**Розрахунок вологісного режиму огороджувальних конструкцій**

1 Розрахункові значення температури та відносної вологості внутрішнього повітря визначаємо згідно з додатком Б ДБН В.2.6-31:2021 tв = 20°С; φв = 50%

2 Розрахункові значення температури та відносної вологості зовнішнього повітря визначаємо згідно з табл. 2 та табл. 24 ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010, як для середньої місячної температури повітря в січні для міста Житомир (п.4.2.4.4 та п.4.2.4.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013):

3. Опір теплопередачі RΣ огороджуючої конструкції визначаємо згідно з формулою (2) ДСТУ 9191:2022:

|  |  |
| --- | --- |
| $$R\_{Σ}=\frac{1}{h\_{si}}+\sum\_{i=1}^{i}R\_{i}+\frac{1}{h\_{se}}=\frac{1}{h\_{si}}+\sum\_{i=1}^{i}\frac{d\_{i}}{λ\_{ip}}+\frac{1}{h\_{se}}, \frac{м^{2}∙К}{Вт}$$ | (4.1) |

де hsi, hse – коефіцієнти тепловіддачі відповідно внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м2∙К), які приймають згідно з додатком Б ДСТУ 9191:2022;

Ri – тепловий опір і-го шару конструкції, м2∙К/Вт;

di – товщина і-го шару конструкції, м;

λір – теплопровідність матеріалу і-го шару конструкції за розрахункових умов експлуатації (розрахункова теплопровідність), Вт/(м∙К), приймають згідно з додатком А ДСТУ 9191:2022.

|  |  |
| --- | --- |
| $$R\_{Σ}=\frac{1}{h\_{si}}+\frac{d\_{1}}{λ\_{p1}}+\frac{d\_{2}}{λ\_{p2}}+\frac{d\_{3}}{λ\_{p3}}+\frac{d\_{4}}{λ\_{p4}}+\frac{1}{h\_{se}}, \frac{м^{2}∙К}{Вт}$$ | (4.2) |
| $$R\_{Σ}=\frac{1}{8,7}+\frac{0,02}{0,93}+\frac{0,5}{0,81}+\frac{0,15}{0,047}+\frac{0,02}{0,87}+\frac{1}{23}=4,01 \frac{м^{2}∙К}{Вт}$$ |  |

4. Визначимо опір теплопередачі в площинах на межі шарів:

$$R\_{1}=\frac{d\_{1}}{λ\_{p1}}=\frac{0,02}{0,93}=0,022 \frac{м^{2}∙К}{Вт}$$

$$R\_{2}=\frac{d\_{1}}{λ\_{p1}}+\frac{d\_{2}}{λ\_{p2}}=\frac{0,02}{0,93}+\frac{0,5}{0,81}=0,64 \frac{м^{2}∙К}{Вт}$$

$$R\_{3}=\frac{d\_{1}}{λ\_{p1}}+\frac{d\_{2}}{λ\_{p2}}+\frac{d\_{3}}{λ\_{p3}}=\frac{0,02}{0,93}+\frac{0,5}{0,81}+\frac{0.15}{0,047}=3,83 \frac{м^{2}∙К}{Вт}$$

$$R\_{4}=\frac{d\_{1}}{λ\_{p1}}+\frac{d\_{2}}{λ\_{p2}}+\frac{d\_{3}}{λ\_{p3}}+\frac{d\_{4}}{λ\_{p4}}=\frac{0,02}{0,93}+\frac{0,5}{0,81}+\frac{0.15}{0,047}+\frac{0,02}{0,87}=3,85 \frac{м^{2}∙К}{Вт}$$

5. Визначимо опори паропроникненню кожного шару і конструкції в цілому згідно з формулами 3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013. При цьому коефіцієнт паропроникності визначаємо згідно з табл. А.1 ДСТУ 9191:2022.

|  |  |
| --- | --- |
| $$R\_{eΣ}=\sum\_{i=1}^{n}\frac{d\_{i}}{μ\_{i}}$$ | (4.3) |

n – загальна кількість шарів конструкції;

di – товщина і-го шару, м;

μi – коефіцієнт паропроникності і-го шару, що визначають відповідно до табл. А.1 ДСТУ 9191-2022

$$R\_{e1}=\frac{d\_{1}}{μ\_{1}}=\frac{0,02}{0,09}=0,22 \frac{м^{2}∙год∙Па}{мг}$$

$$R\_{e2}=\frac{d\_{2}}{μ\_{2}}=\frac{0,5}{0,11}=4,54 \frac{м^{2}∙год∙Па}{мг}$$

$$R\_{e3}=\frac{d\_{3}}{μ\_{3}}=\frac{0,15}{0,5}=0,3 \frac{м^{2}∙год∙Па}{мг}$$

$$R\_{e4}=\frac{d\_{4}}{μ\_{4}}=\frac{0,15}{0,098}=1,53 \frac{м^{2}∙год∙Па}{мг}$$

*Таблиця 4.1*

*Розрахункові характеристики матеріалів шарів конструкції*

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ з/п** | **Назва шару** | **Товщина, м** | **Тепло-провідність λ, Вт/(м²K)** | **Тепловий****опір R,** **(м²K)/Вт**  | **Коеф.****паро-проникності, μ, мг/(м·год·Па)** | **Опір****паро-проникненню****Re, (м2·год·Па)/мг** |
| 1 | Розчин цементно-піщаний | 0,02 | 0,93 | 0,022 | 0,09 | 0,22 |
| 2 | Кладка з цегли керамічної повнотілої звичайної на ц/п розчині ρ=1800 кг/м3 | 0,5 | 0,81 | 0,64 | 0,11 | 4,54 |
| 3 | Мінеральна вата (базальтове волокно) ρ=75 кг/м3 | 0,15 | 0,047 | 3,83 | 0,5 | 0,3 |
| 4 | Розчин складний (пісок, вапно, цемент) | 0,02 | 0,87 | 3,85 | 0,098 | 1,53 |

Опір паропроникненню конструкції вцілому:

$$R\_{eх}=\frac{d\_{1}}{μ\_{1}}+\frac{d\_{2}}{μ\_{2}}+\frac{d\_{3}}{μ\_{3}}+\frac{d\_{4}}{μ\_{4}}=\frac{0,02}{0,09}+\frac{0,5}{0,11}+\frac{0,15}{0,5}+\frac{0,02}{0,098}=5,27 \frac{м^{2}∙год∙Па}{мг}$$

6. Розподіл температур по товщині конструкції виконуємо згідно з ф. (5) ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Температура в площинах на межі шарів:

$$t\_{0}=t\_{в}-\frac{t\_{в}-t\_{з}}{R\_{Σ}}∙\frac{1}{h\_{si}}=20-\frac{20-\left(-5,1\right)}{4,01}∙\frac{1}{8,7}=19,3°С$$

$$t\_{1}=t\_{в}-\frac{t\_{в}-t\_{з}}{R\_{Σ}}∙(\frac{1}{h\_{si}}+R\_{1})=20-\frac{20-\left(-5,1\right)}{4,01}∙(\frac{1}{8,7}+0,022)=19,2°С$$

$$t\_{2}=t\_{в}-\frac{t\_{в}-t\_{з}}{R\_{Σ}}∙(\frac{1}{h\_{si}}+R\_{2})=20-\frac{20-\left(-5,1\right)}{4,01}∙(\frac{1}{8,7}+0,64)=15,3 °С$$

$$t\_{3}=t\_{в}-\frac{t\_{в}-t\_{з}}{R\_{Σ}}∙\left(\frac{1}{h\_{si}}+R\_{3}\right)=20-\frac{20-\left(-5,1\right)}{4,01}∙\left(\frac{1}{8,7}+3,83\right)=-4,7 °С$$

$$t\_{4}=t\_{в}-\frac{t\_{в}-t\_{з}}{R\_{Σ}}∙\left(\frac{1}{h\_{si}}+R\_{4}\right)=20-\frac{20-\left(-5,1\right)}{4,01}∙\left(\frac{1}{8,7}+3,85\right)=-4,8 °С$$

7. Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б В.2.6-192:2013. Для внутрішньої та зовнішньої поверхні конструкції парціальний тиск насиченої водяної пари дорівнює:

Eв=2235,52Па

Eз=407,74Па

8. Визначимо парціальний тиск водяної пари згідно з формулами (6) та (7) ДСТУ Б В.2.6-192:2013:

|  |  |
| --- | --- |
| *eв=0,01*·*φв*·*Eв*  | (4.4) |
| *eз=0,01*·*φз*·*Eз* | (4.5) |

*eв*=50·2235,515·0,01=1117,8 Па

*eз*=85·407,74·0,01 =346,6 Па

9. Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари на межах шарів огороджувальної конструкції згідно з таблицею Б.1 ДСТУ Б В.2.6-192:2013.

|  |  |
| --- | --- |
| t0 = 19,3 °Сt1 = 19,2 °Сt2 = 15,3 °Сt3 = - 4,7 °Сt4 = - 4,8 °С | Е0= 2241 ПаЕ1= 2227 ПаЕ2= 1739 ПаЕ3= 412 ПаЕ4= 408 Па |

10. Визначимо парціальний тиск насиченої водяної пари в товщині конструкції з розрахунку 11 точок на 1°С перепаду температур (п. 4.2.-4.7 ДСТУ Б В.2.6-192:2013) або за виразами:

$$e\_{x}=e\_{в}-\frac{e\_{в}-e\_{з}}{R\_{ex}}\sum\_{n-1}^{}R\_{e}$$

$$e\_{1}=e\_{в}-\frac{e\_{в}-e\_{з}}{R\_{ex}}R\_{e1}$$

$$e\_{2}=e\_{в}-\frac{e\_{в}-e\_{з}}{R\_{ex}}(R\_{e1}+R\_{e2})$$

$$e\_{3}=e\_{в}-\frac{e\_{в}-e\_{з}}{R\_{ex}}(R\_{e1}+R\_{e2}+R\_{e3})$$

$$e\_{4}=e\_{в}-\frac{e\_{в}-e\_{з}}{R\_{ex}}(R\_{e1}+R\_{e2}+R\_{e3}+R\_{e4})$$

11. За результатами розрахунків будуємо схему вологісного режиму огороджувальної конструкції.



*Рис. 4.1. Розподіл парціальних тисків у товщині огороджуючої конструкції (січень).*

*На графіку лінія сіра – розподіл температури (t), синя – графік розподілу парціального тиску насиченої водою пари (Е), червона – допоміжна лінія для оцінки наявності конденсації пари (e), зелена – допоміжна лінія для оцінки кількості вологи що надходить/випаровується з конструкції.*

Оскільки лінії *E* та *e* не перетинаються то згідно з п.4.2.5 та п.4.3.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013, конденсація водяної пари в товщині конструкції не відбувається. Оскільки конденсації у січні не відбувається то згідно з п.4.2.5 та п.4.3.3 ДСТУ Б В.2.6-192:2013, то умови (1) та (2) ДСТУ Б В.2.6-192:2013 вважаємо виконаними.