

ми водами отводится ценный продукт — известь — в количестве от 500 до 2000 мг/л, известковый шлак, капельки и осколки застывшего чугуна, а также коксовая мелочь и графит. От мокрых грануляционных установок отводятся взвеси гранулированного доменного шлака, представляющие также ценный продукт. От прокатных станков и закалочных установок со сточными водами транспортируются ценные продукты — окалина (в количестве от 80 до 1500 мг/л) и масло (в количестве от 10 до 50 мг/л).

На заводе А шлак осветлительного пруда содержит в основном около 42—43% железа, около 6% окиси кальция, свыше 6% окиси марганца и 8% углерода. Такой состав шлама определяет его металлургическую ценность и дает возможность использовать шлак в качестве сырья для спекания агломерата.

На заводе Б шлак сточных вод газоочисток содержит 11% железа, поэтому использование его для выплавки чугуна экономически невыгодно. Однако в шламе газоочистки одной из доменных печей завода, производящей ферромарганец, содержится 24% марганца. Такое количество марганца целесообразно извлекать из шлама. Таким образом, проблема экономики водных ресурсов тесно связана с их охраной и проблемой очистки сточных вод.

Исследования по экономике водоснабжения металлургических заводов следует проводить в двух направлениях.

1. Выбор наиболее рациональной технологии металлургических процессов, связанных с потреблением воды, и соответствующей системы водоснабжения, чтобы получить наилучшие показатели работы металлургического предприятия в целом.

Примером изменения технологических процессов в черной металлургии для сокращения водопотребления могут служить: применение сухой очистки конвертерных газов вместо используемой мокрой очистки и очистка поверхности прокатного металла дробеметальными аппаратами (вместо травления в кислоте, которое очень дорого и сложно в эксплуатации).

2. Выбор рациональных способов очистки сточных вод с утилизацией ценных продуктов. Следует также учитывать, что металлургические предприятия, потребляющие огромное количество воды, с одной стороны, предъявляют определенные требования к количеству и качеству воды, с другой, — спускают в соответствующие водоемы отработавшую воду, а вместе с ней и ряд продуктов, оказывающих вредное влияние на качество воды водоемов, на водное хозяйство в целом. Здесь вопросы экономики водоснабжения заводов тесно переплетаются с санитарно-техническими вопросами водного хозяйства страны.

ЛИТЕРАТУРА

Р. Белан, И. Денисенко, Перспективы развития черной металлургии СССР, Экономиздат, 1962.

Вестник статистики № 1, 1963 г., Об итогах выполнения государственного плана развития народного хозяйства СССР за 1962 г.

В. В. Звонков, Развитие водного хозяйства СССР и задачи науки, «Вестник АН СССР» № 10, 1962.

А. И. Жуков, Инженерные мероприятия по уменьшению загрязнения водоемов, «Водоснабжение и санитарная техника» № 4, 1962.

М. И. Лапшин, Современные проблемы очистки и обезвреживания промышленных сточных вод, Журнал Всесоюзного химического общества имени Менделеева, том 6, № 2, 1961.

Инж. Н. Н. РАЗУМОВ

Расчет инфильтрации воздуха в многоэтажных зданиях для любых климатических условий

Типовые проекты рассчитаны на применение в массовом строительстве, поэтому используемые в них инженерные решения должны быть тщательно проработаны.

В настоящей статье детально рассмотрим один из наиболее сложных, не поддающихся аналитическому расчету вопросов — вопрос определения инфильтрации воздуха в многоэтажных зданиях и влияние воздухообменов на величину теплопотерь помещений, расположенных на различных этажах. Предусматриваемые СНиП (гл. II-Г.7-62) добавки на теплопотери вертикальными ограждениями не отражают действительной теплопотребности отдельных помещений, так как теплопотери их в значительной степени зависят от инфильтрации воздуха, которая в свою очередь зависит от конструкции

заполнения проемов, планировочного решения и высоты здания.

Воздухообмен в здании возникает при наличии неплотностей в ограждающих конструкциях и разности давлений снаружи и внутри здания.

Расход воздуха через любое отверстие может быть найден по формуле

$$G = \sqrt{\frac{H}{S}} \text{ кг/ч,}$$

где H — избыточное давление на уровне рассматриваемого отверстия в кг/м²;

S — гидравлическая характеристика этого отверстия в кг/м² · ч²/кг.

Внешнее гидростатическое давление, возникающее вследствие разности температур снаружи и

УДК 697.9.001.24.

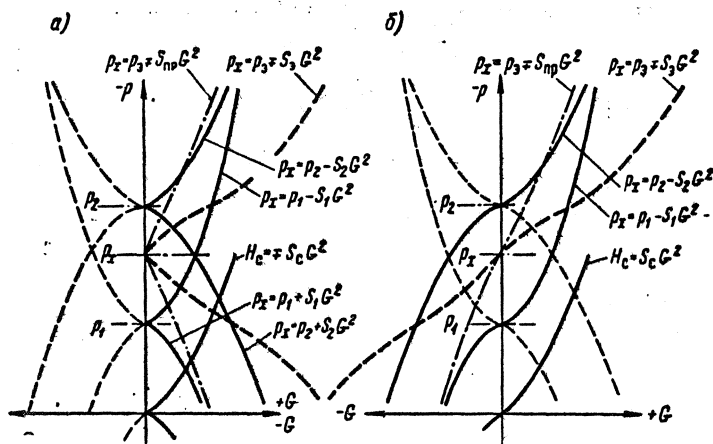


Рис. 1. Расчетные ветви парабол

а — при графическом методе расчета; б — при графоаналитическом методе расчета

внутри здания, выражается условной величиной $h_n (\gamma_n - \gamma_b) \text{ кг/м}^2$ (где h_n — геометрическая высота в м от условной линии отсчета, принимаемой на уровне земли; γ_n — объемная масса наружного воздуха, а γ_b — объемная масса внутреннего воздуха в кг/м^3).

В жилом здании внутреннее давление p_x в лестничной клетке принимается постоянным по всей высоте, а внутреннее давление в квартирах отличается от p_x на величину гидравлических потерь, возникающих при прохождении воздуха из лестничной клетки в квартиру.

Ветровое давление выражается формулой

$$p_n^v = k \frac{v_n^2}{2g} \gamma_n,$$

где k — аэродинамический коэффициент рассматриваемой плоскости здания;

v — скорость ветра на уровне рассматриваемого отверстия в м/сек;

g — ускорение силы тяжести в м/сек².

Суммарное внешнее давление на уровне рассматриваемого отверстия составит

$$p_n = p_n^v + h_n (\gamma_n - \gamma_b) \text{ кг/м}^2.$$

Если в помещении имеется несколько отверстий, то те отверстия, для которых внешнее давление больше внутреннего ($p_n - p_x = S_n G^2$), будут приточными, а те, для которых внутреннее давление больше внешнего ($p_n - p_x = S_n G^2$), будут вытяжными.

Эти уравнения представляют собой параболы с вершинами, обращенными в разные стороны. Если на оси ординат откладывать вверх отрицательные значения p , а на оси абсцисс расходы воздуха G , то для приточных отверстий вершина параболы ($G=0$; $p=p_n$) будет обращена вниз, а для вытяжных отверстий вершина параболы ($G=0$; $p=p_n$) будет обращена вверх.

Ветви каждой параболы симметричны относительно оси ординат, а их абсциссы отличаются только знаком, определяющим направление потока в рассматриваемом отверстии. Поэтому, условившись о знаке притока и вытяжки на оси абсцисс, достаточно рассматривать одну из ветвей парабол, так

как отверстие не может быть одновременно и приточным и вытяжным (в вентиляционной практике встречаются случаи, когда часть отверстия — приточная, а часть — вытяжная, в этих случаях каждую часть нужно рассматривать как самостоятельное отверстие). Расходы воздуха при притоке обозначим знаком «плюс», а при вытяжке знаком «минус».

Величину воздухообмена в здании можно определять либо графическим, либо графоаналитическим методом. В первом случае необходимо рассматривать ветви парабол, расположенные по одну сторону оси ординат (рис. 1, а), ветвь вверх — приток, ветвь вниз — вытяжка. Во втором случае ветви парабол расположены по обе стороны оси ординат (рис. 1, б); правая ветвь (вверх) определяет приток, а левая (вниз) — вытяжку.

Кривая, построенная по сумме абсцисс частных характеристик отверстий одного помещения, названа нами эквивалентной характеристикой;

$$p_x = p_n \pm S_n G^2.$$

Точка пересечения эквивалентной характеристики с осью ординат определяет внутреннее давление p_x в помещении (см. рис. 1) при балансе по притоку и вытяжке. Линия, проведенная параллельно оси абсцисс через ординату внутреннего давления p_x , при пересечении с частными характеристиками определяет расходы воздуха через отверстия.

Эквивалентную характеристику можно рассматривать как внешнее давление для смежного объема на уровне дополнительного отверстия.

Если к эквивалентной характеристике прибавить гидравлические потери дополнительного отверстия с характеристикой ($H = S_c G^2$), сложив их ординаты, то получим новую кривую, которая названа нами приведенной характеристикой;

$$p_x = p_n (S_n + S_c) G^2 = p_n \pm S_{np} G^2.$$

Введение понятия приведенной характеристики позволяет определять воздухообмен смежных помещений, имеющих соединительное отверстие. Приведенная характеристика выражает взаимодействие всех отверстий в ограждениях смежного помещения с присущими им гидравлическими характеристиками S_n и внешними давлениями p_n , включая гидравлическую характеристику соединительного отверстия.

Гидравлические сопротивления конструктивных элементов здания определяют следующим образом.

Сопротивление окна — по формуле

$$H = AI + BI^2 \text{ кг/м}^2,$$

где I — воздухопроницаемость в $\text{м}^3/\text{м}^2\text{ч}$; A и B — эмпирические коэффициенты, заимствованные из работы канд. техн. наук Е. И. Семеновской; так как коэффициенты A и B определены при температуре воздуха $+18^\circ\text{C}$, то для перехода на весовые количества воздуха при любой другой температуре применяют формулу

$$G = I \sqrt{\gamma_{18} \gamma_t} \text{ кг/м}^2 \text{ ч},$$

где γ_t — объемная масса воздуха при соответствующей температуре в $кг/м^3$.

Воздухопроницаемость I определяется уравнением

$$I = \frac{-A + \sqrt{A^2 + 4B}}{2B} \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч.}$$

В СНиПе указаны частные значения сопротивления воздухопроницанию при разности давлений в 1 кг/м^2 (табл. 5, главы II-В.6-62). Зависимость количества фильтрующегося воздуха $I \text{ м}^3/\text{м}^2 \text{ ч}$ от разности давлений в СНиПе не приводится. В табл. 1 нами приведены заимствованные из СНиП сопротивления воздухопроницанию окон с дополнением значений коэффициентов A и B .

Воздухопроницаемость дверей определяем по формуле

$$G = l \delta \mu 3600 \sqrt{2gH \gamma_t},$$

где l — длина притворов в $м$;
 δ — ширина щели притвора в $м$;
 μ — коэффициент расхода воздуха.
 Гидравлическая характеристика двери

$$S = \frac{H}{G^2} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}^2/\text{кг}^2.$$

Практическое применение изложенных теоретических предпосылок покажем на примере расчета инфильтрации воздуха в секции 9-этажного жилого дома серии 1-464А (рис. 2).

Расположение квартир относительно лестничной клетки симметрично, поэтому можно рассматривать на каждом этаже только две квартиры и их тамбур, а при определении величины воздухообмена в лестничной клетке абсциссы приведенных характеристик дверей тамбуров удвоить.

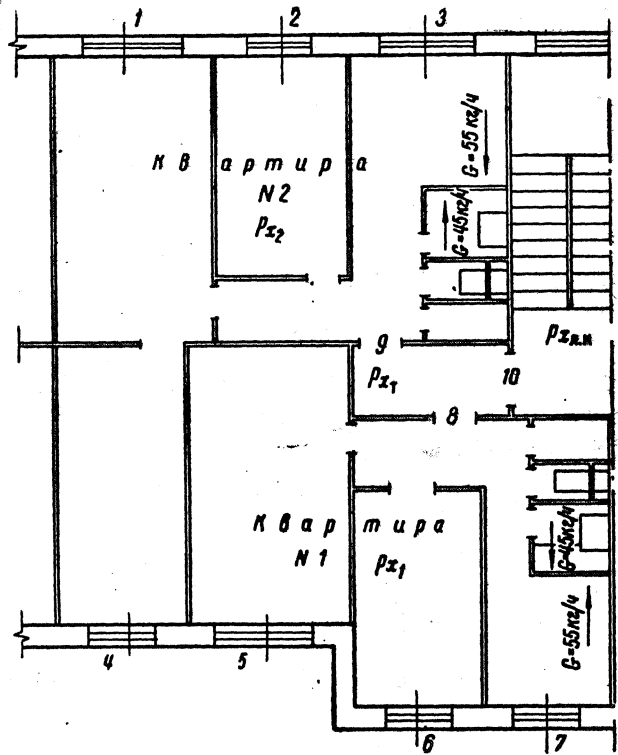


Рис. 2. Схема сечения 9-этажного жилого дома серии 1-464
 1 — 10 — проемы

Расчет производим исходя из следующих предпосылок:

1. Конструктивные элементы здания заданы.
2. Температура в помещениях здания 18°C .

Таблица 1

Сопротивления воздухопроницанию R_n окон с деревянными переплетами, неуплотненными и с уплотнением

Типы переплетов	Количество уплотняемых переплетов	$F_n \text{ м}^2 \text{ мм вод. ст. ч/кг}$			
		без уплотнения притворов	с уплотнением притворов		
			из полушерстяного шнура	из губчатой резины	из пенополиуретана
Одинарные и спаренные	Один (внутренний)	$\frac{0,036}{0,013 0,0015}$	$\frac{0,125}{0,078 0,011}$	$\frac{0,161}{0,113 0,016}$	$\frac{0,182}{0,133 0,019}$
		Двойные раздельные и тройные (одинарный + спаренный)	Один (внутренний)	$\frac{0,133}{0,085 0,0122}$	$\frac{0,182}{0,133 0,019}$
Два	$\frac{0,056}{0,021 0,0034}$		$\frac{0,189}{0,138 0,02}$	$\frac{0,250}{0,22 0,0295}$	$\frac{0,286}{0,26 0,035}$
Тройные раздельные	Один (внутренний)	$\frac{0,083}{0,043 0,0059}$	$\frac{0,147}{0,098 0,014}$	$\frac{0,189}{0,138 0,02}$	$\frac{0,213}{0,168 0,024}$
	Два (внутренних)		$\frac{0,208}{0,16 0,023}$	$\frac{0,263}{0,228 0,031}$	$\frac{0,312}{0,285 0,038}$
	Три		$\frac{0,270}{0,238 0,032}$	$\frac{0,370}{0,350 0,045}$	$\frac{0,417}{0,39 0,05}$

Примечание. При оклейке бумагой притворов раздельных переплетов (при отсутствии уплотняющих прокладок) R_n принимают, как при уплотнении губчатой резиной.

3. Температура наружного воздуха для расчета отопления -26°C .

4. Задан расход удаляемого воздуха через вентиляционные каналы. Расчетный воздухообмен должен быть обеспечен при температуре наружного воздуха для расчета вентиляции ($t_n = -15^{\circ}\text{C}$).

При температуре наружного воздуха для расчета отопления количество воздуха, удаляемого через вытяжные каналы из кухни,

$$L = 60 \frac{18 - (-15)}{18 - (-26)} = 45 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } G = 55 \text{ кг/ч},$$

из санитарного узла

$$L = 50 \frac{18 - (-15)}{18 - (-26)} = 37,5 \text{ м}^3/\text{ч} \text{ или } G = 45 \text{ кг/ч}.$$

5. Скорость ветра (с учетом несовпадения по времени максимальной расчетной скорости ветра и наружной температуры для расчета отопления)

$$v = 0,8 \cdot 4,9 = 4 \text{ м/сек.}$$

Скорость ветра принята переменной по высоте в соответствии с формулой

$$v_n = v \left(\frac{h}{h_0} \right)^{0,25} \text{ м/сек,}$$

где $h_0 = 15 \text{ м}$.

6. Двери внутри квартиры, за исключением дверей санузла, принимаются открытыми, а входные двери в квартиры, двери в тамбур и на лестничную клетку с улицы — закрытыми.

Определяем: а) величины воздухообменов во всех помещениях; б) избыточные давления для расчета вентиляционных каналов.

Порядок расчета:

1. Определяем наружное давление на уровне каждого отверстия по формуле

$$p_n = h_n (\gamma_n - \gamma_b) \pm k_n \frac{v_n^2}{2g} \gamma_n$$

(данные расчеты сведены в табл. 2).

2. В расчетном интервале наружных давлений табл. 2 задается рядом значений внутреннего давления p_x , близких предполагаемым внутренним давлениям в здании. По избыточному давлению $H = p_x - p_n$, или $H = p_n - p_x$, и табл. 3 А определяем расходы воздуха $\pm G = fG'$ через наружные проемы. Результаты для каждой квартиры вносим в соответствующие графы табл. 4 (приводим в табл. 4 данные только для квартир I и IX этажей).

Рассмотрим, например, окно (позиция 5, рис. 2) площадью $f = 3,75 \text{ м}^2$, находящееся в I этаже на наветренной стороне, с внешним давлением на его уровне $p_n = -0,26 \text{ кг/м}^2$.

Избыточное давление при значении $p_x = -3,6 \text{ кг/м}^2$ будет

$$H = p_n - p_x = -0,26 - (-3,6) = 3,34 \text{ кг/м}^2.$$

По табл. 3 А находим количество воздуха $G' = 18,72 \text{ кг/м}^2 \text{ ч}$ и вычисляем расход воздуха через все окно

$$G = fG' = 3,75 \cdot 18,72 = 70 \text{ кг/ч}.$$

3. В табл. 4 в графе характеристики каналов при всех значениях p_x указываем заданный расход воздуха, который постоянен и равен -100 кг/ч .

Внешние давления по высоте здания

Этаж	h от земли	Гравитационное давление		Давление ветра					Расчетное внешнее давление в кг/м ²	
		при $t_n = -5^{\circ}\text{C}, \gamma_n = 1,315$	при $t_n = -26^{\circ}\text{C}, \gamma_n = 1,425$	$c = \sqrt{\frac{h}{15}}$	$v = v_0 c$	$p = \frac{v^2}{2} \gamma_n$	$p_n = p k_1, k_1 = 0,6$	$p_s = p k_2, k_2 = -0,4$	с наветренной стороны p_n	с заветренной стороны p_s
Устье шахты	27	-2,7	-5,46	1,17	4,7	1,6	0,96	-0,69	-4,5	-6,12
IX	24,3	-2,43	-5,1	1,13	4,5	1,46	0,88	-0,58	-4,22	-5,68
VIII	21,6	-2,16	-4,54	1,1	4,4	1,4	0,84	-0,56	-3,7	-5,1
VII	18,9	-1,89	-3,96	1,06	4,25	1,3	0,78	-0,52	-3,18	-4,48
VI	16,2	-1,62	-3,4	1,02	4,1	1,2	0,72	-0,48	-2,68	-3,88
V	13,5	-1,35	-2,84	0,97	3,9	1,1	0,66	-0,44	-2,18	-3,28
IV	10,8	-1,08	-2,27	0,92	3,7	1	0,6	-0,4	-1,67	-2,67
III	8,1	-0,81	-1,7	0,86	3,44	0,85	0,51	-0,34	-1,19	-2,04
II	5,4	-0,54	-1,13	0,77	3,08	0,68	0,41	-0,27	-0,72	-1,4
I	2,7	-0,27	-0,55	0,65	2,6	0,49	0,29	-0,2	-0,26	-0,75
Вход	1,2	-0,12	-0,25	0,3	1,2	0,1	0,06	-0,04	-0,19	-0,29
Земля	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Примечание. $v_0 = 4,9 : 0,8 = 4 \text{ м/сек}$.

Таблица 3А

Воздухопроницаемость 1 м² спаренного деревянного переплета с уплотнением из плотнереяного шнура при $A = 0,0078, B = 0,011$

H	$-G' \text{ кг/м}^2 \text{ ч}$ при $H = p_x - p_n \text{ кг/м}^2$ и $t = +18^{\circ}\text{C}$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1,35	2,42	3,44	3,72	4,92	5,62	6,18	6,9	7,45
1	8	86	9,1	9,6	10,1	10,5	11	11,4	11,8	12,2
2	12,6	12,9	13,3	13,7	14	14,4	14,7	15,1	15,5	15,9
3	16,3	16,6	16,9	17,2	17,4	17,7	18	18,4	18,7	19
4	19,3	19,5	19,8	20	20,3	20,5	20,8	21	21,4	21,7

H	$+G' \text{ кг/м}^2 \text{ ч}$ при $H = p_n - p_x \text{ кг/м}^2$ и $t = -26^{\circ}\text{C}$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	1,45	2,62	3,74	4,03	5,36	6,1	6,7	7,3	8,1
1	8,7	9,3	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9	12,4	12,8	13,2
2	13,6	14	14,4	14,8	15,2	15,6	16	16,4	16,8	17,2
3	17,6	18	18,3	18,6	18,9	19,2	19,6	20	20,3	20,6
4	20,9	21,1	21,4	21,7	22	22,3	22,5	22,8	23,2	23,5

Таблица 3Б

Воздухопроницаемость дверей

Дверь, размер	b в мм	ц	G кг/ч при H кг/м ²									
			0,1	0,2	0,4	0,6	0,8	1	1,5	2	3	5
Квартиры, 0,9 × 2 м ² . . .	2,5	0,5	33	47	66	80	93	104	127	147	180	232
Тамбура, 1 × 2 м ²	4	0,5	73	103	146	178	206	230	281	324	400	575
Лестницы, 1,2 × 2 м ²	4	0,25	39	59	84	103	120	133	162	188	231	298

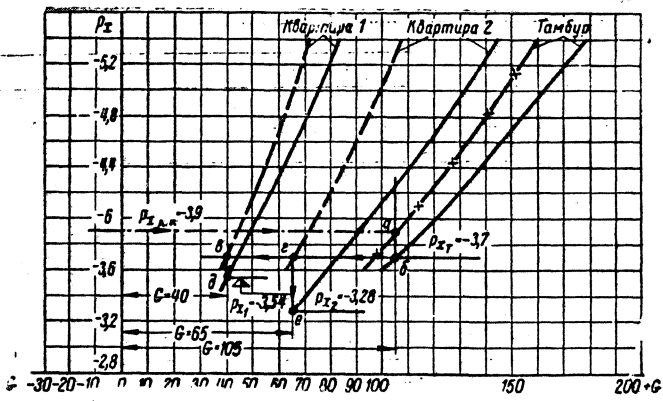


Рис. 3. График эквивалентных и приведенных кривых квартир № 1 и 2 и тамбура I этажа

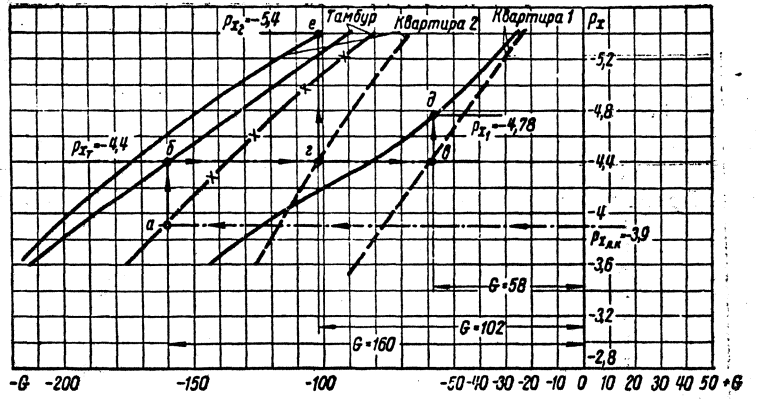


Рис. 4. График эквивалентных и приведенных кривых квартир № 1 и 2 и тамбура IX этажа

4. Суммируем расходы воздуха при p_x и заполняем графу (табл. 4) эквивалентной характеристики.

5. На миллиметровой бумаге в координатах p и G строим по данным табл. 4 эквивалентную кривую

(рис. 3 и 4); прибавляя к ней графически ординаты кривой для двери (по данным табл. 3Б), получим приведенную характеристику. Расходы воздуха, определяемые по абсциссам приведенной характеристики, заносим в соответствующую графу табл. 4.

Таблица 4

Воздухообмен в квартирах при p_x и координаты эквивалентных и приведенных характеристик

Этаж	Проем	Характеристика	№ позиции на рис. 2	p_n	G кг/ч при p_x кг/м ²									
					-3,6	-3,8	-4	-4,2	-4,4	-4,6	-4,8	-5	-5,2	-5,4
I	Квартира № 1	Окна, $f = 1,88 \text{ м}^2$	6	-0,26	36	37	38	40	41	42	43	44		
		Окна, $f = 1,88 \text{ м}^2$	7	-0,26	36	38	39	40	41	42	43	44		
		Окна, $f = 3,75 \text{ м}^2$	5	-0,26	70	72	74	77	79	81	83	86		
		Каналов	—	-6,62	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100		
		Эквивалентная	—	—	42	47	51	57	61	65	69	74		
	Квартира № 2	Окна, $f = 1,88 \text{ м}^2$	2	-0,75	30	32	34	35	36	37	38	40		
		Окна, $f = 3 \text{ м}^2$	1	-0,75	50	52	54	57	59	61	63	65		
		Окна, $f = 3 \text{ м}^2$	3	-0,75	50	52	54	57	59	61	63	65		
		Окна, $f = 2,65 \text{ м}^2$	4	-0,26	49	50	52	54	56	58	60	61		
		Каналов	—	-6,62	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100		
Тамбур	Эквивалентная	—	—	100	110	120	128	137	145	154	162			
	Приведенная	10	—	93	100	109	117	125	132	139	146			
IX	Квартира № 1	Окна, $f = 1,88 \text{ м}^2$	6	-4,22	-12	-9	-6	0	5	9	11	14	18	19
		Окна, $f = 1,88 \text{ м}^2$	7	-4,22	-12	-9	-6	0	5	9	11	14	18	19
		Окна, $f = 3,75 \text{ м}^2$	5	-4,22	-21	-14	-10	0	9	14	21	26	30	35
		Каналов	—	-6,62	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
		Эквивалентная	—	—	-145	-132	-122	-100	-81	-68	-57	-46	-34	-27
	Квартира № 2	Окна, $f = 1,88 \text{ м}^2$	2	-5,68	-25	-24	-23	-22	-20	-18	-15	-14	-10	-7
		Окна, $f = 3 \text{ м}^2$	1	-5,68	-40	-38	-35	-32	-30	-26	-24	-20	-15	-11
		Окна, $f = 3 \text{ м}^2$	3	-5,68	-40	-38	-35	-32	-30	-26	-24	-20	-15	-11
		Окна, $f = 2,65 \text{ м}^2$	4	-4,22	-15	-10	-7	0	6	12	15	20	23	26
		Каналов	—	-6,62	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100	-100
Тамбур	Эквивалентная	—	—	-220	-210	-200	-186	-174	-158	-148	-134	-117	-103	
	Приведенная	9	—	-127	-121	-115	-109	-102	-96	-90	-83	-75	-67	
Тамбур	Эквивалентная	—	—	-214	-201	-189	-175	-160	-148	-135	-120	-105	-90	
	Приведенная	10	—	-176	-166	-158	-146	-136	-126	-116	-105	-93	-80	

Приведенные характеристики дверей тамбуров, выходящих в лестничную клетку

Характеристика	Этаж	G кг/ч при p_x кг/м ²									
		-3,6	-3,8	-4	-4,2	-4,4	-4,6	-4,8	-5	-5,2	-5,4
Приведенная	I	93	100	109	117	125	132	139	146	153	160
»	II	76	83	89	96	103	110	118	125	133	140
»	III	37	50	61	71	80	88	97	104	111	118
»	IV	5	21	33	44	53	62	70	78	86	94
»	V	-44	-29	-10	5	16	29	41	54	65	75
»	VI	-86	-73	-56	-38	-21	-6	-10	21	34	44
»	VII	-119	-105	-91	-78	-64	-49	-35	-19	-3	12
»	VIII	-150	-140	-130	-120	-109	-97	-85	-78	-58	-43
»	IX	-186	-166	-156	-146	-136	-126	-116	-103	-93	-80
Эквивалентная	I-IX	-302	-259	-151	-49	47	143	239	332	428	520

Таблица 6
Воздухообмен в лестничной клетке при p_x

Характеристика проемов лестничной клетки	Этаж	p_x	G кг/ч при p_x кг/м ²						
			-3,6	-3,8	-4	-4,2	-4,4	-4,6	
Двери	I	-0,29	242	248	256	261	268	275	
Окна	II	-1,4	92	97	102	106	110	116	
»	III	-2,04	74	80	85	90	95	100	
»	IV	-2,64	48	56	63	69	75	85	
»	V	-3,28	30	40	48	56	62	68	
»	VI	-3,88	-20	-7	15	28	38	48	
»	VII	-4,48	-46	-38	-28	-18	-5	16	
»	VIII	-5,1	-67	-61	-55	-48	-40	-31	
»	IX	-5,68	-82	-77	-71	-66	-60	-52	
Эквивалентная дверей тамбуров	—	—	-604	-518	-302	-98	94	285	
Эквивалентная	—	—	-333	-180	113	379	611	911	

6. Аналогичные расчеты (см. пп. 2, 3, 4, 5) производим для квартиры № 2.

7. Складываем расходы приведенных характеристик квартир № 1 и 2 и заполняем графу «Эквивалентная характеристика тамбура» (табл. 4).

8. На том же графике (см. рис. 3 и 4) строим эквивалентную характеристику тамбура (по данным табл. 4); прибавляя графически гидравлическое сопротивление двери (по данным табл. 3Б), получаем приведенную характеристику двери тамбура для лестничной клетки. Полученные при значениях p_x расходы вносим в табл. 4 в графу приведенной характеристики тамбура.

9. Аналогичные расчеты должны быть сделаны для всех этажей, что даст возможность найти приведенные характеристики дверей всех тамбуров, выходящих на лестничную клетку (табл. 5).

10. Заполняем табл. 6 для лестничной клетки.

Таблица 7

Воздухообмен по этажам при $t_H = -25^\circ\text{C}$, $t_B = +18^\circ\text{C}$ и $G_{\text{каналов}} = -100$ кг/ч = const

Помещение	Проем	№ позиции на рис. 2	G кг/ч по этажам								
			I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Квартира № 1	Окно $f = 1,88 \text{ м}^2$	6	36	32	30	27	24	22	17	13	11
	Окно $f = 1,88 \text{ м}^2$	7	36	32	30	27	24	22	17	13	11
	Окно $f = 3,75 \text{ м}^2$	5	70	64	60	55	47	40	35	26	21
	Входная дверь	8	-42	-28	-20	-9	5	16	31	48	57
Внутреннее давление в квартире № 1			-3,54	-3,62	-3,76	-3,84	-3,93	-4	-4,16	-4,44	-4,78
Квартира № 2	Окно $f = 1,88 \text{ м}^2$	2	28	27	23	19	13	7	4	-7	-7
	Окно $f = 3 \text{ м}^2$	1	46	43	36	30	20	10	6	-4	-11
	Окно $f = 3 \text{ м}^2$	3	46	43	36	30	20	10	6	-4	-11
	Окно $f = 2,65 \text{ м}^2$	4	46	46	41	39	34	30	29	27	26
	Входная дверь	9	-66	-58	-36	-18	13	27	55	84	103
Внутреннее давление в квартире № 2			-3,28	-3,52	-3,7	-3,85	-3,98	-4,14	-4,52	-4,94	-5,4
Лестничная клетка	Входная дверь	—	250	—	—	—	—	—	—	—	—
	Окно	—	—	99	82	58	44	4	-33	-59	-74

11. По данным графы «Эквивалентная характеристика» табл. 6 находим интерполяцией давление при нулевом расходе, что соответствует балансу воздуха по притоку и вытяжке и определяет внутреннее давление $p_x = -3,9$ в лестничной клетке.

12. Переносим значение p_x лестничной клетки на графики эквивалентных и приведенных кривых (см. рис. 3 и 4). Проводим через ординату p_x лестничной клетки линию, параллельную оси абсцисс, до пересечения с приведенной кривой тамбура (точка *a*). Абсцисса точки *a* определит величину расхода воздуха через дверь тамбура в лестничную клетку.

13. Проводим через точку *a* линию параллельно оси ординат до пересечения с эквивалентной кривой тамбура (точка *b*). Ордината точки *b* определяет давление p_{x_t} в тамбуре.

14. Проводим через точку *b* линию параллельно оси абсцисс до пересечения ее с приведенными характеристиками квартир № 1 (точка *в*) и 2 (точка *г*). Абсциссы этих точек определяют величину притока или вытяжки через двери квартир в тамбур.

15. Проводим через точку *в* линию параллельно оси ординат до пересечения с эквивалентной характеристикой квартиры № 1 (точка *д*), ордината которой определит давление p_{x_1} в квартире № 1.

16. Проводя линию, параллельную оси ординат, через точку *г* до пересечения с эквивалентной характеристикой квартиры № 2, получим точку *e*, ордината которой соответствует давлению p_{x_2} в квартире № 2.

17. Аналогичные построения определяют давления для квартир всех этажей.

18. Зная p_{x_1} и p_{x_2} , по табл. 4 определяем расходы воздуха через соответствующие проемы. Данные записываем в табл. 7.

Избыточные давления для расчета вентиляционных каналов кухонь определяются как разность давлений внутри квартиры и в устье шахты.

$$H = p_{к. в} - p_{у. ш} \text{ кг/м}^2.$$

Гидравлическая характеристика канала кухни

$$S = \frac{H}{G^2} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2.$$

Для вентиляционного канала санузла, где дверь закрыта (и ее сопротивление должно быть учтено), гидравлическая характеристика

$$S = \frac{H}{G^2} - S_{дв} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{ч}^2/\text{кг}^2.$$

Пользуясь изложенным методом, можно определить величину воздухообмена в любом здании.

УДК 697.97.001.5

Инж. В. С. МАЛОВ

Использование производственной воды для охлаждения воздуха

При конструировании систем кондиционирования воздуха около 40% денежных затрат приходится на холодильную установку и систему оборотного водоснабжения, необходимую для охлаждения кондиционеров.

Технико-экономические расчеты показывают, что в промышленных и общественных зданиях в ряде случаев целесообразно водопроводную воду, предназначенную на технологические нужды, сначала направлять для охлаждения воздуха в поверхностные воздухоохладители кондиционеров.

Такую схему охлаждения наиболее целесообразно применять в районах Средней Азии с острым недостатком в воде и высокой наружной температурой воздуха при низкой его относительной влажности, так как в этом случае после поверхностного охлаждения можно весьма эффективно дополнительно охладить воздух в оросительной камере путем адиабатического увлажнения.

В конце 1961 г. автором данной статьи совместно с инженерами В. Н. Словоохотовым и Ф. Н. Куфавой в Ташкенте для реконструируемого театра Узгосфилармонии, рассчитанного на 1500 мест, была запроектирована система кондиционирования воздуха с охлаждением его в калориферах кондиционеров водопроводной водой, расходуемой затем

на производственные нужды расположенных поблизости двух городских бань.

Система построена и испытана в 1962 г.

Натурные замеры показали, что параметры воздуха хорошо совпадают с предварительными дан-

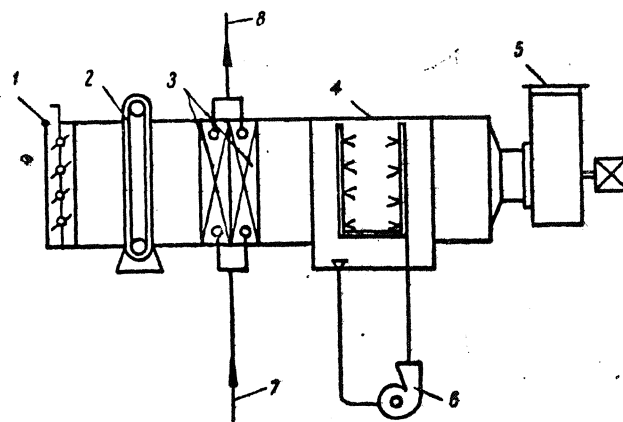


Рис. 1. Схема компоновки кондиционеров театра

1 — теплый клапан; 2 — фильтр; 3 — калориферы; 4 — форсуночная камера; 5 — вентилятор; 6 — насос; 7 — подача воды из сети городского водопровода, температура воды 16–17°C; 8 — подача воды в городские бани № 1 и 2, температура воды 20–21°C