

УДК 697.952

Куприянов В.Н. – доктор технических наук, профессор

E-mail: kuprivan@kgasu.ru

Сайфутдинова А.М. – ассистент

E-mail: adelyasaif@rambler.ru

Казанский государственный архитектурно-строительный университет

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

Статистический анализ годового хода располагаемого напора для оценки естественного воздухообмена жилых помещений

Аннотация

В работе выполнен статистический анализ годового хода температуры наружного воздуха, скорости и направления ветра с точки зрения выявления реальной величины располагаемого напора для каждого месяца года для целей естественного воздухообмена жилых помещений. Приведен пример расчета годового хода располагаемого напора с учетом обоих побудителей естественного воздухообмена, а также определены реальные объемы приточного воздуха в жилые помещения.

Ключевые слова: температура воздуха, скорость ветра, направление ветра, располагаемый напор, естественный воздухообмен.

В соответствии с нормативными документами [1, 2] воздухообмен в жилых зданиях массовых серий организуется посредством естественной вытяжной канальной вентиляции. В качестве располагаемого напора, то есть побудителя естественной вентиляции, нормы учитывают только гравитационное давление (или тепловой напор), которое определяется разностью температур наружного и внутреннего воздуха. В этих расчетах принимают температуру внутреннего воздуха в помещениях (t_e) как нормативное значение для холодного периода года, а температуру наружного воздуха (t_n) принимают постоянной для всех сезонов года и равной $+5^\circ\text{C}$.

Ветер и ветровой напор, как побудитель естественного воздухообмена, действующие нормы не рассматривают. Хотя известно [3], что для условий Казани 83-94 % продолжительности года ветровой напор не просто присутствует, но и влияет на воздухообмен помещений (продолжительность штилей в Казани составляет 6-17 %). Многие ученые считают, что скорость и направление ветра оказывают более сильное воздействие на естественный воздухообмен зданий, нежели температура наружного воздуха [4]. По данным [5], при скорости ветра 4 м/с можно добиться 1,5 кратности воздухообмена (не учитывая тепловой напор).

В смежных нормативных документах по расчету воздухопроницаемости ограждающих конструкций и отопления зданий [1, 2, 6-13] скорость ветра учитывается наряду с температурой воздуха, что представлено в табл. 1.

Таким образом, для получения реальных значений годового хода располагаемого напора и реальных параметров естественного воздухообмена следует учитывать как тепловой, так и ветровой напоры.

Величина теплового напора (ΔP_t) зависит от разности плотностей или удельных весов наружного (ρ_n или γ_n) и внутреннего (ρ_e или γ_e) воздуха и расстояния от центра приточного отверстия до устья вытяжной шахты (h):

$$\Delta P_t = hg(\rho_n - \rho_e), \text{ Па}, \quad (1)$$

$$\Delta P_t = h(\gamma_n - \gamma_e), \text{ Па}, \quad (2)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 .

Для оценки изменчивости теплового напора в течение года необходим статистический анализ температуры наружного воздуха.

Ветровой напор, или давление ветра на здание (ΔP_v), представляет собой произведение скоростного напора ($\rho_n v^2/2$) на аэродинамический коэффициент (k):

$$\Delta P_v = k \frac{\rho_n v^2}{2}, \text{ Па,} \quad (3)$$

где v – скорость ветра, м/с.

Изменчивыми параметрами в этой формуле являются плотность воздуха ρ_n , которая зависит от температуры наружного воздуха t_n , скорость и направление ветра v , а также аэродинамический коэффициент k , который зависит от формы здания, его параметров и угла между направлением ветрового потока и плоскостью фасада.

Таблица 1

Сравнительные характеристики учета природно-климатических условий местности, регламентируемые строительными нормативными документами для учета различных тепло-воздухообменных процессов в помещении

Тип расчета	Нормативный документ	Температура наружного воздуха, °С	Скорость ветра, м/с
Естественная вентиляция	– СНиП 2.08.01-89* «Жилые здания», 1999 г. [6]; – Справочное пособие к СНиП 2.08.01-89 «Отопление и вентиляция жилых зданий», 1990 г. [7]; – СНиП 31-01-2003 «Здания жилые многоквартирные», 2003 г. [1]; – СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование», 2000 г. [8]; – СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», 2004 г. [2]; – ТР АВОК-4-2004 «Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах многоэтажного жилого дома», 2004 г. [9]; – СТО НП «АВОК» 2.1-2008 «Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена», 2008 г. [10]	+5	–
Расчет воздухопроницаемости	– СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий», 2004 г. [11]; – СП 23-101-2004 «Проектирование тепловой защиты зданий», 2004 г. [12]	-32	5,7
	– СНиП П-3-79* «Строительная теплотехника», 1995 г. [13]	-32	5,7; для типовых проектов 5
Расход инфильтрующегося воздуха при проектировании систем отопления	СНиП 2.04.05-91* «Отопление, вентиляция и кондиционирование», 2000 г. [8]	теплый (А/Б) 22,8/27,3 холодный (А/Б) -18/-32	теплый 3,8 холодный 4
	СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование», 2004 г. [2]	теплый (А/Б) 23,5/27,2 холодный (А/Б) -18/-32	теплый 3,8 холодный 5,7

1. Температура наружного воздуха. Тепловой напор.

Нормативные документы распространяют величину теплового напора, определенную при $t_n = +5$ °С, на весь год, хотя из метеорологической информации известно, что эта

температура устойчиво сохраняется две-три недели. Например, для Казани, согласно [3], 194 дня (53 %) температура наружного воздуха ниже +5 °С, 37 дней в году температура наружного воздуха поднимается выше нормативных значений для жилых помещений.

Из этого следует, что одно значение расчетной температуры наружного воздуха для всех сезонов года не дает реальную характеристику естественного воздухообмена.

Температура наружного воздуха имеет ярко выраженные колебания суточного и годового циклов. Амплитуда суточных колебаний, например, для Казани, согласно [3], может изменяться от 5,2 до 11,9 °С в зависимости от месяца. Годовой ход среднемесячных температур изменяется от -13,5 °С в январе до +19,1 °С в июле.

Анализ годового хода температур наружного воздуха и зависимости располагаемого напора от этой температуры привел к необходимости введения ежемесячных расчетов располагаемого напора по среднемесячным значениям температур наружного воздуха. Такие расчеты для Казани представлены в табл. 2.

Таблица 2

Годовой ход температуры наружного воздуха и величины теплового напора для Казани (среднее по месяцам)

Показатели	Месяцы											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
t_n	-13,5	-13,1	-6,5	3,7	12,4	17,0	19,1	17,5	11,2	3,4	-3,8	-10,4
ρ_n	1,360	1,358	1,325	1,276	1,237	1,217	1,208	1,215	1,242	1,277	1,311	1,344
$\rho_n - \rho_e$	0,156	0,154	0,121	0,072	0,033	0,013	0,004	0,011	0,038	0,073	0,107	0,14
$g(\rho_n - \rho_e)$	1,53	1,51	1,187	0,706	0,324	0,128	0,04	0,108	0,373	0,716	1,05	1,373
ΔP_i при $h = 28,6$ м (1 эт.)	43,76	43,19	33,95	20,19	9,27	3,66	1,14	3,09	10,67	20,48	30,03	39,27
ΔP_i при $h = 15$ м (5 эт.)	22,95	22,65	17,81	10,59	4,86	1,92	0,60	1,62	5,59	10,74	15,75	20,59
ΔP_i при $h = 4,3$ м (9 эт.)	6,58	6,49	5,10	3,04	1,39	0,55	0,17	0,46	1,60	3,08	4,51	5,90

В табл. 2 представлены результаты расчета теплового напора для 1, 5 и 9-го этажей девятиэтажного здания, которые будут использованы в дальнейших расчетах. Из табл. 2 видно, что величина теплового напора на первом и девятом этажах различается более чем в 10 раз, а между июлем и январем почти в 40 раз. Эти значения еще раз убеждают в том, что единое значение величины теплового напора $t_n = +5$ °С для всех сезонов года не дает реальной картины воздухообмена.

2. Скорость и направление ветра. Ветровой напор.

Классический анализ ветрового режима по «розе ветров» для решения задач воздухообмена помещений является неполным. Требуется более детальный статистический анализ.

В табл. 3 представлены статистические данные о направлении ветра (в %) по месяцам для условий г. Казани.

По данным таблицы можно видеть четко выраженный годовой ход направлений ветра с вероятностью 16 % и выше. Так, направление ветра меняется от ЮВ и Ю в январе, феврале, через Ю и ЮЗ в марте, апреле, З и СЗ в мае-сентябре и обратно до ЮВ направления в декабре. Графически это представлено на рисунке. Для целей проектирования естественного воздухообмена обратим внимание на тот факт, что большую часть года (8 месяцев) преобладающие ветра имеют направление ЮВ, Ю, ЮЗ. Это означает, что окна жилых комнат, ориентированные в этом направлении для «улавливания ветрового напора», обеспечат усиление воздухообмена.

На рисунке также показано здание широтной ориентации (1) и квартира (2), обращенная к югу. Такое расположение квартиры односторонней ориентации и здания в

целом является наиболее удачным как с точки зрения максимальных ветровых воздействий, так и обеспечения инсоляции жилых помещений.

Таблица 3

Направление ветра в % по месяцам для г. Казани

Месяцы	Румбы							
	С	СВ	В	ЮВ	Ю	ЮЗ	З	СЗ
Январь	9	5	9	18	20	15	14	10
Февраль	12	8	2	22	22	14	10	10
Март	7	4	4	17	24	22	16	6
Апрель	7	6	10	15	18	22	13	9
Май	14	12	12	11	11	12	16	12
Июнь	11	7	10	10	9	15	23	15
Июль	13	12	10	10	11	11	17	16
Август	8	10	13	14	12	12	15	16
Сентябрь	11	5	6	14	15	18	17	14
Октябрь	5	3	2	13	24	23	21	9
Ноябрь	10	3	3	14	18	25	15	12
Декабрь	9	6	7	25	18	16	8	11
Год	9	7	8	14	17	18	15	12

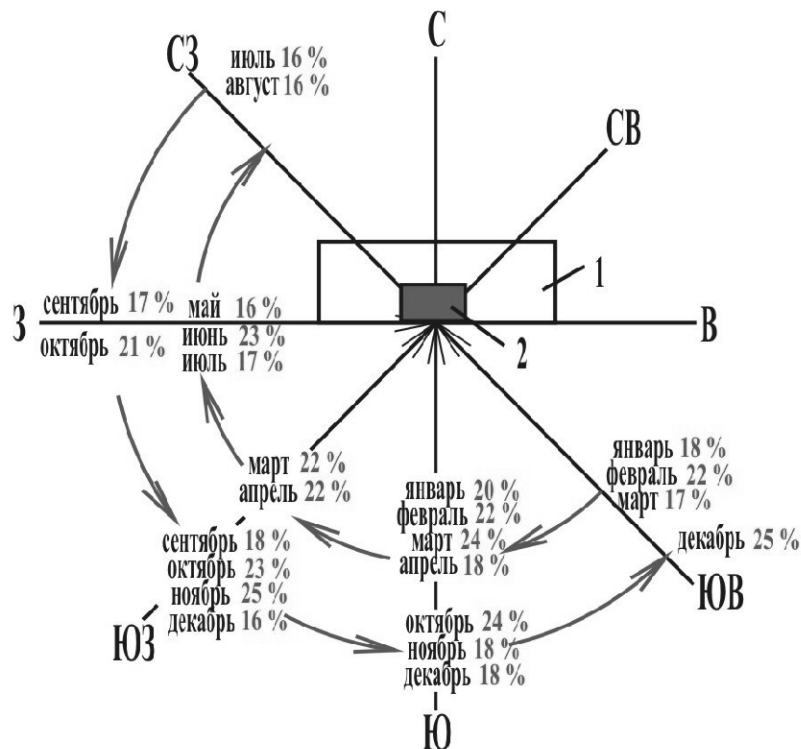


Рис. Годовой ход преобладающих направлений ветра по месяцам для г. Казани:
 1 – здание широтной ориентации; 2 – квартира односторонней ориентации

Следующим важным элементом в оценке ветрового напора является величина расчетной скорости ветра, которая может быть определена из статистических данных по скорости ветра различной величины. В табл. 4 представлены данные по вероятности ветра различной скорости для г. Казани [14].

Из табл. 4 видно, что вероятность ветра различной скорости по месяцам не имеет больших расхождений, в связи с чем без большой ошибки в расчетах можно использовать среднегодовые значения. Среднегодовые значения показывают, что половина года ($26 + 23 = 49\%$) ветер в Казани имеет скорость от 3 до 6 м/с. Очевидно в этом интервале и должна находиться статически обоснованная расчетная скорость ветра. Причем 21 % от продолжительности года (2,5 месяца) скорость ветра превышает 6 м/с, что значительно увеличивает ветровой напор, поскольку в расчетную формулу скорость ветра входит в квадрате (v^2).

Таким образом, 70 % продолжительности года ($49 + 21 = 70\%$) ветровой напор может способствовать процессам воздухообмена.

Таблица 4

Вероятность ветра различной скорости (%)

Скорость, м/с	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
0-2	30	32	26	28	31	34	38	40	31	35	24	24	30
3-4	20	29	25	27	22	26	28	28	23	27	31	25	26
5-6	22	20	22	20	24	23	21	22	25	24	24	30	23
7-8	13	11	15	12	13	12	8	5	12	12	12	12	12
9-10	11	7	8	10	7	4	3	3	6	9	6	7	7
11-14	3	1	3	3	3	1	2	2	2	3	3	2	2
>15	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

Дальнейшее обоснование выбора расчетной скорости ветра проведем на основании анализа вероятностных характеристик ветрового напора при различных скоростях ветра (табл. 5).

Таблица 5

Обоснование расчетной скорости ветра для г. Казани

Скорость ветра, м/с		Ветровой напор $\rho_n \cdot v^2 / 2$, Па*	Вероятность	
Интервалы скоростей (табл. 4)	Расчетное значение v		скорости ветра в году n , выраженная в долях единицы (табл. 4)	суммарного ветрового напора в году при $n \cdot \rho_n \cdot v^2 / 2$
0-2	1	0,64	0,3	0,192
3-4	3,5	7,84	0,26	2,038
5-6	5,5	19,36	0,23	4,453
7-8	7,5	36,0	0,12	4,320
9-10	9,5	57,76	0,07	4,043
11-14	12,5	100,0	0,02	2,000

* в расчетах ρ_n принята средней за год – 1,28 кг/м³

Из табл. 5 видно, что с увеличением скорости ветра растет ветровой напор, но снижается вероятность больших скоростей ветра. Зависимость вероятности суммарного ветрового напора в году от скорости ветра (табл. 5) имеет максимум при скорости 5,5 м/с. Очевидно, эта величина и может быть принята в качестве статически обоснованной расчетной скорости ветра для Казани.

Таким образом, обоснование расчетной скорости ветра позволило получить данные по ветровому напору за каждый месяц года и в среднем за год (табл. 6).

Данные по ветру и ветровому напору, приведенные в табл. 4 и 6, не могут «напрямую» использоваться в расчетах располагаемого напора, они носят ориентировочный характер и требуют корректировки: скорость ветра – корректировки, связанной с высотой здания, а ветровой напор – корректировки, связанной с углом атаки, т.е. с углом между направлением ветра и плоскостью фасада. Следует также учитывать аэродинамические коэффициенты, связанные с формой здания и условиями его обтекания.

Таблица 6

Среднемесячные значения ветрового напора для условий г. Казани

Показатели	Месяцы												Год
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
$t_n, ^\circ\text{C}$	-13,5	-13,1	-6,5	3,7	12,4	17,0	19,1	17,5	11,2	3,4	-3,8	-10,4	3,0
$\rho_n, \text{кг/м}^3$	1,36	1,358	1,325	1,276	1,237	1,217	1,208	1,215	1,242	1,277	1,311	1,344	1,28
$\rho_n \cdot v^2 / 2, \text{Па}$ при $v=5,5$ м/с	20,57	20,54	20,04	19,30	18,71	18,41	18,27	18,38	18,78	19,31	19,83	20,33	19,36

3. Учет типа городской застройки и аэродинамических параметров зданий.

Информация о параметрах ветра, представленная в табл. 3 и 4, относится к высоте флюгера на метеостанциях, т.е. 10-12 м от поверхности земли. Метеостанции расположены, как правило, на открытых участках местности и измеряют скорость ветра в невозмущенном ветровом потоке.

В городской среде воздушные потоки испытывают большие возмущения вследствие взаимодействия со зданиями, сооружениями, зелеными насаждениями и т.д. В результате изменяется как скорость, так и направление ветра, что требует учета при расчетах располагаемого напора.

Анализ работ [4, 15, 16], в которых исследовали закономерности изменения скорости ветра с высотой, показал, что для задач воздухообмена наиболее пригодными оказались рекомендации [16]. В этих рекомендациях закономерности изменения скорости ветра с высотой опираются на характер местности и городской застройки. Рассмотрены три типа территорий: А – открытые побережья морей, озер и водохранилищ, пустыни, степи, лесостепи, тундра; В – городские территории, лесные массивы и другие местности, равномерно покрытые препятствиями высотой более 10 м; С – городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м.

В табл. 7 приведены поправочные коэффициенты к высоте (k_e) для трех типов местности (А, В и С).

Таблица 7

Поправочный коэффициент k_e для расчетной скорости ветра

Высота, м	Коэффициент k_e для типов местности		
	А	В	С
≤ 5	0,75	0,5	0,4
10	1,0	0,65	0,4
20	1,25	0,85	0,55
40	1,5	1,1	0,8
60	1,7	1,3	1,0
80	1,85	1,45	1,15
100	2,0	1,6	1,25
150	2,25	1,9	1,55
200	2,45	2,1	1,8

Из табл. 7 видно, что тип местности влияет на изменение скорости ветра в приземном слое. Так, на высоте 40 м (высота 12-этажного дома) в открытой местности (тип А) скорость ветра в 1,5 раза превышает справочную величину, а в местности типа С скорость ветра на этой высоте составит лишь 80 % от справочной.

Аэродинамический коэффициент k показывает, какая часть кинетической энергии ветра переходит в потенциальную энергию давления при набегании ветрового потока на здание. Жилые здания в подавляющем большинстве случаев имеют форму параллелепипеда, для которого аэродинамические коэффициенты определены. Так, согласно [17]

рекомендуется принимать для наветренной стороны здания $k = +0,8$, для заветренной $k = -0,6$. Эти величины определены для условий, когда ветровой поток направлен под углом 90° к плоскости фасада. Если направление ветрового потока к плоскости фасада отличается от угла 90° , то аэродинамический коэффициент изменяется по закону синуса (4):

$$k_\alpha = k_{90} \cdot \sin \alpha, \quad (4)$$

где α – угол между направлением ветрового потока и плоскостью фасада.

Для сравнения в табл. 8 представлены значения аэродинамического коэффициента k при различных углах α .

Таблица 8

Зависимость аэродинамического коэффициента с наветренной стороны здания в виде параллелепипеда от угла α (расчет по формуле 4)

Угол α , град	90°	80°	70°	60°	50°	45°	40°	30°	20°	10°
$\sin \alpha$	1,0	0,98	0,94	0,87	0,77	0,71	0,64	0,47	0,34	0,17
k_α	0,8	0,784	0,752	0,696	0,616	0,568	0,512	0,400	0,272	0,136

4. Пример расчета годового хода располагаемого напора и расхода приточного воздуха.

В работе [18] рассмотрен воздухообмен в двухкомнатной квартире односторонней ориентации по действующей методике СНиП и показано, что объем воздуха по нормативным требованиям составил $140 \text{ м}^3/\text{ч}$.

В настоящем разделе представлено исследование воздухообмена в этой же квартире с учетом результатов, полученных в разделах 1, 2 и 3, то есть при ежемесячных изменениях теплового и ветрового напоров.

С точки зрения обеспечения нормативной инсоляции жилых комнат в квартире односторонней ориентации она должна быть ориентирована на ЮВ, Ю или ЮЗ. Для исследования воздухообмена в нашей квартире расположим ее в здании широтной ориентации, ориентированной на юг.

В соответствии с рисунком значимое давление ветра на здание проявляется при ЮВ, Ю и ЮЗ ветрах. Для преобладающих ветров для Казани по этим направлениям данные представлены в табл. 9, как фрагмент табл. 3.

В табл. 9 жирным курсивом выделены преобладающие ветры (наибольший процент в месяце) по каждому направлению за каждый месяц. Можно видеть, что в течение года наибольшее значение преобладающих ветров изменяет свое направление (от ЮЗ до ЮВ) без какой-либо системы.

Как же выбрать долю наиболее достоверного значения ветрового напора по каждому направлению за каждый месяц? По-видимому, может быть предложено несколько методов такого выбора. Мы воспользуемся методом, при котором выделяется наибольший процент преобладающего направления в месяц из трех направлений (ЮВ, Ю и ЮЗ). В табл. 9 этот процент отмечен жирным курсивом. Из рис. видно, что ветер каждого направления приходит к фасаду здания южной ориентации под разными углами атаки (углами α), а в соответствии с табл. 8 следует ввести корректировки к величине ветрового давления. Для южных ветров ($\alpha = 90^\circ$ и $\sin \alpha = 1,0$) ветровое давление не снижается – ветровой напор будет максимальным. Для ЮВ и ЮЗ ветров ($\alpha = 45^\circ$ и $\sin \alpha = 0,71$) ветровой напор снижается на величину коэффициента 0,71. Величина $\sin \alpha$ за каждый месяц для рассматриваемого случая приведена в табл. 9.

Таблица 9

Преобладающие ветры ЮВ, Ю и ЮЗ направлений

Месяцы	Направление ветра, %			α , град	$\sin\alpha$
	ЮЗ	Ю	ЮВ		
1	2	3	4	5	6
Январь	15	20	18	90	1,0
Февраль	14	22	22	90	1,0
Март	22	24	17	90	1,0
Апрель	22	18	15	45	0,71
Май	12	11	11	45	0,71
Июнь	15	9	10	45	0,71
Июль	11	11	10	90	1,0
Август	12	12	14	45	0,71
Сентябрь	18	15	14	45	0,71
Октябрь	23	24	13	90	1,0
Ноябрь	25	18	14	45	0,71
Декабрь	16	18	25	45	0,71
Год	18	17	14		

Для исследования изменения воздействия ветрового напора с высотой рассмотрим квартиры на 1, 5 и 9 этажах девятиэтажного здания. В соответствии с табл. 7 введем корректировку на изменение расчетной скорости ветра (5,5 м/с) с высотой путем умножения расчетной скорости v на коэффициент изменения скорости ветра с высотой k_g . Районы жилой застройки зданиями высотой 9 и более этажей относятся к типу местности «С», тогда в соответствии с табл. 7 получим:

– для девятого этажа ($h = 30$ м) $k_g = 0,675$ и $v = 5,5 \cdot 0,675 = 3,7$ м/с;

– для пятого этажа ($h = 15$ м) $k_g = 0,475$ и $v = 5,5 \cdot 0,475 = 2,6$ м/с;

– для первого этажа ($h \leq 5$ м) $k_g = 0,4$ и $v = 5,5 \cdot 0,4 = 2,2$ м/с.

Для рассматриваемых этажей, в соответствии с формулой (3), ветровой напор составит:

– для девятого этажа:

$$\Delta P_v^9 = k_l \frac{\rho_l v^2}{2} = 0,8 \cdot \frac{1,28 \cdot 3,7^2}{2} = 7,05 \text{ Па};$$

– для пятого этажа:

$$\Delta P_v^5 = k_l \frac{\rho_l v^2}{2} = 0,8 \cdot \frac{1,28 \cdot 2,6^2}{2} = 3,46 \text{ Па};$$

– для первого этажа:

$$\Delta P_v^1 = k_l \frac{\rho_l v^2}{2} = 0,8 \cdot \frac{1,28 \cdot 2,2^2}{2} = 2,48 \text{ Па}.$$

В этих расчетах принято: аэродинамический коэффициент $k_l = +0,8$ (с наветренной стороны здания в виде параллелепипеда); плотность наружного воздуха $\rho_n = 1,28$ кг/м³ – как средняя за год (табл. 5).

Таким образом, получены все необходимые данные для оценки величины ветрового напора (с коррекцией по этажности здания и по углу, образованному направлением ветра и плоскостью фасада) и соответственно располагаемого напора ($\Delta P_t + \Delta P_v$) за каждый месяц года, что позволяет оценить воздухообмен (расход приточного воздуха) в рассматриваемой квартире (табл. 10).

Таблица 10

Ежемесячные значения ветрового и теплового напоров и расхода приточного воздуха в рассматриваемой квартире

Месяц	Ветровой напор ΔP_v , Па при $\alpha = 90^\circ$			$\sin \alpha$	$\Delta P_v \cdot \sin \alpha$, Па			Тепловой напор ΔP_t , Па (по табл. 2)			Располагаемый напор, Па $\Delta P = \Delta P_v + \Delta P_t$			Расход приточного воздуха L , м ³ /ч*		
	1 эт.	5 эт.	9 эт.		1 эт.	5 эт.	9 эт.	1 эт.	5 эт.	9 эт.	1 эт.	5 эт.	9 эт.	1 эт.	5 эт.	9 эт.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Январь	2,48	3,46	7,05	1,0	2,48	3,46	7,05	43,76	22,95	6,58	46,24	26,41	13,63	112,41	77,38	49,78
Февраль	2,48	3,46	7,05	1,0	2,48	3,46	7,05	43,19	22,65	6,49	45,67	26,11	13,54	111,48	76,79	49,56
Март	2,48	3,46	7,05	1,0	2,48	3,46	7,05	33,95	17,81	5,10	36,43	21,27	12,15	95,89	66,98	46,11
Апрель	2,48	3,46	7,05	0,71	1,76	2,46	5,01	20,19	10,59	3,04	21,95	13,05	8,05	68,40	48,36	35,05
Май	2,48	3,46	7,05	0,71	1,76	2,46	5,01	9,27	4,86	1,39	11,03	7,32	6,4	43,24	32,89	30,08
Июнь	2,48	3,46	7,05	0,71	1,76	2,46	5,01	3,66	1,92	0,55	5,42	4,38	5,56	26,92	23,36	27,38
Июль	2,48	3,46	7,05	1,0	2,48	3,46	7,05	1,14	0,60	0,17	3,62	4,06	7,18	20,57	22,21	32,47
Август	2,48	3,46	7,05	0,71	1,76	2,46	5,01	3,09	1,62	0,46	4,85	4,08	5,47	25,00	22,28	27,09
Сентябрь	2,48	3,46	7,05	0,71	1,76	2,46	5,01	10,67	5,59	1,60	12,43	8,05	6,61	46,82	35,05	30,73
Октябрь	2,48	3,46	7,05	1,0	2,48	3,46	7,05	20,48	10,74	3,08	22,96	14,20	10,13	70,49	51,17	40,85
Ноябрь	2,48	3,46	7,05	0,71	1,76	2,46	5,01	30,03	15,75	4,51	31,79	18,21	9,52	87,56	60,39	39,19
Декабрь	2,48	3,46	7,05	0,71	1,76	2,46	5,01	39,27	20,59	5,90	41,03	23,05	10,91	103,80	70,67	42,9

* – в расчетах принята воздухопроницаемость оконных конструкций $G_{\text{ок}} = 6 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$ при $\Delta P_0 = 10 \text{ Па}$ и суммарная площадь окон в квартире $6,75 \text{ м}^2$

Заключение и выводы:

1. Для получения реальных значений теплового напора в его годовом ходе требуется использовать в расчетах среднемесячные значения температуры наружного воздуха.

2. Для получения реальных значений ветрового напора в его годовом ходе достаточно иметь одно обоснованное значение расчетной скорости ветра.

3. Доля ветрового напора в располагаемом напоре составляет 6-90 % в зависимости от сезона и этажа здания, что подтверждает необходимость его учета в расчетах естественного воздухообмена жилых помещений.

4. Воздухообмен рассматриваемой квартиры (расход приточного воздуха) даже с включением в располагаемый напор давления ветра не соответствует нормативным требованиям. Он ниже 140 м³/час в любой месяц года и на любом этаже. Следовательно, существующие методы оценки естественного воздухообмена требуют кардинальных совершенствований. В качестве первичных мер можно рекомендовать:

- увеличение нормируемой воздухопроницаемости светопрозрачных конструкций;
- введение обязательной системы дополнительных приточных устройств (приточных клапанов, вентблоков и т.п.) или приточно-вытяжных систем.

Список литературы

1. СНиП 31-01-2003. Здания жилые многоквартирные. – М., 2003. – 22 с.
2. СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М., 2004. – 36 с.
3. Строительная климатология: Справочное пособие к СНиП 23-01-99*/ Под ред. чл.-кор. Савина В.К. – М.: НИИ строительной физики РААСН, 2006. – 258 с.
4. Ливчак И.Ф., Наумов А.Л. Вентиляция многоэтажных жилых зданий. – АВОК-ПРЕСС, 2005. – 136 с.
5. Лицкевич В.К. Жилище и климат. – М.: Стройиздат, 1984. – 288 с., ил.
6. СНиП 2.08.01-89*. Жилые здания. – М., 1999. – 21 с.
7. Справочное пособие к СНиП 2.08.01-89. Отопление и вентиляция жилых зданий. – М., 1990. – 13 с.
8. СНиП 2.04.05-91*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. – М., 1992. – 12 с.
9. ТР АВОК-4-2004. Технические рекомендации по организации воздухообмена в квартирах многоэтажного жилого дома. – М.: АВОК-ПРЕСС, 2004. – 32 с.
10. СТО НП «АВОК» 2.1-2008. Здания жилые и общественные. Нормы воздухообмена. – М., 2008. – 12 с.
11. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М., 2000. – 27 с.
12. СНиП II-3-79*. Строительная теплотехника. – М., 1998. – 49 с.
13. СП 23.101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М., 2004. – 63 с.
14. Справочник по климату СССР. 4.1–5. Вып. 1.34. – Л.: Гидрометеиздат, 1968-1972.
15. Грудзинский М.М., Ливчак В.И., Поз М.Я. Отопительно-вентиляционные системы зданий повышенной этажности. – М.: Стройиздат, 1982. – 256 с., ил.
16. Савин В.К. Строительная физика: аэродинамика и теплообмен при взаимодействии потоков и струй со зданиями. – М.: Лазурь, 2008. – 480 с.
17. СНиП 2.01.07-85*. Нагрузки и воздействия. – М., 2003. – 55 с.
18. Сайфутдинова А.М. Информационные технологии в проектировании естественного воздухообмена жилых помещений. // Приволжский научный журнал, 2009, № 4. – С. 69-74.

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

E-mail: kuprivan@kgasu.ru

Sayfutdinova A.M. – assistant

E-mail: adelyasaif@rambler.ru

Kazan State University of Architecture and Engineering

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

Statistical analysis of an annual course of an overpressure for an assessment of natural air exchange of premises

Resume

In article the method of a statistical analysis of temperature of external air, speed and the wind direction for justification of parameters of the thermal and wind pressures accepted at calculation and projection of natural ventilation of premises is explained. It is revealed, that for determination of actual size of a thermal head in its annual course, it is necessary to accept monthly averaged values of temperature of a free air, whereas for determination of size of a wind pressure it is necessary to have one reasonable value of calculated speed of a wind.

It is shown that the actual annual course of a overpressure decides not only regularities of change of air temperature and wind parameters within a year, but also the characteristic of city building and regularities of interaction of certain buildings on a wind stream (aerodynamic coefficients). The example of calculation of an annual course of an overpressure. Taking into account both forces of natural air exchange, where the share of a wind pressure in the total value of a located pressure is defined, is given. It is shown that actual volumes of affluent air in premises do not meet normative requirements for air exchange even taking into account both forces.

Keywords: air temperature, wind speed, wind direction, overpressure, natural air exchange.

References

1. SNiP 31-01-2003. Multicompartiment residential buildings. – M., 2003. – 22 p.
2. SNiP 41-01-2003. Heating, ventilation and conditioning. – M., 2004. – 36 p.
3. Structural climatology. SP to SNiP 23-01-99*/ Under the editorship of Savin V.K. – M: Scientific research institute of structural physics of RAASN, 2006. – 258 p.
4. Livchak I.F., Naumov A.L. Ventilation of multistoried residential buildings: AVOK-PRESS, 2005. – 136 p.
5. Litskevich V. K. Dwelling and climate. – M.: Stroyizdat, 1984. – 288 p.
6. SNiP 2.08.01-89*. Residential buildings. – M., 1999. – 21 p.
7. SP to SNiP 2.08.01-89. Heating and ventilation of residential buildings. – M., 1990. – 13 p.
8. SNiP 2.04.05-91*. Heating, ventilation and conditioning. – M., 1992. – 12 p.
9. TR ABOK-4-2004, Technical recommendations about the air exchange organization in apartments of a multistoried house. – M.: AVOK-PRESS, 2004. – 32 p.
10. STO NP «AVOK» 2.1-2008. Residential and public buildings. Norms of air exchange. – M., 2008. – 12 p.
11. SNiP 23-02-2003. Thermal performance of buildings. – M., 2000. – 27 p.
12. SNiP II-3-79* Structural heating engineer. – M., 1995. – 49 p.
13. SP 23.101-2004. Thermal performance design of buildings. – M., 2004. – 63 p.
14. Directory on climate of the USSR. 4.1-5. Is.1.34. – L.: Gidrometeoizdat, 1968-1972.
15. Grudzinsky M.M., Livchak V.I., Poz M.Y. Heating and vent systems of buildings of the raised number of stories. – M.: Stroyizdat, 1982. – 256 p.
16. Savin V. K. Structural physics: aerodynamics and heat exchange at interaction of streams and streams with buildings. – M.: Lazure, 2008. – 480 p.
17. SNiP 2.01.07-85*. Loadings and influences. – M., 1998. – 55 p.
18. Sayfutdinova A.M. Informational technologies in projection of natural air exchange of premises. // Privoljskiy nauchniy journal, 2009, № 4. – P. 69-74.