны быть указаны все расходы. Проверить так же, соответствие суммарных расходов частичным расходам. Например, сумма расходов на терминал одной ветви должна быть равна суммарному расходу на этой ветви.
- Чертежи должны показать, как собрана система. Если возникнет необходимость, уточнить принципиальные схемы контуров и расходов.
- Обнаружить все балансировочные клапаны, и убедиться что они расположены в доступных местах. Проверить их размеры и бирки.
- Проверить, все ли трубы и все фильтры очищены, устранен ли воздух полностью из системы.
- Проверить, все ли обратные клапаны установлены в правильном направлении и не заблокированы.
- Если размеры терминалов завышены, проверить, где расходы должны быть пересчитаны (смотри Приложение B).
- Потери давления изменяются на 20% между 20°C и 80°C. Это очень важно, чтобы балансировка была произведена, когда температура во всех частях системы одинакова.
- Зарядите аккумуляторы балансировочного инструмента CBI, и проверьте наличие всех необходимых инструментов и их состояние.

Перед началом

- Подготовьте формы отчетов и необходимое оборудование
- Проверьте, достаточно ли статическое давление
- Проверьте, все ли запорные клапаны в правильном положении
- Если на радиаторах системы установлены термостатические клапаны, следует отключить (снять) все термостаты, чтобы клапаны были в полностью открытом положении.
- Проверить ориентацию насосов. Если установлен насос с переменной скоростью, убедитесь, что он работает на максимальной скорости.

Общие рекомендации по проектированию

Проектирование гидравлических систем во многом зависит от её характеристик и условий работы. Тем не менее, для любой системы с переменным расходом, с насосом с постоянной или переменной скоростью, модулирующим или двухпозиционным регулированием, следующие рекомендации существенны:

1. Сбалансируйте систему гидравлически согласно проектным расчетам. Это обеспечит применение расчетной мощности установленного оборудования. Нет никакой разницы модулирующий или двухпозиционный режим управления был выбран для терминалов, они в любом случае должны быть полностью открыты.

2. Используйте Компенсационный метод или метод ТА Баланс для балансировки системы. Это позволяет избежать обзора системы и заметно уменьшает трудовые расходы на балансировку. Эти два метода позволяют устранять излишки напора насоса и делают возможным экономию расходов на эксплуатацию.

3. Выбирайте модулирующие или двухходовые клапаны внимательно исходя из:
а) правильных характеристик,
б) правильных размеров: клапан, когда он полностью открыт и расход через него проектный, должен забрать как минимум 50% перепада давления контура при проектных условиях,
в) коэффициент управления клапана не должен опускаться ниже 0.25.

4. Если в некоторых контурах невозможно обеспечить выполнение последнего условия 3в, на этом контуре необходимо установить местный регулятор перепада давления для улучшения коэффициента управления управляющего клапана и уменьшения риска шума.

5. Если установлен насос с переменной скоростью, то установите датчик перепада давления для лучшего компромисса между желанием минимизировать эксплуатационные расходы на насос и ограничения колебания перепада давления на всех управляющих клапанах.

Приложение F

Хотите узнать больше о том, "Зачем нужна балансировка?"

Гидравлическая балансировка – это необходимость в хорошем управлении

Теоретически, современные системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха способны удовлетворять наиболее взыскательным требованиям по климатическим условиям в помещении и по экономичности. Однако практически даже наиболее сложные системы не всегда работают так, как было обещано. В результате, с фактически созданными климатическими условиями приходится мириться, а эксплуатационные расходы оказываются выше, чем ожидалось.

Часто это случается потому, что технический проект установки такой системы не удовлетворяет некоторым необходимым для стабильного и корректного управления системой, условиям. Вот три важнейших условия:

1. Расчетный расход должен быть действительно доступен во всех частях системы.
2. Перепад давления при проходе через управляющие клапаны не должен слишком сильно изменяться.
3. Расходы должны быть согласованы в узловых точках системы.

F.1 Расчетный расход должен быть действительно доступен во всех частях системы.

Общие проблемы

Возникновение следующих проблем показывает, что условие номер один (т.е. расчетный расход действительно доступен во всех частях системы) не выполнено:

- Энергетические затраты выше, чем ожидалось.
- Установленная мощность не передается при промежуточных и/или высоких нагрузках.
- Слишком жарко в одних частях здания, слишком холодно в других его частях.
- Слишком долгое время задержки до достижения требуемой комнатной температуры после утреннего (с ночного снижения температуры) запуска системы.

Достижение корректных значений расходов

Энергия, передаваемая терминалом, зависит от температуры подаваемой воды и от расхода воды. Для получения требуемой комнатной температуры управляют именно этими параметрами. Такое управление возможно только, если требуемые расходы воды достижимы.

Некоторые "специалисты", однако, считают, что достаточно указать расчетные расходы на чертеже, чтобы получить их в трубах. В действительности же, чтобы получить требуемые расходы, они должны быть измерены и откорректированы. Именно поэтому настоящие специалисты убеждены, что гидравлическая балансировка, безусловно, необходима. Дискуссия ограничивается следующим вопросом: Как провести эту балансировку? Например, возможно ли достичь корректного распределения расходов путем тщательного выбора размеров системы? Теоретически, ответом будет "да". Но на практике, это всего лишь мечта.

Источники энергии, насосы, трубопроводы и терминалы проектируются исходя из необходимости покрытия максимальных потребностей (несмотря на то, что система в целом рассчитывается с учетом коэффициента запаса). Если размер одного звена в цепи выбран неправильно, остальные оптимально работать не будут. В результате, требуемый климат в помещении достигнут не будет, а в требованиях к комфорту придется идти на компромисс.

Некоторые думают, что проектирование системы с включением некоторых функций безопасности предотвратит большинство проблем. Однако даже если некоторые проблемы, таким образом, снимаются, то возникают другие, в особенности, касающиеся процессов управления. Некоторого завышения характеристик не удастся избежать, поскольку компоненты установки приходится выбирать из диапазона существующих на рынке. Как правило, их характеристики не подходят под расчетные. Более того, на стадии проектирования характеристики некоторых компонентов вообще не известны, так как они будут выбираться подрядчиком на более поздних этапах. Следовательно, потом приходится модифицировать исходный проект установки для учета фактически установленных элементов, которые часто отличаются от предусмотренных в исходном проекте.

Гидравлическая балансировка позволяет получить требуемые расходы в уже установленной системе, компенсируя завышение характеристик и оправдывая сделанные инвестиции.

Системы распределения с постоянным расходом

В системе распределения с постоянным расходом (рисунок F.1a) рассчитывается трехходовой клапан для создания падения давления как минимум равного проектному падению давления в радиаторе C. Это означает, что подходящий управляющий клапан имеет коэффициент управления как минимум 0.5. Если падение давления в радиаторе плюс падение давления на регулирующем клапане составляет 20 кПа и возможный перепад давления ΔH 80 кПа, то разница в 60 кПа может гаситься балансировочным клапаном STAD-1. Если это не так, то в контуре будет создаваться перерасход в 200%, затрудняя управление и создавая помехи остальной установке.

В схеме, изображенной на рисунке F.1b, существенно необходим балансировочный клапан STAD-2. Без него обходная перемычка AB будет коротким замыканием с избыточным перерасходом, приводящим к недостаточному расходу остальной установки. С помощью STAD-2 первичный расход q_p измеряется и корректируется до значения, несколько большего, чем вторичный проектный расход q_s, измеряемый и подстраиваемый посредством STAD-3. Если qs > qp, поток воды пойдет через перемычку AB, создавая точку смешивания в точке A. Температура подачи увеличится в случае системы охлаждения, уменьшиться в случае системы отопления, и проектная мощность не будет достигнута на терминале.

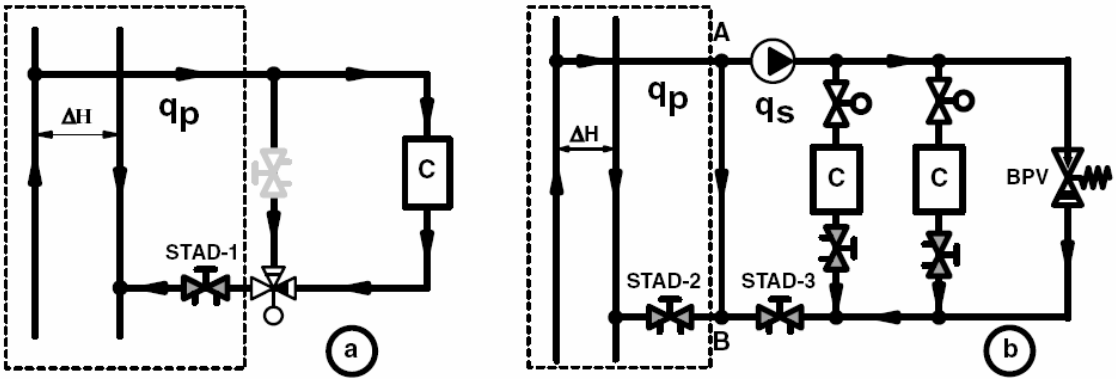


Рисунок F1. Примеры схем для систем с распределением постоянных расходов.

Балансировка обеспечивает корректное распределение расходов, предотвращая эксплуатационные проблемы и позволяя органам управления выполнять свои функции.

Системы распределения с переменным расходом

В системе распределения с переменным расходом проблемы недостаточного расхода случаются чаще всего при высоких нагрузках.

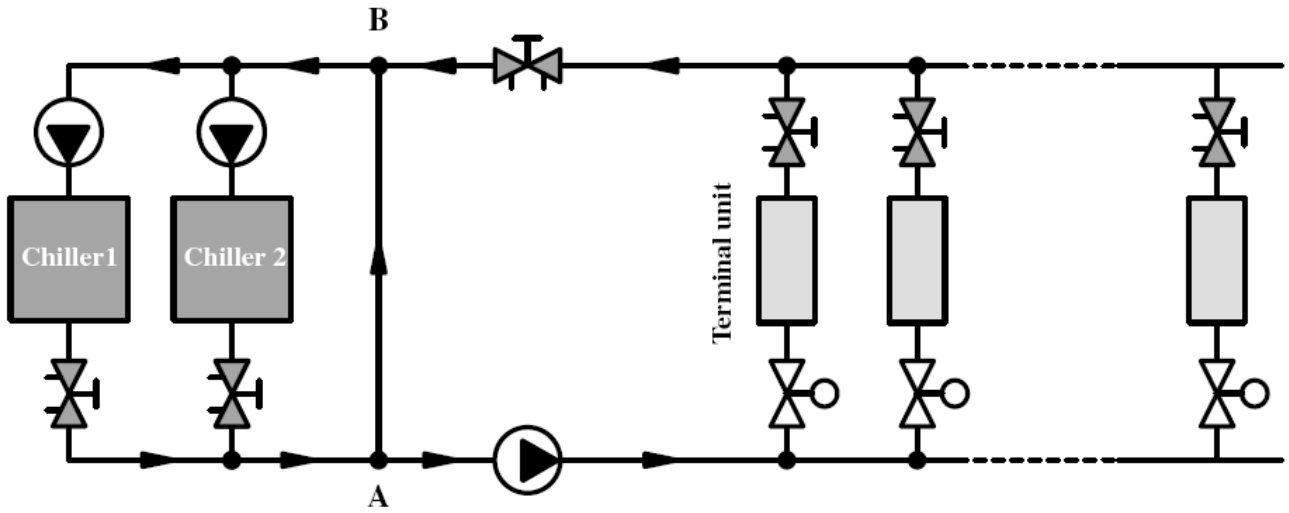


Рисунок F2. Пример системы с распределением переменных расходов.

На первый взгляд, нет причины балансировать систему с двухходовыми управляющими клапанами на терминалах, так как управляющие клапаны специально устанавливаются для изменения расхода до требуемого уровня. Следовательно, гидравлическая балансировка как бы достигается автоматически. Однако даже после тщательных расчетов вы обнаружите, что управляющие клапаны с точным значением k_{vs} в продаже отсутствуют. Следовательно, характеристики большинства управляющих клапанов завышены. Во многих ситуациях не удастся избежать всеобщего открытия управляющих клапанов, например, при запуске системы, когда происходят крупные возмущения, когда некоторые термостаты выставлены на минимальные, а некоторые на максимальные величины, или когда занижены размеры некоторых радиаторов. Это будет создавать недостаточный расход в других контурах.

Использование насоса с переменной скоростью не решит данной проблемы, так как все расходы будут изменяться пропорционально при изменении напора насоса. Попытка избежать перерасхода таким способом просто сделает недорасход более значимым.

Система в целом разрабатывается для обеспечения ее максимальной мощности при максимальной нагрузке. Следовательно, очень важно, чтобы при необходимости эта максимальная мощность была доступна. Гидравлическая балансировка, проведенная при условиях проектирования, гарантирует, что все терминалы смогут получать требуемый расход, и таким образом, проведенные на них затраты будут оправданы. При частичной загрузке, когда некоторые управляющие клапаны закрыты, доступные перепады давления на участках схемы могут только увеличиваться. Если избежать недостаточного расхода на этапе разработки системы, то он не произойдет и при других условиях.

Утренний запуск системы

В системе распределения с переменным расходом утренний запуск (после ночного экономного режима) является важной ситуацией, поскольку полностью открывается большинство управляющих клапанов. Это создает перерасходы, которые приводят к непредсказуемым падениям давления в некоторых трубопроводных сетях и недостаточному расходу в терминалах в менее приоритетных частях системы. Менее приоритетные контуры не будут получать достаточного расхода до тех пор, пока термостаты на более приоритетных контурах не достигнут установленных значений (если их исходные установки были обоснованно выбраны), позволяя их управляющим клапанам начинать перекрывать расход. Следовательно, запуск системы затруднен и занимает больше времени, чем ожидается. В стоимостном исчислении получается дорого. Неровный запуск делает управление от центрального контроллера и любую форму оптимизации практически невозможными.

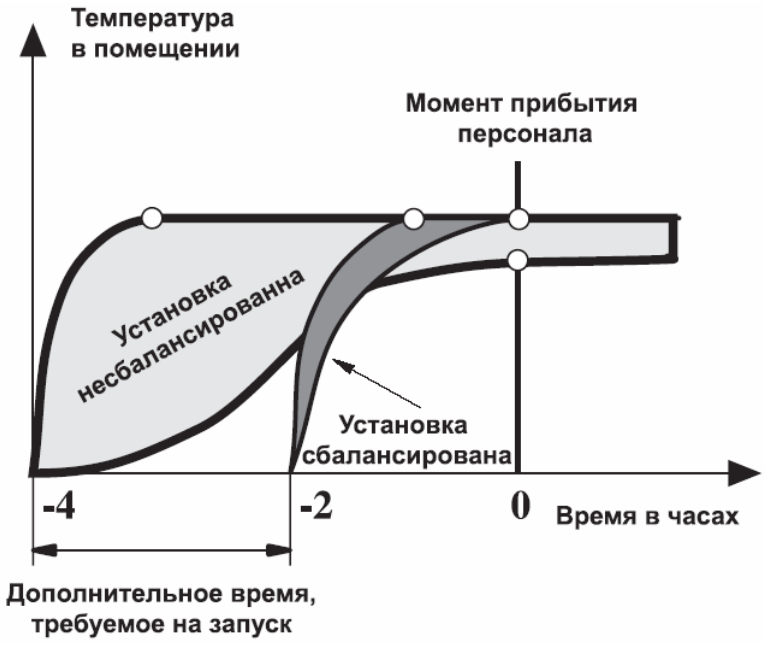


Рисунок F3. Несбалансированная установка должна запускаться раньше, что увеличивает потребление энергии.

В системах распределения с постоянным расходом/перерасход недорасход остается как во время запуска, так и после него, делая проблему еще более сложной.

Средства, требуемые для балансировки

Для балансировки системы требуемые средства должны удовлетворять следующим условиям:

- Должна существовать возможность измерения расхода с точностью около ±5%. Процедура балансировки обеспечивает возможность проверки, работает ли система так, как задумывалось, обнаружения ошибок и принятия решений и мер по исправлению этих ошибок.
- Должна существовать возможность несложной регулировки расхода, это сделает установку гибкой, адаптивной.
- Устройства, применяемые для балансировки, должны гарантировать долгосрочную надежность. Они должны быть стойкими к агрессивному воздействию воды.
- Устройства, применяемые для балансировки, должны без демонтажа выдерживать промывку системы, и не должны требовать применения специальных фильтров.
- Положение регулировочных устройств должно легко считываться и храниться в защищенной скрытой памяти. Для обеспечения хорошей разрешающей способности при считывании позиции устройства его полный диапазон регулировки (например, положение ручки клапана) должен требовать не менее четырех полных оборотов маховика.
- Балансировочный конус должен иметь достаточно большие размеры с целью уменьшения вращающего момента, требуемого для настройки клапана против больших перепадов давления.
- Функция отсечки должна также выполняться балансировочным клапаном.
- Измерительный прибор должен быть доступен, так чтобы было легко измерить расходы без необходимости использования диаграмм. Прибор должен включать простую балансировочную процедуру и возможность печати отчета о балансировке. Для диагностических целей прибор также должен обеспечивать регистрацию изменений во времени расходов, перепадов давления и температур.

F.2 Гидравлическая балансировка и стабилизация перепадов давления

Характеристика регулирующего клапана

Характеристика регулирующего клапана определяется отношением между расходом воды через клапан и подъемом штока клапана при постоянном перепаде давления. Расход воды и подъем штока клапана выражаются в процентах от их максимальных величин.

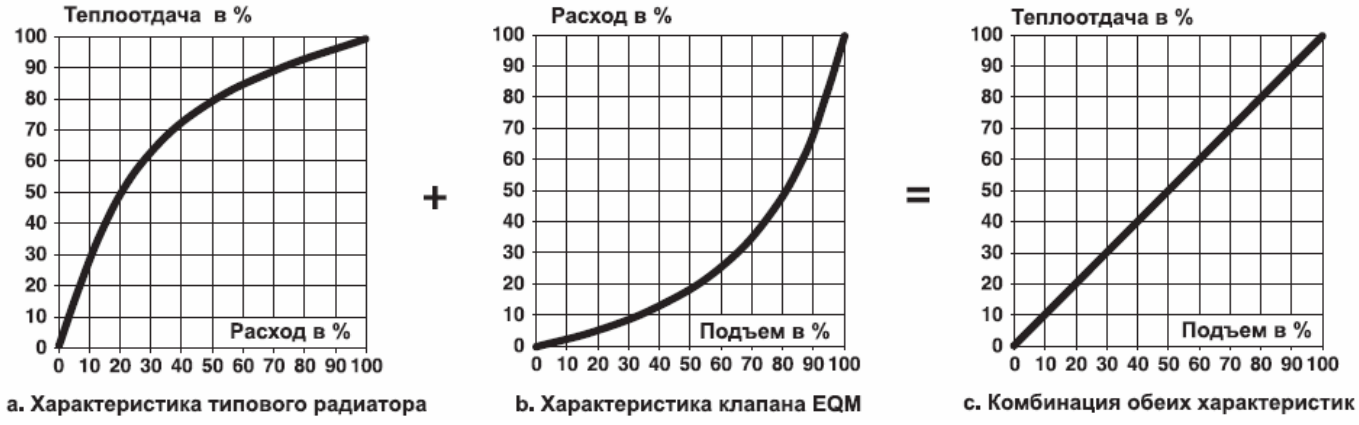


Рисунок F4. Нелинейность характеристики радиатора компенсируется установкой регулирующего клапана с инверсной нелинейной характеристикой.

Для клапана с линейной характеристикой расход воды пропорционален ходу штока клапана. Из-за нелинейности характеристики нагрузки (Рисунок F1a), незначительное открытие регулирующего клапана может существенно увеличить теплоотдачу при малых и средних нагрузках. Следовательно, контур управления может быть нестабилен при малых нагрузках.

Вы можете решить данную проблему выбором характеристики регулирующего клапана, компенсирующей эту нелинейность. Это поможет обеспечить пропорциональную зависимость теплоотдачи нагрузки от хода штока клапана.

Допустим, что выход нагрузки составляет 50% от проектной величины, когда подается 20% от расчетного расхода. Тогда может быть установлен клапан, который пропускает только 20% от расчетного расхода, когда он открыт на 50%. То есть, когда клапан открыт на 50%, вы получите 50% выхода тепла (Рисунок F1c). Если это остается истинным для всех расходов, Вы можете получить характеристику, которая компенсирует нелинейность типового управляемого теплообменника. Такая характеристика (Рисунок F1b) называется модифицированной равнопроцентной.

Для получения такой компенсации должны быть выполнены два условия:
- Перепад давления через регулирующий клапан должен быть постоянным.
- Расчетный расход должен достигаться при полностью открытом регулирующем клапане.

Если перепад давления при проходе через регулирующий клапан не постоянный, или если взят клапан большего размера, характеристика регулирующего клапана будет искажена и процедура управления будет не столь оптимальной.

Коэффициент управления регулирующего клапана

Когда регулирующий клапан закрывается, уменьшаются расход и падение давления на нагрузке, трубопроводах и на вспомогательных устройствах. Разница в падении давления гасится регулирующим клапаном. Это увеличение в перепаде давления искажает характеристику регулирующего клапана. Данное искажение может быть характеризовано коэффициентом управления регулирующего клапана.

$$\boldsymbol{\beta} = \text{коэффициент управления клапана} = \frac{\Delta pVc \text{ (падение давления на полностью открытом регулирующем клапане и расчетном расходе)}}{\Delta p \text{ закрытого клапана}}$$

Числитель является постоянным и зависит только от выбора регулирующего клапана и величины расчетного расхода. Знаменатель соответствует доступному перепаду давления на контуре ΔH. Балансировочный клапан, установленный последовательно с выбранным регулирующим клапаном, не изменит никакого фактора и, следовательно, не повлияет на коэффициент управления регулирующего клапана.

Регулирующий клапан выбирается исходя из необходимости получения наилучшего из возможных значений коэффициента управления. Однако рассчитанные регулирующие клапаны на рынке отсутствуют. Поэтому большинство регулирующих клапанов устанавливаются с избыточностью по характеристикам. При использовании балансировочного клапана вы можете получить расчетный расход при полностью открытом регулирующем клапане. Так как такая характеристика ближе к расчетной, реализация функции управления улучшается (рисунок F6b).

Если балансировочные клапаны правильно настроены, они только забирают излишки локального давления, связанные неоднородностью системы, для получения в проектных условиях проектных расходов на всех контурах. Если позже балансировочные клапаны будут полностью открыты, управляющие клапаны вынуждены закрываться. Необходимая энергия трения не может быть сохранена таким образом, она только будет перемещена от балансировочных клапанов к регулирующим клапанам. Очевидно, что балансировочные клапаны не создают дополнительных сопротивлений.

Более того, если параметры насоса завышены, управляющие клапаны создадут перерасход, когда он полностью открыты и заберут превышение напора, когда функционируют. Превышение параметров насоса не может быть обнаружено таким образом, в то время как процедура балансировки устраняет излишки напора, которая может быть скомпенсирована настройкой, если насос с переменной скоростью.

В некоторых исключительных случаях, возможно найти управляющие клапаны с настраиваемым значением k_{vs}, но проблема заключается в настраивании k_{vs} на правильное значение. Но это невозможно, если не измеряется расход и если система не сбалансирована для получения проектного перепада давления на каждом контуре. Тогда нужны балансировочные клапаны.

Изменения перепада давления при средней нагрузке на установку

По опыту эксплуатации, при прямом распределении возвратного расхода (Рисунок 2a), в удаленных контурах будут отмечаться наибольшие изменения в перепадах давления. При малых расходах, когда к регулирующему клапану передается почти все давление от насоса, коэффициент управления регулирующего клапана наихудший.

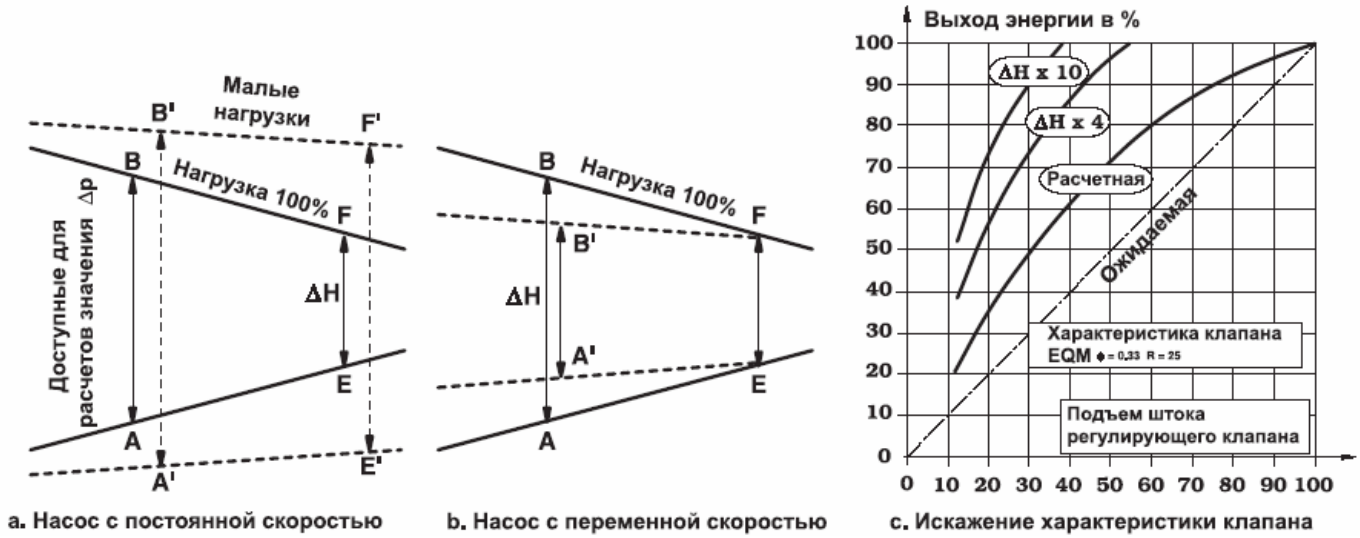


Рисунок F5. По условиям проекта коэффициент управления регулирующего клапана составляет 0.25. Когда средняя нагрузка на установку изменяется, перепад давления ΔH на контуре изменяется тоже. Это еще более искажает характеристику регулирующего клапана.

Для насоса с переменной скоростью общепринято удерживать значение перепада давления постоянным рядом с последним контуром (рисунок F5b). Тогда проблема изменения ΔH переносится на первый контур.

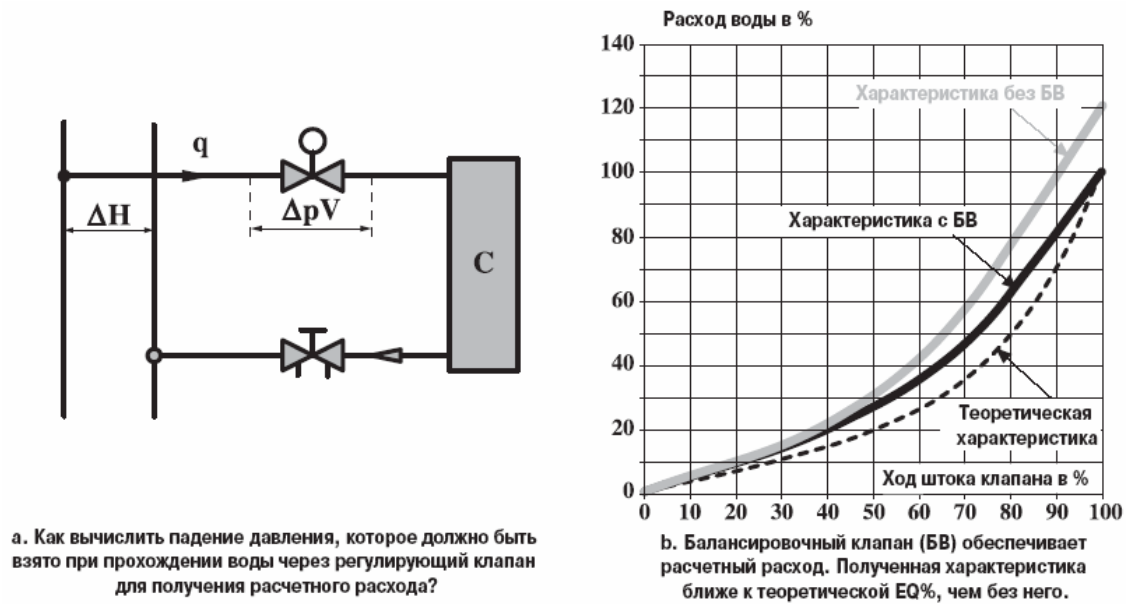
Размещение датчика перепада давления для насоса с переменной скоростью рядом с последним контуром теоретически будет уменьшать затраты на циркуляцию. Однако это вызовет проблемы в контурах, расположенных рядом с насосом. Если регулирующий клапан выбран в соответствии с доступным в условиях проекта ΔH, то этот контур будет иметь недостаточный расход для меньших ΔH. Если регулирующий клапан выбран на основе минимального ΔH, то, при проектных условиях, этот контур будет иметь перерасход, и регулирующий клапан будет иметь недостаточную регулирующую способность. Во избежание этих проблем датчик перепада давления следует предпочтительно размещать в середине установки. Это может уменьшить изменения перепада давления более чем на 50% по сравнению с тем, что вы будете иметь при насосе с постоянной скоростью.

На рисунке F5c показано соотношение между выходом тепла и ходом штока клапана для регулирующих клапанов с EQM-характеристикой, выбранных для получения правильного расхода, когда они полностью открыты и при коэффициенте управления клапана 0.25. Когда подаваемый к контуру доступный перепад давления увеличивается, характеристика регулирующего клапана может искажаться так сильно, что это может вызвать выход из цикла управления. В таком случае, для стабилизации перепада давления на регулирующем клапане и удержания коэффициента управления этого клапана около 1 (рисунок F7a), может быть использован местный контроллер (автоматический регулятор) перепада давления.

Выбор клапанов для модулирующего управления

Характеристики двухходового регулирующего клапана правильно выбраны, если:
1. Расчетный расход достигается на регулирующем клапане, когда он полностью открыт в соответствии с расчетными условиями.
2. Коэффициент управления регулирующего клапана есть и остается эффективным, что обычно составляет более 0.25.

Первое условие необходимо соблюдать для предотвращения перерасхода, который приводит к недостаточному расходу других контуров, где регулирующие клапаны открыты и остаются такими достаточно долгое время. Это происходит (1) в ходе запуска системы, например, каждым утром после ночного экономного режима, (2) когда размер соответствующего радиатора недостаточен, (3) когда термостат установлен на минимальную величину при охлаждении, и (4) когда нестабилен контур управления.



a. Как вычислить падение давления, которое должно быть взято при прохождении воды через регулирующий клапан для получения расчетного расхода?

b. Балансировочный клапан (БВ) обеспечивает расчетный расход. Полученная характеристика ближе к теоретической EQ%, чем без него.

Рисунок F6. Если размер регулирующего клапана завышен, балансировочный клапан улучшает характеристику регулирующего клапана.

Для получения расчетного расхода при проектных условиях падение давления на регулирующем клапане при его полном открытии и расчетном расходе должно быть равно доступному перепаду давления ΔH минус проектное падение давления на радиаторе и вспомогательных устройствах (Рисунок F6a).

Теперь предположим, что информация об этих падениях давления известна до выбора регулирующего клапана.

Для расхода, например, в 1,6 литра в секунду, что предлагается на рынке? Один регулирующий клапан, который создает падение давления в 13 кПа, другой, который создает 30 кПа и третий, который создает 70 кПа. Если должно гаситься 45 кПа полностью открытым регулирующим клапаном, то такого клапана на рынке нет. В результате параметры регулирующих клапанов обычно завышены. Тогда для обеспечения расчетного расхода при проектных условиях требуется балансировочный клапан. Балансировочный клапан улучшает характеристику регулирующего клапана без создания всяких ненужных падений давления (Рисунок F6b).

Как только регулирующий клапан выбран, мы должны убедиться, что его коэффициент управления $p_{Vc}/\Delta H_{max}$ достаточен. Если он недостаточен, проект установки должен быть пересмотрен для обеспечения более высокого падения давления через меньший регулирующий клапан.

Специализированные способы решения локальных проблем.

Использование раздельных подходов к различным специальным случаям, как правило, приводит к лучшим условиям работы, чем принуждение остальной части системы реагировать на ненормальные условия.

Когда выбор регулирующего клапана критичен или когда контур подвергается сильным изменениям в ΔH, местный контроллер (автоматический регулятор) перепада давления может стабилизировать перепад давления на регулирующем клапане (Рисунок F7a). В общем, это случай, когда коэффициент управления регулирующего клапана может падать ниже 0.25.

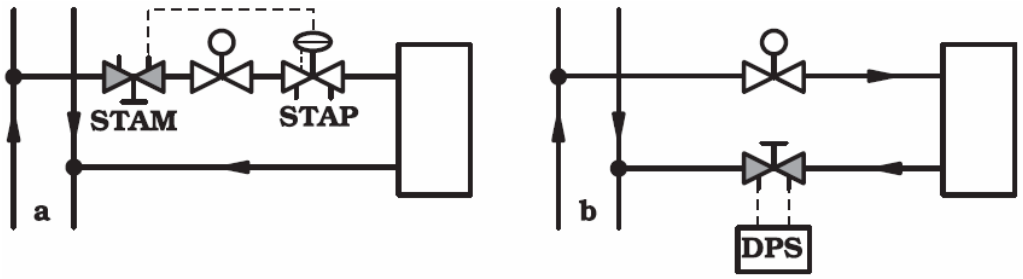


Рисунок F7. Ограничение расхода через нагрузку.

Принцип прост. Мембрана регулятора перепада давления STAP подсоединяется на вход и выход регулирующего клапана. Когда перепад давления возрастает, усилие на мембране увеличивается и пропорционально закрывает STAP. STAP удерживает перепад давления на регулирующем клапане почти постоянным. Этот перепад давления выбирается для достижения проектного расхода, измеряемого на STAM, когда регулирующий клапан полностью открыт. Этот регулирующий клапан никогда не имеет завышенный размер и коэффициент управления клапана близок к 1.

Весь дополнительный перепад давления гасится на STAP. Управление перепадом давления по сравнению с управлением температурой, довольно несложно, и во избежание колебательных явлений можно использовать эффективный относительный диапазон.

Комбинирование местных регуляторов перепада давления с насосами с переменной скоростью обеспечивает наилучшие условия для осуществления управления. При существенной экономии энергии улучшается комфорт, а также значительно снижается риск шума. По экономическим причинам данное решение обычно применяется только для небольших систем.

Для систем большего масштаба, для которых перепад давления изменяется в более широких пределах, вы можете ограничивать максимальное значение k_{vs} путем использования датчика перепада давления, соединенного с балансировочным клапаном (рисунок F7b). Когда измеренный перепад давления соответствует расчетному расходу, регулирующему клапану далее открываться не разрешено. Данное решение может подходить к ситуации, когда система управления зданием требует измерения расхода.

Если установка была рассчитана с учетом фактора разнородности, то с целью получения однородного распределения расхода уменьшается максимальный допустимый расход при запуске системы. Исходная установка максимального расхода также может быть изменена в соответствии с требованиями приоритетных контуров.

Когда нагрузки управляются с помощью регулирующих клапанов с включением /выключением или с помощью регулирующих клапанов с пропорциональной зависимостью от времени, то ограничение перепада давления может помочь снизить шумы и упростить балансировку. В этом случае регулятор перепада давления удерживает постоянным перепад давления на наборе нагрузок (рисунок F8).

Такое решение также работает для набора небольших устройств, управляемых модулирующими регулирующими клапанами.

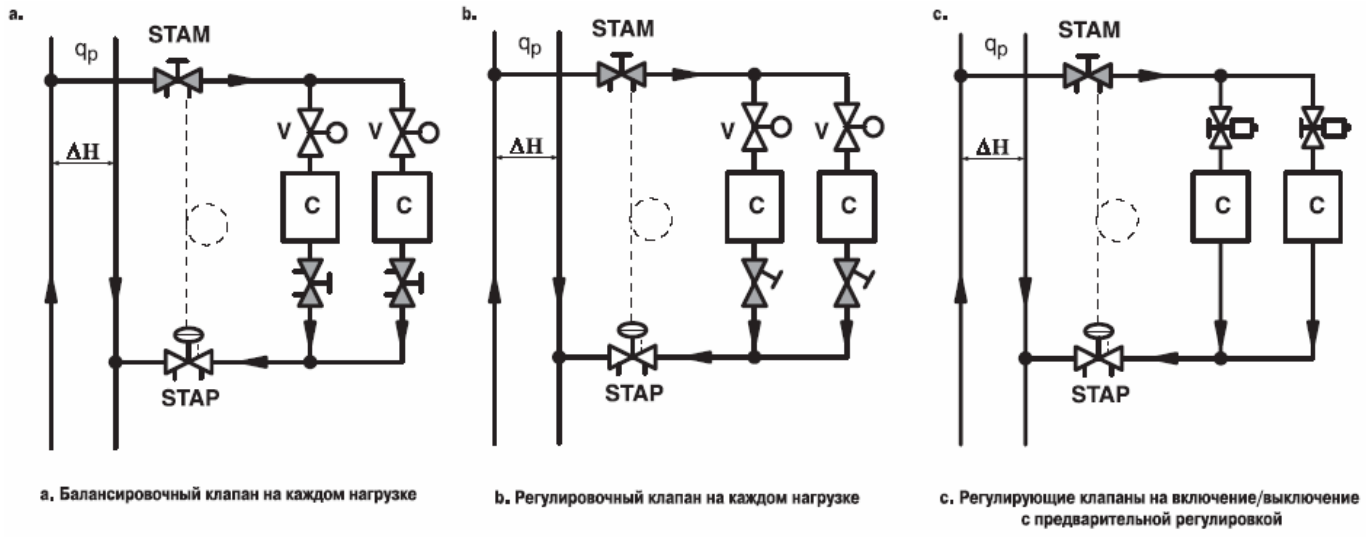


Рисунок F8. STAP удерживает постоянным перепад давления на ряде нагрузок.

Данные примеры показывают многообразие возможных решений с применением балансировочных клапанов.

Удержание перепада давления постоянным в нагревательных установках

Переменное распределение расхода

В нагревательной установке с радиаторами клапан радиатора обычно предварительно настраивается с учетом доступного падения давления ΔHo равного 10 кПа.

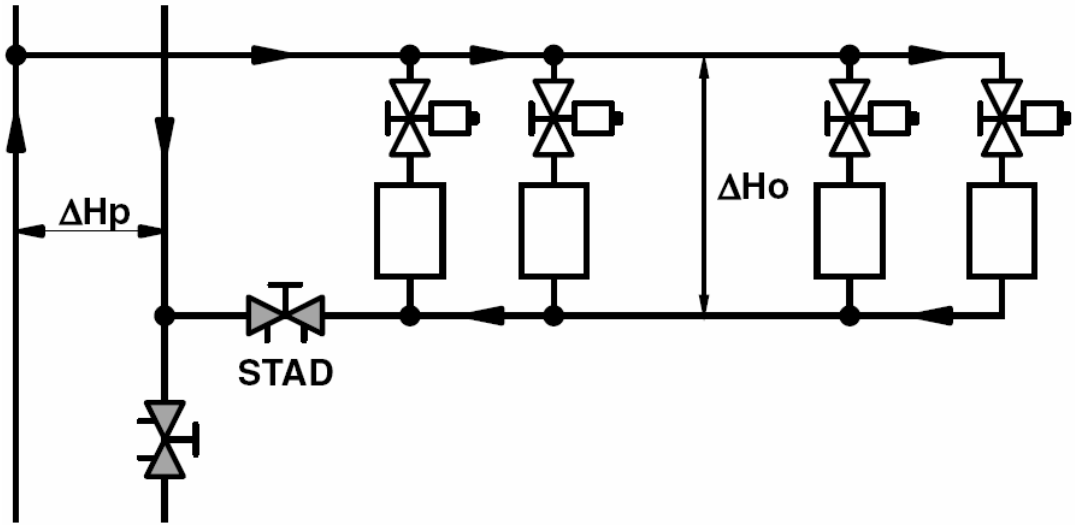


Рисунок F9. Каждый клапан радиатора регулируется, как если бы он был подвержен равному для всех перепаду давления, обычно 10 кПа.

В ходе процедуры балансировки балансировочный клапан STAD устанавливается для получения точного суммарного расхода в данном ответвлении. Это оправдывает предварительные настройки, и упомянутые 10 кПа ожидаемого перепада давления достигаются в центре ответвления.

В радиаторных системах с доступным падением давления более 30 кПа есть риск возникновения шумов в установке, особенно если воздух остается в воде. В этом случае вам следует использовать STAP для уменьшения перепада давления и удержания его постоянным (рисунок F10).

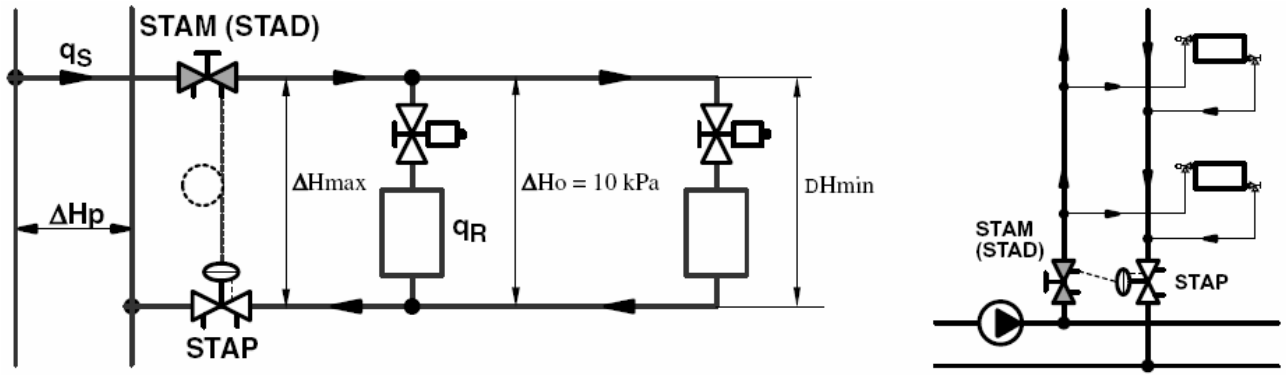


Рисунок F10. STAP удерживает перепад давления на входе контура постоянным.

STAP удерживает перепад давления постоянным на каждом ответвлении. Расход воды через ответвление q_s измеряется посредством измерительного клапана STAM. Данная комбинация освобождает термостатические клапаны от избыточного давления.

Постоянное распределение расхода

Температура подаваемой в жилое здание воды регулируется центральным контроллером в соответствии с наружными условиями.

Напор от насоса может быть высоким, что вызовет шумы в термостатических клапанах. Если ограничения на температуру обратной воды отсутствуют, то может использоваться постоянное распределение расхода.

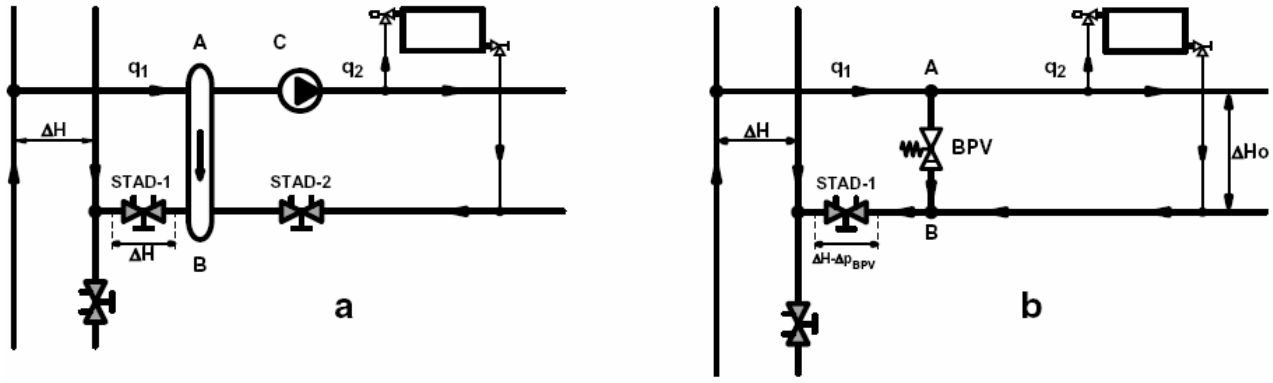


Рисунок F11. Каждое помещение получает перепад давления менее чем 30 кПа.

Одно из решений состоит в обеспечении каждого помещения обходной линией AB (байпасом) и балансировочным клапаном STAD-1 (рисунок F11a). Этот балансировочный клапан гасит доступный ΔH. Вторичный насос с напором менее чем 30 кПа обслуживает это помещение. Когда термостатические клапаны закрываются, величина Δp через термостатические клапаны приемлема и никаких шумов в установке не создается. Во избежание реверсного расхода через байпас вторичный расчетный расход должен быть немного ниже, чем первичный, и он будет создавать точку смешивания в A и уменьшать температуру подаваемой воды. Именно поэтому на вторичном контуре необходим другой балансировочный клапан STAD-2.

Другое решение состоит в установке для каждого помещения BPV или Hydrolux (перепускного клапана с пропорциональным открытием) (рисунок F11a). Это устраняет потребность во вторичном насосе, а также потребность в балансировочном клапане STAD-2. Для получения требуемого первичного расхода BPV работает с одним балансировочным клапаном STAD. BPV настраивается в соответствии с требованием контура радиаторов. Когда термостатические клапаны закрываются, перепад давления между A и B увеличивается более установленного значения. Тогда BPV открывается и пропускает расход в обход пропорционально увеличению перепада давления. Это означает, что перепад давления от A к B остается почти постоянным.

Предположим, что балансировочный клапан STAD-1 не установлен. Если первичный перепад давления ΔH увеличивается, BPV откроется, увеличивая первичный расход q_1. Сопротивлением труб между AB и стояком можно пренебречь, перепад давления на AB остается практически равным ΔH. Следовательно, для стабилизации вторичного перепада давления BPV должен быть установлен в паре с балансировочным клапаном STAD-1, который создает достаточный перепад давления.

F.3 Расходы должны быть совместимы в узлах системы.
Позаботьтесь о том, чтобы Ваши инвестиции окупились
Для обеспечения определенной максимальной нагрузки необходимо при проектировании рассматривать производственные установки, насосы, трубопроводы и нагрузки, даже в том случае, если установка в целом рассчитана с учетом коэффициента запаса. Если же эта максимальная нагрузка не достигается из-за гидравлической несбалансированности установки, то сделанные затраты во многом были напрасны.

Если же эта система никогда не требует максимальной установленной мощности, то это значит, что требования к охладителям, насосам и нагрузкам завышены и установка спроектирована некорректно. Если установка хорошо сбалансирована, то нет необходимости закладывать избыточность. Сбалансированный проект снижает как инвестиционные, так и эксплуатационные затраты.

Очевидно, что перерасход в некоторых частях установки приводит к недорасходу в других ее частях. Такие второстепенные контуры при необходимости не способны обеспечить их полную энергоотдачу. С другой стороны, появится еще одна проблема. При полной нагрузке температура подаваемой воды будет ниже, чем ожидается, в системе нагрева и выше в системе охлаждения из-за несогласованности между поставляемым и распределяемым расходами воды.

Пример системы отопления

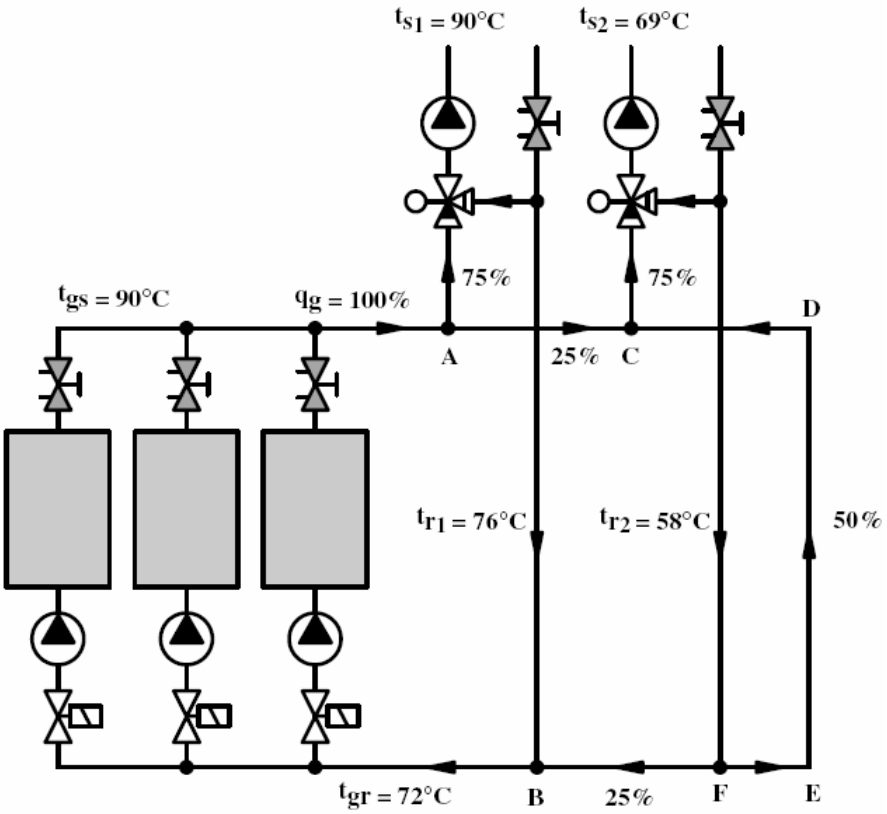


Рисунок F12. Два контура находятся в режиме перерасхода.

На рисунке F12 показана нагревательная установка с тремя котлами, работающими последовательно. Система распределения должна иметь низкое сопротивление с целью недопущения гидравлических помех между котлами и между контурами. По этой причине любое гидравлическое сопротивление компенсируется по обходному контуру (байпасу) "DE". Обратный клапан между D и E, например, будет включать вторичные насосы в последовательность (серию) с первичными насосами, сильно мешая функционированию трехходовых смесительных клапанов.

Если два контура идентичны, то каждый должен забирать по 50% от общего расхода q. Допустим, что вместо этого каждый забирает по 75%. В точке "A" первый контур забирает 75% от общего расхода, что оставляет для второго контура 25%. Второй контур тоже забирает 75% от расхода, но принимает только 25% от подаваемого первичного расхода. Поэтому он будет брать 50% из своей собственной обратной линии. В точке "C" 25% горячей воды будет смешиваться с 50% возвратной воды от второго контура. Для этого контура максимальная температура подаваемой воды равна всего 69°C. В расчетных условиях, например при температуре воздуха -10°C, при полном расходе через первый контур, температура в помещениях второго контура не будет превышать 14°C. Когда температура в помещениях первого контура достигает заданной, трехходовой клапан начинает закрываться.

Температура подачи второго контура увеличивается до 80°C, при этом подаваемая энергия будет на 10% ниже проектной. Температура воздуха в помещениях не будет превышать 17°C. Попытка увеличить напор насоса, чтобы "решить эту проблему" только ухудшит ситуацию.

Процедура запуска системы при этом происходит гораздо дольше, чем ожидалось, и установленная мощность полностью не может передаваться. Во избежание такой ситуации суммарный максимальный расход, поглощаемый контуром, должен быть равен или ниже, чем максимальный расход, выдаваемый производящими (генерирующими) блоками.

Мы можем посчитать, что полезно уменьшать напор вторичного насоса, то есть, так или иначе ограничивать расход. Однако попытки избежать перерасходов таким путем просто приведут к еще более существенному недорасходу второстепенных устройств. Следовательно, все еще остается необходимость балансировать нагрузки между собой. Если перерасход в контуре происходит из-за разбалансировки, то можно смело считать, что некоторые контура получают только 50% от своих проектных расходов. Для таких контуров ситуация наихудшая. Температура подачи на 10°C проектной и расход уменьшен.

Балансировка позволяет передавать заданную максимальную мощность, таким образом, оправдывая сделанные инвестиции. Затраты на балансировку обычно составляют менее одного процента от общих затрат на климатическую установку.

Пример системы охлаждения

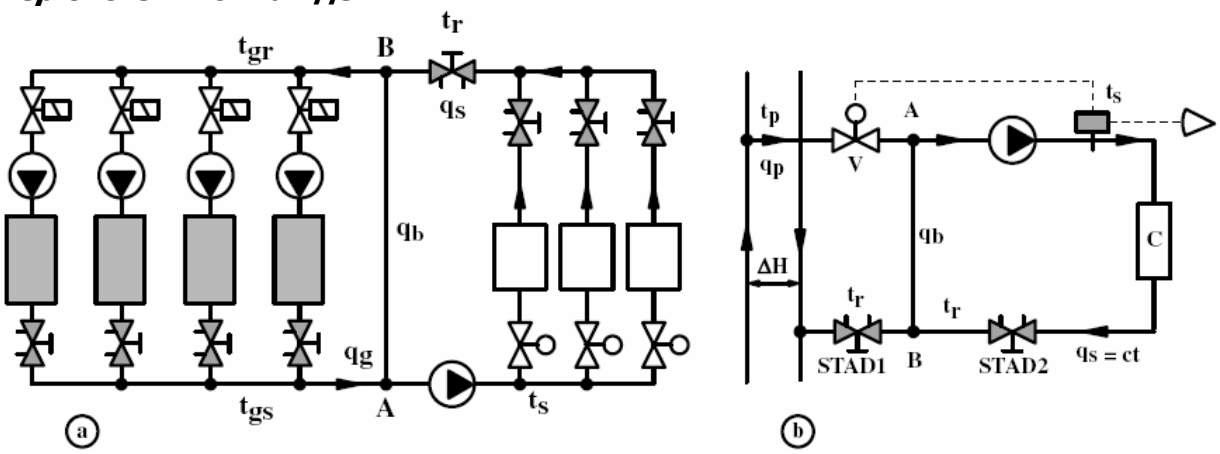


Рисунок F13. Примеры систем охлаждения.

На рисунке F13a представлена установка с охлаждением воды с четырьмя охладителями. Если контур распределения не сбалансирован, максимальный расход q_s может быть больше, чем производимый расход q_g. В этом случае расход q_b в обходном тракте возвращается от B к A, создавая в A точку смешивания. Температура поставляемой воды t_s, следовательно, выше, чем расчетная и установленная максимальная мощность не может передаваться.

На рисунке F13b представлена нагрузка, работающая с постоянным расходом с двухходовым клапаном на подаче. Если расход на нагрузке слишком велик, то расход q_b всегда проходит в направлении от B к A. Температура подаваемой воды t_s всегда выше, чем расчетная и в нагрузке никогда не будет достигнута максимальная проектная мощность.

Для обоих примеров, перерасход в 50% в первичном контуре либо на нагрузке будет увеличивать температуру подаваемой воды с 6°C до 8°C.

Приложение G

Обнаружение проблем и анализ системы

Гидравлическая балансировка устраняет перерасход в некоторых контурах, который вызывает недорасход в других, определяет возможные завышения параметров насоса и устанавливает, обеспечивает ли система функции и эксплуатационные качества, заложенные проектировщиком.

G.1 Общие проблемы

Признаки, показывающие, что условие не было выполнено	Обычно неправильно проводимое вмешательство	Реальная причина проблемы	Правильное решение	Удобства решения
Излишнее тепло в некоторых частях здания и излишний холод в других частях	Повышение напора насоса (первичного или вторичного)	Перерасход в некоторых частях системы вызывает недорасход в других частях Не налаженные регуляторы перепада давления	Балансировка распределительной сети балансировочными клапанами STAD/STAF	• Можно обеспечить требуемую мощность • Правильная температура в помещениях при оптимальных энергозатратах • Быстрый запуск системы после ночного снижения температуры • Балансировка вскроет гидравлические проблемы, которые можно решить на начальном этапе • Расход измерен, установлен и документирован • Возможность уменьшить мощность насоса до минимума • Наиболее быстрый запуск системы после ночного снижения температуры • Балансировка вскроет гидравлические проблемы, которые можно решить на начальном этапе
Долгий запуск системы после ночного снижения температуры или долгого перерыва	Повышение температуры подачи (отопление) Снижение температуры подачи (охлаждение) Уменьшение ночного снижения температуры Установка дополнительных котлов и холодильных установок	Перерасход в некоторых частях системы вызывает недорасход в других частях Распределенный расход выше произведенного (несогласование между расходами)	Балансировка распределительной сети балансировочными клапанами STAD/STAF Убедиться, что произведенный и распределенный расходы совмещены соответствующей балансировкой	
Большое потребление электроэнергии на привод насосов		Применение увеличенных размеров насоса и невозможность его обнаружения	Балансировка распределительной сети балансировочными клапанами STAD/STAF и обнаружение насоса с увеличенными размерами Замена насоса или наладка мощности насоса Установка вторичных насосов для покрытия особенных перерасходов	
Температура в помещениях колеблется Шумы в регулирующих клапанах	Вмешательство в контроллер, хотя речь идет о гидравлической проблеме Замена пульсирующих регуляторов регуляторами меньших размеров	Система несбалансированна Коэффициент управления регулирующего клапана слишком низок Неправильные регулирующие параметры Применение завышенных размеров регулирующего клапана	Балансировка распределительной сети балансировочными клапанами STAD/STAF с регуляторами перепада давления STAP.	

G.2 Быстрое обнаружение проблем

Балансировочный инструмент CBI помогает Вам обнаруживать гидравлические проблемы в системе. Он измеряет и регистрирует перепады давлений, расходы и температуры при помощи балансировочных клапанов.

Вот список некоторых распространенных ошибок, которые помогает обнаруживать CBI:

- Неправильные расходы на трубах и терминалах
- Слишком высокая или слишком низкая температура подачи
- Произведенный и распределенный расходы несовместимы
- Взаимодействия между производителями тепла или холода
- Ненормальное падение давления на элементах системы с возможностью обнаружения заблокированных терминалов и засоренных фильтров
- Запорная арматура, которая должна быть открыта, но на самом деле закрыта
- Неверно подключенные обратные клапаны
- «Вмятые» трубы
- Слишком большой или слишком маленький перепад давления на контуре
- Параметры главного насоса завышены или занижены
- Неправильное направление вращения насоса с трехфазным мотором
- Неустойчивые обороты насоса
- Взаимодействия между контурами и обратными потоками в трубах
- Нестабильное управление на терминалах
- Завышенные размеры управляющих клапанов и возможность расчета их коэффициента управления
- ……

Одна из преимуществ ручной балансировки системы заключается в том, что вы можете обнаружить такие проблемы в процессе балансировки. Намного экономичнее исправить ошибки на данном этапе, чем после того как вся система «спрятана» и жильцы поселились в здании.

G.3 Точный анализ системы

Для того чтобы иметь возможность обнаруживать особенно сложные рабочие проблемы, необходимо произвести точный анализ системы. На основе такого анализа лежат знания о том, как меняются перепад давления, расход и температура во времени в стратегических точках системы.

Балансировочный инструмент CBI может помочь в этом. Соедините инструмент к системе и оставьте его собирать информацию некоторое время. Потом, соединив его к компьютеру, Вы можете легко распечатать данные или преобразовать их в графики, чтобы в дальнейшем анализировать их в офисе.