

Касперович Д.А.

ИЗУЧЕНИЕ РЕАЛЬНЫХ ТЕПЛОПOTЕРЬ ЗДАНИЯ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СКОРОСТИ ВЕТРА

Брестский государственный технический университет, студент факультета инженерных систем и экологии специальности теплогазоснабжение, вентиляция и охрана воздушного бассейна группы ТВ-19. Научный руководитель: Новосельцева Д. В., к. т. н, доцент, доцент кафедры природообустройства.

Сущность процесса аэрации жилой застройки состоит во взаимодействии движущегося потока воздуха (ветра) и общей застройки – неподвижных преград – зданий, различных элементов благоустройства, озеленения.

Застройка воздействует на воздушный поток, деформируя его направление и изменяя скорость. А в некоторых случаях сама застройка и является причиной возникновения воздушных потоков.

Ветер влияет на микроклимат застроенной территории и тем самым определяет среду жизнедеятельности человека. Воздействие ветра на здания и сооружения и, наоборот, влияние жилой застройки на ветровой режим – это взаимно связанные процессы [1].

Когда здание находится в системе застройки, то сложно сказать, при каком направлении ветра те или иные стены здания будут испытывать ветровой подпор или отсос и какие по величине будут эти воздействия [1].

Ветровое давление пропорционально безразмерной величине – аэродинамическому коэффициенту, который показывает, какая доля скоростного напора переходит в давление:

$$p = k \cdot \frac{\rho v^2}{2} \tag{1}$$

где P – давление в $\text{кг}/\text{м}^2$;

k – аэродинамический коэффициент;

$\frac{\rho v^2}{2}$ – скоростной напор невозмущенного потока.

Аэродинамические коэффициенты зависят от формы зданий, их геометрических параметров, степени защищенности и расположений зданий относительно направления ветра [1].

За счет разности давлений происходит инфильтрация и эксфильтрация воздуха через ограждающие конструкции зданий, а также осуществляется проветривание квартир. Инфильтрация воздуха в зимний период года повышает теплопотери зданий [1].

Целью данной работы является изучение влияния направления и скорости ветра на тепловые потери зданий, а также на их удельную тепловую характеристику.

Удельная тепловая характеристика служит показателем способности здания сохранять теплоту в холодный период года. Она имеет важное значение для экономически обоснованного проектирования систем отопления зданий.

Величина удельной тепловой характеристики является эксплуатационным показателем проектируемого здания – чем она выше, тем больше затраты на отопление.

Также удельная тепловая характеристика является критерием для оценки экономичности здания в теплотехническом отношении при сравнении различных вариантов проекта.

Экспериментальный стенд состоит из четырех моделей зданий с одинаковыми объемами ($\approx 0,002 \text{ м}^3$), но с различной конфигурацией и с различной площадью поверхностей. В качестве теплоносителя используется вода, подогретая электрическим водонагревателем до температуры $60\text{--}70^\circ\text{C}$. После нагрева воды каждая модель заполняется полностью. Далее необходимо подождать около трех минут для отсчета показаний термометра. При снятии начальных температур засекается время проведения опыта для определения удельной тепловой характеристики. По истечении заданного времени снимается конечная температура воды в каждой модели.

Всего было проведено 5 опытов. Первый опыт был при обычных условиях. Модели зданий были заполнены теплоносителем. И процесс теплоотдачи длился 80 минут.

Последующие опыты были проведены с использованием вентилятора для обдува в качестве имитации ветра.

При выполнении 2-го и 3-го опытов вентилятор находился на условно принятом востоке, справа от моделей на расстоянии 1,5 метра (рисунок 1). В первом случае среднее значение скорости ветра в точке 1 было равно $1,5 \text{ м/с}$, а в точке 2 - $1,2 \text{ м/с}$. Во втором случае $1,2 \text{ м/с}$, $1,0 \text{ м/с}$. Скорость измеряется с помощью анемометра.

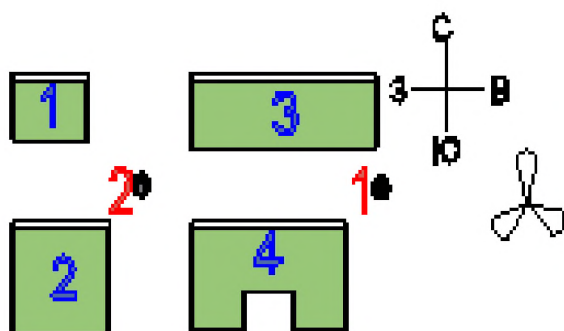


Рисунок 1 – Схема и фото экспериментального стенда для опытов № 2 и № 3

При выполнении 4-го и 5-го опытов вентилятор находился на условно принятом юге, перед моделями на расстоянии 1 метра (рисунок 2). В первом случае среднее значение скорости ветра в точке 1 было равно $2,2 \text{ м/с}$, а в точке 2 - $2,0 \text{ м/с}$. Скорость измеряется с помощью анемометра. Во втором опыте $g_1 = 1,9 \text{ м/с}$, $g_2 = 1,7 \text{ м/с}$.

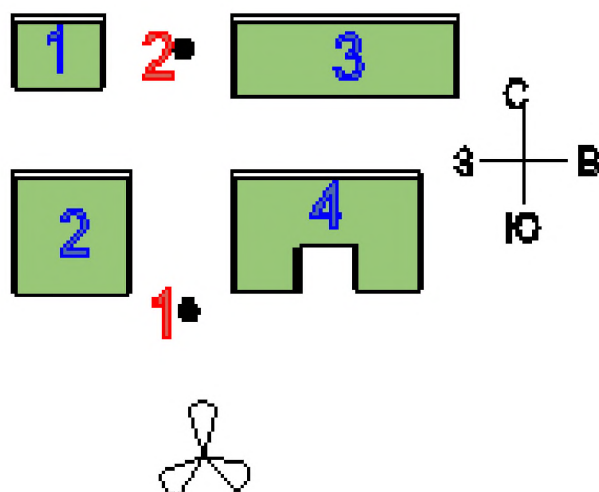


Рисунок 2 – Схема и фото экспериментального стенда для опытов №4 и №5

Результаты измерений температур занесены в таблицу 1.

Таблица 1 – Результаты измерений

№ Оп.	Время замера, мин	Температура воды в моделях в начале и конце замеров, °C			
		Модель №1, °C	Модель №2, °C	Модель №3, °C	Модель №4, °C
1	80	$t_n = 61, t_k = 42$	$t_n = 61,5, t_k = 43,5$	$t_n = 59, t_k = 40,5$	$t_n = 57, t_k = 40$
2	80	$t_n = 64, t_k = 31,5$	$t_n = 65, t_k = 36$	$t_n = 65, t_k = 30$	$t_n = 64, t_k = 30$
3	60	$t_n = 64, t_k = 40$	$t_n = 63, t_k = 41$	$t_n = 60, t_k = 36$	$t_n = 61, t_k = 35$
4	90	$t_n = 63, t_k = 34$	$t_n = 58, t_k = 33$	$t_n = 63,5, t_k = 37$	$t_n = 60, t_k = 31$
5	80	$t_n = 66, t_k = 39$	$t_n = 62, t_k = 39,5$	$t_n = 65, t_k = 39$	$t_n = 65, t_k = 35$

Удельная тепловая характеристика модели здания $q, \text{Вт}/\text{м}^3 \cdot \text{K}$, определяется по формуле

$$q = \frac{Q}{V_m \cdot (t_{\text{ср.м.}} - t_n)}, \quad (2)$$

где Q – количество теплоты, теряемой моделью за время опыта, Вт;

V_m – объем модели (для всех моделей равен $0,002 \text{ м}^3$);

$t_{\text{ср.м.}}$ – средняя температура воды в модели за время опыта, °C ;

t_n – средняя температура воздуха в помещении за время опыта, °C .

Средняя температура $t_{\text{ср.м.}}, ^\circ\text{C}$ определяется по формуле

$$t_{\text{ср.м.}} = \frac{t_n + t_k}{2}, \quad (3)$$

где t_n и t_k – начальная и конечная температуры воды в модели, °C.

Потеря теплоты моделью Q, Bm :

$$Q = \frac{m \cdot c \cdot (t_n - t_k)}{\tau}, \quad (4)$$

где m – масса воды в модели, кг;

τ – время проведения опыта, с;

$c = 4190$ – удельная теплоемкость воды, Дж/кг·град.

Масса воды $m, кг$ в модели:

$$m = \rho \cdot V_m, \quad (5)$$

где ρ – плотность воды при температуре $t_{ср.м.}, кг/м^3$;

V_m – объем модели (для всех моделей равен $0,002 м^3$).

По формулам (2) – (5) были произведены расчеты, результаты которых сводятся в таблицу 2.

Таблица 2 – Результаты обработки опытных данных

№ моделей	№ опыта	Средняя температура воды в модели $t_{ср.м.}$	Температура воздуха в помещении, °C	Разность температур, °C	Объем воды в модели, м³	Плотность воды, кг/м³	Масса воды в модели, кг	Количество теплоты, теряемой моделью, Вт	Время проведения опыта, мин	Удельная тепловая характеристика модели здания, Вт/м³·К
1	1	51,5	20,7	30,8	0,002	1000	2	29,485	90	478,653
2	1	51	20,7	30,3	0,002	1000	2	27,933	90	460,941
3	1	49,75	20,7	29,05	0,002	1000	2	24,519	90	422,014
4	1	48,5	20,7	27,8	0,002	1000	2	26,382	90	474,496
1	2	47,75	19	28,75	0,002	1000	2	56,74	80	986,783
2	2	50,5	19	31,5	0,002	1000	2	50,622	80	803,524
3	2	47,5	19	28,5	0,002	1000	2	61,104	80	1072
4	2	47	19	28	0,002	1000	2	59,358	80	1059,964
1	3	52	18,8	33,2	0,002	1000	2	55,867	60	841,371
2	3	52	18,8	33,2	0,002	1000	2	51,211	60	771,25
3	3	48	18,8	29,2	0,002	1000	2	55,867	60	956,627
4	3	48	18,8	29,2	0,002	1000	2	60,522	60	1036,336
1	4	51,5	20,4	31,1	0,002	1000	2	45,004	80	723,537
2	4	52,5	20,4	30,1	0,002	1000	2	38,796	80	644,452
3	4	49,75	20,4	29,35	0,002	1000	2	41,124	80	700,579
4	4	48,5	20,4	28,1	0,002	1000	2	45,004	80	800,783
1	5	48,5	20,1	28,4	0,002	1000	2	41,904	80	737,767
2	5	45,5	20,1	25,4	0,002	1000	2	34,92	80	687,402
3	5	50,25	20,1	30,15	0,002	1000	2	40,352	80	669,187
4	5	45,5	20,1	25,4	0,002	1000	2	46,56	80	916,535

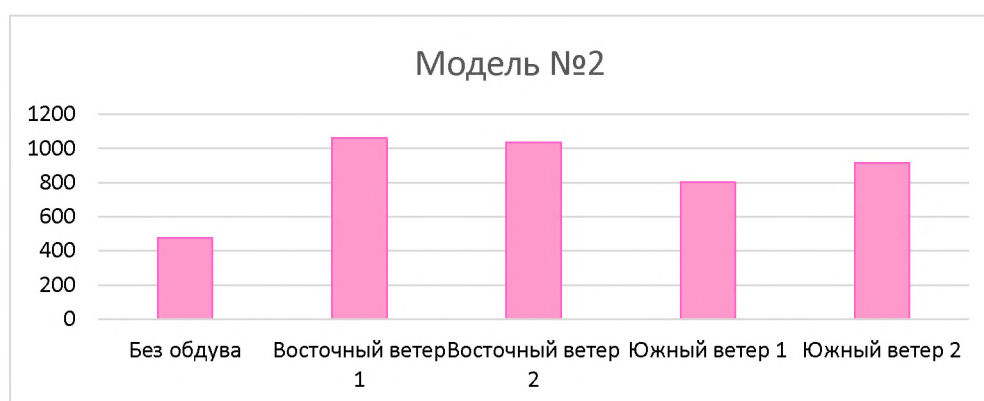
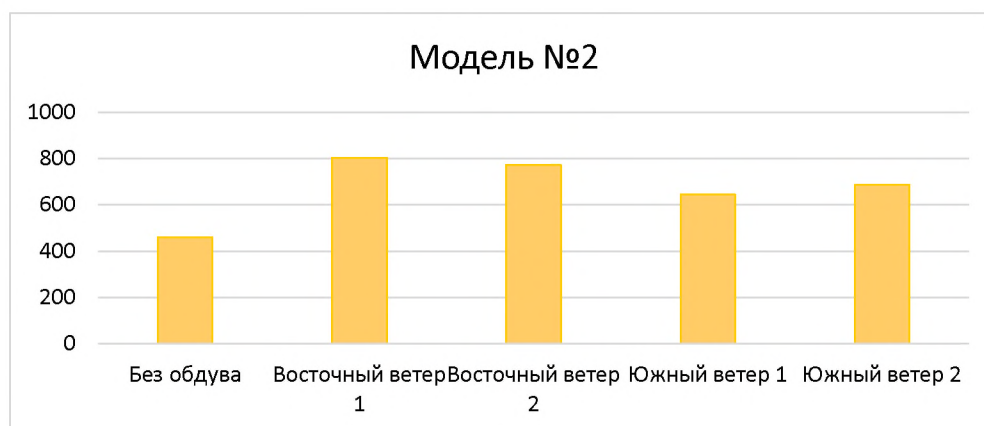
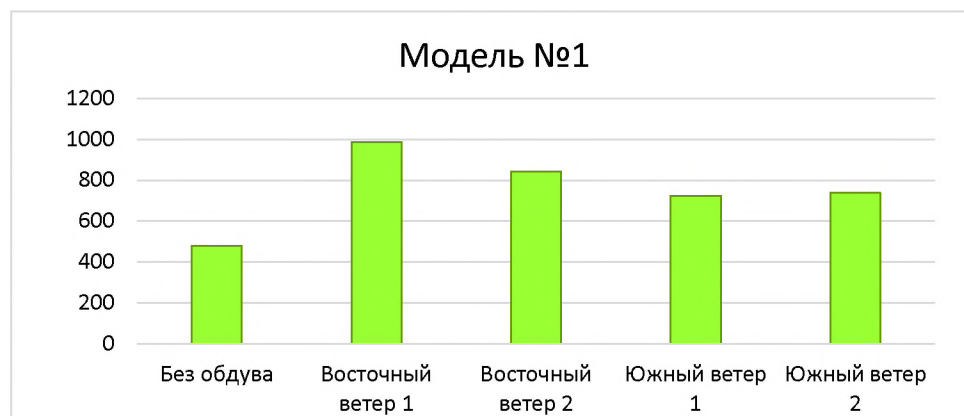


Рисунок 3 – диаграммы зависимости удельной тепловой характеристики здания от скорости ветра

На основании полученных данных были построены диаграммы для каждой модели здания, отображающие зависимость удельной тепловой характеристики здания от скорости ветра (рисунок 3).

По результатам проведенных опытов можно сделать следующий вывод: при увеличении скорости ветра тепловые потери здания увеличиваются.

Список использованных источников:

1. Серебровский, Ф. Л. Аэрация жилой застройки : учебное пособие. – М. : Горьковская правда, 1971. – 112.