

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБЪЕМОВ ВОЗДУХООБМЕНОВ В ВАННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ ПО КРИТЕРИЯМ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИИ

Липко В.И., доц., Кундро Н.В., ст. преп.

Полоцкий государственный университет,

г. Новополоцк, Республика Беларусь

Реферат. В статье рассматривается вопрос о соответствии нормативных значений воздухообмена в помещении ванных комнат и требуемых параметров микроклимата. Приведенные расчеты показывают, что нормативное значение не отвечает санитарно-гигиеническим показателям, что снижает качество окружающей среды и ведет к повышению использования энергоресурсов на подогрев необходимого количества приточного воздуха.

Ключевые слова: воздухообмен, экология жилища, энергоресурсы, влажность помещений.

Основными вредностями, выделяющимися в ванных комнатах, являются избытки влаги. Качество воздушной среды оценивается содержанием вредных веществ в единице объема воздуха, т.е. концентрацией. Влажный воздух следует рассматривать как смесь сухой части и водяных паров, которые могут находиться в воздухе как в перегретом состоянии, так и в насыщенном состоянии.

Для сухого воздуха при барометрическом давлении плотность $\rho_{с.в.}$ равна

$$\rho_{с.в.} = \frac{353}{273 + t}, \quad (1)$$

Для водяных паров по аналогии с сухим воздухом плотность ρ_n равна

$$\rho_n = \frac{219}{273 + t}, \quad (2)$$

Расчет влаговыделений за счет испарения с открытой поверхности ванны выполняется по методике, составленной на основе критериальных уравнений подобия для тепломассообменных процессов, происходящих в жилых помещениях, с целью уточнения нормативных значений воздухообменов, принятых для ванных комнат. В качестве исходных данных принята ванная комната с размером чаши $F = 1,8 \times 0,6 = 1,08 \text{ м}^2$, при температуре горячей воды 40°C , нормативной температуре внутреннего воздуха t_g , относительной влажности φ_g , подвижности воздуха в соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями $v_g = 0,2 \text{ м/с}$ и барометрическом давлении 101325 Па .

1. Согласно рекомендациям [1, с.61] при температуре горячей воды $t_z = 45^\circ\text{C}$ температура на водной поверхности $t_n = 40^\circ\text{C}$, а коэффициент кинематической вязкости воздуха $\gamma = 15,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ внутри помещения ванной при температуре $t_g = 25^\circ\text{C}$ определен по [1, гр. I-IV, с.60].

2. Критерий Рейнольдса Re представляет собой отношение сил инерции к силам внутреннего трения, характеризует аэродинамический режим движения жидкости или газа и определяется по формуле

$$Re = \frac{v \cdot l}{\gamma} = \frac{0,2 \cdot 1,04}{15,5 \cdot 10^{-6}} = 20129, \quad (3)$$

где v – скорость движения жидкости или газа, м/с;

γ – коэффициент кинематической вязкости воздуха, $\text{м}^2/\text{с}$;

$l = \sqrt{F} = \sqrt{1,8 \times 0,6} = 1,04 \text{ м}$ – определяющий размер в направлении потока воздуха.

3. Для условий вынужденной конвекции, если скорость движения воздуха над

жидкостью может быть вычислена или задана, определяется диффузионный критерий Нуссельта Nu' по формуле

$$Nu' = B \cdot Re^m \cdot (Pr')^{0,33} \cdot Gu^{0,135} \cdot \theta^2, \quad (4)$$

где $B = 0,49$, $m = 0,61$ – опытные коэффициенты, приняты согласно [1, стр. 61] при $Re = 20129 < 22000$;

Gu – критерий Гухмана;

Pr' – диффузионный критерий Прантля;

θ – отношение абсолютной температуры окружающего воздуха по сухому термометру к температуре поверхности жидкости.

Критерий Gu определится по формуле

$$Gu = \frac{T_c - T_m}{T_c} = \frac{(273 + t_c) - (273 + t_m)}{273 + t_c}. \quad (5)$$

Температура воздуха по мокрому термометру определится по I-d диаграмме: при температуре $t_c = 25^\circ C$ и $\varphi = 70\%$ $t_m = 21^\circ C$. Тогда

$$Gu = \frac{(273 + 25) - (273 + 21)}{273 + 25} = \frac{298 - 294}{298} = 0,013$$

Значение критерия $Pr' = 0,61$ согласно рекомендациям [1, стр. 61].

Значение величины θ определим по формуле

$$\theta = \frac{T_c}{T_n} = \frac{273 + 25}{273 + 40} = 0,952. \quad (6)$$

После подстановки всех входящих величин определим значение критерия Nu' по формуле (4)

$$Nu' = 0,49 \cdot 20129^{0,61} \cdot (0,61)^{0,33} \cdot 0,0134^{0,135} \cdot 0,952^2 = 88,94$$

4. Определим среднее значение температуры воздуха t_{cp}

$$t_{cp} = \frac{t_n + t_c}{2} = \frac{40 + 25}{2} = 32,5^\circ C. \quad (7)$$

5. Величина коэффициента диффузии D , $m^2 / ч$, определится из выражения

$$D = 0,0754 \cdot \left(\frac{T_{cp}}{273} \right)^{1,89} \quad (8)$$

$$D = 0,0754 \cdot \left(\frac{T_{cp}}{273} \right)^{1,89} = 0,0754 \cdot \left(\frac{273 + 32,5}{273} \right)^{1,89} = 0,093 m^2 / ч$$

Определим значение коэффициента массообмена β по формуле

$$\beta = Nu' \cdot \frac{D}{\sqrt{F}} = 88,94 \cdot \frac{0,093}{\sqrt{1,08}} = 7,96. \quad (9)$$

Количество влаги W , $кг/м^2$, испаряющейся с $1 m^2$ открытой поверхности воды согласно рекомендациям [2, стр.60]

$$W = \beta_p \cdot (P_n - P_e) \cdot F, \quad (10)$$

где β_p – коэффициент влагообмена, отнесенный к разности парциальных давлений;

P_n , P_e – парциальное давление водяного пара соответственно над поверхностью испарения и в окружающем воздухе, Па.

Величина парциального давления определяется по I-d диаграмме: при температуре

$t_{cp} = 32,5^{\circ}C$ и $\varphi = 70\%$ $P_n = 3400 Pa$, при температуре $t_c = 25^{\circ}C$ и $\varphi = 70\%$
 $P_e = 2200 Pa$.

Тогда количество влаги, испарившейся с поверхности чаши ванны определится через концентрацию влаги в $1 m^3$ влажного воздуха у поверхности воды при $t_{cp} = 32,5^{\circ}C$ и $P_n = 3400 Pa$ по формуле [2, стр.60] с учетом (2)

$$C = 2,16 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{P}{273+t} \quad (11)$$

и получим

$$C = 2,16 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{P_n}{273+t} = 2,16 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{3400}{273+32,5} = 0,024 \text{ кг} / m^3,$$

аналогично

$$C = 2,16 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{P_e}{273+t} = 2,16 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{2200}{273+25} = 0,016 \text{ кг} / m^3.$$

Тогда согласно [2, стр.60]

$$W = \beta_p \cdot (C_n - C_e) \cdot F = 7,96 \cdot (0,024 - 0,016) \cdot 1,08 = 0,069 \text{ кг} / ч.$$

Объем общеобменной вытяжки, рассчитанный на разбавление влаговывделений, составит

$$G_{y\partial} = \frac{W}{d_{y\partial} / 1000} \quad (12)$$

Подставив значения, имеем массовый расход удаляемого воздуха

$$G_{y\partial} = \frac{0,069}{13/1000} = 5,3 \text{ кг} / ч$$

Т.е. объемный расход составит

$$L_{y\partial} = \frac{G_{y\partial}}{\rho_{y\partial}} = \frac{5,3}{1,18} = 4,49 \text{ м}^3/ч.$$

Таким образом, для помещений ванной комнаты в период эксплуатации необходимо удалять $L_{y\partial} = 4,49 m^3/ч$. В настоящее время нормативный воздухообмен составляет $L_{y\partial} = 25 m^3/ч$ – для ванной комнаты, $L_{y\partial} = 50 m^3/ч$ для совмещенного санузла, т.е. нормативы многократно завышены. Постоянное удаление теплого воздуха в объеме нормативного объема вытяжного воздуха не всегда экономически обосновано, так как это способствует удалению из помещения ванной комнаты теплого воздуха, взамен которого за счет инфильтрации в жилые помещения поступает избыточный объем холодного воздуха, который необходимо подогревать за счет системы отопления от температуры наружного воздуха t_n до температуры внутреннего воздуха t_e , что требует дополнительно неоправданных затрат тепловой энергии от внешних энергоисточников и не способствует политике Республики Беларусь, ориентированной на энергоресурсосбережение.

Список использованных источников

1. Проектирование отопления и вентиляции производственных зданий: Учебник для вузов / М.Ф. Бромлей, В.П. Щеглов. – М.: Стройиздат, 1965. – 360 с.; ил.
2. Отопление и вентиляция: Учебник для вузов / В.Н. Богословский, Б.Д. Симаков, В.П. Титов. Под ред. В.Н. Богословского. – М.: Стройиздат, 1976. – 439 с.; ил.
3. Методология построения математической модели инновационной технологии тепловоздухоснабжения герметизированных зданий. Липко В.И., Кундро Н.В.– Статья в сборнике трудов конференции. - Брянск, 01-02 декабря 2015 г.

УДК 691.328