

УДК 697.921.42

В.А. Бройда

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Воздух, удаляемый естественной вытяжной вентиляцией, замещается наружным холодным воздухом, проникающим в помещение, в основном через неплотности окон. Каналы естественной вытяжной вентиляции проектируются на пропуск расчетного расхода воздуха L_p при температуре наружного воздуха $t = 5^{\circ}\text{C}$. Понижение температуры ниже 5°C вызывает рост гравитационного давления, что при неплотных окнах старых конструкций увеличивает расход естественной вытяжки и приводит к перерасходу тепловой энергии на нагревание излишнего количества воздуха. Современные плотные окна не пропускают достаточного количества вентиляционного воздуха, поэтому их дополняют специальными устройствами, дозирующими проникновение наружного воздуха [1]. Таким образом, экономное расходование тепловой энергии на естественную вентиляцию помещений и при использовании устаревших неплотных окон, и современных плотных окон связано с регулированием либо удаляемого, либо проникающего в помещение потока воздуха.

Целью данной работы является определение обоснованной с точки зрения энергосбережения стоимости таких регуляторов.

При неизменной геометрии вытяжного канала, относительный расход \bar{L} , представляющий собой отношение расхода удаляемого воздуха L , при некоторой температуре t , к расчетному расходу L_p , равен

$$\bar{L} = L / L_p = \sqrt{(r - r_B) / (r_5 - r_B)}, \quad (1)$$

где r , r_5 , r_B - соответственно, плотности воздуха при температурах t , 5°C , t_B , кг/м³;

t_B - расчетная температура внутреннего воздуха [2], $^{\circ}\text{C}$.

Плотность воздуха при любой температуре t определяется зависимостью

$$r = 353 / (273 + t). \quad (2)$$

Изменение температуры наружного воздуха в годовом цикле приближенно описывается законом

гармонических колебаний [3]

$$t = t_2 + A \cos(Z), \quad (3)$$

где: t_2 и A - соответственно, среднегодовое значение t и амплитуда отклонения t , $^{\circ}\text{C}$;

Z - относительная временная переменная $Z = 2\pi z / 365$;

z - время, отсчитываемое от годового максимума t , сут.

Исходными величинами для нахождения значения t_2 и A являются продолжительность отопительного периода Δz_{om} (периода с температурой $t < t_{om} = 8^{\circ}\text{C}$) и среднее значение температуры наружного воздуха за отопительный период t_{cp} , которые содержатся в [4].

Используя формулу (3) и определения величин Δz_{om} и t_{cp} , можно получить [3]:

$$A = (t_{om} - t_{cp}) / (\sin(\Delta Z_{om} / 2) / (\Delta Z_{om} / 2) - \cos(\Delta Z_{om} / 2)), \quad (4)$$

$$t_2 = t_{om} + A \cos(\Delta Z_{om} / 2), \quad (5)$$

где $\Delta Z_{om} = 2\pi \Delta z_{om} / 365$.

Временные рамки периода повышенного расхода естественной вытяжки (когда $t < 5^{\circ}\text{C}$) не совпадают с границами отопительного периода. Начало периода повышенного расхода в относительном временном масштабе

$$Z_1 = \arccos((5 - t_2) / A), \quad (6)$$

а его продолжительность

$$\Delta Z = 2(\pi - Z_1). \quad (7)$$

Пересчет этих величин в реальный временной масштаб (сут.) производится умножением соответствующего значения относительной величины на множитель $365 / 2\pi$.

Средняя температура наружного воздуха t_c за период ΔZ отличается от t_{cp} за отопительный период ΔZ_{om}



$$t_c = \int_{Z_1}^p tdZ / (p - Z_1). \quad (8)$$

Относительный расход теплоты, затрачиваемой на нагревание наружного воздуха, составит

$$\bar{Q} = \bar{L}(t_B - t)/(t_B - t_c), \quad (9)$$

а его среднее значение за период ΔZ определится формулой

$$\bar{Q}_c = \int_{Z_1}^p \bar{Q} dZ / (p - Z_1). \quad (10)$$

Величина \bar{Q}_c показывает, во сколько раз затраты теплоты на нагревание наружного воздуха при нерегулируемой вытяжке за период, когда $t < 5^0 C$, превышают таковые, в случае, если постоянно поддерживается расчетный расход воздуха L_p .

Используя величины \bar{Q}_c , t_c , Δz , можно определить:

- годовой перерасход тепловой энергии, ГДж/год,

$$\Delta Q_z = 24(\bar{Q}_c - 1)\Delta z r_B c(t_B - t_c)L_p = qL_p; \quad (11)$$

- годовой перерасход средств, связанный с излишними затратами тепловой энергии, руб/год

$$\Delta \mathcal{E} = \Delta Q_z \mathcal{C} = qL_p \mathcal{C}, \quad (12)$$

где c - теплоемкость воздуха, $c = 1,005$ кДж/(кг $^0 C$); \mathcal{C} - стоимость единицы тепловой энергии, руб/ГДж; q - вспомогательная функция для определения перерасхода тепловой энергии, (ГДж*ч)/(м3*год).

График функции q в зависимости от климатических данных t_{cp} , Δz_{om} и расчетной температуры внутреннего воздуха t_B представлен на рис.

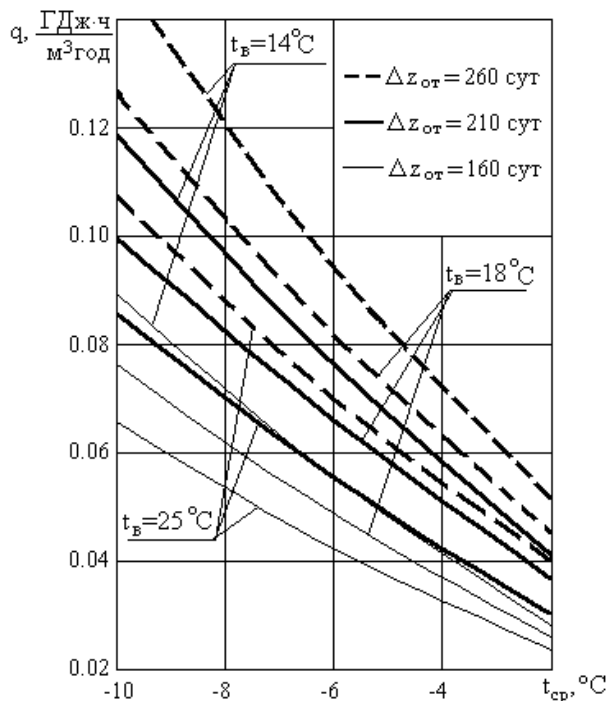


Рис.

Бесполезные затраты теплоты и средств можно исключить, применяя автоматические регуляторы расхода удаляемого или инфильтрующегося воздуха. Экономическую целесообразность применения таких регуляторов можно установить, исходя из стоимости регулятора \mathcal{C}_p и требуемого срока окупаемости N . Выгодно применять регуляторы, если

$$\mathcal{C}_p \leq N \cdot \Delta \mathcal{E} = N \cdot \Delta Q_z \cdot \mathcal{C} = N \cdot q \cdot L_p \cdot \mathcal{C}. \quad (13)$$

Пример. Рассчитать годовые перерасходы тепловой энергии и определить экономически оправданные стоимости регуляторов для помещений кухни, ванной, уборной и комнаты жилого дома в г.Казани

($t_{cp} = -5,7^0 C$, $\Delta z_{om} = 218$ сут). Стоимость тепловой энергии $\approx 37,7$ рубля за 1 ГДж, срок окупаемости 5 лет. Результаты расчета представлены в таблице.

Таблица

Помещение	Расход L_p [2], м3/ч Температура t_B [2], $^0 C$	q , (ГДж*ч)/(м3*год) ΔQ_z , ГДж/год	Стоимость регулятора \mathcal{C}_p , руб.
Кухня*	60	0,0 654	740
	18	3,924	
Ванная*	25	0,0565	266
	25	1,413	
Уборная	25	0,0654	308
	18	1,635	
Жилая комната площадью 20 м2	60	0,061	690
	20	3,66	

*Примечание: помещения без газовых приборов.



Таким образом, использование нерегулируемой естественной вентиляции приводит к значительному перерасходу тепловой энергии и средств, особенно для районов с суровым климатом. Применение автоматических регуляторов расхода существенно сокращает такие затраты и экономически оправдано.

Литература

1. Ливчак В.И. Решения по вентиляции многоэтажных жилых зданий. // Ж.АВОК, №6, 1999. - С. 24-30.
2. СНиП 2.08.01-89*. Жилые здания.- М.: ЦНИИЭПЖилища, 1995.- 16 с.
3. Бройда В.А. Стабилизация расхода естественной вытяжной вентиляции регуляторами прямого действия./Гидромеханика отопительно-вентиляционных и газоочистных устройств: Межвуз.сб. Казань: КГАСА, 2001.- С. 29-34.
4. СНиП 2.01.01- 82*. Строительная климатология и геофизика./ Минстрой России. – М.: ГП ЦПП, 1996. - 140 с.