

НАТУРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ
“УМНОЙ” МЕХАНИЧЕСКОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ



Натурные исследования:

Два года исследований «умной» механической вентиляции на двух строительных объектах во Франции



Строительный объект в Париже

В то время как требования к вентиляционным системам были ужесточены посредством Директивы об энергоэффективности зданий и сооружений в странах ЕС, может возникнуть вопрос, соответствуют ли реальные характеристики установленных систем теоретическим расчетам. Качество строительства и технические характеристики установленного в зданиях оборудования включают в себя широкий спектр параметров, неверный расчет которых может привести к несоответствию реальных и ожидаемых результатов.

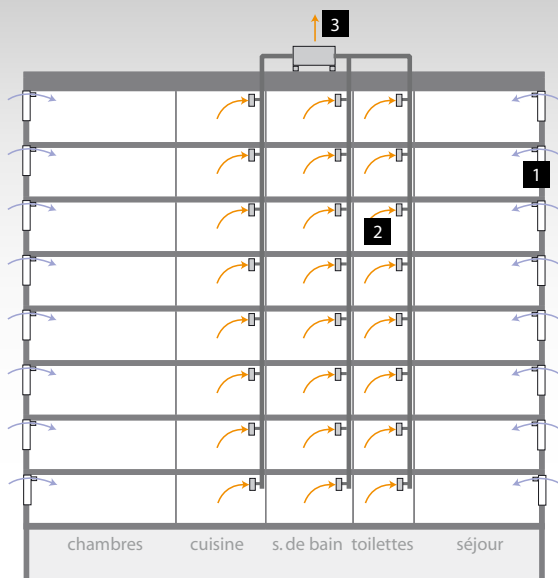
Натурные исследования, проведенные в двух новых зданиях, возведенных в 2007 году в Париже и недалеко от Лиона (Франция), дали возможность точно измерить в большом количестве квартир эффективность вентиляционной системы созданной по французскому стандарту (гигрорегулируемая механическая вытяжная вентиляция) в целом и «умной» вентиляционной системы Aegeso в частности. После оценки технических показателей вентиляционной системы, в течение двух лет с ноября 2007,

в 30 квартирах были проведены исследования параметров энергопотребления и качества воздуха в помещении.

Исследование позволило лучше понять параметры, которые могут повлиять на вентиляционные характеристики. Результаты показали эффективность гигрорегулируемой вентиляции в управлении качеством воздуха в помещении посредством измерения CO_2 и уровня относительной влажности. При эквивалентном воздушном потоке, сбережения энергии были оценены в 30% в перенаселенных домах, при этом экстраполяция на дома со средней заселенностью показала результаты в энергосбережении до 55%, что соответствует теоретическим расчетам Французского Строительного Исследовательского Института.

Данные исследования, являющиеся результатом совместной работы многочисленных партнеров, (строителей, владельцев зданий, технических центров и производителей), помогли расширить знания о вентиляции для подготовки к будущим инновациям.

Вентиляционная система и инструменты измерения



Система, установленная в этих зданиях, является типичной и стандартной вентиляционной системой в новостройках Франции (более 50% новых домов оборудованы такой системой). Свежий воздух поступает через гигрорегулируемые приточные устройства **1**, расположенные на рольставнях или в верхней части окон в спальнях и гостиных. Загрязненный воздух удаляется из подсобных помещений (кухня, туалет, ванная) через гигрорегулируемые и/или реагирующие на присутствие жильцов вытяжные устройства **2**. Возможно увеличение воздушного потока на кухне во время приготовления пищи. Все вытяжные устройства присоединены к центральному вентилятору **3**, расположенному на крыше.

Оба здания были оборудованы для измерения внешних условий (скорость и направление ветра, концентрация CO_2 , температура и влажность воздуха). Во всех комнатах домов, в которых проходили исследования¹, параметры микроклимата (CO_2 , температура, влажность) и вентиляционные параметры (давление, степень открытия заслонок, расход воздуха через приточные и вытяжные устройства), записывались каждую минуту в течение двух отопительных сезонов (2007-2008 и 2008-2009). Впервые концентрация CO_2 измерялась в жилых помещениях настолько широкомасштабно.

1. Расположенных на пяти верхних этажах зданий

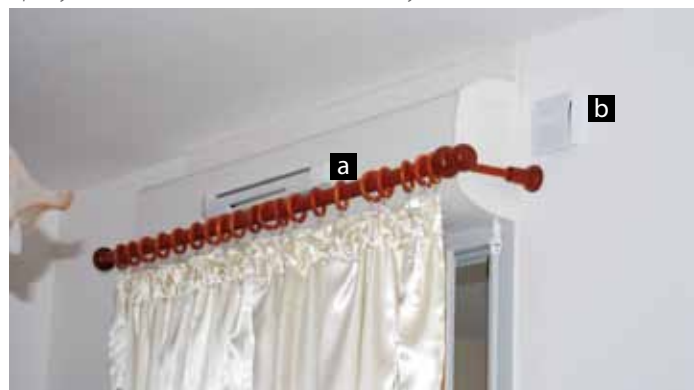
Специализированные измерительные приборы для широкомасштабного, точного и достоверного наблюдения

Для натуральных исследований было необходимо разработать специальные приборы, обеспечивающие очень точное измерение таких параметров, как давление и проходное сечение вытяжных и приточных устройств. Все датчики, разработанные Aereso, с помощью проводов, были подсоединены к центральной системе управления, находящейся в здании. Монтаж исследовательской аппаратуры проходил в тесном сотрудничестве со строителями с целью определения оптимального местонахождения датчиков и прокладки проводной сети. За исключением маленьких датчиков качества воздуха в помещении, система измерения была абсолютно невидима для жильцов.

Центральный вентилятор и метеостанция для измерений ветра и внешних условий (температура, влажность воздуха, концентрация CO_2) на крыше здания.



Гигрорегулируемое вытяжное устройство с датчиком присутствия (для совмещенных санузлов).



Гигрорегулируемое приточное устройство Aereso на рольставнях (a). Датчик влажности, температуры воздуха и концентрации CO_2 (b).



Центральная система управления для записи и хранения собранных данных. Передача организовывалась с помощью интернет-соединения.

Как управлять качеством воздуха в помещении с помощью «умной» механической вентиляции²

Концентрация CO₂

Как показано на гистограмме на рисунке 1, измерения концентрации CO₂ показывают, что качество воздуха в помещении одинаково хорошо обеспечивается в комнатах с малым количеством людей (один взрослый - голубая кривая) и в комнатах с большим количеством (четыре взрослых -

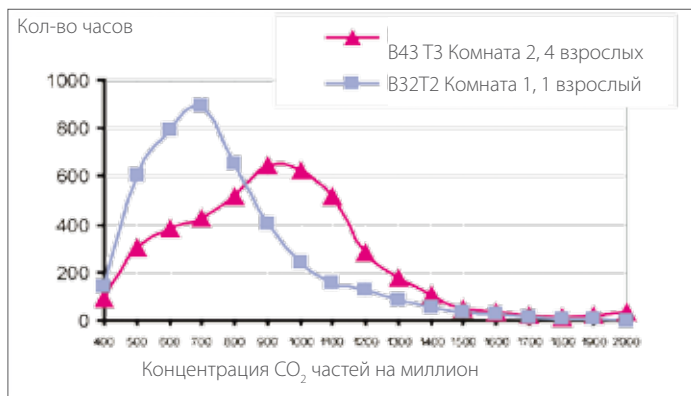


Рисунок 1: Концентрация CO₂ в двух спальнях с разным количеством человек.

На графике на рисунке 2, подтверждена эффективность гигрорегулируемого приточного клапана, что видно по изменениям концентрации CO₂ ночью по сравнению с искусственно фиксированной вентиляцией. Гигрорегулируемый приточный клапан сохраняет уровень CO₂ ниже 1500 частей на миллион, а приточный клапан с фиксированным потоком воздуха сохранял бы уровень CO₂ более 2200 частей на миллион.

Наблюдение также дало возможность проверить влияние вентиляции на качество воздуха в помещении в целом. Вентилятор выключали на короткое время (один месяц) и результаты по концентрации сравнивались с другими месяцами отопительного сезона (когда происходила вентиляция). Гистограмма на рисунке 3 показывает очевидные преимущества вентиляции и ее положительное влияние на качество воздуха в помещении. Когда вентилятор выключали, наблюдалось сильное увеличение концентраций CO₂ (более 1900 частей на миллион большую часть времени); более того, от жильцов не поступало никакой конкретной реакции по компенсации недостатка обновления воздуха. Это подтверждает большое влияние вентиляции на качество воздуха в помещении и показывает, что жильцы не осведомлены о плохой вентиляции и не компенсируют ее недостаток с помощью, например, открывания окон.

красная кривая). Пик концентрации CO₂ увеличился с 700 частей на миллион в малонаселенных помещениях до 950 частей на миллион в многонаселенных, но даже в этом случае, уровень в 1500 частей на миллион не был превышен более, чем на несколько часов.

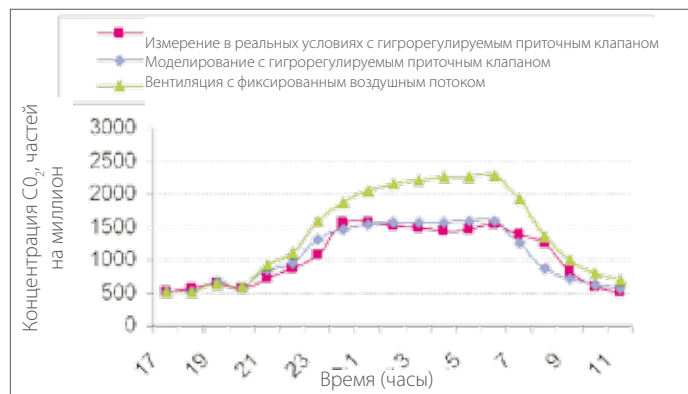


Рисунок 2: Изменение концентрации CO₂ ночью³. Сравнение гигрорегулируемого приточного воздушного клапана (измеренного и смоделированного) и вентиляции с фиксированным потоком (смоделированной).

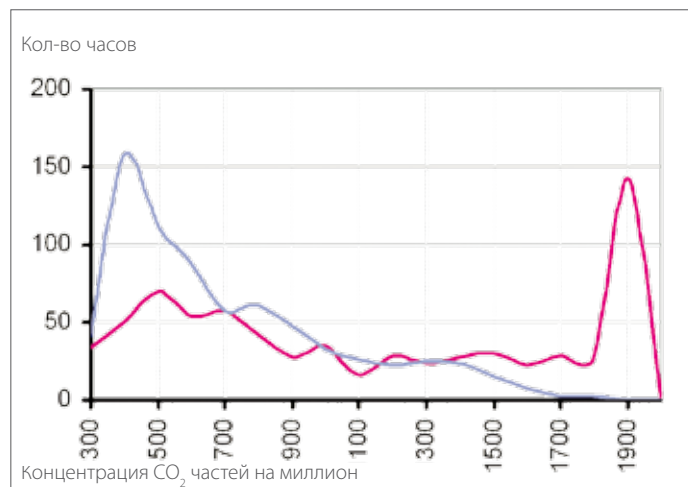


Рисунок 3: Концентрация CO₂ с/без вентиляции. Измерения в течение одного месяца с выключенным вентилятором (красная кривая) в спальне по сравнению с включенным вентилятором (голубая кривая) в течении оставшегося отопительного сезона. 3 жильца.



Влажность и риск конденсации

Расчеты риска конденсации на однокамерном стеклопакете⁴ показали что, в данном случае гигрорегулируемая вентиляционная система особенно эффективна, т.к. указанные условия наблюдались в течение крайне небольшого количества часов. В большинстве домов риск был нулевым; максимальный риск обнаружен 8

раз за год, когда конденсация продержалась на окне более одного часа. Во всех зафиксированных случаях количество проживающих было высоким, дополнительно в некоторых помещениях стояли стиральные машины с сушкой, что увеличивало выброс влажности в окружающую среду.

2. «Умная» механическая вытяжная вентиляция

3. Измерения в 35 м² спальне, с 2 людьми (закрытая дверь).

4. Расчеты были основаны на измеренной внешней и внутренней температуре и влажности.

Сокращение воздушного потока для снижения энергопотребления

Энергопотребление вентиляционной системы — результат энергозатрат на подогрев входящего воздуха и энергопотребление вентилятора.

Тепловые потери в связи с воздухообменом

Диаграмма, приведенная на рисунке 4, иллюстрирует средний эквивалентный⁵ воздушный поток по отношению к энергопотреблению каждого жилища во время всего отопительного периода. В зависимости от количества жилых комнат, квартиры подразделяются на типы. Показатели эквивалентного воздушного потока различны вследствие различного размещения вентиляции, использования, поведения жильцов и размеров квартиры. Сопоставление с нормативами, принятыми во Франции (постоянный воздушный поток, серая полоска), показывает статистическое сокращение воздушного потока, а следовательно, и сокращение энергопотребления вследствие использования «умной» вентиляции. Сокращение воздушного потока по данному проекту оценивается в 30%. Однако, на самом деле эта цифра скрывает за собой гораздо более высокие положительные результаты.

По данным опроса большинство квартир, особенно в Париже, перенаселены. Если экстраполировать этот результат с учетом средней статистической плотности расселения во Франции по каждому типу квартир, результат составит 55% сокращения энергопотребления вследствие

сокращения тепловых потерь вентиляции. В то же время, это не влияет на качество, наоборот, результаты содержания CO₂ и влажности улучшены, как было показано ранее.

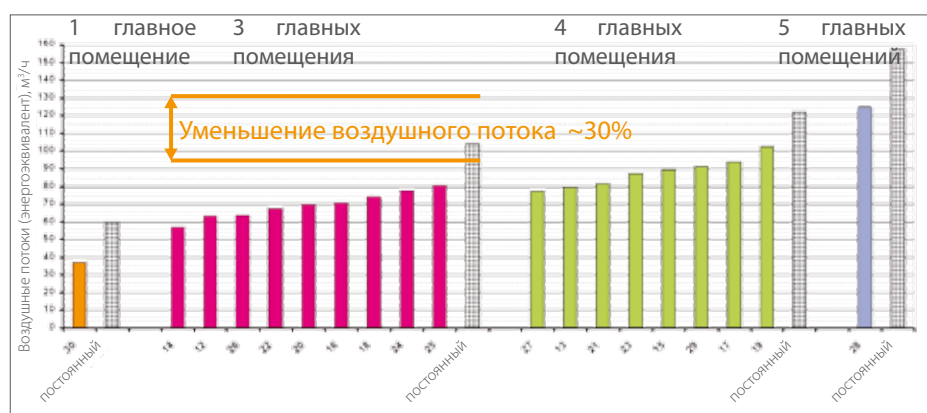


Рисунок 4: Статистический энергоэквивалент воздушного потока в расчете на квартиру в г. Париже. Поделен по типам квартир в соответствии с французскими нормативами постоянного воздушного потока. Отопительный период 2008-2009.

Сезонные колебания среднего гигрорегулируемого воздушного потока

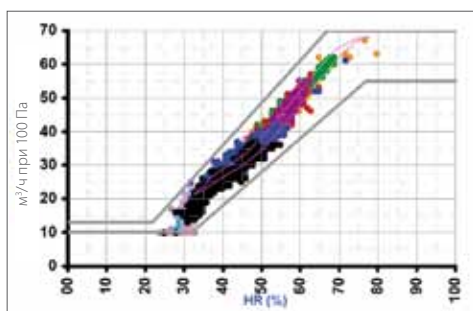


Рисунок 5: Показатели воздушного потока / относит. влажности для гигрорегулируемого вытяжного устройства, установленного на кухне. Розовая кривая = лабораторные измерения. Серые линии = диапазон допусков. Точки = измерения.

В соответствии с рисунком 5, измерения [воздушный поток : относительная влажность] в отношении вытяжного устройства на кухне показали, что гигрорегулируемые устройства работали в диапазоне допусков, которые были рассчитаны в ходе лабораторных измерений «на месте». Статистические⁶ [возд. поток / отн. влажность] пары представлены различными цветами по каждому месяцу и отражают влияние уровня относительной влажности снаружи: сухой воздух снаружи снижает относительную влажность внутри помещения, что приводит к минимальному открытию заслонки вытяжного устройства. Данное явление, наблюдаемое в разное время в процессе мониторинга «HR-VENT» (2004), сильно влияет на способность гигрорегулируемой вентиляции к сокращению энергопотребления при низкой температуре снаружи.

Как использование «умной» вентиляционной системы сокращает энергопотребление вентиляции

Дополнительное преимущество регулирования воздушного потока «умной» вентиляционной системой заключается в сокращении общего объема удаляемого воздуха, а значит и энергопотребления, в связи с использованием совместной вентиляции. Измерения

показали, что потребности в вентиляции варьируются по времени, а значит общий объем потока воздуха всегда ниже, чем сумма максимумов. В этом случае, сокращение энергопотребления⁷ вентиляции в двух исследуемых зданиях варьируется в пределах от 35 до 50%.

5. Энергоэквивалент воздушного потока относится к эквиваленту постоянного воздушного потока в отношении тепловых потерь в процессе вентиляции. Он учитывает разницу температур [снаружи-внутри].

6. Для того, чтобы проиллюстрировать статистическое поведение, представлены 80% наиболее часто встречающихся показателей возд. потока / отн. влажности.

7. В сравнении с данными энергопотребления вентиляции из французских температурных нормативов для систем с постоянным воздушным потоком. Использование вентиляции с низким энергопотреблением улучшило номинальную производительность.

Подтверждение работоспособности почасовой системы термоаэродинамического программного обеспечения («SIREN»)

Второстепенная цель проекта — подтверждение работоспособности программы «SIREN*», используемой для оценки соответствия гиррегулируемых систем французским техническим нормативам. Результаты измерений (воздушный поток, CO₂, влажность, риски конденсации и т.п.) и их сравнение с модельными параметрами программы SIREN показали, что система является достаточно надежным динамическим средством моделирования энергопотребления и аэродинамических

свойств. Хотя SIREN зачастую переоценивает риски конденсации (возможно, вследствие предположений по поводу поверхностей внутри комнаты, дверей, открытых окон и т.д.), данное программное обеспечение достаточно надежно при моделировании поведения вентиляционных систем, регулируемых в зависимости от потребностей.

* SIREN был разработан и предложен CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment), Франция.



ПРОЕКТ УЛУЧШЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК: новое доказательство высокой эффективности вентиляции, регулируемой в зависимости от потребностей

Объемный прямой мониторинг, проведенный в отношении двух жилых зданий в Париже и Лионе, показал хорошие характеристики испытываемых систем вентиляции, регулируемых в зависимости от потребностей, для достижения высокого уровня качества воздуха в помещении, в сравнении с системами постоянного потока. Опасность конденсации незначительна; контролируемые системы позволяют достичь энергосбережения в 30% по сравнению с нормативным потоком воздуха в данных переполненных жилых зданиях. Экстраполяция по усредненной статистике населения приводит к прогнозам энергосбережения по теплотерям в 55%. Энергопотребление вентиляции на двух объектах снизилось на 35-50%. Исследование компонентов гиррегулируемой вентиляции выявило соответствие прямых рабочих характеристик лабораторным тестам, и показатель соотношения сезонного воздушного потока и относительной влажности, обеспечивающий максимальное энергосбережение. Данный проект подтвердил корректность средств почасового измерения (SIREN), используемых во Франции для подтверждения соответствия зданий техническим нормативам.

Согласно данному новому методу мониторинга «на месте», гиррегулируемая вентиляция и система Aereco еще раз показала свою высокую эффективность в отношении качества воздуха внутри помещения, а также большой энергосберегающий потенциал вследствие сокращения тепловых потерь вентиляции.

Подтверждения

Натурные исследования были проведены в сотрудничестве с ассоциацией AIR.H (координатор), Aereco, Aldes, Allie'Air, Anjos, Atlantic, Bouygues construction, CETE, CETIAT, COSTIC, GFC Construction и PBC.

Все участники выражают благодарность ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie) за финансовую поддержку и собственникам двух зданий: Paris Habitat, CIRMAD Grand Sud и OPAC du Rhone — за их помощь.

Проект представлен на 30й конференции AIVC / BUILDAIR в Берлине в октябре 2009 г.

