

УДК: 693.9.699

ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАСТИЛАЮЩЕГО ВЕТРА НА ИНФИЛЬТРАЦИЮ ВОЗДУХА ЧЕРЕЗ ОКНА ЗДАНИЙ

*доцент, PhD. Б.Б. Хасанов,
маг. А.А. Каримова
(ТАСИ)*

В этой статье приведены результаты проведённого численного исследования влияния параметров настилающего ветра на инфильтрацию воздуха через окна зданий башенного типа. Полученные данные позволяют сделать выводы о пределах влияния ветра на процессы инфильтрации в зданиях башенного типа.

Ushbu maqolada shamol parametrlarini yotqizish minora tipidagi binolarning derazalari orqali havo infiltratsiyasiga ta'sirini raqamli o'rganish natijalari keltirilgan. Olingan ma'lumotlar shamolning minora tipidagi binolarda infiltratsiya jarayonlariga ta'siri chegaralari haqida xulosa chiqarish imkonini beradi.

This article presents the results of a numerical study of the effect of laying wind parameters on air infiltration through the windows of tower-type buildings. The data obtained allow us to draw conclusions about the limits of the influence of wind on infiltration processes in tower-type buildings.

Ключевые слова: *зданиях башенного типа, расчеты воздушного режима, системы уравнений, математическая модель, расположение окон.*

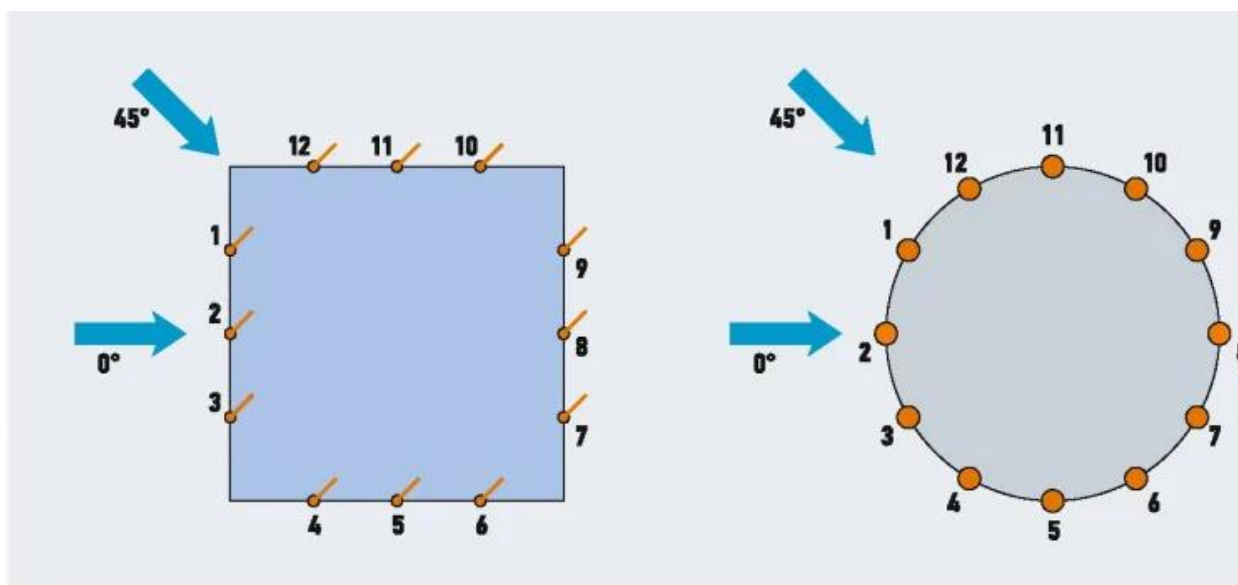
В Узбекистане тоже проводятся методы расчётов инфильтрационной составляющей воздушного режима зданий можно разделить на инженерные «ручные» [1, 2] и инженерные автоматизированные, когда решается систем уравнений воздушных балансов всех помещений здания на ЭВМ [2-5]. Для данных целей был написан программный код для ЭВМ, реализующий математическую модель воздушного режима здания при заданных параметрах вентиляции, а также средствами численного моделирования в программной среде STAR-CCM+ получены распределения ветрового давления для различных случаев формы здания и параметров ветра, которые использовались как входные данные для расчёта воздушного режима здания на ЭВМ.

Последние являются более точными, так как могут учитывать одновременно множество процессов. Математическая модель воздушного

режима здания в перечисленных работах [2-5] в своей основе является неизменной. Одной из причин выбора послужил тот факт, что данная математическая модель была верифицирована при использовании данных натуральных замеров по некоторым административным зданиям. Данная математическая модель представлена системой уравнений (1).

Следует отметить, что ни в одной работе при расчёте инфильтрационной составляющей воздушного режима во внимания не рассматривались случаи, когда, по сути, варьировалось направление ветра. В лучшем случае направлений ветра было два: «в узкую сторону» и «в широкую сторону». И если одно из направлений обозначить за 0° , а другое за 90° , то направления, отличные от 0° и 90° , не рассматривались.

В данной работе представлены некоторые результаты начальной стадии исследований, восполняющие перечисленные пробелы.



❖ Рис. 1. Места расположения окон на периметрах башен

Постановка задачи

Рассматривается задача определения инфильтрационных расходов в зданиях башенного типа при варьируемых параметрах внешнего ветра. Рассматриваются здания квадратного и круглого сечений в плане. Для зданий являются общими следующие параметры: высота башен 120 м, этажность — 40, по плану типового этажа здания на этаж приходится 12 квартир. Окна в каждой квартире выходят на одну сторону. Каждая квартира на этаже характеризуется окном площадью $A_{\text{ок}} = 10 \text{ м}^2$, а также площадью выходной двери из квартиры $A_{\text{дв}} = 2 \text{ м}^2$. Принимается, что в рассматриваемом здании каждая

квартира имеет идентичные по суммарной площади окна и одинаковые по площади входные двери. Для каждой квартиры здания назначаются сопротивление воздухопроницанию окна $R_{u\text{ок}} = 1 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ при $\Delta p = 10 \text{ Па}$ и сопротивление воздухопроницанию двери $R_{u\text{дв}} = 0,5 \text{ м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$ при $\Delta p = 10 \text{ Па}$.

На рис. 1 представлены точки центров окон квартир первого этажа на фасадах башен двух типов, которые рассматриваются в работе.

По высоте центры окон расположены на уровнях середин этажей. Высота окон первого этажа 1,5 м, 40-го — 118,5 м. Для нахождения расходов через окна и двери квартир решается система уравнений (1):

$$\begin{cases} P_{\text{ни}} = P_{0j} + \sqrt[3]{R_{u\text{ок}} \frac{G_{\text{ок}i}}{A_{\text{ок}}} \text{sign}(G_{\text{ок}i}) +} \\ \quad + \left(R_{u\text{дв}} \frac{G_{\text{дв}i}}{A_{\text{дв}}} \right)^2 \text{sign}(G_{\text{дв}i}), \\ G_{\text{ок}i} = G_{\text{дв}i} + \Delta G_{\text{п}i}, \\ \sum_{i=1}^N (G_{\text{дв}i}) = \sum_{j=1}^M (\Delta G_{kj}), \end{cases} \quad (1)$$

где P_{0j} — давление воздуха в коридоре j -го этажа, Па; $P_{\text{ни}}$ — внешнее давление на окно i -го помещения; $A_{\text{ок}}$ и $A_{\text{дв}}$ — площадь окон и дверей i -го помещения, м^2 ; $R_{u\text{ок}}$ и $R_{u\text{дв}}$ — сопротивления воздухопроницанию окон и дверей, $\text{м}^2 \cdot \text{ч}/\text{кг}$; $G_{\text{ок}i}$ и $G_{\text{дв}i}$ — расходы воздуха в окнах и дверях i -го помещения, $\text{кг}/\text{ч}$; $\Delta G_{\text{п}i}$ — дисбаланс притока/вытяжки по i -му помещению, $\text{кг}/\text{ч}$; ΔG_{kj} — дисбаланс притока/вытяжки по j -му коридору, $\text{кг}/\text{ч}$.

Внешнее давление $P_{\text{ни}}$ на окно i -го помещения состоит из суммы гравитационного и ветрового давлений, действующих на окно:

$$\begin{aligned} P_{\text{ни}} &= P_{gi} + P_{vi} = \\ &= c_p \rho_n \frac{v_i^2}{2} + (\rho_n - \rho_v) g (H - z_i), \end{aligned} \quad (2)$$

где c_p — аэродинамический коэффициент ветрового давления; ρ_n и ρ_v — плотности снаружи и внутри помещения, $\text{кг}/\text{м}^3$; g — ускорение свободного падения, $\text{м}^2/\text{с}$; z_i — высота i -го окна, м; H — высота здания, м.

В большинстве случаев давление в поэтажных коридорах может быть принято равным давлению в лестнично-лифтовом узле на том же уровне. Поскольку двери из коридоров в лестничную клетку и лифтовые холлы обычно приоткрыты.

В данной работе рассматривается случай, когда в здании работает механическая вентиляция с нулевым дисбалансом притока/вытяжки по каждому помещению ($\Delta G_{\text{п}i} = 0$) и суммарная вытяжка по коридору также равна нулю:

$$\sum_{j=1}^M (\Delta G_{kj}) = 0.$$

В большинстве случаев давление в поэтажных коридорах может быть принято равным давлению в лестнично-лифтовом узле на том же уровне. Это объясняется тем, что двери из коридоров в лестничную клетку и лифтовые холлы обычно приоткрыты, большой проводимостью обладают лифтовые двери, коэффициент сопротивления воздухопроницанию которых в 1000 раз меньше, чем у дверей помещений. Поэтому при принятом расчёте наружного гравитационного давления в коридорах на всех этажах зададимся постоянным давлением p_0 на каждом этаже.

С учётом всех допущений система решаемых уравнений примет вид:

$$\begin{cases} P_{\text{н}i} = P_{0j} + \sqrt[3]{R_{\text{иок}} \frac{G_{\text{ок}i}}{A_{\text{ок}}} \text{sign}(G_{\text{ок}i})} + \\ + \left(R_{\text{идв}} \frac{G_{\text{дв}i}}{A_{\text{дв}}} \right)^2 \text{sign}(G_{\text{дв}i}), \\ G_{\text{ок}i} = G_{\text{дв}i}, \\ \sum_{i=1}^N (G_{\text{дв}i}) = 0. \end{cases} \quad (3)$$

Рассматриваются шесть расчётных случаев для определения инфильтрационных расходов.

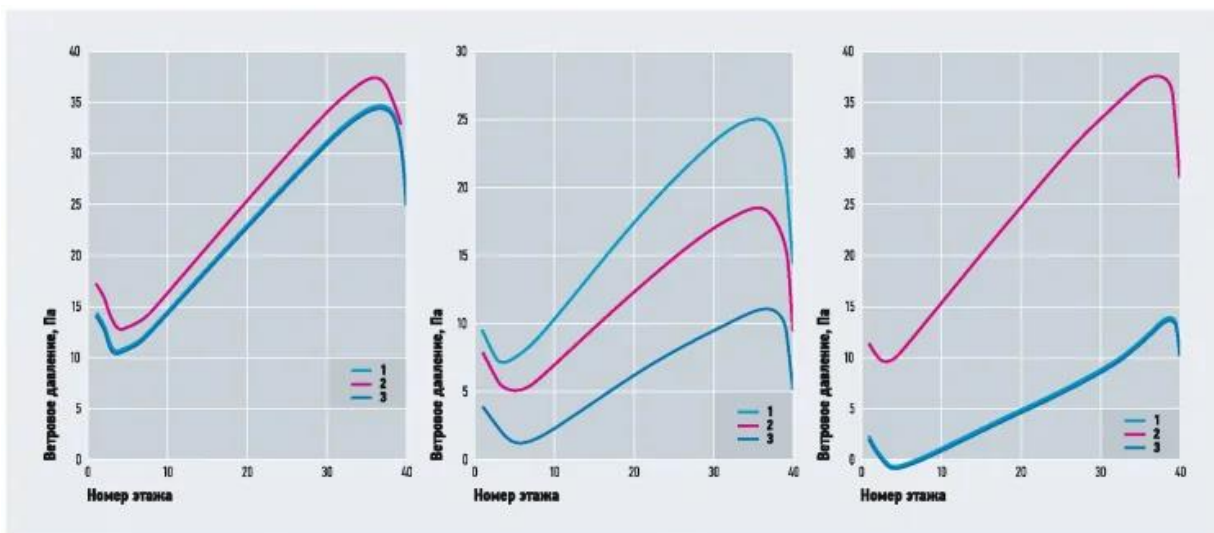


Рис. 2. Ветровое давление (по этажам для квартир по вертикальным рядам 1, 2, 3)

Ветровое давление p_v для всех расчётных случаев было получено при помощи численного моделирования в программном пакете гидрогазодинамического анализа STAR-CCM+. Для задания скорости обтекания использовался закон:

$$U(z) = U_0 \left(\frac{z}{10} \right)^n \quad (4)$$

При $U_0 = 3$ м/с $n = 0,4$, при $U_0 = 9$ м/с $n = 0,1$. На рис. 2 приведены картины распрямления ветрового давления при скорости ветра $U_0 = 3$ м/с для вариантов 1, 2, 5. Направления ветра относительно расположения башни показаны на рис. 1.

Полученные результаты

Представлено распределение инфильтрационных расходов для квартир вертикальных рядов 1, 2, 3 (рис. 3, вертикальный ряд 1 — первая квартира и все квартиры над первой по вертикали согласно рис. 1). Расход воздуха считается положительным при движении воздуха из помещения наружу и из коридора в помещение, поэтому инфильтрационные расходы со знаком «минус».

Несмотря на то, что расходы через окна вдоль вертикальных рядов (квартир) 1-12 имеют разные распределения расхода через окна, суммарный инфильтрационный расход по всему зданию для вариантов 1, 2, 5 отличается не более 5 % друг от друга.

Представлено распределение инфильтрационных расходов для квартир вертикальных рядов 1, 2, 3 (рис. 3, вертикальный ряд 1 — первая квартира и все квартиры над первой по вертикали согласно рис. 1). Расход воздуха считается положительным при движении воздуха из помещения наружу и из коридора в помещение, поэтому инфильтрационные расходы со знаком «минус».

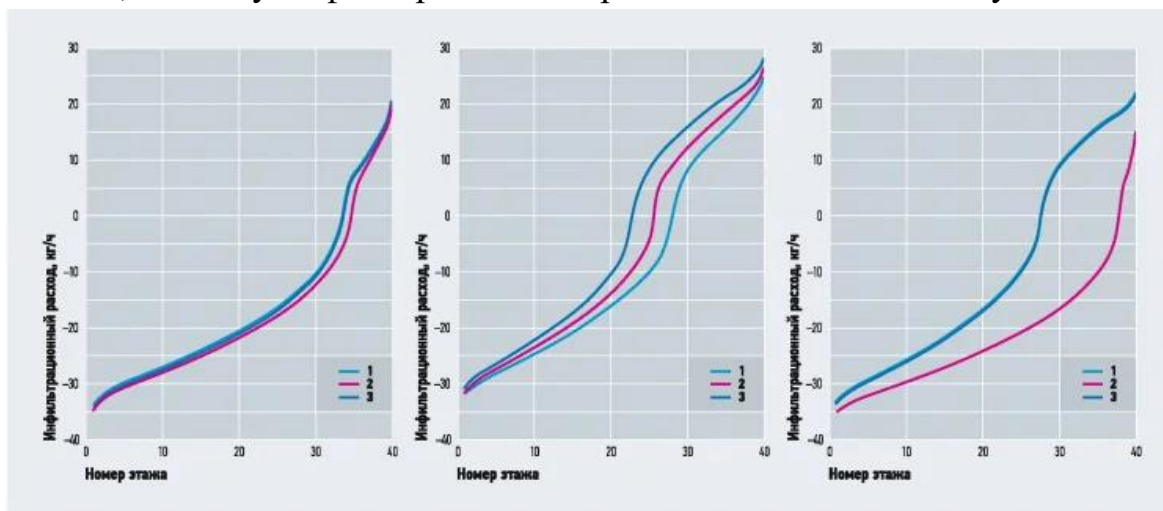


Рис. 3. Ветровое давление (по этажам для квартир по вертикальным рядам 1, 2, 3)

Также следует сказать о том, что инфильтрационный суммарный расход при отсутствии ветра составляет 4657 кг/ч. Анализируя данные табл. 2 с учётом значения инфильтрационного расхода при отсутствии ветра, можно заключить, что при скорости ветра 3 м/с (на уровне 10 м) практически нет вклада ветрового давления в инфильтрацию воздуха через окна.

Разница в форме башни при одинаковой площади суммарной площади окон практически не влияет на суммарный инфильтрационный расход.

При скорости 9 м/с ветровое давление уже вносит вклад в инфильтрацию воздуха через окна. При таких скоростях важно учитывать при расчёте инфильтрации направление ветра и форму здания, задаваясь необходимым распределением аэродинамического коэффициента давления c_p из эксперимента или численных расчётов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ходжаев С.А., Хасанов Б.Б. Особенности обеспечения теплотехнических показателей ограждающих конструкций энергоэффективных зданий в климатических условиях. // Журнал. Узбекистан// Архитектура и строительство Узбекистана. №6/ 2020.
2. Китайцева Е.Х. Обобщённые методы расчёта воздушного режима здания и факторов, влияющих на качество внутреннего воздуха: Дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. — М.: МГСУ, 1995.
3. Романовская И.А. Исследование воздушного режима помещений с кондиционированием воздуха // Водоснабжение и санитарная техника, №10/1982.
4. Светлов К.С. Исследование воздухообмена в зданиях с использованием ЭВМ: Дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. — М.: МИСИ, 1986.
5. Требуков С.С. Организация воздушного режима многоэтажных общественных зданий: Дисс. на соиск. уч. ст. к.т.н. — М.: МИСИ, 1987.