

ТЕРМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА УСТРОЙСТВ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С ГИГРОРЕГУЛЯЦИЕЙ

Л.Жардинье, М.Жардинье, Ж.Л.Савен и Ф.Сире
*Aereco S.A., 9 allé du Clos des Charmes, Collégien
F-77615 MARNE LA VALLE Cedex 3*

ВВЕДЕНИЕ

В данной статье описывается реальная работа устройств приточной вентиляции с гигрорегуляцией в зависимости от относительной влажности и температуры. Бытует мнение, что относительная влажность – это не самый лучший параметр для регулирования интенсивности вентиляции основных жилых помещений (гостиной и спальни), поскольку относительная влажность зависит от времени года (абсолютная внешняя влажность имеет дифференцированные значения летом и зимой, что должно приводить к тому, что устройства приточной вентиляции будут закрыты зимой и открыты летом). Конструирование устройств приточной вентиляции с гигрорегуляцией представляет гораздо большую сложность, чем конструирование вентиляционных решеток, поскольку устройство приточной вентиляции должно круглый год справляться с эффектом переменных значений внешней абсолютной влажности. Датчик реагирует на относительную влажность в ближайшем окружающем его пространстве. Местная относительная влажность зависит от абсолютной влажности и температуры вокруг датчика, что связано с внутренней и внешней температурой. Изобретательность конструкторов позволяет контролировать рабочую характеристику (степень открытия в зависимости от относительной влажности), и поддерживать надлежащую работу без необходимости ручной регулировки в течение года.

КЛЮЧЕВЫЕ ТЕРМИНЫ

Воздух, устройство приточной вентиляции, контроль/управляемость, энергетическая/тепловая эффективность, температура.

ТЕХНОЛОГИЯ УСТРОЙСТВ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С ГИГРОРЕГУЛЯЦИЕЙ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В конструкции устройств приточной вентиляции с гигрорегуляцией применяется передовая технология, основанная на результатах более чем 20-летних опытов и исследований. До настоящего времени удалось оборудовать более 1,5 миллионов домов и квартир эффективной вентиляционной системой, то есть такой, которая вентилирует то, что нужно, когда нужно и там, где нужно.

Даже без использования устройств приточной вентиляции, в соответствии с законами физики, количество поступающего внешнего воздуха равно количеству удаляемого воздуха, однако, непостоянный характер потоков воздуха не позволяет в этом случае рассматривать их в качестве надлежащего распределения внешнего воздуха.

Первоначально, для обеспечения уверенности в том, что внешний воздух поступает из жилых помещений во вспомогательные помещения, а также, что все помещения вентилируются надлежащим образом, было решено устанавливать устройства приточной вентиляции с постоянным потоком.

В такой конфигурации суммарный воздушный поток был разделен, но не было выполнено надлежащее распределение в пределах квартиры. Даже если мы рассмотрим возможность оснащения таких устройств приточной вентиляции подвижной заслонкой, регуляция воздушного потока остается задачей пользователей и контролируется ими.

Таким образом, появилась идея создания устройства приточной вентиляции, в котором механизм контроля соответствующего воздушного потока через отверстия был бы связан с относительной влажностью, которая обычно считается достоверным показателем загрязнения помещения.

ПРИНЦИП РАБОТЫ

Технология устройств с гигрорегуляцией основывается на использовании физических свойств материала, состоящих в способности к растяжению или сокращению в зависимости от уровня относительной влажности окружающей среды. Нейлоновая лента, которая применяется при изготовлении устройств приточной вентиляции с гигрорегуляцией или решеток, обладает свойством растягиваться на 2-5 мм/м при 10% увеличении относительной влажности.

Как показано на психрометрическом графике, относительная влажность связана с двумя параметрами: абсолютной влажностью и температурой. Влияние второго показателя чрезвычайно важно, с учетом, например, того факта, что при температуре около 20°C отклонение $\pm 1^\circ\text{C}$ порождает изменение уровня относительной влажности на уровне почти $\pm 3\%$.

Поскольку температура пространства, окружающего датчики решеток, очень близка к температуре в комнатах, построить кривую реакции для такого изделия не составляет сложности. Однако, особое внимание следует обратить на явление перераспределения температуры, особенно в помещениях, где имеется отопительная система.

Данный аспект применительно к устройствам приточной вентиляции представляется гораздо более сложным, с учётом того, что амплитуда относительной влажности в главных комнатах является скорее низкой. Например, считается, что рост относительной влажности в комнате, которую используют два человека, по сравнению с неиспользуемой комнатой составляет от 10 до 15 процентов. Следует отметить, что в случае неиспользуемой комнаты, колебания относительной влажности, вызванные разницей температур, за период полного календарного года могут превышать 30 процентов. Таким образом, мы либо исходим из постоянных внешних климатических условий - и тогда будет довольно легко построить кривую действия, которая точно отразит весь предел колебаний относительной влажности внутри помещений - или решаемся на использование параметров наружного климата. Этот аспект выявляет сложности, вытекающие из конструкции устройств приточной вентиляции с гигрорегуляцией, на которые должна влиять только влажность внутри помещения.

Найденное решение, позволяющее преодолеть эффекты значительных колебаний абсолютной наружной влажности на протяжении года, состояло в создании технологии, основанной на увеличении амплитуды внутренней относительной влажности между используемым и неиспользуемым помещением. Единственным способом, позволяющим это сделать, было местное понижение температуры вокруг датчиков в устройствах приточной вентиляции, используя с этой целью влияние внешней температуры.

Так появилась идея сконструировать такое устройство приточной вентиляции, которое смогло бы создать соответствующую температуру вокруг датчика, температуру среднюю между внутренней и внешней температурой, и при этом температуру настолько постоянную, на сколько это будет возможно, независимо от проходящей струи воздуха. Двадцать лет исследований и опытов позволили сконструировать сложную механическую систему, целью которой является создание условий для поддержания вышеуказанной средней температуры.

КОНСТРУКЦИЯ УСТРОЙСТВА ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Устройство приточной вентиляции с гигрорегуляцией состоит из передней части и основания, изготовленных из синтетического материала, заслонки, позволяющей дифференцировать степень его открытия, а также датчика влажности, состоящего из 8 нейлоновых лент, которые растягиваются пропорционально значению местной относительной влажности (около 2-5 мм/м на 10% увеличения относительной влажности).

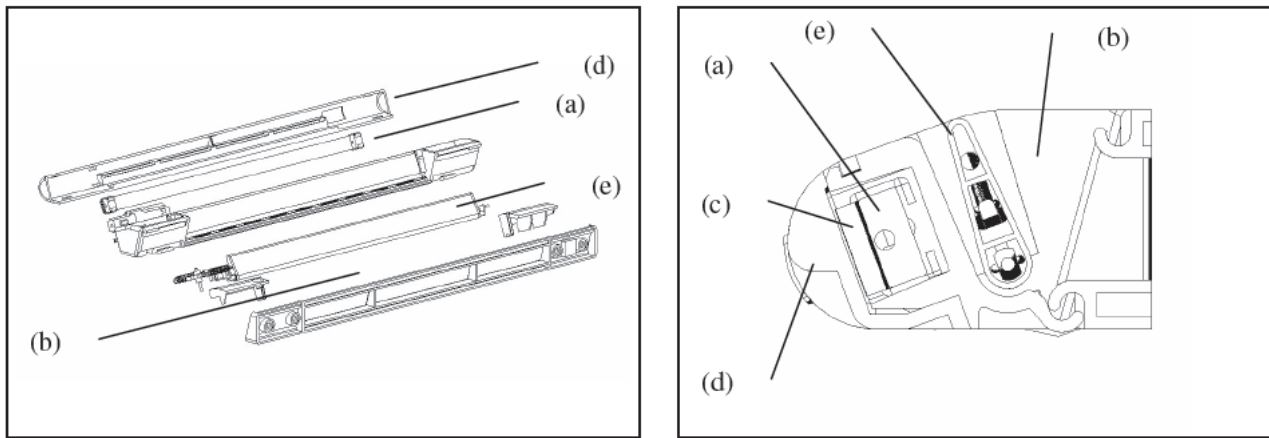


Рисунок 1: Детали устройства приточной вентиляции и его разрез

Пучок нейлоновых лент (а) растягивается пружиной. Его подвижная подпружиненная часть, медленно движется в результате изменения влажности и приводит в круговое движение плечо, которое перемещает заслонку (е), открывая или закрывая её в зависимости от колебаний относительной влажности. В устройстве приточной вентиляции имеется главный канал (b), по которому поступает воздух из внешней среды, а также меньший канал (с), расположенный между главным каналом и защитным кожухом (d) блока управления. Меньший канал (с) сообщается с объемом помещения. Таким образом, нейлоновая лента реагирует на изменения относительной влажности внутреннего воздуха.

ТЕРМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СВОЙСТВА

Устройства приточной вентиляции с гигрорегуляцией характеризуются номинальной рабочей характеристикой (степень открытия в зависимости от внутренней относительной влажности) при разнице давления составляющей 10 Па, а также одинаковой внутренней и внешней температуре.

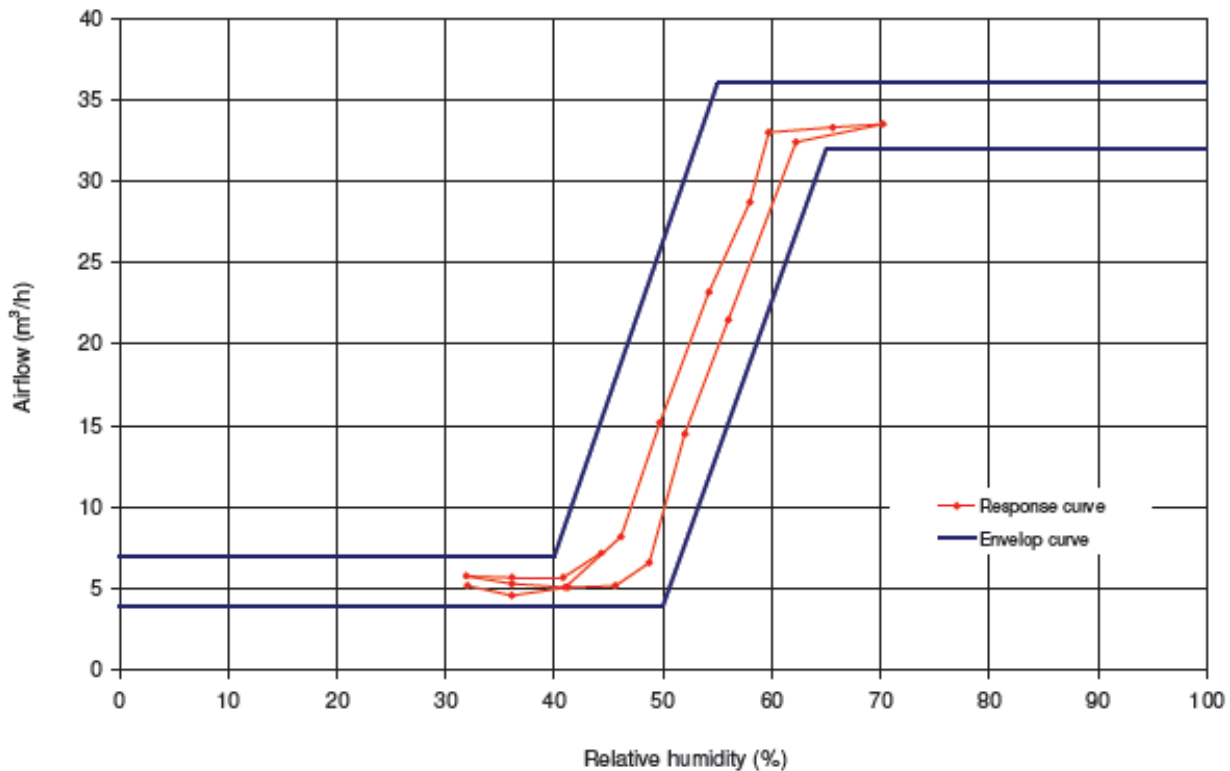


Рисунок 2: Воздушный поток в зависимости от относительной влажности при разности давления, составляющей 10 Па, а также одинаковой внутренней и внешней температуре.

Вышеприведенный график отображает кривую реакции, представляющую явление гистерезиса в цикле открытия/закрытия для стандартного устройства приточной вентиляции (от 4 до 32м³/час при значениях относительной влажности от 45 до 60% при перепаде давления 10 Па).

Температура такого датчика не равна температуре посредине комнаты. Воздух, проходящий через открывающийся канал, а также изолированность устройства приточной вентиляции создают вокруг датчика температуру, средние значения которой располагаются между внешней и внутренней температурой. Для такого же значения относительной влажности внутри, относительная влажность вокруг датчика будет иной. Равновесная температура датчика описывается следующей формулой:

$$T_{\text{датчика}} = T_{\text{внутр.}} - \alpha \cdot (T_{\text{внутр.}} - T_{\text{внешн.}})$$

где α означает поправочный коэффициент температуры, $\alpha \approx 0,25$

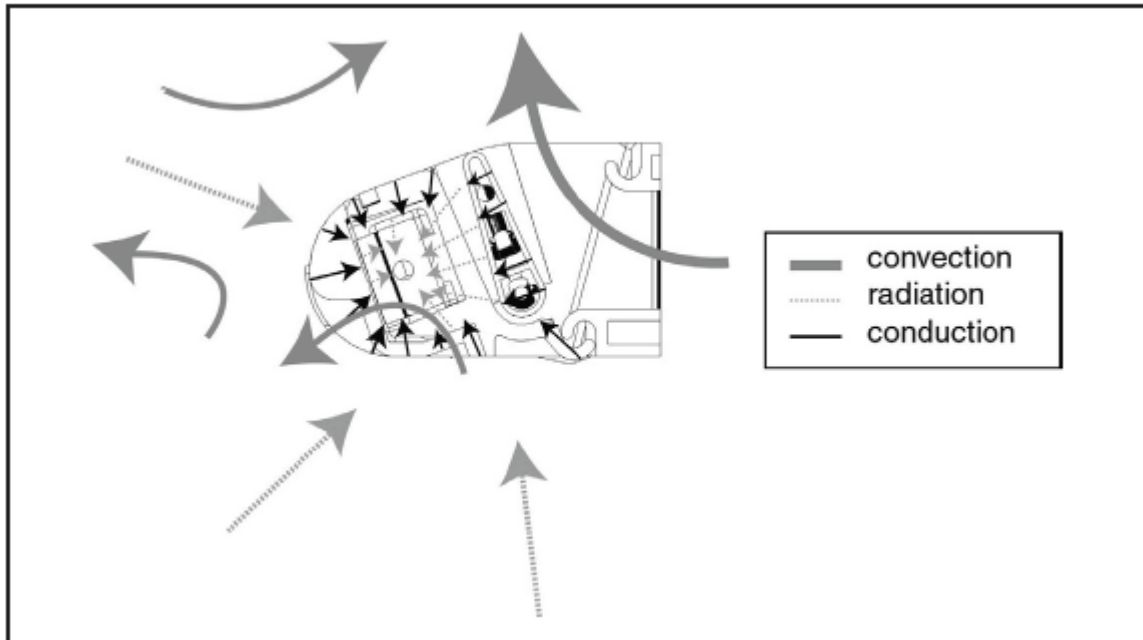


Рисунок 3: Тепло, поступающее к устройству приточной вентиляции с гигрорегуляцией

МЕТОД ОЦЕНКИ ПОПРАВОЧНОГО КОЭФФИЦИЕНТА ТЕМПЕРАТУРЫ α

Поправочный коэффициент температуры α рассчитывается исходя из средней кривой реакции степени открытия в зависимости от внутренней относительной влажности при дифференцированной внешней температуре. Кривая внешней температуры аналогичная кривой внутренней температуры принимается за кривую отнесения.

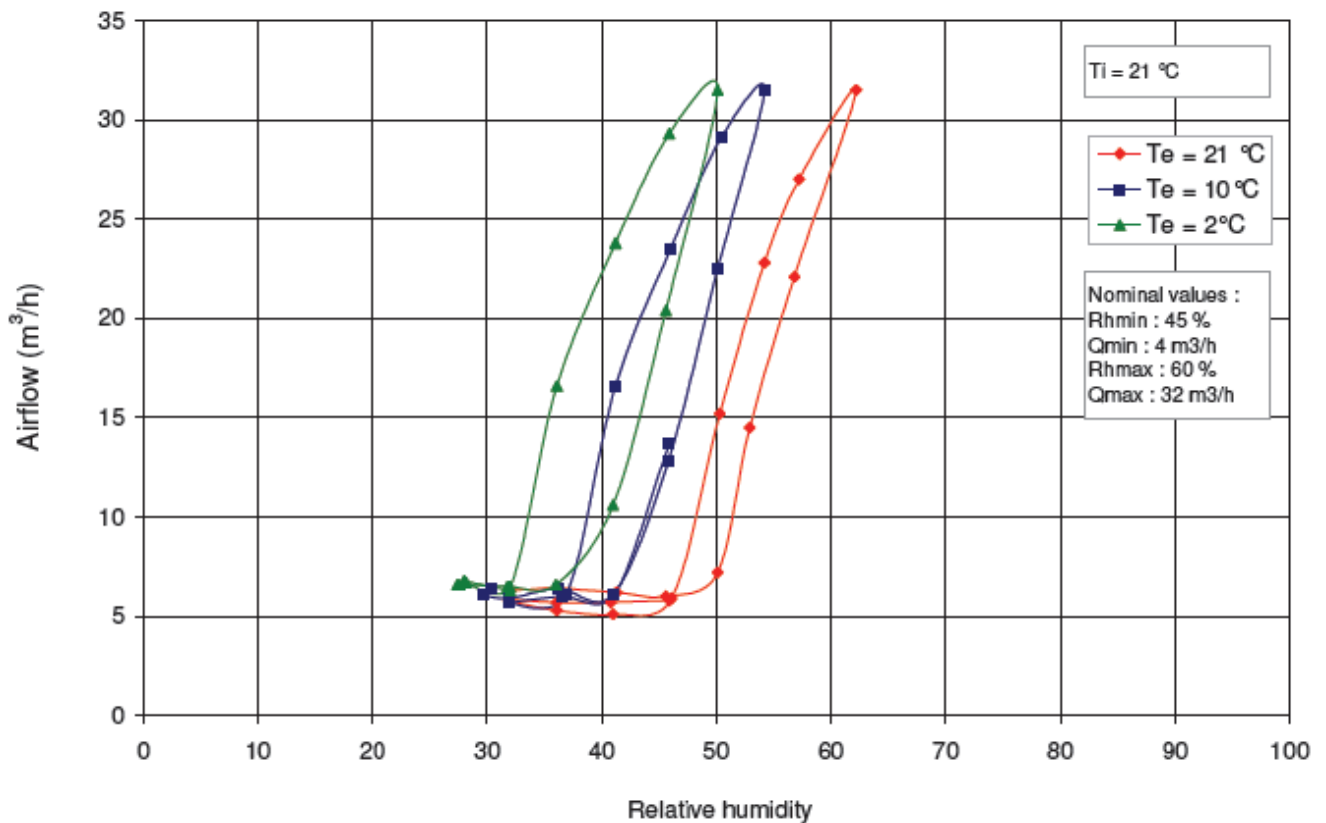


Рисунок 4: Кривая реакции (поток в зависимости от внутренней относительной влажности) для различной внешней температуры, и при разности давления, составляющей 10 Па.

Когда внешняя температура ниже внутренней температуры, каждому воздушному потоку соответствует равновесная относительная влажность, равная относительной влажности, отсчитанной на номинальной кривой для того же воздушного потока. На основании этого равновесного значения относительной влажности, а также на основании концентрации водяного пара внутри отсчитываем равновесную температуру вокруг датчика влажности. В итоге, при постоянной температуре внутри помещения, мы можем определить зависимость между внешней температурой и равновесной температурой вокруг датчика влажности, применяя поправочный температурный коэффициент α .

Предыдущий график (Рисунок 4) показывает следующий диапазон относительной влажности в цикле открытия/закрытия при различных значениях внешней температуры:

- от 31 до 50% при внешней температуре около 2°C
- от 37 до 53% при внешней температуре около 10°C
- от 46 до 62% при внешней температуре близкой к внутренней температуре

Влияние поправочного температурного коэффициента на тепловую характеристику устройств приточной вентиляции

Чем больше разность между внешней и внутренней температурой в период отопительного сезона, тем больше понижение относительной влажности, вызванное вентиляцией. Это значит, что датчик должен охлаждаться внешним воздухом, чтобы получить такую относительную влажность вокруг датчика, которая бы позволила открыть заслонки (заслонку). Коэффициент α со значением 0,25, означающий равновесную температуру вокруг датчика (Формула 1) считается оптимальным для получения такой местной относительной влажности, которая бы позволяла открыть заслонку, независимо от уровня внешней температуры. Нижеприведённый пример иллюстрирует представленный выше принцип.

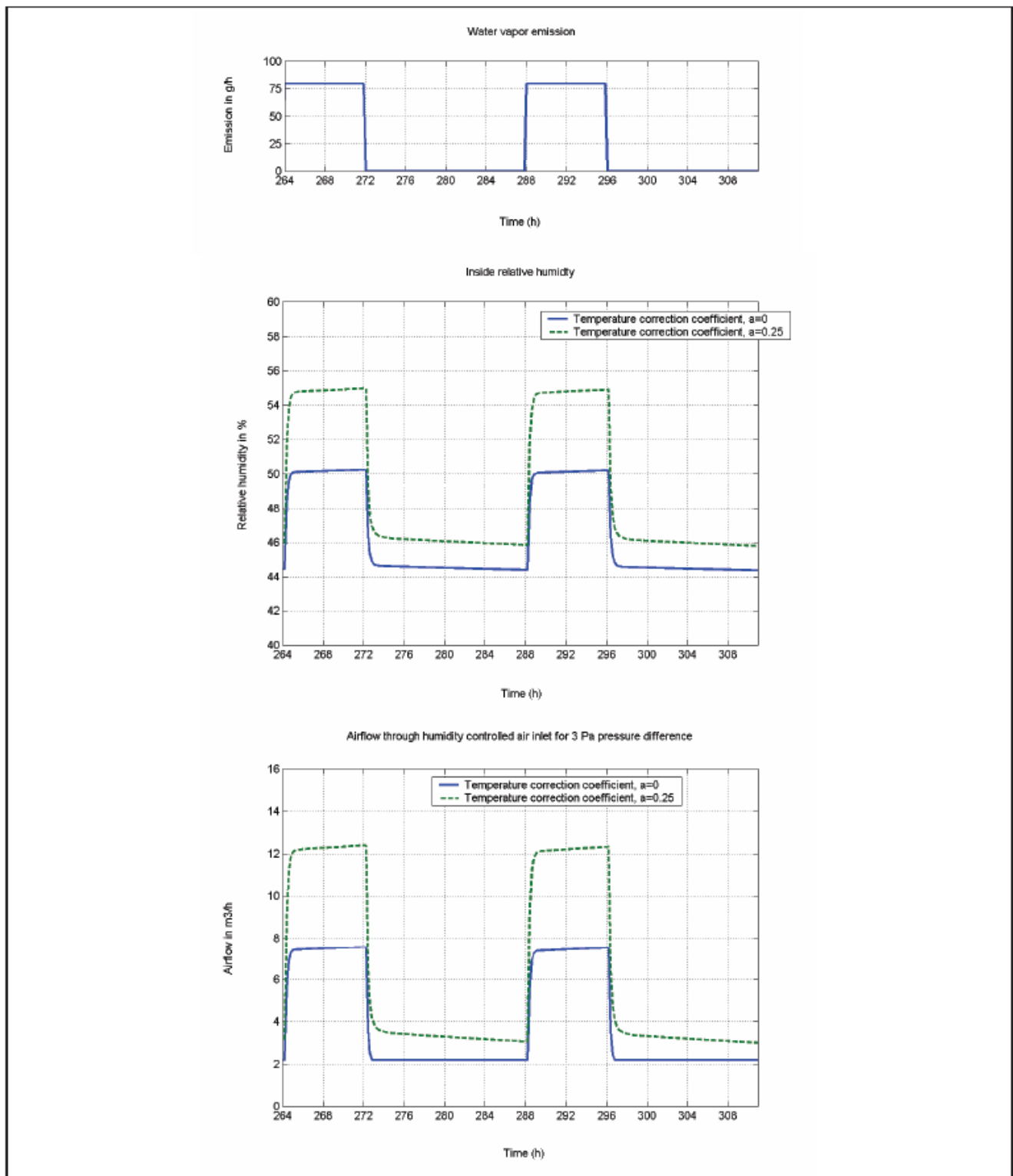


Рисунок 5: Влияние поправочного температурного коэффициента на воздушный поток при внешней температуре - 5°C

Принимая, что условия были созданы искусственно, вышеприведённый график показывает, что, при внешней температуре близкой к - 5°C, относительная влажность вокруг датчика в случае применения поправочного температурного коэффициента со значением 0,25 всё ещё находится на уровне, позволяющем открыть заслонку (между 45,8% и 55%). Наоборот, в случае применения нулевого коэффициента изменения температуры, значение равновесной относительной влажности составляет от 44,5% до 50,2%. Это означает, что разность относительной влажности вытекает из применения корректирующего температурного коэффициента α . Таким образом, коэффициент изменения температуры позволяет устройствам приточной вентиляции с гигрорегуляцией работать

практически в любых климатических условиях, независимо от величины внешней температуры. Даже при низкой относительной влажности посередине комнаты, влажность вокруг датчика всегда будет находиться в диапазоне, который позволяет открывать устройства приточной вентиляции и тем самым обеспечивать движение воздуха в соответствии с потребностями.

Следующие два графика показывают, каким образом поддерживается работа устройств приточной вентиляции независимо от уровня внешней температуры.

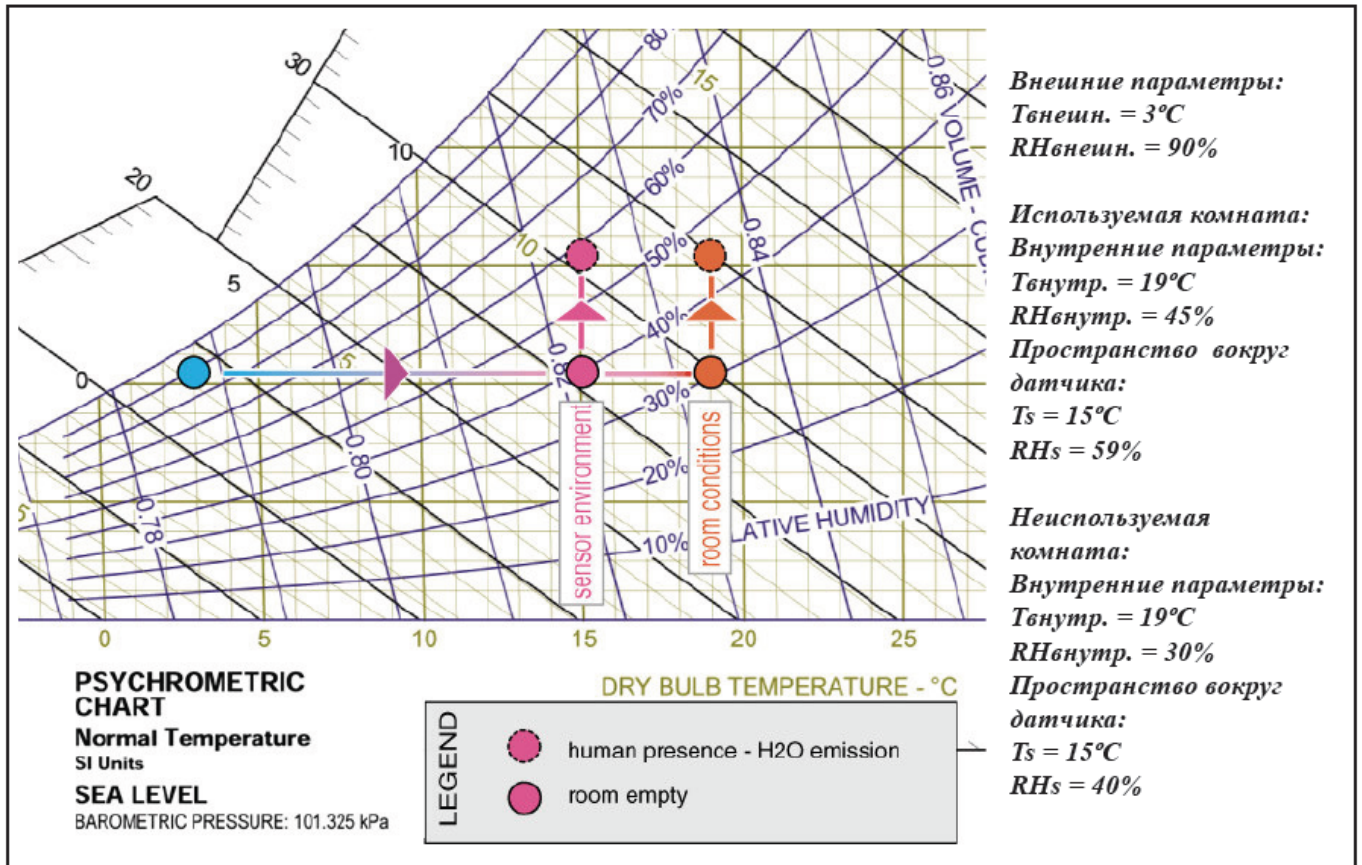


Рисунок 6: Диапазон относительной влажности вокруг датчика и посередине комнаты в холодные периоды

При внешней температуре 3°C относительная влажность вокруг датчика имеет значения от 40% до 59% несмотря на то, что относительная влажность посередине комнаты колеблется между 30% и 45%.

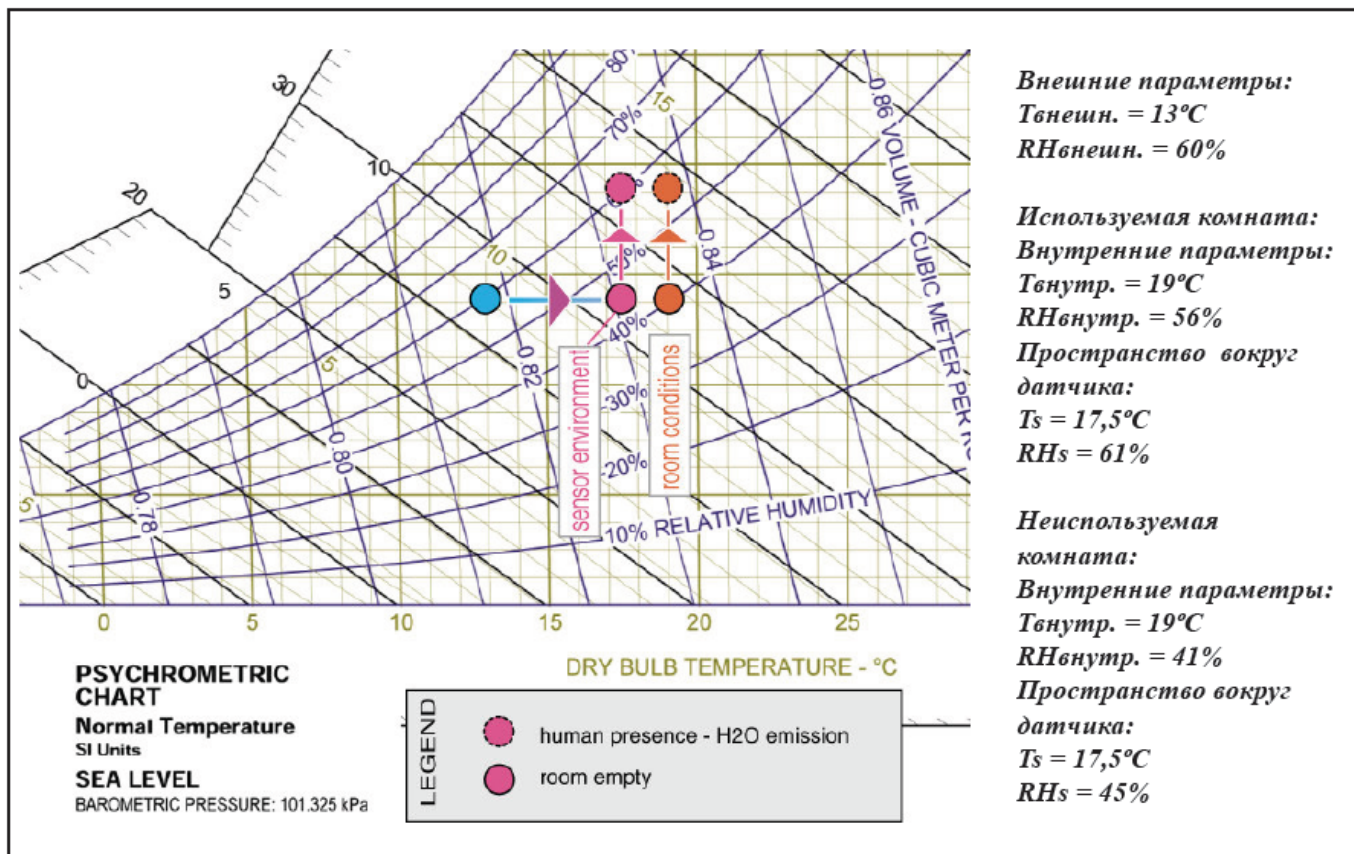


Рисунок 7: Диапазон относительной влажности вокруг датчика и посередине комнаты в период межсезонья

В период межсезонья мы наблюдаем аналогичную зависимость – относительная влажность вокруг датчиков поддерживается на уровне между 45% и 61%, в то время как относительная внутренняя влажность поддерживается на уровне от 41% до 56%. Таким образом, мы можем заметить, что равновесная влажность всегда удерживается на уровне, позволяющем открывать устройство приточной вентиляции независимо от внешних условий.

СРАВНЕНИЕ УСТРОЙСТВ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С ГИГРОРЕГУЛЯЦИЕЙ И УСТРОЙСТВ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С ПОСТОЯННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

Чтобы наглядно показать эффективность устройств приточной вентиляции с гигрорегуляцией, сравним их работу с работой устройств приточной вентиляции с постоянной пропускной способностью на простом примере. На Рисунке 8 показано расположение помещений в условной квартире.

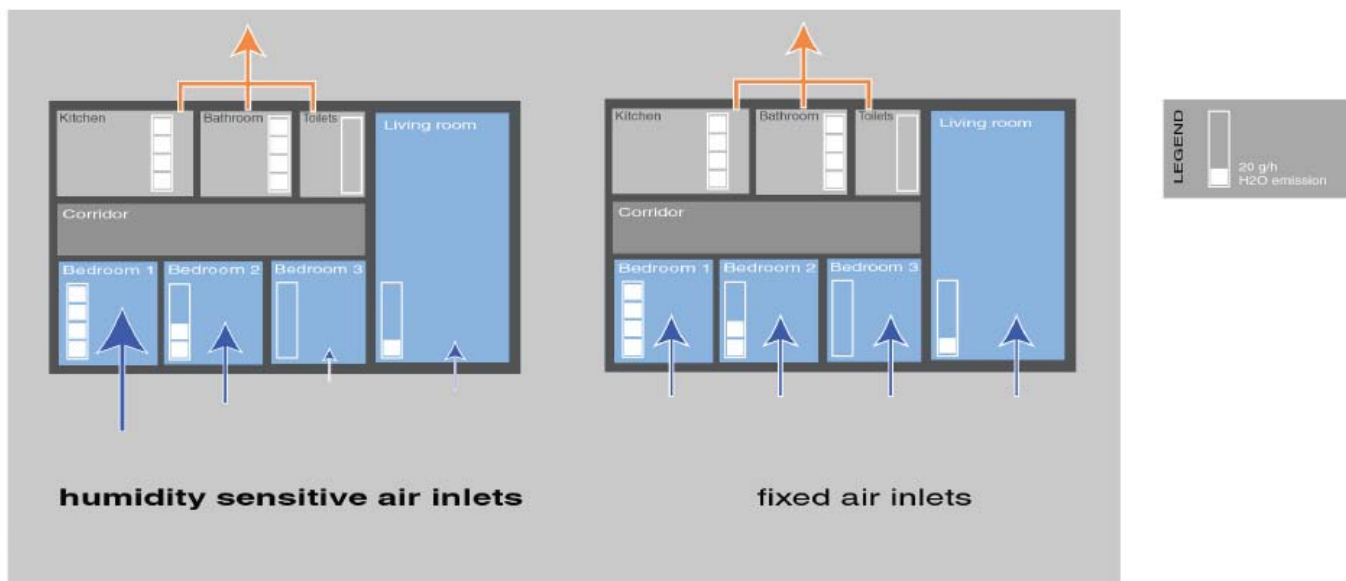


Рисунок 8: Сравнение квартир оснащенных устройствами приточной вентиляции с гигрорегуляцией и устройствами приточной вентиляции с постоянной пропускной способностью

В нижеприведенной ТАБЛИЦЕ 1 представлены значения для устройств приточной вентиляции и окружающего пространства при постоянных условиях.

ТАБЛИЦА 1
СРАВНЕНИЕ ПОМЕЩЕНИЙ, ОСНАЩЕННЫХ УСТРОЙСТВАМИ ПРИТОЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ С ГИГРОРЕГУЛЯЦИЕЙ И С ПОСТОЯННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ

	Устройства приточной вентиляции с гигрорегуляцией	Устройство приточной вентиляции с постоянной пропускной способностью
	Эмиссия водяного пара (г /час)	
Спальня 1		80
Спальня 2		40
Спальня 3		0
Гостиная		20
Концентрация водяного пара (г /кг)		
Спальня 1	6,41	8,48
Спальня 2	5,96	6,19
Спальня 3	3,90	3,90
Гостиная	5,67	5,04
Воздушный поток (м ³ /час)		
Спальня 1	31,8	17,4
Спальня 2	19,3	17,4
Спальня 3	7,4	17,4
Гостиная	11,3	17,4

Примечание: Принимается, что нижеуказанные параметры постоянны и одинаковы для обоих помещений.
 Внутренние условия: температура: 19°C, n50 = 0 h-1, герметичность здания: n50 = 0 h-1
 Внешние условия: температура: 0°C, относительная влажность: 80%

АДАПТАЦИЯ К ПОТРЕБНОСТЯМ

Предыдущее моделирование показывает, что количество воздуха, поступающего через устройства приточной вентиляции с постоянной пропускной способностью совершенно не соответствует истинным потребностям. Количество воздуха, поступающего через каждое из этих устройств приточной вентиляции, равно суммарному количеству поступающего воздуха деленному на число устройств. В отличие от этого, воздух, поступающий через устройства приточной вентиляции с гигрорегуляцией, не делится искусственным образом, а подается в зависимости от вентиляционных потребностей данного помещения.

ГЕРМЕТИЧНОСТЬ КВАРТИР

Если мы рассмотрим вентиляцию, вызванную инфильтрацией воздуха, может оказаться интересным её влияние на работу устройств приточной вентиляции с гигрорегуляцией. С этой целью мы выполнили основное моделирование для трёх различных уровней герметичности ($n_{50} = 0,5 \text{ h}^{-1}$, $n_{50} = 2,0 \text{ h}^{-1}$, $n_{50} = 3,0 \text{ h}^{-1}$).

В нижеприведённой таблице приведены количественные показатели воздушных потоков для различной инфильтрации воздуха. Конечно, инфильтрация появляется независимо от работающей системы вентиляции. Разность давления, образующаяся между обеими сторонами каждого устройства приточной вентиляции, уменьшается; то есть, явление поступления воздуха в зависимости от уровня относительной влажности становится несколько менее выраженным. Однако следует помнить, что даже при низкой герметичности $n_{50} = 3,0 \text{ h}^{-1}$, воздушный поток обеспечивается всегда.

ТАБЛИЦА 2

Воздушный поток через устройства приточной вентиляции с гигрорегуляцией и с постоянной пропускной способностью при различных уровнях герметичности

	Пространственное распределение инфильтрационного воздуха	Эмиссия водяного пара (г /час)	Поступление воздуха					
			$n_{50} = 0,5 \text{ h}^{-1}$		$n_{50} = 2 \text{ h}^{-1}$		$n_{50} = 3 \text{ h}^{-1}$	
			Воздушный поток (м ³ /час)					
			Устройство приточной вентиляции с гигрорегуляцией	Устройство приточной вентиляции с постоянной производительностью	Устройство приточной вентиляции с гигрорегуляцией	Устройство приточной вентиляции с постоянной производительностью	Устройство приточной вентиляции с гигрорегуляцией	Устройство приточной вентиляции с постоянной производительностью
Равномерное распределение инфильтрационного воздуха								
Спальня 1 (15м2)	20%	80	27,2	16,9	23,0	16,0	21,1	15,7
Спальня 2 (15 м2)	20%	40	17,8	16,9	16,2	16,0	16,0	15,7
Спальня 3 (15м2)	20%	0	9,5	16,9	10,8	16,0	11,4	15,7
Другая комната	40%							
Неравномерное распределение инфильтрационного воздуха								
Спальня 1 (15м2)	10%	80	26,5	15,7	19,1	13,0	16,6	12,2
Спальня 2 (15 м2)	70%	40	25,8	22,8	34,7	30,6	37,3	33,3
Спальня 3 (15м2)	10%	0	6,9	15,7	6,5	13,0	6,6	12,2
Другая комната	10%							

Данное явление выражено гораздо хуже в случае устройств приточной вентиляции с постоянной пропускной способностью, если принять во внимание неравномерность распределения инфильтрационного воздуха. Отсутствие уравновешенности в распределении воздуха еще более заметно, когда инфильтрационный воздух распределяется неправильно.

Из вышесказанного очевидно, что надлежащая герметичность повышает эффективность вентиляции с гигрорегуляцией, как в отношении экономии энергии, так и качества воздуха.

ВЫВОДЫ

В данной статье устройства приточной вентиляции с гигрорегуляцией представлены как плод передовых технологий. Такой способ контроля за поступлением воздуха был разработан в целях обеспечения подачи внешнего воздуха только тогда, когда существует такая потребность, и именно туда, где это требуется. Поскольку требования к вентиляции помещений различны, а также принимая во внимание тот факт, что влажность является признанным показателем загрязнения, эффективность устройств приточной вентиляции с гигрорегуляцией как в отношении качества воздуха, так и экономии энергии, не требует дополнительных подтверждений. Кроме того, одной из важнейших характеристик устройств приточной вентиляции с гигрорегуляцией является то, что они могут работать практически в любых климатических условиях: что же касается распространённого мнения, которое часто ставится нам в упрёк и согласно которому устройства приточной вентиляции с гигрорегуляцией больше реагируют на значительные изменения во внешних климатических условиях и меньше - на небольшие изменения внутренней относительной влажности, в данной статье приводятся исчерпывающие доказательства, и данный аспект был окончательно разрешен путём использования как внешней, так и внутренней температуры. Таким образом, данная технология позволяет оборудовать квартиры в различных климатических зонах – от Италии до Скандинавии, а там, где это возможно по техническим соображениям – применять более сложные элементы, непосредственно использующие внешние климатические условия.