

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЛАЧНОСТИ НЕБОСВОДА НА ТЕПЛОВЫЕ ПОТЕРИ ЗДАНИЙ

Для оценки влияния заоблаченности небосвода на теплопотери излучением был произведен расчет дома типовой конструкции 111-121 с наружными стенами из железобетонных панелей толщиной 300 мм и пластиковыми окнами для температуры наружного воздуха +1,7 °С.

Температура внутри помещения принималась равной 20 °С [1]

Для расчета теплопотерь излучением воспользуемся законом Стефана-Больцмана [2]:

$$E = \varepsilon \cdot \sigma_0 \cdot T^4, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \quad (1.1)$$

Поскольку излучение происходит от любого тела, результирующий тепловой поток будет равен разности тепловых потоков здания и небосвода:

$$E_{\text{рез}} = E_{\text{зд}} - E_{\text{н}}, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \quad (1.2)$$

Суммарные тепловые потери излучением с поверхности здания будут равны [3]:

$$Q_{\text{изл}} = E_{\text{рез.ст}} \cdot F_{\text{ст}} + E_{\text{рез.ок}} \cdot F_{\text{ок}} + E_{\text{рез.кр}} \cdot F_{\text{кр}} + Q_{\text{ок}}, \text{Вт} \quad (1.3)$$

где $Q_{\text{ок}}$ – теплопотери излучением от внутренних стен помещения через окна.

Поскольку световой поток имеет ту же природу, что и излучение, было принято допущение, что отношение светового потока, приходящегося на окно к суммарному потоку от всех стен равно отношению потока излучения:

$$\psi = \frac{F_{\text{ок.сумм}}}{F_{\text{сумм}}} \quad (1.4)$$

Количество теплоты от излучения, приходящегося на окно:

$$Q_{\text{вн.ок}} = E_{\text{рез.вн.ок}} \cdot \psi \cdot T \cdot \Sigma F_{\text{пом}} \cdot n, \text{Вт} \quad (1.5)$$

где T – коэффициент направленного пропускания света, равный 0,72; $\Sigma F_{\text{пом}}$ – суммарная площадь всех стен помещения, за исключением той, в которую вмонтировано окно; n – количество окон в здании.

Удельный тепловой поток от стен через окно: $q_{\text{через окно}} = E_{\text{вн.ок}} \cdot \psi \cdot T$ (1.6)

Для учета потерь излучения, поглощенных частицами влаги, находящимися в воздухе было принято абсолютное значение влажности 0,014 кг/м³. Доля влаги, содержащейся в воздухе:

$$\Psi = \frac{f}{\rho_{\text{жидк}}} = \frac{0,014}{1000} = 1,4 \cdot 10^{-5} \quad (1.7)$$

Количество поглощенного влагой излучения, содержащейся в воздухе можно определить, вычислив интеграл по высоте от потерь:

$$\Delta E_i = \int_0^{H_i} E_i \cdot \Psi \, dH \quad (1.8)$$

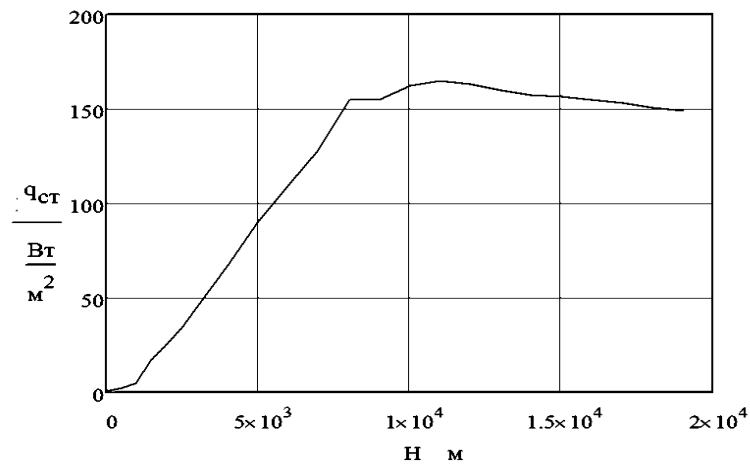


Рис. 1. Зависимость удельных теплопотерь стен от высоты облаков

Суммарные тепловые потери от здания излучением будут равны:

$$Q_{\text{изл}} = q_{\text{ст}} \cdot F_{\text{ст}} + q_{\text{ок}} \cdot F_{\text{ок}} + q_{\text{кр}} \cdot F_{\text{кр}} + q_{\text{через.окно}} \cdot \Sigma F_{\text{пом}} \cdot n, \text{ Вт}; \quad (1.9)$$

$$\text{Где } q_i = E_{\text{рез}_i} - \Delta E_i, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \quad (1.10)$$

Подставляя в уравнение (1.9) уравнения (1.10), (1.6), (1.5), получим:

$$Q_{\text{изл}} = \sigma_0 \cdot \left\{ \left[(\varepsilon_{\text{ст}} \cdot T_{\text{ст}}^4 - \varepsilon_0 \cdot T_H^4) - \int_0^H (\varepsilon_{\text{ст}} \cdot T_{\text{ст}}^4 - \varepsilon_0 \cdot T_H^4) \cdot \Psi dH \right] \cdot F_{\text{ст}} + \right. \\ \left[(\varepsilon_{\text{ок}} \cdot T_{\text{ок}}^4 - \varepsilon_0 \cdot T_H^4) - \int_0^H (\varepsilon_{\text{ок}} \cdot T_{\text{ок}}^4 - \varepsilon_0 \cdot T_H^4) \cdot \Psi dH \right] \cdot F_{\text{ок}} + \left[(\varepsilon_{\text{кр}} \cdot T_{\text{кр}}^4 - \varepsilon_0 \cdot T_H^4) - \int_0^H (\varepsilon_{\text{кр}} \cdot T_{\text{кр}}^4 - \varepsilon_0 \cdot T_H^4) \cdot \Psi dH \right] \cdot F_{\text{кр}} + \\ \left. \left[(\varepsilon_{\text{вн.ст}} \cdot T_{\text{вн.ст}}^4 - \varepsilon_0 \cdot T_H^4) - \int_0^H (\varepsilon_{\text{вн.ст}} \cdot T_{\text{вн.ст}}^4 - \varepsilon_0 \cdot T_H^4) \cdot \Psi dH \right] \cdot \psi \cdot T \cdot \Sigma F_{\text{пом}} \cdot n \right\}, \text{ Вт}; \quad (1.11)$$

где $\varepsilon_{\text{ст}}$, $\varepsilon_{\text{ок}}$, $\varepsilon_{\text{кр}}$, $\varepsilon_{\text{вн.ст}}$, ε_0 – степень черноты наружных стен, окон, крыши, внутренних стен и облака соответственно; $T_{\text{вн.ст}}$ – температура поверхности внутренних стен, К; $T_{\text{ст}}$, $T_{\text{ок}}$, $T_{\text{кр}}$, – температура наружной поверхности стен, окон и крыши соответственно, К; T_H – температура воздуха на высоте расположения облака, К; H – высота расположения облака, м; $F_{\text{ст}}$, $F_{\text{ок}}$, $F_{\text{кр}}$ – суммарная площадь наружных стен здания (за исключением оконных проемов), остекления и крыши здания соответственно, м²; n – количество окон в здании;

Заключение: на высоте 11 км можно наблюдать точку перегиба (рис. 1), поскольку прирост теплопотерь равен поглощению излучения при прохождении через воздух. Для принятых в расчёте условий высота 11км характеризует максимально возможные теплопотери излучением от здания. Зависимость удельных теплопотерь от высоты облака носит нелинейный характер

Литература

1. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях.
2. Цветков Ф.Ф., Керимов Р.В., Величко В.И. Задачник по тепломассообмену. М.: Изд-во МЭИ, 2008.
3. Смыков А.А. Особенности тепловых потерь излучением через светопрозрачные ограждающие конструкции. Нижний Новгород: Изд-во НГАСУ, 2017.