

Теплопередача и гидравлическая балансировка в системах отопления

Профессор и доктор технических наук Райнер Хиршберг, дипломированный инженер Ханс-Юрген Хайгль*

Отсутствие гидравлической балансировки и недостаточные температуры на поверхности в связи с низкими температурами систем отопления постоянно становятся причинами дефектов распределения и передачи тепла при осуществлении отопления. Легко реализуемая на практике гидравлическая балансировка, а также увеличение доли излучения при работе плоских радиаторов отопления на неполную мощность могут исправить ситуацию и повысить эффективность передачи и распределения тепла. Поэтому в настоящем докладе будет представлен приближенный метод, при котором с помощью предварительно настроенных в заводских условиях термостатических клапанов может осуществляться гидравлическая регулировка систем отопления с размером отапливаемой площади 1000 м². Дополнительная экономия энергии, кроме того, достигается в результате конструктивного увеличения доли теплоты излучения плоских радиаторов отопления.

Основой всех методов оценки энергоэффективности систем отопления, как правило, является ориентированный на потребление подход, который в качестве существенного критерия учитывает создание термического комфорта помещений как отправную величину. Одним из этих критериев комфорта является «оперативная» или «воспринимаемая» температура помещения.

Она складывается из температуры излучения ограждающих поверхностей, в том числе поверхностей отопления, а также

температуры воздуха.

Улучшенная тепловая защита нынешних зданий приводит в совокупности к снижению отопительных нагрузок. Так как при расчете внутренние источники тепла во внимание не принимаются, в ходе эксплуатации это дополнительно приводит к тому, что используемые сегодня радиаторы отопления в основном работают на неполную

мощность – с соответственно более низкими температурами поверхностей и долями излучения. При этом критерии комфорта в соответствии с DIN EN ISO 7730** (Описание условий теплового комфорта) с трудом поддаются соблюдению. Конструктивное улучшение доли излучения поверхностей отопления и, следовательно, теплового комфорта при работе на

неполную мощность может быть конструктивно достигнуто за счет схемы последовательного включения панелей отопления.

Оптимизация теплопередачи за счет последовательной схемы

Поверхности отопления в настоящее время на протяжении более чем 90 % времени работы отопления функционируют на неполную мощность с малыми объемными потоками. В связи с сокращением расхода теплоносителя температура на поверхности радиаторов отопления даже при работе отопления в непрерывном режиме падает до значений ниже 40 °С, в результате чего доля излучения поверхности отопления оказывается очень низкой. Вследствие возникающего дефицита теплоты излучения у пользователя зачастую складывается впечатление, что отопление не работает. В этом случае тепловой комфорт является недостаточным.

Конструкция распространенных на рынке плоских радиаторов отопления в многослойном исполнении такова, что теплоноситель протекает через них параллельно. При этом объемный поток распределяется равномерно между передней и задней панелями.

Производитель «Керми» в случае с многослойными плоскими радиаторами отопления типа «Therm-X2» идет другим путем. На этих моделях передняя панель включается последовательно с расположенной позади нее панелью, и теплоноситель, таким образом, сначала протекает через переднюю панель. Эта мера улучшает динамические характеристики радиатора отопления, благодаря чему продолжительность фазы разогрева в среднем сокращается. Исследования и расчеты моделей показали, что по сравнению с плоскими радиаторами отопления с параллельным протеканием теплоносителя достигается сокращение фазы нагрева

*) Профессор и доктор технических наук Райнер Хиршберг, институт в Ахене; дипломированный инженер Ханс-Юрген Хайгль, продукт-менеджмент отопительной техники компании «Керми ГмБХ»

**) Стандарт DIN EN ISO 7730 имеет международное происхождение и описывает метод прогнозирования тепловых ощущений человека в условиях умеренного климата помещения. Стандарт устанавливает крайние условия климата помещений, которые должны приводить к достижению у пользователя ощущения теплового комфорта.

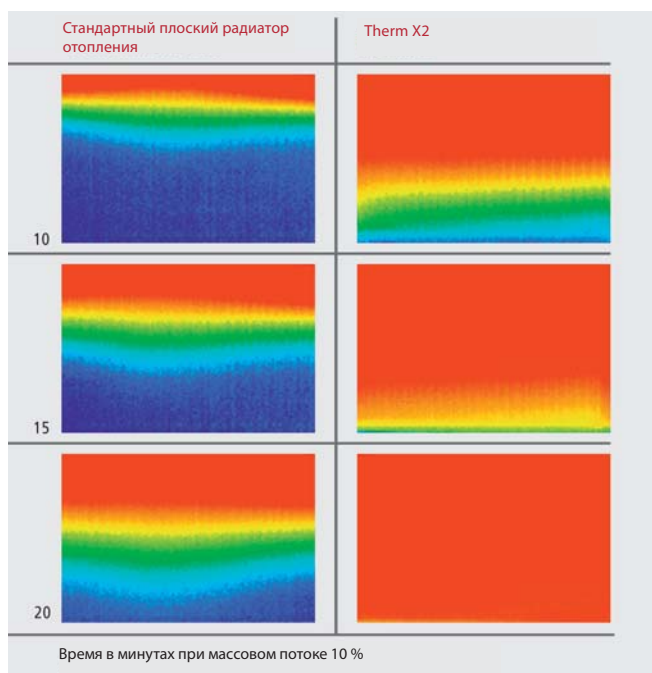


Рисунок 1: Фазы разогрева в сравнении: слева – характеристики стандартного плоского радиатора отопления, справа – значительно быстрее достигнутая, более равномерная картина варианта исполнения с последовательным протеканием теплоносителя.

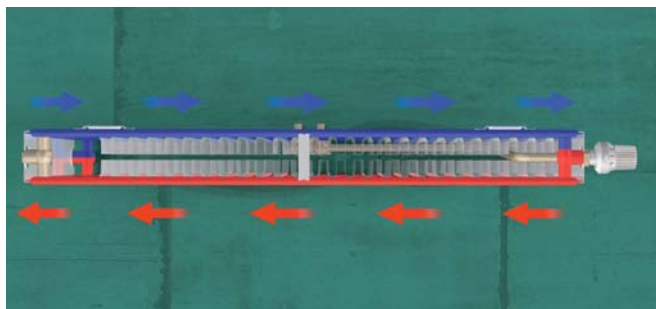


Рисунок 2: В нормальном режиме сначала нагревается вся передняя панель плоского радиатора отопления с последовательным протеканием теплоносителя. Задняя, холодная панель отопления на данном этапе обеспечивает дополнительное экранирование от наружной стены.

приблизительно на 25 % [1]. В результате установления более высокой температуры поверхности достигается значительно более высокая доля излучения при теплопередаче. В расчетном случае (работа на полную мощность) увеличение доли излучения передней панели составляет до 10 %, в то время как в режиме работы на неполную мощность рост составляет до 100 %. Одно-

временно с этим в результате установления более низкой температуры задних панелей достигается сокращение лучистого теплообмена приблизительно того же порядка, что и у традиционных экранов защиты от излучения перед остекленными площадями.

Как показали исследования с использованием статических и динамических моделей расчета, за счет этой

последовательной схемы можно добиться общего сокращения расхода энергии величиной от 6 до 10 % [1] [2].

Упрощенная гидравлическая балансировка

Вторая проблема заключается в передаче тепла помещению в зависимости от его потребности в таковом, что имеет предпосылкой предоставление необходимого объемного потока и необходимой температуры теплоносителя. Поэтому гидравлическая балансировка трубопроводной отопительной сети является обязательным условием надлежащего функционирования системы отопления. На практике же этот аспект по-прежнему весьма недостаточно принимается во внимание.

По этой причине несбалансированные трубопроводные отопительные сети представляют собой также и самую распространенную причину рекламационных заявлений. Во многих случаях на практике балансировка не предпринимается, поскольку для определения дифференцированных значений предварительной настройки термостатических клапанов требуется детальный расчет трубопроводной сети, а также осуществление согласованной с ним индивидуальной настройки на местах.

Эта ситуация может быть исправлена с помощью предварительно настроенных в заводских условиях термостатических клапанов. При этом настройка термостатических клапанов для гидравлической балансировки в основном зависит от топографической конструкции трубопроводной сети. Трубопроводные сети с большой горизонтальной протяженностью имеют гораздо большее влияние на необходимое значение k_v на термостатическом клапане и обеспечиваемую степень воздействующей способности клапана по сравнению с трубопроводными сетями со звездообразным распре-

лением.

В трубопроводных сетях с большой горизонтальной протяженностью доля переменного перепада давления меняется в результате сопротивления в трубах и фитингах. Поэтому такие сети представляют собой самый неблагоприятный для рассмотрения вариант. Если же ограничить отапливаемую полезную площадь до разумного значения около 1000 м², то длина труб и, следовательно, их доля в переменном перепадае давления варьируется незначительно.

В одном из исследований [3] были варьированы ключевые параметры влияния для отапливаемых площадей от 100 до 1000 м² и рассчитаны необходимые значения k_v для радиаторов отопления, находящихся как вблизи насоса, так и вдали от него. Кроме того, в эти расчеты были включены различные конструкции генераторов тепла с их соответствующими значениями гидравлического сопротивления, а также различные расчетные температуры.

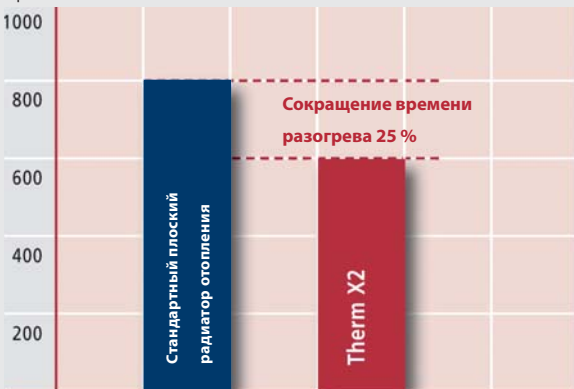
В результате удалось указать широкий диапазон размеров радиаторов отопления в сопряжении с предварительно настроенными термостатическими клапанами, настройка которых имеет допустимое отклонение от рассчитанных дифференцированным путем значений настройки.

С учетом дросселируемых перепадов давления на расположенных вблизи насоса и вдали от него радиаторах отопления могут быть указаны необходимые диапазоны значений k_v для предварительно настраиваемых термостатических клапанов. На рис. 5 представлен примерный график диапазона отапливаемой площади до 1000 м². Здесь же были дополнительно варьированы значения мощности радиаторов отопления, а также расчетные температуры. Видно, что необходимые значения k_v по всей рассматриваемой площади

Динамические характеристики

Пример: Тип 22, конструктивная высота 600, конструктивная длина 1000
 От состояния покоя до необходимой тепловой производительности при массовом потоке 100 %.

Время в сек.



Стандартный плоский радиатор отопления

Клапан открыт полностью 800 с
 Производительность = 1158 Вт (70 °C / 55 °C)

T_o после 200 с = 43,5 °C
 T_r после 800 с = 42 °C

T_o = средняя температура поверхности
 T_r = температура обратного потока

* Источник: Исследовательский доклад профессора и доктора технических наук Райнера Хиршберга «Динамические характеристики и энергозатраты плоского радиатора отопления с последовательной схемой включения панелей».

Плоский радиатор отопления

Керми Therm X2

Клапан открыт полностью 600 с

Производительность = 1158 Вт (70 °C / 55 °C)

T_o после 200 с = 50 °C
 T_r после 600 с = 36 °C

Благодаря принципу двусторонней конструкции (X2) сокращение времени выхода радиатора отопления Therm X2 на уровень его необходимой производительности составляет до 25 %

Рисунок 3: В одинаковых краевых условиях при использовании панелей отопления с последовательным протеканием теплоносителя достигается сокращение времени разогрева величиной до 25 %.

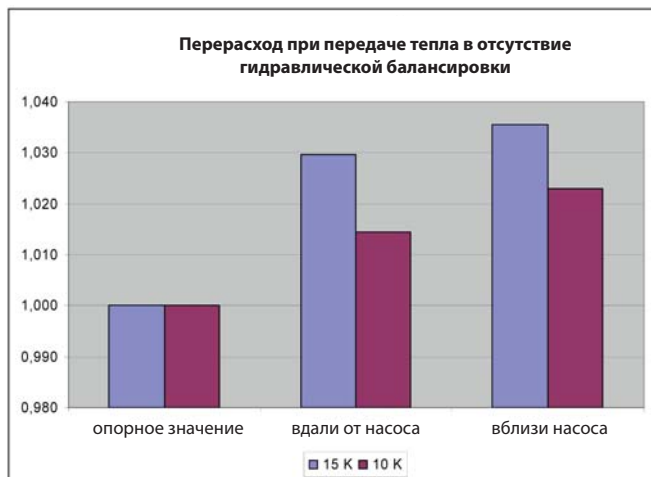


Рисунок 4: Энергетическая оценка теплопередачи в отсутствие гидравлической балансировки свидетельствует в зависимости от конкретных условий эксплуатации о перерасходе тепла величины 2,5 - 3,5 %.

серьезно друг от друга не отличаются, так что проводимая в заводских условиях предварительная настройка позволяет осуществить гидравлическую балансировку с достаточной точностью.

Числовое моделирование для оценки гидравлической балансировки

Для получения возможности оценить влияние отсутствия гидравлической балансировки и влияние качества регулирования используемых предварительно настроенных клапанов проведено

множество расчетов динамических моделей. При этом было осуществлено воспроизведение помещения с его свойствами и сопряжение круга воздействий термостатического клапана с датчиком, предварительной настройки клапанов и переменной доли трубопроводной сети в качестве модели систем здания.

В результате оказалось, что трубопроводная сеть, сбалансированная посредством предварительно настроенных в заводских условиях термостатических клапанов,

по теплопередаче имеет в среднем дополнительные термические затраты величиной около 0,5 % по сравнению с системой, имеющей идеальную гидравлическую балансировку. При ограничении предварительной настройки под размер трубопроводных сетей для отопления приблизительно 1000 м² проведенная в заводских условиях предварительная настройка клапанов может рассматриваться непосредственно как гидравлическая балансировка. С предварительной настройкой клапанов в заводских условиях в результате сопряжения с последовательно включенными подразделениями распределения и генерирования достигается экономия тепловой энергии величиной от 5 до 6 % по сравнению с несбалансированными трубопроводными сетями.

Возможность экономии 20 % электроэнергии

В трубопроводной сети, не имеющей гидравлической балансировки, в режиме работы на неполную мощность на радиаторах отопления, расположенных как вдали от насоса, так и вблизи него, происходит значительное увеличение массовых пото-

ков, которое в дальнейшем ведет к повышенному падению давления. Более высокий расход теплоносителя приводит к тому, что качество регулирования страдает из-за инертности датчика. При этом уже не может быть достигнуто теоретическое сокращение времени включения и отключения, и в результате этого в отопительном контуре наблюдается увеличение массового потока.

С учетом всех исследуемых параметров выявляется среднее увеличение массового потока приблизительно на 8 % по сравнению с номинальным значением, что в результате одновременного квадратичного роста перепада давления приводит к увеличению затрат электричества на циркуляцию величиной около 25 %.

По сравнению с трубопроводными сетями, идеально отрегулированными в гидравлическом отношении, проведенные расчеты параметров, при условии использования предварительно настроенных в заводских условиях термостатических клапанов, свидетельствуют о среднем увеличении массового потока всего на 1,5 %, что соответственно приводит к дополнительным затратам электричества на циркуляцию величиной 4,5 %. Таким образом, по сравнению с трубопроводными сетями, не имеющими гидравлической балансировки, возможно сокращение затрат электричества приблизительно на 20 %.

Заключение

Плоские радиаторы отопления с последовательным протеканием теплоносителя в режиме работы на неполную мощность позволяют значительно улучшить комфорт для пользователя благодаря тому, что учитываются также и его субъективные ощущения. По сравнению с традиционными плоскими радиаторами отопления время разогрева сокращается приблизительно на 25 %. При этом энергоза-

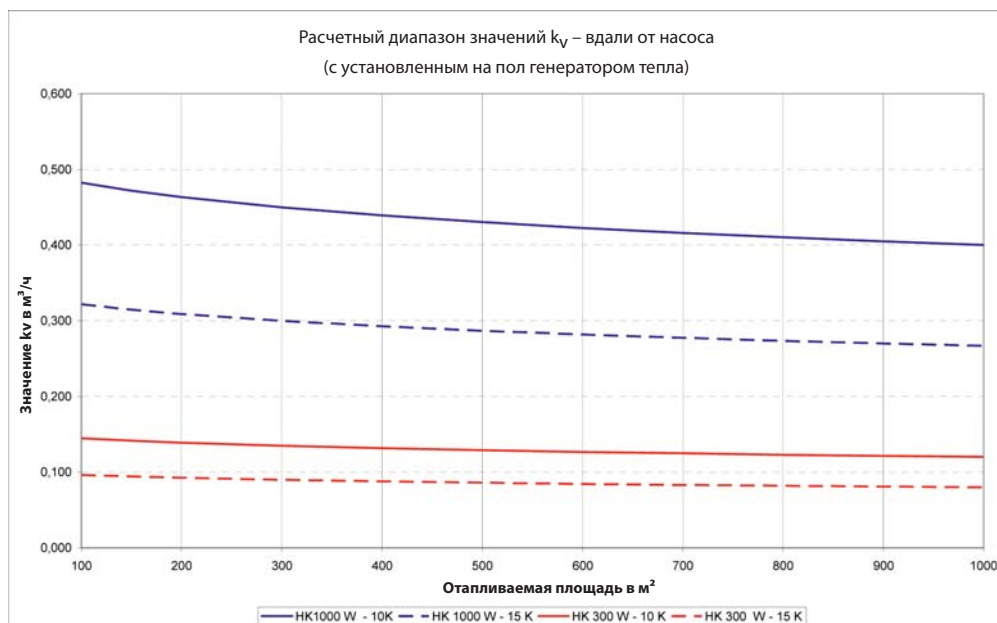


Рисунок 5: Для рассматриваемого диапазона отапливаемой площади до 1000 м² на основании результатов расчета модели никаких существенных изменений значений k_v не обнаруживается. Таким образом, упрощенная балансировка возможна с помощью предварительно настроенных в заводских условиях термостатических клапанов.

траты с учетом таких компонентов системы, как распределение и генерирование, сокращаются приблизительно на 6 %.

Проводимая в заводских условиях предварительная настройка радиаторов отопления в соответствии с простыми расчетными критериями значительно облегчает гидравлическую балансировку трубопроводных отопительных сетей, если область их применения ограничивается полезной площадью не более 1000 м². В этом случае заводская настройка может рассматриваться непосредственно как гидравлическая балансировка, так как дополнительные затраты по сравнению с идеально сбалансированными трубопроводными сетями составляют около 0,5 %. Это отклонение сопоставимо с расчетной точностью дифференцированных методов расчета.

Достижимая экономия тепловой энергии по сравнению с несбалансированными трубопроводными сетями составляет приблизительно от 5 до 6 %, сокращение затрат электричества около 20 %, что в совокупности позволяет вскрывать значительные потенциалы экономии.

В результате энергетических преимуществ теплопередачи, при последовательном протекании теплоносителя через многослойные плоские радиаторы отопления, а также с предварительной настройкой в заводских условиях значений k_v на термостатических клапанах, может достигаться суммарная экономия энергии до 11 %.

Изображения: «Керми ГмБХ»,
Платтлинг

Литература:

[1] Профессор и доктор технических наук Райнер Хиришберг, исследовательский доклад «Динамические характеристики и энергозатраты плоского радиатора отопления с последовательной схемой включения панелей».

[2] Технический университет Дрездена, исследовательский доклад «Оценка радиаторов отопления «Therm X2» путем моделирования».

[3] Профессор и доктор технических наук Райнер Хиришберг, исследовательский доклад «Предварительная настройка клапанов – диапазоны настройки, гидравлическая балансировка и энергетическая оценка».

@ Информация в Интернете:
www.kermi.de