

УДК 697.952

Сайфутдинова А.М. – ассистент

E-mail: adelyasaif@rambler.ru

Куприянов В.Н. – доктор технических наук, профессор

E-mail: kuprivan@kgasu.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

Адрес организации: 4200043, Россия, г. Казань, ул. Зеленая, д. 1

Качественные характеристики воздухообмена жилых помещений и их зависимость от объемно-планировочных и конструктивных решений зданий

Аннотация

В статье приведен анализ состояния воздушной среды в современных жилых зданиях, а также существующего нормативного подхода к проектированию естественной вентиляции и организации воздухообмена жилых зданий массовых серий.

С использованием CFD моделирования произведена количественная оценка характеристик естественного воздухообмена на примере четырех типов трехкомнатных квартир массовых серий. По результатам расчетов установлено влияние объемно-планировочных и конструктивных решений квартир на параметры воздухообмена.

Ключевые слова: жилые здания, естественный воздухообмен, кратность воздухообмена, объемно-планировочные решения, санитарно-гигиенические требования.

Воздушная среда помещений зданий является важнейшей категорией их санитарно-гигиенического благополучия. По данным Всемирной организации здравоохранения, треть вновь строящихся или реконструируемых зданий содержит загрязненный воздух. Растет число людей, страдающих от «синдрома больного здания» (Sick building syndrome), признаками которого являются заложенность носа, насморк, раздражение глаз, сухость кожи, головная боль, кашель и усталость [1].

Среди всех видов зданий жилые здания занимают особое место, потому что в них человек проводит до 70 % времени. Воздушная среда жилых помещений также подвержена множественным загрязнениям: от деятельности человека (только при выдохе выделяется более 100 токсичных соединений – антропотоксиков), от выделений химических веществ из строительных материалов (фенол, формальдегид, стирол, ацетон, хлористый винил и др.), радона, выделяющегося из земли под зданием, и т.п. – в результате этих воздействий воздух жилых помещений оказывается в 4-5 раз более загрязненным, чем атмосферный воздух [2].

Действующие нормативные документы по проектированию вентиляции в жилых домах массовых серий [3, 4] рекомендуют в квартирах устройство естественной вытяжной канальной вентиляции с расположением вентканалов в «грязных» помещениях квартиры (кухня, санузлы). При этом расчет естественной вентиляции сводится к определению достаточности величины избыточного напора (только теплового при температуре наружного воздуха +5 °C, без учета действия ветра) для удаления нормативного расхода воздуха. А нормативный воздухообмен определяют в виде количественных величин – кратности (1/ч), либо в виде расхода на единицу объема ($m^3/\text{ч}$).

Для того чтобы в помещениях проходила смена воздуха, необходимо обеспечить постоянный приток. В жилых домах массовых серий с естественной вытяжной вентиляцией приток свежего воздуха осуществляется неорганизованно за счет воздухопроницаемости оконных конструкций. Удорожание теплоносителей привело к повышению герметичности окон. Так, их воздухопроницаемость в 1971 году составляла 18 кг/($m^2 \cdot \text{ч}$), в 1979 году – 10 кг/($m^2 \cdot \text{ч}$), в 1998 году – 5 кг/($m^2 \cdot \text{ч}$). Современные квартиры превратились в герметичные «газовые» камеры [5]. Частым последствием применения герметичных окон стало выпадение конденсата и появление плесени на ограждающих частях зданий. Без притока нет и вытяжки, поэтому устройство вентканалов в квартирах еще не является гарантией должной вентиляции.

В результате аналитических исследований установлен перечень показателей, определяющих качество воздухообмена:

- кратность воздухообмена;
- скорость воздушных потоков в обслуживаемой зоне помещений квартиры;
- продолжительность смены воздуха в помещениях;
- перетекание воздушных потоков из «грязных» помещений в жилые комнаты.

В работе [6] показано, что за счет современных оконных конструкций с воздухопроницаемостью $G_n = 17 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при $\Delta P_0 = 100 \text{ Па}$ в типовых квартирах можно добиться максимальной кратности воздухообмена лишь $n = 0,43\text{-}0,47$ даже с учетом действия ветрового напора, тогда как для обеспечения санитарно-гигиенических требований необходима одинарная кратность.

В данной работе приведены исследования количественных показателей качественных характеристик воздухообмена жилых помещений на примере четырех типов трехкомнатных квартир массовых серий. Исследования проведены на основе численного моделирования с использованием программных продуктов ANSYS – FLUENT и GAMBIT. В табл. приведены некоторые параметры моделей квартир.

Таблица
Параметры исследуемых моделей трехкомнатных квартир

Модель	План квартиры	Площадь, м ²	Объем, м ³	Расход приточного воздуха ч/з типовые окна, м ³ /ч	Расход приточного воздуха при $n = 1$, м ³ /ч	Расход приточного воздуха при $n = 1,5$, м ³ /ч
3o_13		74,16	199,95	91,36 $n = 0,46$	199,95	299,93
3d_12		74,88	201,9	88,46 $n = 0,44$	201,9	302,85
3d_11		74,72	201,46	87,01 $n = 0,43$	201,46	302,19
3d_21		75,70	204,11	87,01 $n = 0,43$	204,11	306,17

Шифр модели квартир:

- первая цифра – количество жилых комнат;
- буква – ориентация окон; о – односторонняя, д – двусторонняя;
- вторая цифра – количество зон с вентканалами;
- третья цифра – количество жилых комнат, ориентированных на наветренную сторону.

В качестве расчетных параметров приняты результаты, полученные в [6]: тепловой напор $\Delta P_t = 43,76$ Па, ветровой напор $\Delta P_{\text{вн}} = 46,24$ Па, $\Delta P_{\text{заб}} = 41,90$ Па. Этаж расположения квартир – первый. Окна односторонней квартиры ориентированы на наветренную сторону для максимального улавливания ветрового напора. Двусторонние квартиры ориентированы таким образом, чтобы окна кухонь выходили на заветренную сторону для обеспечения дополнительного подпора из жилых комнат с наветренной стороны. Увеличенная кратность воздухообмена достигается за счет увеличения воздухопроницаемости оконных конструкций жилых комнат.

При анализе результатов расчета следует принимать во внимание санитарно-гигиенические требования к параметрам воздухообмена – скорость потоков 0,2-0,3 м/с, время пребывания воздуха в зоне обслуживания не более 3600 секунд, что соответствует одному часу.

Результаты расчетов всех типов квартир при различной кратности воздухообмена показали, что скорости воздушных потоков в обслуживаемой зоне помещений лежат в нормативных пределах (0,02-0,3 м/с), даже при увеличении притока до $n = 1,5$.

Расчеты времени пребывания воздуха в помещениях квартиры (рис. 1) показали, что наибольшее влияние на этот параметр имеет кратность воздухообмена, нежели дальность расположения помещения от зоны с вентканалами. В комнатах, больших по площади, даже если они расположены ближе к вентканалам, время смены воздуха больше, чем в меньших по объему помещениях. При кратности воздухообмена $n = 0,43$ - $0,46$ время пребывания воздуха во всех помещениях больше 1 часа (5700-6380 секунд) (рис. 1, а). При увеличении кратности воздухообмена до $n = 1$ резко уменьшается время смены воздуха в помещениях – оно не превышает 1 часа (2000-2740 секунд) (рис. 1 б). При дальнейшем увеличении притока свежего воздуха до $n = 1,5$ время смены воздуха продолжает уменьшаться (1320-1850 секунд) (рис. 1 в).

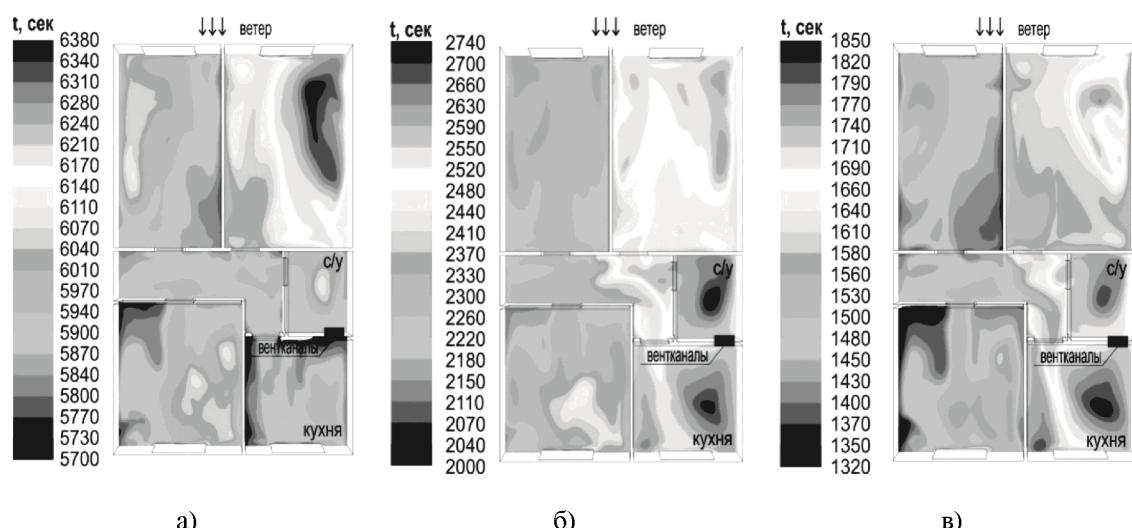


Рис. 1. Поля времени пребывания воздуха в трехкомнатной квартире 3d_12 в горизонтальном сечении на отметке 1,2 м от уровня пола при кратности воздухообмена $n=0,44$ (а), при кратности воздухообмена $n=1$ (б) и при кратности воздухообмена $n=1,5$ (в)

На рис. 2 показано влияние кратности воздухообмена на траектории движения воздушных потоков из кухни трехкомнатной квартиры 3d_11. Здесь видно, что с увеличением количества приточного воздуха снижается интенсивность перетекания воздушных потоков из кухни в жилые комнаты.

На рис. 3 представлена визуализация траекторий движения воздушных потоков из окна кухни при различных объемно-планировочных решениях квартир, но при одинаковой кратности воздухообмена $n = 1$.

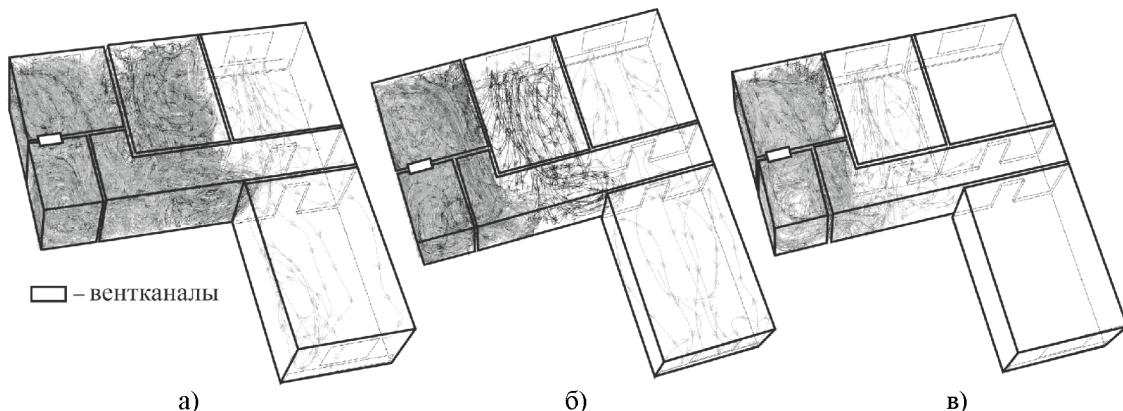


Рис. 2. Траектории движения воздушных потоков из окна кухни в трехкомнатной квартире 3d_11 при различной кратности воздухообмена: а) $n = 0,44$; б) $n = 1$; в) $n = 1,5$

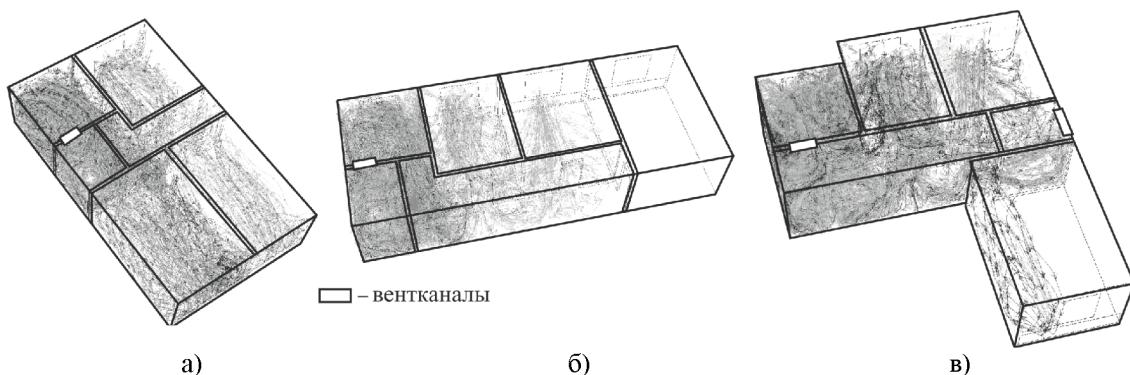


Рис. 3. Траектории движения воздушных потоков из окна кухни в трехкомнатных квартирах при кратности воздухообмена $n = 1$: а) квартира 3d_12; б) квартира 3o_13; в) квартира 3d_21

Видно, что в квартире 3d_12 с более компактным планировочным решением потоки воздуха из кухни интенсивнее перетекают в жилые комнаты (рис. 3 а), нежели в квартире 3o_13 с более протяженным планировочным решением (рис. 3 б). В квартирах же со схожим планировочным решением (рис. 2 б и рис. 3 в), но отличающихся расположением вентканалов в объеме квартиры, потоков воздуха больше в той из них, где вентканалы разнесены по разным участкам квартиры. Также можно отметить, что в жилых комнатах с наветренной стороны потоков воздуха из кухни меньше, чем в жилых комнатах, ориентированных на заветренную сторону.

Результаты расчетов показали, что при существующих конструктивных решениях окон в жилых домах массовой застройки воздухообмен квартир не соответствует санитарно-гигиенической норме: кратность воздухообмена 0,43-0,46; во всех помещениях время смены воздуха превышает 1 час (3600 с); по всем типам квартир отмечено перетекание воздуха из «грязных» помещений (кухня, санузел) в чистые (жилые комнаты). В допустимой норме остаются только скорости воздушных потоков в квартирах (0,02-0,27 м/с).

При увеличении притока свежего воздуха до $n = 1$ параметры воздухообмена изменяются в лучшую сторону. При сохранении скоростей воздушных потоков (0,02-0,27 м/с) снижается перетекание воздушных потоков из «грязных» помещений в жилые комнаты и уменьшается до нормативных значений время пребывания воздуха в обслуживаемой зоне помещений.

При дальнейшем увеличении притока свежего воздуха до $n = 1,5$ продолжается улучшение параметров качества воздухообмена.

На условия перетекания воздушных потоков из «грязных» помещений в чистые жилые влияют такие конструктивные и объемно-планировочные особенности квартир, как:

- кратность воздухообмена – чем больше приток свежего воздуха в жилые помещения, тем меньше потоки воздуха из кухни распространяются в них;

- протяженность квартиры – чем дальше комнаты расположены от кухни, тем меньше потоков воздуха из кухни в них;

- количество зон с вентканалами – в квартирах, где вентканалы разнесены по разным зонам квартиры, потоки воздуха из кухни сильнее распространяются по жилым помещениям.

Результаты расчета еще раз подтвердили тот факт, что действующая нормативная база по проектированию естественной вентиляции не обеспечивает санитарно-гигиенические требования к воздухообмену помещений. Одной из причин этого является всеобщая борьба за энергосбережения, породившая избыточно герметичные оконные конструкции.

Список библиографических ссылок

1. Табунщиков Ю.А. Экологическая безопасность жилища // АВОК, 2007, № 4. – С. 4-7.
2. Куприянов В.Н. Строительная климатология и физика среды: Учебное пособие. – Казань: КГАСУ, 2007. – 114 с.
3. СП 60.13330.2012 Отопление, вентиляция и кондиционирование. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003 – М., 2012. – 75 с.
4. ТР АВОК-4-2004. Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах многоэтажного жилого дома. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2004. – 32 с.
5. Старшов А. Каким воздухом дышать в квартире // Строительная газета, 2008, № 17.
6. Куприянов В.Н., Сайфутдинова А.М. Статистический анализ годового хода располагаемого напора для оценки естественного воздухообмена жилых помещений // Известия КГАСУ, 2013, № 23. – С. 109-119.

Sayfutdinova A.M. – assistant

E-mail: adelyasaif@rambler.ru

Kupriyanov V.N. – doctor of technical sciences, professor

E-mail: kuprivan@kgasu.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

The organization address: 4200043, Russia, Kazan, Zelenaya st., 1

Qualitative characteristics of air exchange of premises and their dependence on space-planning and constructive solutions of buildings

Resume

The air environment of modern residential buildings is subject to a huge number of polluting influences. As a result of it internal air of premises is at 4-5 times more polluted, than atmospheric, the number of the people suffering from a syndrome of the sick building grows.

For providing sanitary and hygienic requirements in apartments natural ventilation without the organized inflow is provided. Existing standard approach to design of natural ventilation is reduced to determination of sufficiency of size of an excess pressure for removal of settlement amount of air only at a certain temperature of external air $+5^{\circ}\text{C}$ without wind action. Other processes of natural air exchange in apartments in other season remain not captured.

In the real work the indicators defining quality of air exchange are revealed:

- frequency rate of air exchange;
- speed of air streams in a served zone of rooms of the apartment;
- duration of change of air in rooms;
- overflowing of air streams from «dirty» rooms in living rooms.

By means of modeling CFD on the example of four types of three-room apartments of mass series quantitative indices of qualitative characteristics of air exchange of premises are investigated. Dependences of these indicators on space-planning and constructive solutions of apartments are established.

Keywords: residential buildings, natural air exchange, frequency rate of air exchange, space-planning solutions, sanitary and hygienic requirements.

Reference list

1. Tabunshikov Yu.A. Ecological safety of the dwelling // AVOK, 2007, № 4. – P. 4-7.
2. Kupriyanov V.N. Construction climatology and physics of the environment: Manual. – Kazan: KGASU, 2007. – 114 p.
3. SP 60.13330.2012 Heating, ventilation and conditioning. The staticized edition of SNiP 41-01-2003. – M, 2012. – 75 p.
4. TR AVOK-4-2004, Technical recommendations about the air exchange organization in apartments of a multistoried house. – M.: AVOK-PRESS, 2004. – 32 p.
5. Starshov A. What air to breathe in the apartment // Stroitelnaya gazeta, 2008, № 17.
6. Kupriyanov V.N., Sayfutdinova A.M. Statistical analysis of an annual course of an overpressure for an assessment of natural air exchange of premises // News of the KSUAE, 2013, № 23. – P. 109-119.