

**Исследование параметров внутреннего воздуха жилого здания
при усовершенствовании системы вытяжной вентиляции**

О.Ю. Маликова¹, Д.Ф. Карпов², Т.В. Сазонова³

¹Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,

¹129337, г. Москва, Ярославское шоссе, 26, Россия,

²Вологодский государственный университет,

²160000, г. Вологда, ул. Ленина, 15, Россия,

³Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,

³190005, г. Санкт-Петербург, 2-я Красноармейская ул., 4, Россия

Резюме. Цель. Качество воздуха в зданиях определяется различными факторами, в том числе, решениями по организации воздухообмена и системам вентиляции помещений. Уровень относительной влажности, температуры внутреннего воздуха и концентрация загрязняющих веществ играют ключевую роль в создании комфортной среды жизнедеятельности. Целью исследования является разработка рекомендаций к проектированию вытяжной вентиляции в жилых зданиях. **Метод.** Натурные исследования закономерности изменения тепловлажностных параметров воздуха в кухне-гостиной в условиях естественной и принудительной вытяжной вентиляции в расчетных точках, а также время восстановления теплового баланса в помещении (квартире). **Результат.** Установлено, что температура воздуха менялась в диапазоне 23,1-24,6 °С, относительная влажность – в диапазоне 38,7-50,3 %, что соответствует допустимому диапазону, но не оптимальному. Применение вытяжки над плитой дает устойчивое снижение температуры во всех точках на 1-1,5 °С; относительной влажности в рабочей зоне у плиты – на 10-20 %, в верхней зоне и у вытяжки – до 30 %. Выход на температурное плато значений до начала эксперимента с применением вытяжного зонта над плитой произошел на 30 мин. быстрее, чем при естественной вентиляции. **Вывод.** Правильное проектирование вытяжной системы над кухонной плитой с использованием зонта и встроенного вентилятора способствует предотвращению конденсации влаги на поверхностях и улучшает характеристики микроклимата в обслуживаемой зоне.

Ключевые слова: температура внутреннего воздуха, относительная влажность, тепловые притоки, естественная вентиляция, зонт, качество воздуха, микроклимат помещений

Для цитирования: О.Ю. Маликова, Д.Ф. Карпов, Т.В. Сазонова. Исследование параметров внутреннего воздуха жилого здания при усовершенствовании системы вытяжной вентиляции. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2025;52(2):201-210. DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-2-201-210

**Investigation of internal air parameters in a residential building when improving the
exhaust ventilation system**

O.Y. Malikova¹, D.F. Karpov², T.V. Sazonova³

¹National Research Moscow State University of Civil Engineering,

¹26, Yaroslavl'skoe Highway, Moscow 1129337, Russia,

²Vologda State University,

²15 Lenin St., Vologda 160000, Russia,

³Saint Petersburg State University of Architecture and Civil Engineering,

³4, 2nd Krasnoarmeiskaya St., Saint Petersburg 190005, Russia

Abstract. Objective. Air quality in buildings is determined by various factors, including: decisions on air exchange and ventilation systems. The level of relative humidity, indoor air temperature and concentration of other pollutants play a key role in creating a comfortable living environment. The purpose of the study is to develop recommendations for the design of exhaust ventilation in residential buildings. **Method.** Natural studies of the regularity of changes in heat and humidity parameters of air in the kitchen-living room in the case of natural and forced exhaust ventilation in the design points, as well as the time of restoration of thermal balance in the room (or the flat as a whole). **Result.** It was found that the air temperature varied in the range of 23.1-24.6 °C, relative humidity – in the range of 38.7-50.3 %, which corresponds to an acceptable range, but not optimal. The use of a hood over the cooker gives a steady decrease in temperature in all points by 1-1,5 °C, and relative humidity in the working zone at the cooker – by 10-20 %, in the upper zone and at the hood – up to 30 %. Exit to the temperature plateau of values before the experiment with the use of an extraction umbrella over the cooker occurred 30 minutes faster than with natural ventilation. **Conclusion.** An improved ventilation system is required to ensure optimum indoor climate conditions. The correct design of the extraction system above the cooker with an umbrella and an integrated fan helps to prevent condensation on surfaces and improves the climate characteristics of the area served.

Keywords: indoor air temperature, relative humidity, thermal gains, natural ventilation, ventilation hood, air quality, indoor microclimate

For citation: O.Y. Malikova, D.F. Karpov, T.V. Sazonova. Investigation of internal air parameters in a residential building when improving the exhaust ventilation system. Herald of Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2025;52(2):201-210. (In Russ) DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-2-201-210.

Введение. Известно, что человек проводит порядка 80 % времени в закрытых помещениях, поэтому значение влияния параметров внутреннего воздуха в гражданских зданиях на здоровье человека трудно переоценить [1-3]. В зависимости от ритма жизни количество времени, проведенное человеком непосредственно в жилых помещениях, может значительно различаться, но что точно не вызывает сомнений: основные показатели микроклимата (температура внутреннего воздуха, относительная влажность и подвижность воздуха) должны соответствовать условиями комфортности и соответствовать требованиям ГОСТ 30494-2011 (Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях) [4]. Качество воздуха в зданиях определяется различными факторами, в том числе: решениями по организации воздухообмена и системам вентиляции помещений, качество наружного воздуха, источники теплоты, влаги и газовыделений и т. п. [5-8].

Строительные материалы, часто используемые для внутренней отделки (например, краска, обои, клей и т.п.), а также мебель и фурнитура безопасны при соблюдении установленных норм воздухообмена [3]. В противном случае начинается выделение в воздух помещения опасных в высоких концентрациях химических веществ [9].

В настоящее время вопросы организации воздухообмена в жилых зданиях [10], а значит и принятие инженерных решений по системам вентиляции подчеркивают не только проблемы повышения энергоэффективности зданий и сооружений [11-13], но в первую очередь – поддержания воздушно-теплового комфорта помещений [14].

Традиционно в многоквартирных домах до сих пор чаще всего применяется гравитационная (или естественная) система вентиляции [10], основным преимуществом которой является малая стоимость организации. Это самый бюджетный способ, поскольку для ее работы практически ничего не требуется. Наружный воздух поступает через неплотности окон или организованные устройства в оконных рамах (или реже наружных стенах) за счет создаваемой естественным образом разницы давлений воздуха внутри и снаружи помещения, а отработанный воздух выходит через вертикальные вытяжные вентиляционные каналы, расположенные непосредственно в зонах его наибольшего загрязнения – кухонь

и гигиенических помещений [12]. Однако такая система очень зависима от следующих факторов: разницы температуры внутри и снаружи здания, герметичности современных оконных блоков, чистоты и площади живого сечения вентиляционных каналов и, конечно, ветровой нагрузки на здание. В большинстве случаев не поддержания вышеперечисленных условий система не работает практически в течении всего периода года. Следовательно, воздух будет застаиваться, что в итоге повлияет на самочувствие людей и в долгосрочной перспективе приведет к хроническим заболеваниям органов дыхания. В зимнее время года при работе естественной вентиляции создаются условия для снижения энергоэффективности здания [14].

Современное разнообразие планировок жилищного фонда создает дополнительные задачи по определению наилучшей схемы организации системы вентиляции в помещениях квартир: от ситуации небольшой квартиры-студии, в которой пространство кухни неотделимо от жилой зоны до квартир с просторными кухнями-гостиными, которые чаще всего предусматривают режим одновременного использования, а значит человек находится в этом пространстве продолжительное время. Все это делает идею естественного проветривания в процессе готовки пищи и после него менее состоятельной с точки зрения теплового комфорта на протяжении практически всего года, учитывая климатические особенности РФ. Согласно руководящим нормативным документам СП 54.13330 и СП60.13330 вентиляция может быть также: комбинированной с естественным притоком и удалением воздуха с использованием механического побуждения; с механическим побуждением притока и удаления воздуха, если параметры микроклимата и качество воздуха не могут быть обеспечены вентиляцией с естественным побуждением в течение года или смешанной с частичным использованием систем естественной вентиляции для притока или удаления воздуха, предусматриваемой в периоды года, когда параметры микроклимата и качество воздуха не могут быть обеспечены естественной вентиляцией [15-17].

По заданию на проектирование допускается предусматривать возможность использования кухонных вытяжек со встроенными вентиляторами, однако не допускается подключение индивидуальных кухонных вытяжек и других устройств с встроенным вентилятором к воздуховодам вытяжных систем (включая сборные воздуховоды), обслуживающих также другие квартиры. Такие требования оставляют указанное решение по поддержанию параметров микроклимата в «серой» зоне, потому что вопрос о том, как правильно подключать кухонную вытяжку со встроенным вентилятором остается открытым. Очевидно, что требуется руководящее решение о конструировании дополнительного вертикального короба вытяжной вентиляции, диаметр которого будет значительно меньше, чем сечение шахты естественной вентиляции за счет более высокой скорости движения воздуха [18-20].

Поскольку любые конструктивные решения систем вентиляции не должны допускать перетоков воздуха между квартирами, то на системе должен быть предусмотрен обратный клапан [21, 22]. Существуют различные по типу конструкции обратные клапаны: одностворчатые, двустворчатые и многостворчатые клапаны, а также мембранные клапаны, створки которых под напором воздуха поднимаются строго в одну сторону. Пропустив необходимый объем воздуха, створки возвращаются в исходное положение под силой собственного веса или посредством пружин, не допуская возникновения опрокидывания циркуляции воздуха в само обслуживаемое помещение или помещения на соседних этажах.

Проектировщики систем вентиляции и кондиционирования воздуха используют отечественные стандарты, в которых предлагаются методики расчета минимальной нормы воздухообмена в помещении:

- на основе удельных норм воздухообмена или по нормируемой кратности/ нормируемому удельному расходу (приложение Ж СП 60.13330);
- на основе определения допустимой концентрации загрязняющих веществ или по массе вредных/взрывоопасных веществ (приложение Ж СП 60.13330).

Эффективным способом поддержания воздушного баланса между притоком и вытяжкой является размещение в верхней части оконной рамы или в конструкции наружной стены специального вентиляционного клапана [23-25]. В зимний период, когда окна, как правило, закрыты, эти устройства обеспечивают необходимый приток свежего воздуха в квартиру без превышения уровня шума и переохлаждения помещений.

В жилых комнатах и кухне (кухне-столовой) зданий, оборудованных механической вытяжной вентиляцией, независимо от наличия регулируемых оконных створок, фрамуг, форточек приток воздуха предлагается обеспечить через оконные или стеновые воздушные клапаны с регулируемым открыванием или другие устройства.

Постановка задачи. Объектом исследования является двухкомнатная-квартира с кухней-гостиной 20 м² в жилом доме, расположенном в Московской области. Предмет исследования – закономерности изменения тепловлажностных параметров воздуха в кухне-гостиной в случае работы естественной и принудительной вытяжной вентиляции в расчетных точках, а также время восстановления теплового баланса в помещении (или квартире в целом).

Целью исследования является разработка рекомендаций к проектированию вытяжной вентиляции в жилых зданиях.

Задачами проводимого исследования являлись:

1. Определение основных параметров микроклимата помещения при разных подходах к организации вентиляции в натуральных условиях.

2. Определение соответствия установившихся параметров в разный период времени эксперимента требуемым значениям исходя из нормативов, действующих на территории РФ.

Методы исследования. Общие исходные данные: наличие системы естественной приточной и вытяжной вентиляции в здании. Окна жилых помещений выходят на две противоположные стороны, что создает дополнительные условия для работы естественной вентиляции. Параметры вытяжного отверстия – 150×150 мм с установленной вытяжной решеткой $F_{жс} = 0,014$ м². Размеры зонта над плитой 450×150 мм. Сама исследуемая квартира находится на среднем этаже 18-ти этажного многоквартирного дома. Был воспроизведен процесс подготовки пищи с использованием индукционной плиты.

Для изучения параметров воздушной среды в помещении кухни-гостиной проведено 2 варианта исследований:

- 1 вариант: натурные измерения осуществлялись при работе только естественной вентиляции;
- 2 вариант: натурные измерения осуществлялись при совместной работе естественной вентиляции и кухонного зонта со встроенным регулируемым вентилятором.

Измерения производились в течении одного и того же периода времени днем: полчаса до начала активной фазы эксперимента – определение характерных параметров микроклимата, установившихся в дневное время в помещении; час – активная фаза эксперимента с изготовлением пищи на кухне-гостиной; полчаса после окончания активной фазы – определение параметров микроклимата и темпа их снижения до нормативных показателей.

Для выполнения измерений были использованы логгеры данных температуры и влажности Testo 174 Н, модель которых внесена в Государственный Реестр Средств Измерений РФ под номером 47602-11 и допущена к применению в РФ. Для получения результатов измерения использовано бесплатное программное обеспечение ComSoft Basic. Встроенные сенсоры провели срочные измерения с интервалом 5 минут с допустимой погрешностью 0,5 °С по температуре и 3 % по относительной влажности, что позволило документировать данные в соответствии с основными принципами обеспечения качества. Так же применялся портативный термоанемометр RGK AM-20 для определения скорости воздушного потока на естественной вытяжке и в проеме кухонного зонта.

Обсуждение результатов. Натурные измерения параметров микроклимата осуществлялись в кухне-гостиной, как в основном помещении проводимого эксперимента,

и в жилой комнате с выходом на противоположную сторону горизонта для оценки общего состояния параметров внутреннего воздуха, в холодный период года с регулируемой подачей теплоты от системы отопления. За окном наблюдались одинаковые действительные условия облачности, которые позволили исключить значимые дополнительные теплопопущения за счет солнечной радиации. На рис. 1 изображена схема установки датчиков Testo 174 Н в исследуемом помещении.

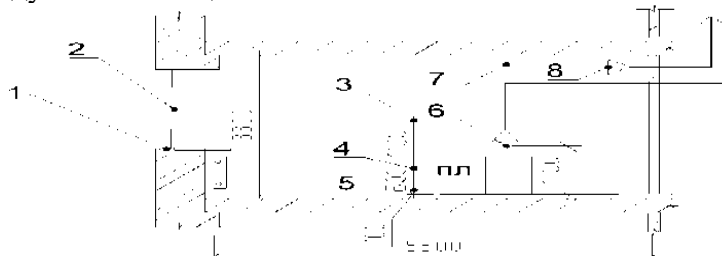


Рис. 1- Схема установки датчиков измерения температуры и влажности:

- 1 – наружный воздух; 2 – воздух у оконного блока; 3, 4, 5 – внутренний воздух в помещении по ГОСТ 30494; 6 – в обслуживаемой зоне над плитой; 7 – в верхней зоне над плитой; 8 – у вытяжной решетки; ПЛ – плита

Fig. 1- Scheme of installation of temperature and humidity measurement sensors:

- 1 – outside air; 2 – air at the window unit; 3, 4, 5 – indoor air according to GOST 30494; 6 – in served zone above the cooker; 7 – in the upper zone above the cooker; 8 – at the exhaust grille

Так же применялся портативный термоанемометр RGK AM-20 для определения скорости воздушного потока на естественной вытяжке и в проеме кухонного зонта. Значения скорости у вытяжной решетки в процессе эксперимента изменялось в диапазоне 1,2-1,6 м/с, что подтверждает работу естественной системы вентиляции.

Расход воздуха можно определить:

$$L = 3600 f v, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (1)$$

где f – живое сечение на проходе воздуха, м^2 ; v – скорость воздуха, м/с.

Из формулы (1) следует, что расход воздуха менялся в диапазоне 60-80 $\text{м}^3/\text{ч}$, однако нельзя исключать возможность того, что кратковременно мог наблюдаться выход за пределы расчетного диапазона. Параметры внутреннего воздуха в соответствии с ГОСТ 30494-2011 «Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях» должны соответствовать: в холодный период года оптимальная температура внутреннего воздуха для жилой комнаты $t_{\text{вн.в}}^{\text{опт}} = 20 - 22 \text{ }^\circ\text{C}$, допустимая температура – $t_{\text{вн.в}}^{\text{доп}} = 18 - 24 \text{ }^\circ\text{C}$, оптимальная температура внутреннего воздуха для кухни $t_{\text{вн.в}}^{\text{опт}} = 19 - 21 \text{ }^\circ\text{C}$, допустимая температура – $t_{\text{вн.в}}^{\text{доп}} = 18 - 26 \text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха для жилой комнаты оптимальная $\phi = 45-30 \%$, допустимая $\phi \leq 60 \%$, для кухни значение относительной влажности не нормируется. В теплый период года нормируются только показатели для жилой комнаты: оптимальная температура внутреннего воздуха $t_{\text{вн.в}}^{\text{опт}} = 22 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$, допустимая температура – $t_{\text{вн.в}}^{\text{доп}} = 20 - 28 \text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность оптимальная $\phi = 60-30 \%$, допустимая $\phi \leq 65 \%$.

При обеспечении показателей микроклимата в различных точках обслуживаемой зоны допускается перепад температуры воздуха не более $2 \text{ }^\circ\text{C}$ для оптимальных показателей и $3 \text{ }^\circ\text{C}$ – для допустимых, изменение относительной влажности воздуха – не более 7% для оптимальных показателей и 15% – для допустимых. Измерение температуры, влажности и скорости движения воздуха следует проводить в обслуживаемой зоне на высоте 0,1; 0,6 и 1,7 м от поверхности пола – при пребывании людей в помещении преимущественно в сидячем положении или 0,1; 1,1 и 1,7 м от поверхности пола – в помещениях, где люди преимущественно стоят или ходят; в центре обслуживаемой зоны согласно требованиям ГОСТ 30494-2011. Регистрация показателей микроклимата выполнена с интервалом не менее 5 минут в течение 2 ч. Существенного колебания параметров воздуха в жилой комнате в ходе эксперимента не было выявлено: температура воздуха менялась в диапазоне $23,1-24,6 \text{ }^\circ\text{C}$, относительная влажность – в диапазоне $38,7-50,3 \%$, что укладывается в допустимый диапазон.



Рис. 2 - Параметры наружного воздуха (температура и относительная влажность) при проведении эксперимента:

- 1 – 1 вариант эксперимента при естественной вентиляции;
- 2 – 2 вариант эксперимента с применением вытяжного зонта

Fig. 2-Outdoor air parameters (temperature and relative humidity) during the experiment:

- 1 – 1 variant of the experiment with natural ventilation;
- 2 – 2 variant of the experiment with the use of an exhaust ventilation hood

Рис. 4 содержит информацию о параметрах наружного воздуха, но общий характер графиков не дает очевидных ответов о влиянии столь незначительных колебаний на параметры воздуха внутри при двух рассматриваемых вариантах исследования.

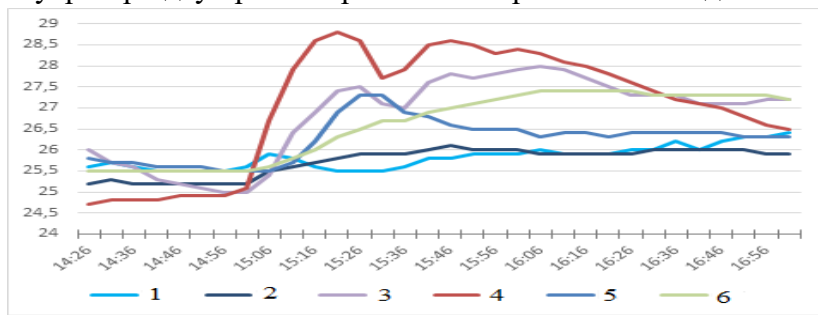


Рис. 3 - Изменение температуры воздуха:

- 1 – вытяжной воздух 2 вариант; 2 – вытяжной воздух 1 вариант;
- 3 – в обслуживаемой зоне над плитой 2 вариант, 4 – в обслуживаемой зоне над плитой 1 вариант,
- 5 – верхняя зона над плитой 2 вариант; 6 – верхняя зона над плитой 12 вариант

Fig. 3 - Air temperature changes:

- 1 – exhaust air 1 variant; 2 – exhaust air 2 variant; 3 – in the served area above the cooker 1 variant,
- 4 – in the served area above the cooker 2 variant, 5 – upper area above the cooker 1 variant;
- 6 – upper area above the cooker 2 variant

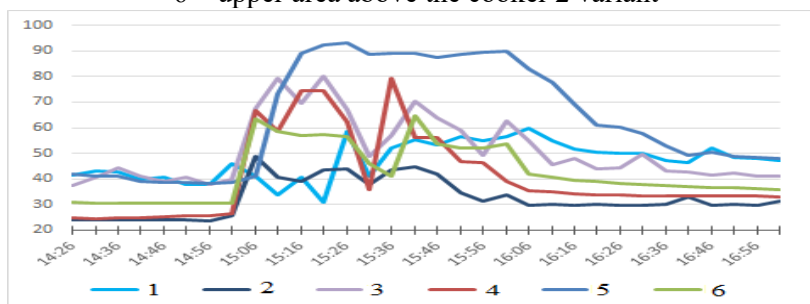


Рис. 4 - Изменение относительной влажности воздуха:

- 1 – вытяжной воздух 1 вариант; 2 – вытяжной воздух 2 вариант;
- 3 – в обслуживаемой зоне над плитой 1 вариант, 4 – в обслуживаемой зоне над плитой 2 вариант,
- 5 – верхняя зона над плитой 1 вариант; 6 – верхняя зона над плитой 2 вариант

Fig. 4 - Changes in relative humidity:

- 1 – exhaust air 1 variant; 2 – exhaust air 2 variant; 3 – in the served area above the cooker 1 variant,
- 4 – in the served area above the cooker 2 variant, 5 – upper area above the cooker 1 variant;
- 6 – upper area above the cooker 2 variant

Рис. 3 характеризует изменение температуры в точках измерения 6, 7, 8 и показывает, что применение вытяжки над плитой дает устойчивое снижение температуры во всех точках

на 1-1,5 °С, а согласно рис. 4 относительная влажность в рабочей зоне у плиты снижается на 10-20 %, в верхней зоне и у вытяжки – до 30 %.

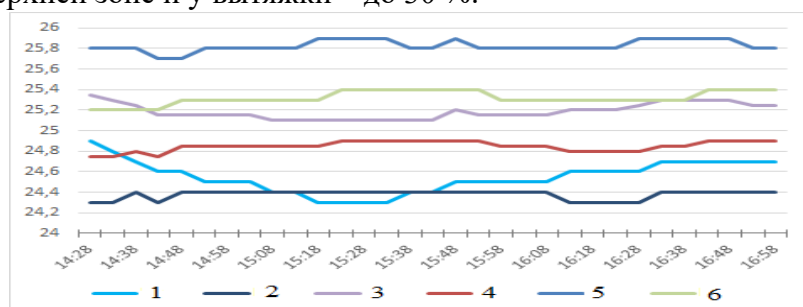


Рис. 5 - Температура внутреннего воздуха, определенная по методике ГОСТ 30494:
1 – 1 вариант на 0,1 м от пола; 2 – 2 вариант на 0,1 м от пола; 3 – 1 вариант на 0,6 м от пола,
4 – 2 вариант на 0,6 м от пола, 5 – 1 вариант на 1,7 м от пола; 6 – 2 вариант на 1,7 м от пола

Fig. 5 - Internal air temperature determined according to GOST 30494:

1 – 1 variant at 0.1 m from the floor; 2 – 2 variant at 0.1 m from the floor; 3 – 1 variant at 0.6 m from the floor, 4 – 2 variant at 0.6 m from the floor, 5 – 1 variant at 1.7 m from the floor;
6 – 2 variant at 1.7 m from the floor

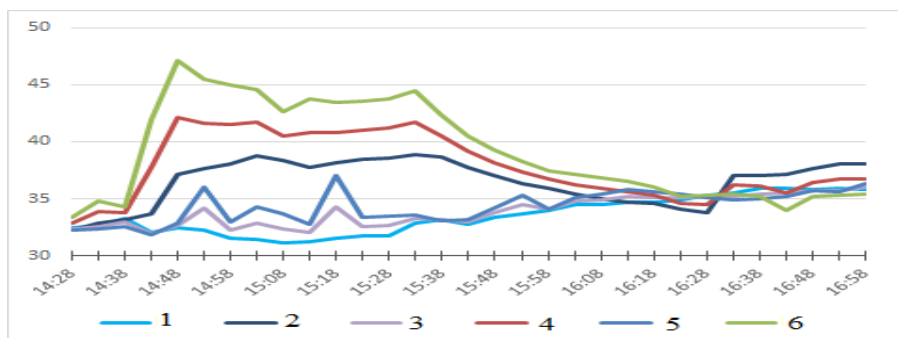


Рис. 6 - Относительная влажность внутреннего воздуха, определенная по ГОСТ 30494:
1 – 1 вариант на 0,1 м от пола; 2 – 2 вариант на 0,1 м от пола; 3 – 1 вариант на 0,6 м от пола,
4 – 2 вариант на 0,6 м от пола, 5 – 1 вариант на 1,7 м от пола; 6 – 2 вариант на 1,7 м от пола

Fig. 6 - Relative humidity of the internal air determined according to GOST 30494:

1 – 1 variant at 0.1 m from the floor; 2 – 2 variant at 0.1 m from the floor; 3 – 1 variant at 0.6 m from the floor, 4 – 2 variant at 0.6 m from the floor, 5 – 1 variant at 1.7 m from the floor;
6 – 2 variant at 1.7 m from the floor

Рис. 5 показывает характер изменения температуры внутреннего воздуха, определяемой по методике, приведенной в ГОСТ 30494-2011.

Влияние способа организации вытяжной вентиляции наиболее очевидно с увеличением высоты, на которой были определены значения: температура при 1 варианте превышает температуру при 2 варианте на 0,6 °С. При обоих вариантах температуры держаться в пределах допустимого диапазона.

Согласно рис. 6 относительная влажность не превысила 50 %, однако наблюдалась конденсация водяных паров на поверхности стен и мебели при 1 варианте вентиляции.

В обоих вариантах требуется дополнительно усовершенствовать организацию приточного воздуха и провести дополнительные исследования, а также провести эксперименты в различные периоды года.

Вывод. Применение современных герметичных окон обеспечивает повышение энергоэффективности оболочки здания, однако приводит к нарушению естественного воздухообмена в жилых помещениях, что в свою очередь вызывает повышение количества вредных веществ в воздухе, включая теплоту и влагу, возникающие в результате жизнедеятельности людей. Для достижения оптимальных показателей микроклимата в помещениях необходима более эффективная система вентиляции.

Правильное конструирование вытяжной системы над кухонной плитой с помощью зонта и встроенного вентилятора помогает избежать конденсации влаги на поверхностях, а также улучшить показатели микроклимата в обслуживаемой зоне

Эффективность функционирования вытяжной вентиляции существенно зависит от точного выбора расчетных точек контроля микроклиматических параметров в помещении, что подтверждает необходимость их предварительного моделирования и оптимизации на этапе проектирования инженерных систем.

Сравнительный анализ режимов естественной и принудительной вентиляции выявил значительное преимущество последних в обеспечении стабильности тепловлажностного режима, свидетельствующее о целесообразности интеграции активных систем вытяжной вентиляции в существующие стандарты проектирования жилых зданий.

Необходимо провести дальнейшие исследования в различные периоды года для разработки дополнительных рекомендаций к проектированию вытяжной вентиляции в жилых зданиях с учетом изменчивости параметров наружного воздуха.

Библиографический список:

1. <https://doi.org/10.34910/MCE.121.1>. Korniyenko S.V., Dubov I.A., Nazarov K.R. Field study of thermal comfort in dwelling during the winter, mid-season and summer. *Magazine of Civil Engineering*. 2023. 121(5); 12101.
2. Киреев А. Вентиляция в многоквартирных домах: проблемы и перспективы. *Журнал СОК*. 2022. № 6. С. 66-68.
3. Иванова Е.В., Маркова О.Л., Кирьянова М.Н. Особенности формирования воздушной среды в современных жилых зданиях. Здоровье населения и среда обитания. 2019. № 10 (319). С. 50–53. DOI: <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-319-10-50-53>.
4. Бодров М.В., Кузин В.Ю. Анализ режимов работы систем естественной вентиляции многоквартирных жилых домов в теплый период года. *Приволжский научный журнал*. 2016. № 4. С. 26–32.
5. Бусахин А.В. Вентиляция многоквартирных жилых домов. Проблемы и решения. *АВОК*. 2016. № 3. С. 21–25.
6. Волов Г.Я. Устойчивость работы систем естественной вентиляции многоквартирных жилых зданий. *АВОК*. 2014. № 1. С. 30–39.
7. Максимова А.Ю., Саенко И.А. Анализ и пути решения проблем системы воздухообмена жилых помещений. *Международный технико-экономический журнал*. 2015. № 1. С. 101–106.
8. Тюрин Н.П., Лапин Е.П., Титов Г.И., Захарова Ю.Э. Исследование работы вытяжных вентиляционных систем в жилых зданиях. *Материалы 70-й юбилейной Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР 2013 года. Традиции и инновации в строительстве и архитектуре*. 2013. С. 267–271.
9. Кирьянова М.Н., Маркова О.Л., Иванова Е.В. Актуальные вопросы качества воздушной среды офисных помещений. *Материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием: «Профилактическая медицина-2017»*, 6–7 декабря 2017 г. 2017. Часть 2. С. 9–14.
10. Шонина Н. А. Вентиляция для многоэтажных жилых зданий. *АВОК*. 2013. № 6. С. 22-30
11. Краснобаев М.А., Суханов М.А. Вентиляция жилых многоквартирных домов с помощью приточных клапанов. *Вестник магистратуры*. 2022. № 4-4 (127). С. 27-29.
12. Шилкин Н. В., Шонина Н. А., Миллер Ю. В. Галуша А. Н. Гибридная вентиляция в многоэтажных жилых домах: варианты решения. *АВОК*. 2018. № 5. С. 12-18
13. Шилкин Н. В., Шонина Н. А., Миллер Ю. В. Галуша А. Н. Оценка времени работы регулируемой вентиляции в жилых зданиях. *АВОК*. 2018. № 3. С. 28-33.
14. Шилкин Н. В., Шонина Н. А., Миллер Ю. В. Возможности энергосбережения в системах с регулируемой естественной вентиляцией. *Энергосбережение*. 2018. № 2. С. 16-23.
15. Liu H., Ma E. An explainable evaluation model for building thermal comfort in China. *Buildings*. 2023. 13(12); 3107. <https://doi.org/10.3390/buildings13123107>
16. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.680.459>. Vuksanovic D., Murgul V., Vatin N., Pukhkal V. Optimization of microclimate in residential buildings. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 680. Pp. 459-466.
17. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201821202009>. Bezdenezhnukh T., Kuritsyn A., Gimelshtein I. Energy efficiency in civil engineering: analyzing world experience. *MATEC Web of Conferences*. 2018. 212; 02009.
18. Stopps, Helen and Lozinsky, Cara and Touchie, Marianne. Data-driven modelling of pressurized corridor ventilation system performance in a multi-unit residential building. *Journal of Building Physics*. 2025. <https://doi.org/10.1177/17442591251317727>

19. Mendoza, Jeric and Lantigua, Maricel. A Study on the Application of Integrated Ventilation Strategies Based on Wind Simulation and Solar Radiation Analysis in Low-Rise Residential Buildings in Manila. *Studies in Art and Architecture*. 2025. 4. 19-27. <https://doi.org/10.56397/SAA.2025.04.03>
20. Motuzienė, Violeta and Bielskus, Jonas and Džiugaitė-Tumėnienė, Rasa and Raudonis, Vidas. Occupancy-Based Predictive AI-Driven Ventilation Control for Energy Savings in Office Buildings. *Sustainability*. 2025. 17. 4140. <https://doi.org/10.3390/su17094140>
21. Kang, Kyungmo and Kim, Daeung. Thermal Comfort Assessment for Simultaneous Operation of Cooling and an Energy Recovery Ventilator in a Residential Building During Summer. *Buildings*. 2025. 15. 582. <https://doi.org/10.3390/buildings15040582>
22. Wang, Xinlin and Mahdavi, Nariman and Sethuvenkatraman, Subbu and West, Sam. An environment-adaptive SAC-based HVAC control of single-zone residential and office buildings. *Data-Centric Engineering*. 2025. 6. <https://doi.org/10.1017/dce.2024.57>
23. Li, Bo and Yue, Wei and Tariku, Fitsum. Applicability of a Heat Recovery Ventilator Retrofit in a Vancouver Residential House. *Energies*. 2025. 18. 1820. <https://doi.org/10.3390/en18071820>
24. Mortari, Daniela and Wang, Yu and Guyot, Gaele and Plagmann, Manfred and Mendes, Nathan. Smart ventilation in residential buildings: a systematic review of control strategies and their effectiveness. *Journal of Building Engineering*. 2025. 112584. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112584>
25. Park, Sangin and Kagi, Naoki and Umishio, Wataru and Shinohara, Naohide and Kim, Hoon. Influence of mechanical ventilation systems on indoor VOC concentrations in residential buildings. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 2025. 1-21. <https://doi.org/10.1080/13467581.2025.2467246>

References:

1. <https://doi.org/10.34910/MCE.121.1>. Korniyenko S.V., Dubov I.A., Nazarov K.R. Field study of thermal comfort in dwelling during the winter, mid-season and summer. *Magazine of Civil Engineering*. 2023. 121(5); 12101. (In Russ.)
2. Kireev A. Ventilation in apartment buildings: problems and prospects. *SOK Journal*. 2022;6:66-68. (In Russ.)
3. Ivanova E.V., Markova O.L., Kir'yanova M.N. Peculiarities of air environment formation in modern residential buildings. *Zdorov'e naseleniya i sreda obitaniya*. 2019;10(319):50-53. (In Russ.) DOI: <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-319-10-50-53>.
4. Bodrov M.V., Kuzin V.Yu. Analysis of modes of operation of natural ventilation systems of apartment buildings in the warm period of the year. *Privolzhskiy nauchnyi zhurnal*. 2016;4:26-32. (In Russ.)
5. Busakhin A.V. Ventilation of apartment blocks. Problems and solutions. *AVOK*. 2016;3:21-25. (In Russ.)
6. Volov G.Ya. Stability of operation of natural ventilation systems of apartment residential buildings. *AVOK*. 2014; 1:30-39. (In Russ.)
7. Maksimova A.Yu., Saenko I.A. Analyse and ways of solving the problems of air exchange system of residential premises. *International technical and economic journal*. 2015;1:101-106. (In Russ.)
8. Tyurin N.P., Lapin E.P., Titov G.I., Zakharova Y.E. Investigation of exhaust ventilation systems in residential buildings. *Materials of the 70th Anniversary All-Russian Scientific and Technical Conference on the results of research and development in 2013. Traditions and innovations in construction and architecture*. 2013: 267-271. (In Russ.)
9. Kiryanova M.N., Markova O.L., Ivanova E.V. Topical issues of the quality of the air environment of office premises. *Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation: 'Preventive Medicine-2017', 6-7 December 2017*. 2017; 2: 9-14. (In Russ.)
10. Shonina N.A. Ventilation for multi-storey residential buildings. *AVOK*. 2013;6:22-30 (In Russ.)
11. Krasnobayev M.A., Sukhanov M.A. Ventilation of residential apartment buildings with the help of supply valves. *Bulletin of magistracy*. 2022; 4-4 (127): 27-29. (In Russ.)
12. Shilkin N.V.V., Shonina N.A., Miller Y.V. Galusha A.N. Hybrid ventilation in multi-storey residential buildings: variants of decision. *AVOK*. 2018; 5:12-18 (In Russ.)
13. Shilkin N.V.V., Shonina N.A., Miller Y.V. Galusha A.N. Estimation of operation time of regulated ventilation in residential buildings. *AVOK*. 2018;3:28-33. (In Russ.)
14. Shilkin N.V.V., Shonina N.A., Miller Yu.V. Opportunities of energy saving in systems with regulated natural ventilation. *Energoberezhenie*. 2018;2:16-23. <http://doi.org/10.35627/2219-5238/2019-319-10-50-53/> (In Russ.)
15. Liu H., Ma E. An explainable evaluation model for building thermal comfort in China. *Buildings*. 2023. 13(12); 3107. <https://doi.org/10.3390/buildings13123107>
16. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.680.459>. Vuksanovic D., Murgul V., Vatin N., Pukhkal V. Optimization of microclimate in residential buildings. *Applied Mechanics and Materials*. 2014;680:59-466.
17. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201821202009>. Bezdenezhnikh T., Kuritsyn A., Gimelshtein I. Energy efficiency in civil engineering: analyzing world experience. *MATEC Web of Conferences*. 2018. 212; 02009.
18. Stopps, Helen and Lozinsky, Cara and Touchie, Marianne. Data-driven modelling of pressurized corridor ventilation system performance in a multi-unit residential building. *Journal of Building Physics*. 2025. <https://doi.org/10.1177/17442591251317727>

19. Mendoza, Jeric and Lantigua, Maricel. A Study on the Application of Integrated Ventilation Strategies Based on Wind Simulation and Solar Radiation Analysis in Low-Rise Residential Buildings in Manila. *Studies in Art and Architecture*. 2025;4:19-27. <https://doi.org/10.56397/SAA.2025.04.03>
20. Motuzienė, Violeta and Bielskus, Jonas and Džiugaitė-Tumėnienė, Rasa and Raudonis, Vidas. Occupancy-Based Predictive AI-Driven Ventilation Control for Energy Savings in Office Buildings. *Sustainability*. 2025;17:4140. <https://doi.org/10.3390/su17094140>
21. Kang, Kyungmo and Kim, Daegung. Thermal Comfort Assessment for Simultaneous Operation of Cooling and an Energy Recovery Ventilator in a Residential Building During Summer. *Buildings*. 2025;15:582. <https://doi.org/10.3390/buildings15040582>
22. Wang, Xinlin and Mahdavi, Nariman and Sethuvenkatraman, Subbu and West, Sam. An environment-adaptive SAC-based HVAC control of single-zone residential and office buildings. *Data-Centric Engineering*. 2025. 6. <https://doi.org/10.1017/dce.2024.57>
23. Li, Bo and Yue, Wei and Tariku, Fitsum. Applicability of a Heat Recovery Ventilator Retrofit in a Vancouver Residential House. *Energies*. 2025. 18. 1820. <https://doi.org/10.3390/en18071820>
24. Mortari, Daniela and Wang, Yu and Guyot, Gaele and Plagmann, Manfred and Mendes, Nathan. Smart ventilation in residential buildings: a systematic review of control strategies and their effectiveness. *Journal of Building Engineering*. 2025. 112584. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.112584>
25. Park, Sangin and Kagi, Naoki and Umishio, Wataru and Shinohara, Naohide and Kim, Hoon. Influence of mechanical ventilation systems on indoor VOC concentrations in residential buildings. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*. 2025;1-21. <https://doi.org/10.1080/13467581.2025.2467246>

Сведения об авторах:

Ольга Юрьевна Маликова, кандидат технических наук, доцент, доцент, кафедра Теплогазоснабжения и вентиляции; KryuchkovaOU@mgsu.ru; ORCID 0000-0003-0703-8135

Денис Федорович Карпов, старший преподаватель, кафедра теплогазоснабжения; karpovdf@vogu35.ru; ORCID 0000-0002-3522-9302

Татьяна Владимировна Сазонова, старший преподаватель, кафедра начертательной геометрии и инженерной графики; ingraf@spbgasu.ru; tatyana10zaikina@yandex.ru

Information about authors:

Olga Y. Malikova, Cand. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Assoc. Prof., Department of Heat and Gas Supply and Ventilation; KryuchkovaOU@mgsu.ru; ORCID 0000-0003-0703-8135

Denis F. Karpov, Senior Lecturer, Department of Heat, Gas and Water Supply; karpovdf@vogu35.ru; ORCID 0000-0002-3522-9302

Tatiana V. Sazonova, Senior Lecturer, Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics; ingraf@spbgasu.ru; tatyana10zaikina@yandex.ru

Конфликт интересов/Conflict of interest.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare that there are no conflicts of interests.

Поступила в редакцию/Received 11.05.2025

Одобрена после рецензирования/Revised 01.06.2025

Принята в печать/Accepted for publication 15.06.2025.