

УДК 624.011.2

Баскаков А.С., студент ПЭ-11
Максимов С.В., студент ПЭ-11
Соков В.А., студент ПЭ-11

Национальный исследовательский университет
«Московский институт электронной техники»
г. Москва

Учет теплопотерь через ограждающие конструкции в промышленной лаборатории.

Сокращение теплопотерь через ограждающие конструкции позволит снизить затраты энергии на поддержание комфортных климатических условий в промышленной лаборатории. В представленной работе предметом исследования является светопрозрачная ограждающая конструкция с двойным остеклением.

В ходе работы проведён учет теплопотерь для выявления необходимости усиления тепловой защиты лаборатории на промышленном объекте.

Для решения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Рассчитать нормативную величину теплового сопротивления светопрозрачной конструкции исходя из требований Санитарных Норм и Правил;
2. Сравнить реальную характеристику светопрозрачной конструкции с расчетной;
3. Экспериментально подтвердить расчетные значения теплового сопротивления путем измерения температуры внутренней поверхности светопрозрачной ограждающей конструкции.

Теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

1. Сопротивления при теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должны быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);
2. Удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);
3. Температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении вышеуказанных требований.

Расчет тепловой защиты зданий и влажностных характеристик ограждающих конструкций зданий следует выполнять в соответствии требованиями и по методикам, изложенным в СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» и СП 23-101 «Проектирование тепловой защиты зданий» [1, 2].

Необходимый уровень теплозащиты наружных ограждений зданий определяется требованиями СНиП 23-02 в зависимости от чисел; градусо-суток отопительного периода, с учетом рекомендаций территориальных строительных норм, принятых в регионе [1].

Расчетные параметры окружающей среды для различных регионов принимаются по СНиП 23-01 «Строительная климатология» и учетом требований территориальных строительных норм [3].

Расчетные параметры внутреннего воздуха принимаются по ГОСТ 12.1.005 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны», с учетом требований СНиП 31-01 «Здания жилые многоквартирные», СНиП 31-03 «Производственные здания» СНиП 31-04 «Административные и бытовые здания», СНиП 2.08.01 «Общественные здания и сооружения» [4, 5, 6, 7, 8].

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций определяется исходя из необходимости соблюдения санитарно-гигиенических требований, условий комфорта и требований энергосбережения.

Сопротивление теплопередаче многослойной ограждающей конструкции с последовательно расположенным однородными слоями определяется по формуле (1):

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_i} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + \frac{1}{\alpha_e} \quad (1)$$

где α_i – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающих конструкций, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$;

R_1, R_2, \dots, R_n – термическое сопротивление отдельных слоев ограждающей конструкции, включая термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, если таковая имеется, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$;

α_e – коэффициент теплоотдачи от наружной поверхности ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Слои конструкции, расположенные между вентилируемой прослойкой и наружной поверхностью ограждающей конструкции, в теплотехническом расчете не учитываются.

Коэффициент теплоотдачи поверхности, обращенной в сторону воздушной вентилируемой прослойки принимается равным $10,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$.

Термическое сопротивление отдельного однородного слоя многослойной ограждающей конструкции определяется по формуле:

$$R = \delta/\lambda \quad (2)$$

где: δ – толщина слоя, м;

λ – расчетный коэффициент теплопроводности материала слоя, Вт/(м·°C).

Приведенное сопротивление теплопередаче R_{ro} , м²·°C/Вт, неоднородной ограждающей конструкции или её участка (фрагмента) определяется по формуле (3):

$$R_0^r = n \cdot (t_{int} - t_{ext}) \cdot A / Q \quad (3)$$

где: n - коэффициент, учитывающий положение наружной поверхности ограждающей конструкции по отношению к наружному воздуху, принимаемый по табличным данным;

t_{int} - температура наружного воздуха, °C, определяемая по П.5.1.СП 23-101;

t_{ext} - температура внутреннего воздуха, °C, определяемая по п 5.2. СП 23-101;

A - площадь неоднородной ограждающей конструкции или её фрагмента, м²;

Q - суммарный тепловой поток через конструкцию, или её фрагмент, площадью A , Вт, определяемый на основании расчета температурного поля на персональном компьютере, либо по ГОСТ 26254 или ГОСТ 26602.1 с внутренней стороны.

Приведенное сопротивление теплопередаче всей ограждающей конструкции, R_0^r , следует осуществлять по формуле (4):

$$R_0^r = A / \sum_{i=1}^m (A_i / R_{0,i}^r) \quad (4)$$

где: A_i и $R_{0,i}^r$; - соответственно площадь i -го участка характерной части ограждающей конструкции, м², и его приведенное сопротивление теплопередаче, м·°C/Вт;

A - общая площадь конструкции, равная сумме площадей отдельных участков, м²;

m – число участков ограждающей конструкции с различным приведенным сопротивлением теплопередаче

Приведенное сопротивление характерного участка ограждающей конструкции может быть также определено по формуле (5):

$$R_0^r = R_0^{con} \cdot r \quad (5)$$

где: R_o^r - приведенное сопротивление с учетом теплопроводных включений, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$;

R_o^{con} - сопротивление теплопередаче i -го участка однородной ограждающей конструкции;

r - коэффициент теплотехнической однородности, учитывающий наличие в конструкции теплопроводных включений (стыков, гибких и жестких связей, крепежных элементов, обрамлений балконов и дверей и т.п.).

Коэффициент теплотехнической однородности (r) фактически является отношением приведенного сопротивления теплопередаче к сопротивлению теплопередаче однородной конструкции (без теплопроводных включений).

Коэффициент теплотехнической однородности (r) определяется по методике, изложенной в нормативном документе «Проектирование тепловой защиты зданий» [2].

Светопрозрачные ограждающие конструкции подбирают по следующей методике:

1. Нормируемое сопротивление теплопередаче светопрозрачных конструкций следует определять по таблице из СНиП 23-02-2003. При этом сначала вычисляют для соответствующего климатического района количество градусо-суток отопительного периода. В зависимости от величины и типа проектируемого здания из СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» определяется значение. Для промежуточных значений величина определяется по формулам из СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий».

2. Выбор светопрозрачной конструкции осуществляется по значениям приведенного сопротивления теплопередаче, приведенным в приложении Г. Если приведенное сопротивление теплопередаче, выбранной светопрозрачной конструкции больше или равно, то эта конструкция удовлетворяет требованиям норм.

3. При проверке требования по обеспечению минимальной температуры на внутренней поверхности светопрозрачных ограждений температуру этих ограждений следует определять, как для остекления, так и для непрозрачных элементов по формуле (7):

$$T_B = t_B - \frac{n(t_B - t_H)}{R_o * \alpha_B} \quad (7)$$

Если в результате расчета окажется, что $T_B < 3^{\circ}\text{C}$, то следует выбрать другое конструктивное решение заполнения светопроема с целью обеспечения этого требования либо предусмотреть установку под окнами приборов отопления.

Согласно СНиП 23-01 «Строительная климатология» [3], для расчета отопительного периода нормируемая температура внутреннего воздуха для условий $t_b=22^{\circ}\text{C}$, $t_o=-2.2$ производится расчёт:

$$ГСОП = (t_b - t_o) * z_0 = (22 + 2,2) * 205 = 4961^{\circ}\text{C}/\text{сут.}$$

Согласно требованию СНиП 23-02-2003 нормируемое сопротивление теплопередаче рассчитывается по формуле (8):

$$R_0 = a * ГСОП + b \quad (8)$$

В случае, если искомое значение не находится в СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий» относительно вычисленных градусо-суток отопительного периода, используется расчёт:

$$R_0 = a * ГСОП + b = 0.000075 * 4961 + 0.15 = 0.52 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт.}$$

Согласно СНиП 23-02-2003 «Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции» для окна принимается значение: $\alpha_b=8 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$.

Проведем расчет нормируемой температуры внутренней поверхности окна лаборатории в холодное время года:

$$T_b = t_b - \frac{n(t_b - t_h)}{R_0 * \alpha_b} = 22 - \frac{22 + 28}{0,52 * 8} = 10^{\circ}\text{C} \quad - \quad \text{расчетная температура}$$

внутренней поверхности светопрозрачной ограждающей конструкции. Так как $T_b > 3^{\circ}\text{C}$, то из этого следует, что расчетный уровень теплопотерь не превышает допустимую норму.

Учет теплопотерь показал, что светопрозрачные ограждающие конструкции являются наиболее слабым звеном в тепловой защите здания, однако нарушений требований Строительных Норм и Правил в отношении тепловой защиты промышленной лаборатории не было выявлено в наиболее холодный период года, причем расчетный, нормируемый СНиПом уровень теплопотерь оказался близок к результатам реального эксперимента.

Список литературы

1. СНиП 23-02 «Тепловая защита зданий». – 2003. – с. 135.
2. СП 23-101-2004. М.: НИИСФ РААСН, Госстрой России, «Проектирование тепловой защиты зданий». – 2004. – с. 240.
3. СНиП 23-01-99. «Строительная климатология». - М.: Госстрой России. – 2000. – с. 67.
4. СНиП II-3-79 «Строительная теплотехника». – 1995. – с. 23.
5. ГОСТ 12.1.005 «ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны». – 1989. – с. 55.

- 6. СНиП 31-01 «Здания жилые многоквартирные». – 2003. – с. 45.
- 7. СНиП 31-03 «Производственные здания»
- 8. СНиП 31-04 «Административные и бытовые здания». – 2001. – с. 37.
- 9. СНиП 2.08.02 «Общественные здания и сооружения». – 2009. – с. 83.
- 10. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. - М.: Госстрой России, - 2004. – с. 25.
- 11. СНиП 2.04.05-91*. Строительные нормы и правила. Отопление, вентиляция и кондиционирование. - М.: Госстрой России. – 2004. – с. 71.