



zehnder

always the
best climate

Всегда лучший климат

СРАВНЕНИЕ ОБЫЧНОГО ПРОВЕТРИВАНИЯ И ПРИТОЧНО- ВЫТЯЖНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Преимущества систем приточно-вытяжной вентиляции



1. Важность качества воздуха в помещениях

«Иди подыши свежим воздухом»: это был совет, который давали нам бабушки и дедушки, когда мы были детьми. Они были правы. Каждый день мы вдыхаем примерно 11 000 литров воздуха. Это эквивалентно примерно 50 ванным, полным воздуха. Даже ВОЗ подчеркивает **важность свежего воздуха для нашего здоровья**¹.

Различные исследования демонстрируют опасность загрязненного воздуха². Помимо мелкой пыли и других загрязняющих веществ, **основным показателем** высокого качества воздуха в помещениях является **уровень CO₂**. Уровень CO₂ выше 1 000 частей на млн. может привести к головной боли, нерешительности или усталости. А сочетание вредных веществ в воздухе может привести и к более опасным респираторным заболеваниям, таким как астма или даже сердечные приступы.

Поскольку мы проводим почти **90 % нашего времени в помещениях**³ и **65 % дома**⁴, нам определенно нужно немного свежего воздуха в зданиях. Сегодня это довольно сложная задача. Мы часто живем в густонаселенных городах или вблизи промышленных зон. Так что, даже если мы часто открываем окна, наши легкие все равно могут быть загрязнены. Кроме того, новые и отремонтированные здания очень хорошо изолированы и герметичны. Эта герметичность защищает нашу окружающую среду, но также

снижает скорость воздухообмена. Чтобы поддерживать **качество воздуха в помещении на нужном уровне**, его необходимо часто заменять.

Zehnder фокусируется на инновационных решениях по разработке изделий и услуг для здорового, комфортного и энергоэффективного микроклимата в помещениях. Поэтому мы хотели выяснить, **как лучше всего обеспечить здоровые условия** жизни в доме: либо путем установки системы приточно-вытяжной вентиляции, либо путем регулярного открытия дверей и окон.

Для этого в течение целого года мы вели тематическое исследование. Объектом исследования был многоквартирный дом. Мы постоянно контролировали условия в четырех квартирах, что позволило получить обширные данные о **качестве воздуха в помещениях, условиях снаружи и потреблении энергии**. Разница между квартирами: две из них имели приточно-вытяжную вентиляцию, две других проветривались открытием окон.

В следующей главе представлено описание нашего подхода и параметров исследования. В главе 3 представлены результаты нашего исследовательского проекта. Краткое изложение наиболее важных выводов можно найти в главе 4.

1 См.: <https://www.who.int/airpollution/household/pollutants/combustion/en/>

2 См., например, Myhrvold AN, Olsen E, Lauridsen O 1996: Окружающая среда в школах – здоровье учащихся и показатели концентрации CO₂. Proc Indoor Air 196 4: 369 – 374 и BERNDT STENBERG, NILS ERIKSSON, JONAS HÖÖG, JAN SUNDELL, STIG WALL. Синдром нездорового микроклимата в помещениях у офисных работников. Исследование сходных случаев личных, психосоциальных и относящихся к зданию показателей рисков, Международный журнал эпидемиологии, том 23, выпуск 6, декабрь 1994, стр. 1190–1197

3 https://ec.europa.eu/environment/integration/research/newsalert/pdf/health_impacts_climate_change_indoor_environment_uk_review_447na1_en.pdf

4 См.: Harvard, T.H. CHAN School of Public Health 2019: Дома для здоровья, 36 советов экспертов о том, как сделать ваш дом более здоровым. Стр. 8

2. Подход, общие условия и показатели

2.1 Объект исследования

Сравниваемые квартиры находятся в доме, построенном в 2017 году в Бюрене (Швейцария). Здание имеет **современную изоляцию и высокий уровень герметичности**. Здание имеет четыре уровня: два этажа, пентхаус и подвал. На первом и втором этаже находятся по две квартиры. Площадь квартир слева составляет 80 м², справа – 113 м².¹

В верхней левой квартире живет один человек, в каждой из остальных – по двое.

В квартирах на верхнем этаже для проветривания есть только окна. В двух квартирах нижнего этажа установлены вентиляционные установки ComfoAir Q350. Установки ComfoAir Q оснащены энтальпийным теплообменником, который обменивает тепло и влагу между поступающим и отводимым воздухом. При этом в них также можно открывать все окна и двери.

¹ Для большей ясности в последующих пунктах мы называем квартиры на первом этаже «нижними квартирами», а квартиры на втором этаже – «верхними квартирами».

2.2 Измеренные данные

Целью сравнения является анализ типа используемой вентиляции, качества воздуха в помещении и потребления энергии, необходимой для обогрева и охлаждения квартир.

В качестве показателя качества воздуха в помещениях измеряется содержание CO₂ в частях на млн. В соответствии с рекомендациями медицинских организаций, **мы рассматриваем значения выше 1 000 частей на млн. как вредные для здоровья**, значения ниже 800 частей на млн. как хорошие и от 800 до 1 000 частей на млн. как средние.

В этом исследовании мы также проанализировали потребление энергии, необходимое для поддержания комфортной температуры в квартирах.



Рис. 1: Разрез здания с указанием количества проживающих и типа вентиляции.

2.3 Способ измерения

Данные собираются из следующих источников:

- **Установки ComfoAir Q** передают сведения о приточно-вытяжной вентиляции. Показатели измеряются и записываются каждые пять минут.
- **Датчики качества воздуха** собирают данные о качестве воздуха в **помещении** каждую минуту.
- Открытие окон контролируется **контактными датчиками**, которые могут различать откинутое и полностью открытое положение.
- Специальный **датчик расстояния** используется для измерения степени открытия раздвижной двери.

- **Тепловой насос** предоставляет данные о потреблении энергии в каждой квартире на почасовой основе.

Для долгосрочного анализа мы усреднили данные, полученные из точек 1 и 2, преобразовав их в почасовые значения.

Кроме того, мы использовали **коэффициент проветривания**, который представляет собой количество открытых окон и продолжительность их открытия. Коэффициент колеблется от 0 % при закрытых дверях и окнах до 100 % при полностью открытых дверях и окнах.

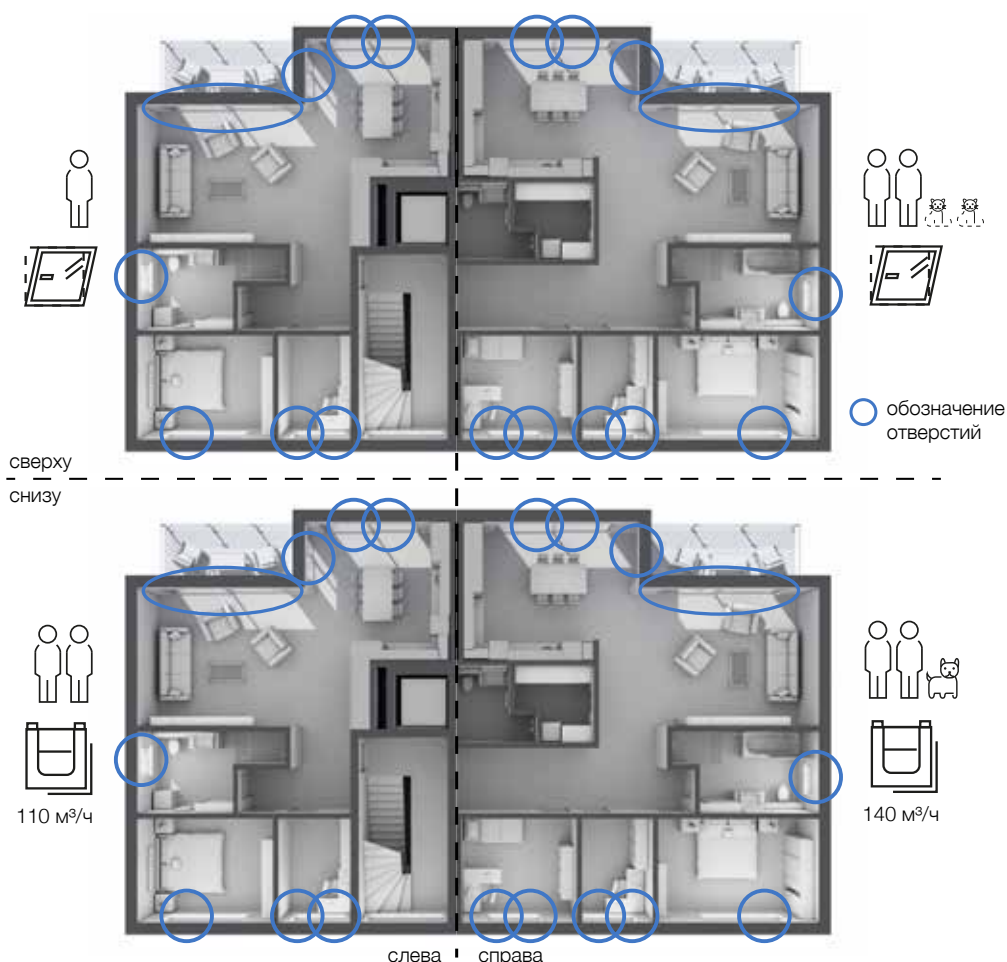


Рис. 2: План четырех анализируемых квартир с количеством проживающих, типом вентиляции и возможностями проветривания, обозначенными синими кругами.

3. Подробные результаты

3.1 Качество воздуха в помещениях

3.1.1 Пример летнего дня

Как показано на рисунке 3, **квартира с приточно-вытяжной вентиляцией имеет среднее значение CO₂ от 400 до 600 частей на млн. в гостиной и спальне.** Ночью уровень CO₂ увеличивается. В течение дня жильцы, вероятно, находятся на работе, но система вентиляции продолжает обменивать/освежать воздух. В результате среднее значение CO₂ в квартире падает с почти 600 до 400 частей на миллион. Вечером значение CO₂ незначительно увеличивается. Тем не менее, в течение дня среднее качество воздуха в помещении соответствует высокому уровню.

Жильцы, проветривающие квартиры открытием окон, держат несколько окон открытыми ночью. Когда утром жильцы уходят, они оставляют одно окно в откинутом положении, что не позволяет обеспечить необходимый воздухообмен в помещении. Значение CO₂ остается на уровне около 800 частей на млн. в течение дня. Когда жильцы возвращаются домой вечером, все окна и двери закрыты. В результате CO₂ увеличивается до 1 200 частей на млн. В течение дня значение CO₂ не опускается ниже 600 частей на млн. Несмотря на проветривание, **качество воздуха в помещении соответствует среднему (800-1 000 частей на млн. CO₂) или даже низкому (выше 1 000 частей на млн. CO₂).**



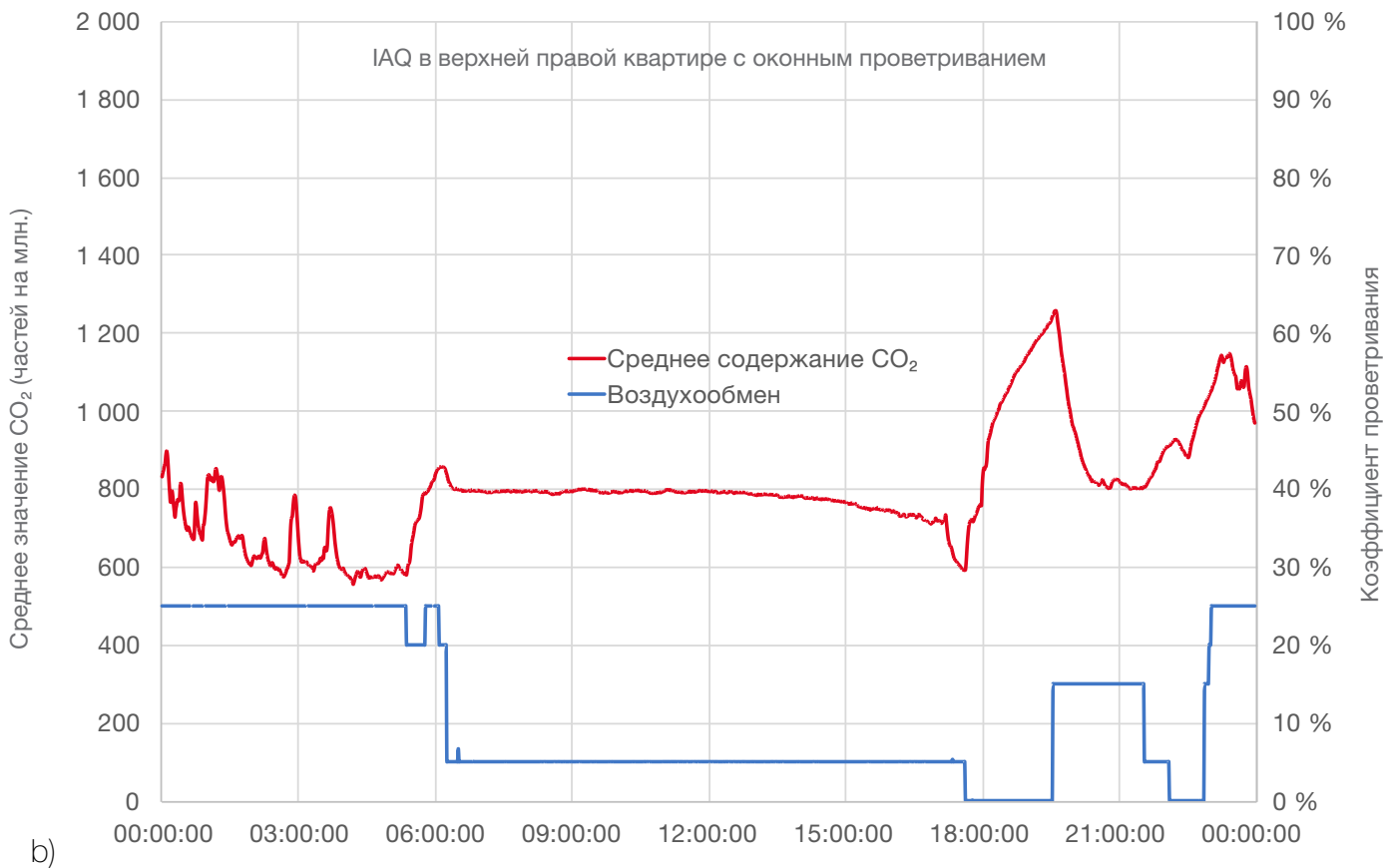
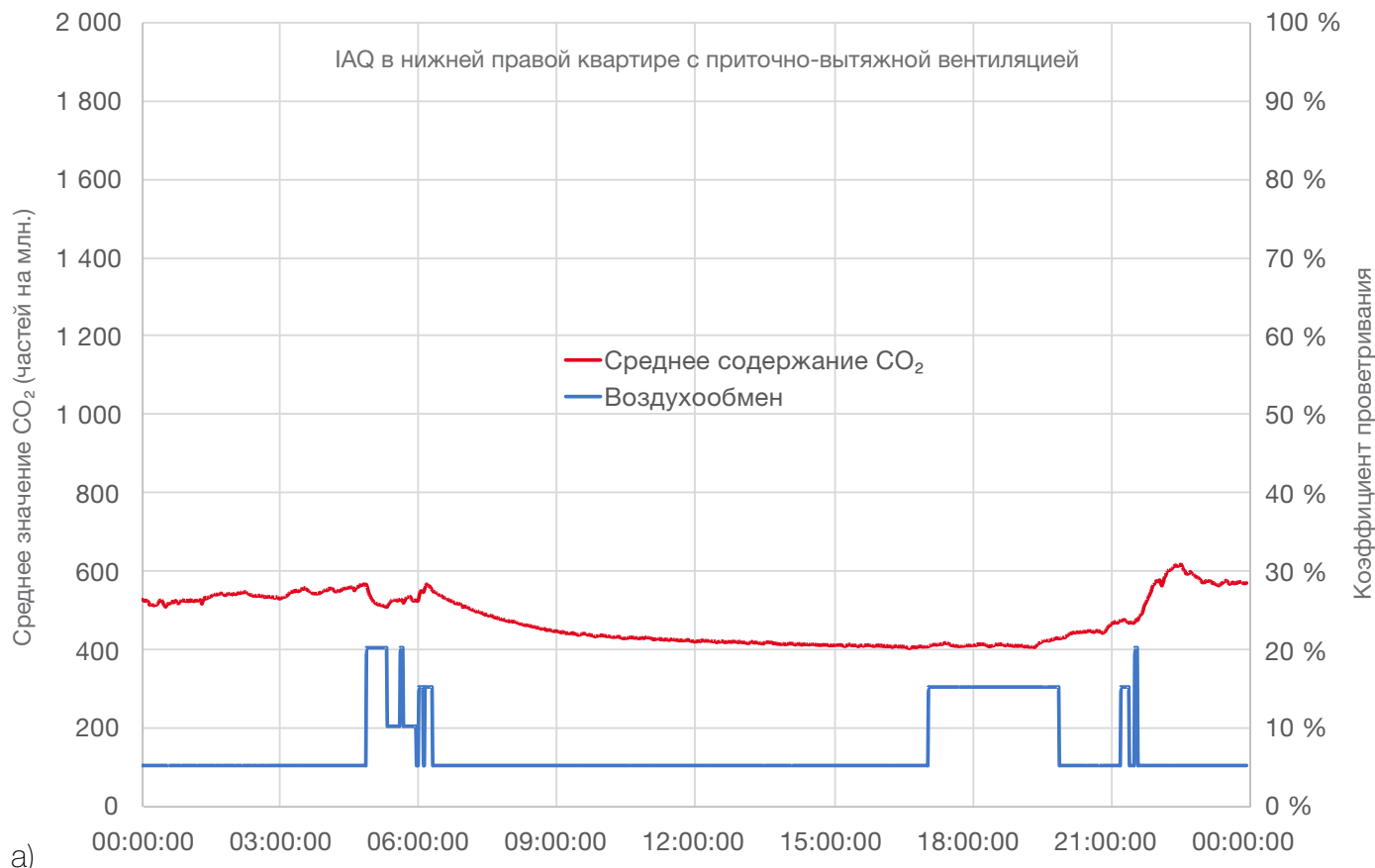


Рис. 3: Пример коэффициента проветривания и значений CO_2 в летний день для квартиры с приточно-вытяжной вентиляцией (а) и квартиры только с ручным проветриванием (б).

3.1.2 Качество воздуха в помещениях в течение одного года

На рисунке 4 показаны значения CO₂ для всех контролируемых помещений в виде плоских графиков. Эти графики показывают, в какое время суток и в какой сезон качество воздуха в помещении высокое, среднее или низкое.

Квартиры с автоматическими системами вентиляции имеют лучшее качество воздуха по сравнению с квартирами, которые только проветриваются.

Большую часть времени приточно-вытяжная вентиляция обеспечивает достаточный воздухообмен в помещении. Конечно, иногда приходят гости, особенно во время праздников. Следует иметь в виду, что для получения надежных результатов мониторинга мы попросили жильцов поддерживать настройку производительности вентиляции на постоянном уровне.

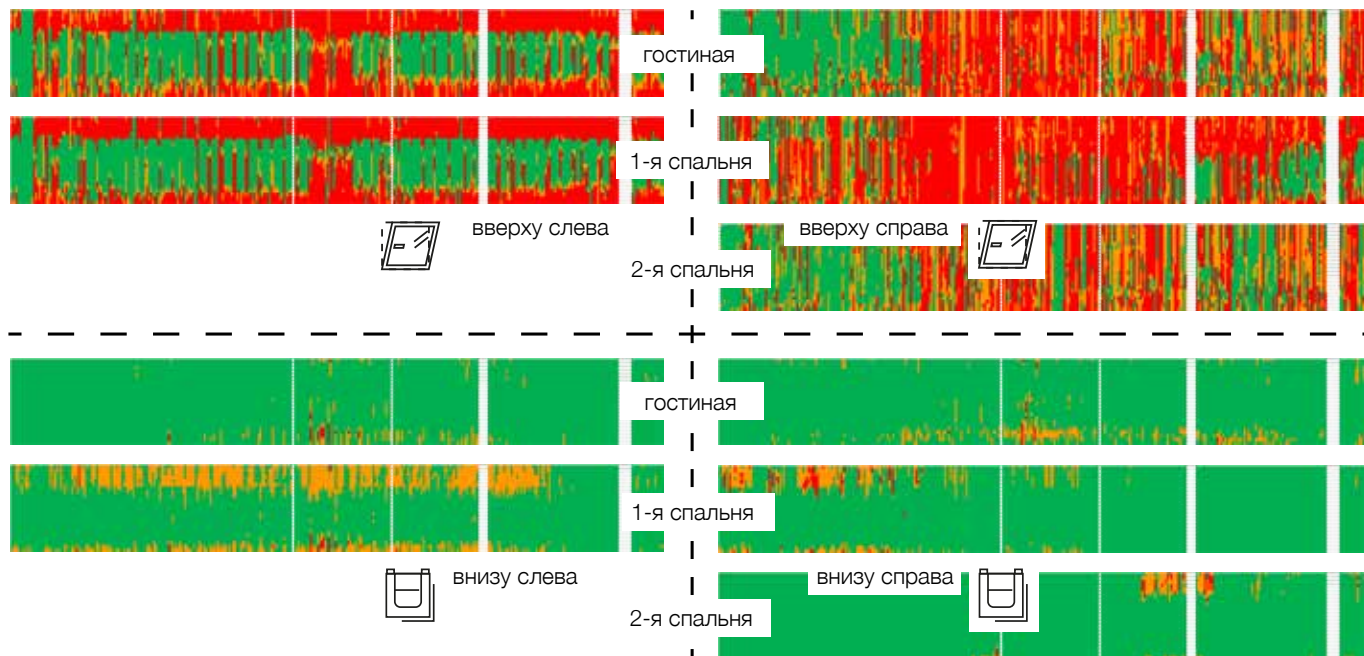


Рис. 4: Качество воздуха в течение одного года во всех комнатах квартир.

Отдельные плоские графики показывают изменения с июля 2019 года по июнь 2020 года по горизонтали и с 0:00 до 23:00 вертикально вниз. Зеленый цвет означает высокое качество воздуха в помещении (IAQ), оранжевый – среднее значение IAQ, а красный – низкое значение IAQ.

3.1.3 Количество часов с нездоровыми значениями CO₂

Мы также подсчитали **количество часов, когда уровень CO₂ превысил 1 000 частей на млн.** Как видно из рисунка 5, существует огромная разница между квартирами с приточно-вытяжной вентиляцией и квартирами с проветриванием через окна. **Типичное значение составляет менее 100 часов для приточно-вытяжной вентиляции и от 3 000 до 5 000 часов для оконной вентиляции.**

Это означает, что в квартирах с ручным проветриванием качество воздуха в помещениях находится на нездоровом уровне примерно в 30-50 раз чаще. В целом, квартиры с приточно-вытяжной вентиляцией имеют нездоровые показатели CO₂ только 1 % времени в течение года; в то же время в квартирах с оконным проветриванием такие показатели имеются в течение 30 % – 60 % времени.



Рис. 5: План этажа здания с контролируемым количеством часов с показателями CO₂ выше 1000 частей на млн. Коэффициент проветривания за весь год.

3.2 Потребление энергии на отопление и охлаждение квартир

Поскольку качество воздуха в помещении оказалось настолько высоким в квартирах с приточно-вытяжной вентиляцией, мы решили измерить зависимость потребления энергии

от непрерывного притока свежего воздуха от системы вентиляции по сравнению с проветриванием через окна.

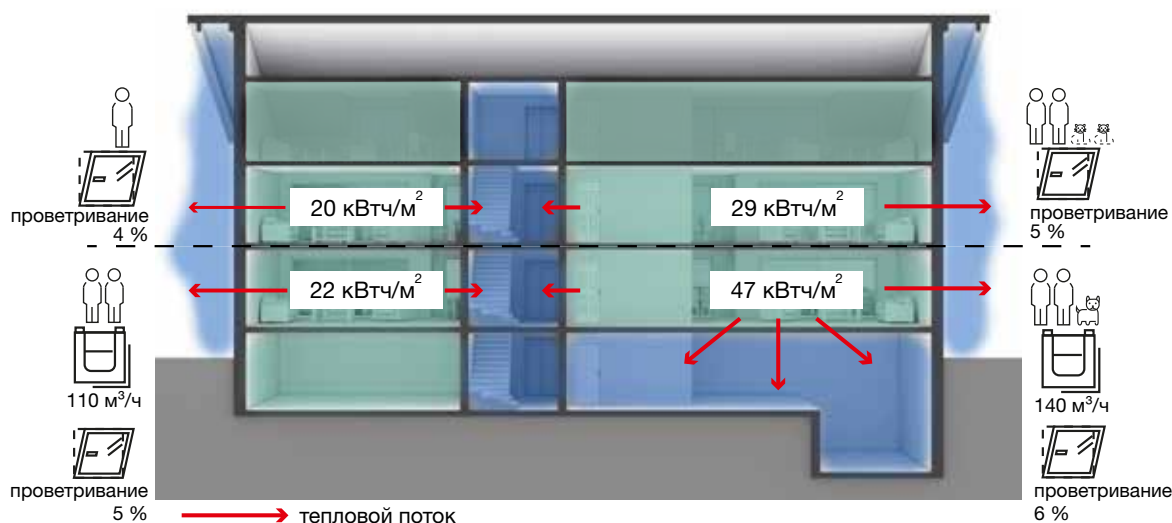


Рис. 6: Общий расход на отопление (в кВт*ч/м²) за один год в квартирах. Также показаны средние коэффициенты проветривания с октября 2019 года по март 2020 года. Помещения с кондиционированием воздуха выделены зеленым цветом, без него – синим. Окружающая среда зимой выделяется синим цветом. Ожидаемый тепловой поток при передаче отображается красными стрелками.

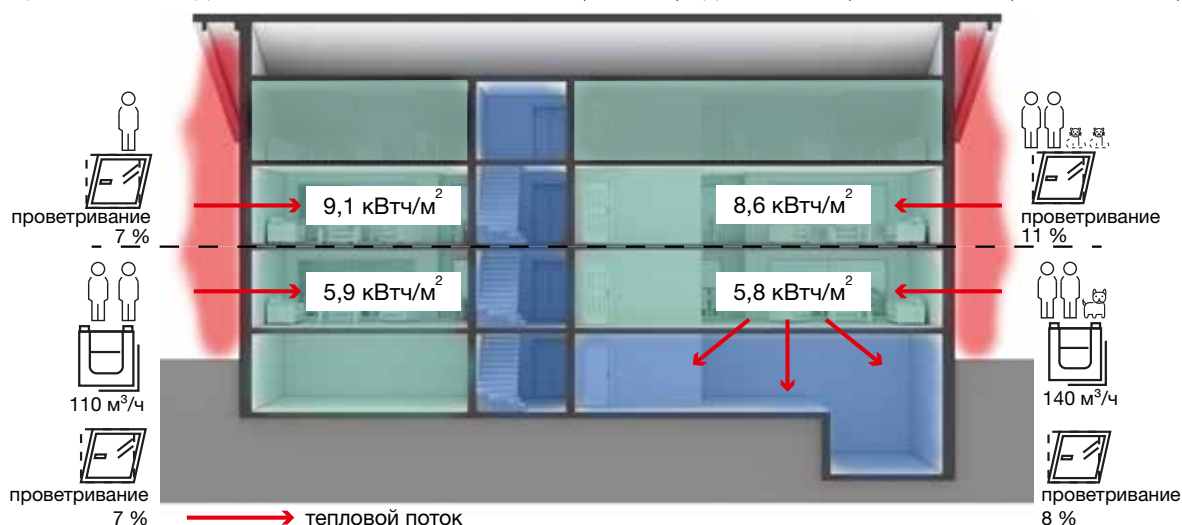


Рис. 7: Общий расход на охлаждение (в кВт*ч/м²) в квартирах. Также показаны средние коэффициенты проветривания с апреля по сентябрь 2020 года. Помещения с кондиционированием воздуха выделены зеленым цветом, без него – синим. Окружающая среда летом выделяется красным цветом. Ожидаемый тепловой поток при передаче отображается красными стрелками.

Общий объем потребления энергии на отопление в каждой квартире показан на рисунке 6. Результаты показывают, что две левые квартиры имеют одинаковое энергопотребление на отопление, хотя нижняя левая квартира имеет немного более высокий уровень проветривания с окнами.

В нижней правой квартире потребовалось намного больше энергии – почти вдвое больше, чем в нижней левой квартире с такой же вентиляцией. Частично это было связано с расположенным ниже подвалом, который не отапливался и не охлаждался. Над всеми остальными квартирами и под ними были отапливаемые помещения. Это так называемый **«эффект соседа»**: количество потребляемой энергии зависит от средней температуры в соседних помещениях. Другой причиной **была более высокая настройка термостата** в нижней правой квартире.

Контролируемое использование отопления и охлаждения в квартире зависит от **коэффициента проветривания**.

Это логично, потому что требуется обеспечить нужную температуру наружного воздуха, поступающего через окно. На рисунках 6 и 7 показано, что при одном и том же коэффициенте воздухообмена потребление энергии на отопление и охлаждение ниже при использовании приточно-вытяжной вентиляции.

На рисунке 6 показано сравнение общего потребления энергии на отопление в размере $22 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в нижней левой и $29 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в верхней правой квартире с одинаковым использованием окон (одинаковый коэффициент проветривания 5 %). Мы видим, что добавление приточно-вытяжной системы вентиляции не увеличивает потребление энергии на отопление, на самом деле с ней потребление меньше на 24 %.

На рисунке 7 показано сравнение общего расхода энергии на охлаждение в размере $5,9 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ и $9,1 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2$ в двух левых квартирах с одинаковым коэффициентом проветривания. Можно сделать вывод, что добавление приточно-вытяжной системы вентиляции позволяет сэкономить около 35 % расходов на охлаждение.



4. Вывод

Сравнение качества воздуха в помещениях показало, что в нижних квартирах с приточно-вытяжной вентиляцией качество воздуха гораздо выше, чем в верхних квартирах с ручным проветриванием. Рассматривая значения CO₂, мы продемонстрировали, что **люди с приточно-вытяжной системой вентиляции живут в гораздо более здоровой среде.**

Система вентиляции обеспечивает постоянный приток свежего воздуха в помещения. Ручное проветривание обеспечивает приток свежего воздуха, только если открыто несколько окон. Проветривание через окна с усреднением за длительный период времени не обеспечивает такой же высокий уровень качества воздуха, как приточно-вытяжная вентиляция.

В противоположность тому, что можно было бы ожидать, **проветривание не способно обеспечить здоровый микроклимат в помещении**, так как в 30 – 60 % случаев содержание CO₂ превышает 1 000 частей на млн. Общее потребление энергии при проветривании помещений, по-видимому, зависит от количества и продолжительности открытия окон. **Добавление приточно-вытяжной вентиляции с рекуперацией тепла и холода не приводит к более высокому энергопотреблению и значительно повышает качество воздуха в помещении.**

Мы с нетерпением ждем возможности связаться с вами:

Представительство «Цендер Груп Дойчланд ГмбХ»
www.zehndergroup.ru