Міністерство освіти і науки України

Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

Кафедра архітектури та міського будівництва

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до самостійної роботи студентів «Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій у курсовій роботі «Малоповерхова цивільна будівля»

Полтава 2009

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів «Теплотехнічний розрахунок огороджувальних конструкцій у курсовій роботі «Малоповерхова цивільна будівля». – Полтава: ПолтНТУ, 2009. – 12 с.

Укладачі: В.В. Чернявський, к.т.н., доцент кафедри архітектури та міського будівництва
В.О. Семко, к.т.н., доцент кафедри архітектури та міського будівництва
С.О. Скляренко, к.т.н., доцент кафедри архітектури та міського будівництва

Відповідальний за випуск: О.В. Семко, завідувач кафедри архітектури та міського будівництва, доктор технічних наук, професор

Рецензент: О.Б. Кошлатий, доцент кафедри автомобільних доріг та сільських будівель

Затверджено науково-методичною радою університету
Протокол №1 від 29.10.2009 р.

Комп'ютерна верстка В.О. Семко
Коректор Н.В. Жигилій

ВСТУП

Ці методичні вказівки містять вибірку основних нормативних вимог, які впливають на проектування теплоізоляції цивільних будівель.

Метою методичних вказівок є допомога студентам спеціальності 6.060101 «Будівництво» в самостійній роботі з теплотехнічних розрахунків зовнішніх огороджувальних конструкцій при виконанні курсової роботи «Малоповерхова цивільна будівля з дрібнорозмірних елементів».

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Для зовнішніх огороджувальних конструкцій опалюваних будинків та споруд і внутрішніх конструкцій, що розділяють приміщення, температура повітря в яких відрізняється на 3 °С та більше, обов'язкове виконання умов:

$$R_{\Sigma пр} \geq R_{q\,\min}, \quad (1)$$

$$\Delta t_{пр} \leq \Delta t_{сг}, \quad (2)$$

$$\tau_{в\,\min} > t_{\min}, \quad (3)$$

де $R_{\Sigma пр}$ – приведений опір теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції чи непрозорої частини огороджувальної конструкції (для термічно однорідних огороджувальних конструкцій визначається опір теплопередачі), приведений опір теплопередачі світлопрозорої огороджувальної конструкції, м^2 · К/Вт;

$R_{q\ \min}$ – мінімально допустиме значення опору теплопередачі непрозорої огороджувальної конструкції чи непрозорої частини огороджувальної конструкції, мінімальне значення опору теплопередачі світлопрозорої огороджувальної конструкції, м^2 · К/Вт;

$\Delta t_{пр}$ – температурний перепад між температурою внутрішнього повітря і приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С;

$\Delta t_{сг}$ – допустима за санітарно-гігієнічними вимогами різниця між температурою внутрішнього повітря та приведеною температурою внутрішньої поверхні огороджувальної конструкції, °С;

$\tau_{в\,\min}$ – мінімальне значення температури внутрішньої поверхні в зонах теплопровідних уключень в огороджувальній конструкції, °С;

$t_{\min}$ – мінімально допустиме значення температури внутрішньої поверхні при розрахункових значеннях температур внутрішнього й зовнішнього повітря, °С.

У ході курсового проектування підбір товщини утеплювача проводимо лише за умови (1).

Мінімально допустиме значення $R_{q\ \min}$ опору теплопередачі непрозорих огороджувальних конструкцій, світлопрозорих огороджувальних конструкцій і дверей житлових та громадських будинків установлюється відповідно до таблиці 1 залежно від температурної зони експлуатації будинку, яка приймається згідно з рисунком 1.

Таблиця 1 – Мінімально допустиме значення опору теплопередачі огороджувальної конструкції житлових та громадських будинків $R_{q\min}$, м^2·К/Вт (за таблицею 1 [1])

№ поз.	Вид огороджувальної конструкції	Значення $R_{q\min}$ для температурної зони			
		I	II	III	IV
1	Зовнішні стіни	2,8	2,5	2,2	2,0
2а*	Покриття й перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5	3,9	3,3
2б		3,3	3,0	2,6	2,2
3	Перекриття над проїздами та холодними підвалами, що межують із холодним повітрям	3,5	3,3	3,0	2,5
4	Перекриття над неопалюваними підвалами, що розташовані вище від рівня землі	2,8	2,6	2,2	2,0
5а*	Перекриття над неопалюваними підвалами, що розташовані нижче від рівня землі*	3,75	3,45	3,0	2,7
5б		2,5	2,3	2,0	1,8
6а	Вікна, балконні двері, вітрини, вітражі, світлопрозорі фасади	0,6	0,56	0,5	0,45
6б		0,5	0,5	0,5	0,45
7	Вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки та в громадські будинки	0,44	0,41	0,39	0,32
8	Вхідні двері в малоповерхові будинки та в квартири, що розташовані на перших поверхах багатоповерхових будинків	0,6	0,56	0,54	0,45
9	Вхідні двері в квартири, що розташовані вище від першого поверху	0,25	0,25	0,25	0,25
* Для будинків садибного типу і будинків до чотирьох поверхів уключно.					

Рисунок 1 – Карта-схема температурних зон України (за додатком В [1])

У разі реконструкції будинків, що виконується з метою їх термомодернізації, допускається для непрозорих огороджувальних конструкцій приймати значення $R_{q\,\min}$ згідно з таблицею 1 із коефіцієнтом 0,8.

Опір теплопередачі термічно однорідної непрозорої огороджувальної конструкції (одношарова чи багатошарова огороджувальна конструкція, що не має у своєму об'ємі теплопровідних уключень) розраховується за формулою

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^{n} R_i + \frac{1}{\alpha_{з}} = \frac{1}{\alpha_{в}} + \sum_{i=1}^{n} \frac{\delta_i}{\lambda_{ip}} + \frac{1}{\alpha_{з}}, \qquad (4)$$

де $\alpha_в$, $\alpha_з$ – коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхонь огороджувальної конструкції, Вт/(м^2 · К), які приймаються відповідно таблиці 2;

R_i – термічний опір i-го шару конструкції, м^2 · К/Вт;

δ_i – товщина i-го шару конструкції, м;

λ_{ip} – теплопровідність матеріалу i-го шару конструкції в розрахункових умовах експлуатації (згідно з таблицею 6), Вт/(м · К).

Таблиця 2 – Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої $\alpha_в$ та зовнішньої $\alpha_з$ поверхонь огороджувальних конструкцій (за додатком Е [1])

Тип конструкції	Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м^2 · К)	
	$\alpha_в$	$\alpha_з$
Зовнішні стіни, дахи, покриття, перекриття над проїздами плоскі та з ребрами при відношенні висоти ребра h до відстані між гранями b сусідніх ребер		
$h/b \leq 0{,}3$	8,7	23
$h/b > 0{,}3$	7,6	23
Перекриття горищ та холодних підвалів	8,7	12
Перекриття над холодними підвалами і технічними поверхами, що розташовані нижче від рівня землі	8,7	6
Вікна, балконні двері, вітражі та світлопрозорі фасадні системи	8,0	23
Зенітні ліхтарі	9,9	23

Розрахункові вологісні умови експлуатації при розрахунках опору теплопередачі огороджувальних конструкцій приймаються залежно від розрахункового вологісного режиму експлуатації приміщення згідно з

таблицею 3. Розрахунковий вологісний режим експлуатації приміщення визначається за таблицею 4, виходячи з розрахункових значень температури та відносної вологості внутрішнього повітря, значення яких приймаються за таблицею 5. Розрахункові значення теплофізичних характеристик матеріалів приймаються згідно з таблицею 6.

Таблиця 3 – Вологісні умови експлуатації матеріалу в огороджувальних конструкціях (за додатком К [1])

Вологісний режим приміщень за таблицею 4	Умови експлуатації
Сухий	А
Нормальний	Б
Вологий	Б
Мокрий	Б
Примітка. Матеріали внутрішніх конструкцій будинків із нормальним режимом експлуатації розраховуються для умов експлуатації А.	

Таблиця 4 – Градація вологісного режиму приміщень (за табл. Г.1 додатка Г [1])

Вологісний режим	Вологість внутрішнього повітря $\varphi_в$, %, за температури $t_в$		
	$t_в \leq 12$ °С	$12 < t_в \leq 24$ °С	$t_в > 24$ °С
Сухий	$\varphi_В < 60$	$\varphi_В < 50$	$\varphi_в < 40$
Нормальний	$60 \leq \varphi_В \leq 75$	$50 \leq \varphi, \leq 60$	$40 \leq \varphi_в \leq 50$
Вологий	$75 < \varphi_В$	$60 < \varphi_В \leq 75$	$50 < \varphi_В \leq 60$
Мокрий	-	$75 < \varphi_в$	$60 < \varphi_В$

Таблиця 5 - Розрахункові значення температури й вологості повітря приміщень (за таблицею Г.2 додатка Г [1])

Призначення будинків	Розрахункова температура внутрішнього повітря $t_в$, °С	Розрахункове значення відносної вологості $\varphi_В$, %
Житлові	20	55
Громадські та адміністративні	20	50-60
Лікувальні й дитячі навчальні заклади	21	50
Дошкільні заклади	22	50

Примітка. При проектуванні огороджувальних конструкцій окремих приміщень розрахункові параметри температури й вологості повітря уточнюються з урахуванням вимог інших чинних нормативних документів.

Таблиця 6 – Значення теплопровідності матеріалу в розрахункових умовах експлуатації (за таблицею Л.1 додатку Л [1])

№ з/п	Назва матеріалу	Густина ρ_0, кг/м^3	Теплопровідність $\lambda_р$, Вт/(м·К)	
			А	Б
1	2	3	4	5
1	Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому негофрованої структури	75	0,055	0,062
		125	0,060	0,070
		150	0,055	0,066
		175	0,058	0,072
		200	0,064	0,081
2	Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому гофрованої структури	175	0,065	0,079
		200	0,071	0,087
3	Плити негорючі теплоізоляційні базальто-волокнисті	40	0,053	0,059
		90	0,050	0,054
4	Мати прошивні з мінеральної вати теплоізоляційні	75	0,060	0,064
		125	0,064	0,070
5	Мати мінераловатні прошивні будівельні	70	0,049	0,054
		95	0,053	0,059
6	Мати прошивні теплоізоляційні	50	0,045	0,048
7	Вата мінеральна	80	0,060	0,064
		100	0,064	0,070
8	Плити пінополістирольні	15	0,045	0,055
		25	0,043	0,053
		35	0,041	0,050
		50	0,040	0,045
9	Плити пінополістирольні екструзійні	50	0,038	0,043
		80	0,041	0,049
10	Плити пінополістирольні екструзійні	20	0,039	0,041
		25	0,038	0,040
		30	0,037	0,039
11	Плити пінополістирольні екструзійні	39	0,037	0,037
12	Газо- та пінозолобетон	1000	0,44	0,5
		1200	0,52	0,58
13	Дуб поперек волокон	700	0,18	0,23

Продовження таблиці 6

1	2	3	4	5
14	Дуб уздовж волокон	700	0,35	0,41
15	Фанера клеєна	600	0,15	0,18
16	Картон облицювальний	1000	0,21	0,23
17	Картон будівельний багатошаровий	650	0,15	0,18
18	Кладка з цегли керамічної порожнистої густиною 1400 кг/м^3 (брутто) на цементно-піщаному розчині	1600	0,58	0,64
19	Кладка з цегли керамічної порожнистої густиною 1300 кг/м^3 (брутто) на цементно-піщаному розчині	1400	0,52	0,58
20	Кладка з цегли керамічної порожнистої густиною 1000 кг/м^3 (брутто) на цементно-піщаному розчині	1200	0,47	0,52
21	Залізобетон	2500	1,92	2,04
22	Бетон на гравії або щебені з природного каменю	2400	1,74	1,86
23	Розчин цементно-піщаний	1600	0,70	0,81
24	Розчин складний (пісок, вапно, цемент)	1700	0,70	0,87
25	Розчин вапняно-піщаний	1800	0,76	0,93
26	Кладка з цегли глиняної звичайної на цементно-піщаному розчині	1800	0,70	0,81
27	Кладка з цегли глиняної звичайної на цементно-шлаковому розчині	1700	0,64	0,76
28	Кладка з цегли глиняної звичайної на цементно-перлітовому розчині	1600	0,58	0,70
29	Кладка з цегли силікатної на цементно-піщаному розчині	1800	0,76	0,87
30	Листи азбестоцементні	1600	0,35	0,41
		1800	0,47	0,52
31	Матеріали бітумні, бітумно-полімерні покрівельні та гідроізоляційні	1000	0,17	0,17
		1200	0,22	0,22
		1400	0,27	0,27
32	Асфальтобетон	2100	1,05	1,05
33	Руберойд, пергамін	600	0,17	0,17

ПРИКЛАД ТЕПЛОТЕХНІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ

Обчислити товщину утеплювача зовнішньої стіни житлового будинку.

Згідно з вихідними даними на проектування:

Місце будівництва – м. Львів.

Конструкція зовнішньої стіни – цегляна кладка з утеплювачем із зовнішньої сторони стіни.

Товщину цегляної кладки несучої стіни приймаємо 510 мм конструктивно, за вимогами міцності. Розрахункова схема буде мати вигляд, представлений на рисунку 2.

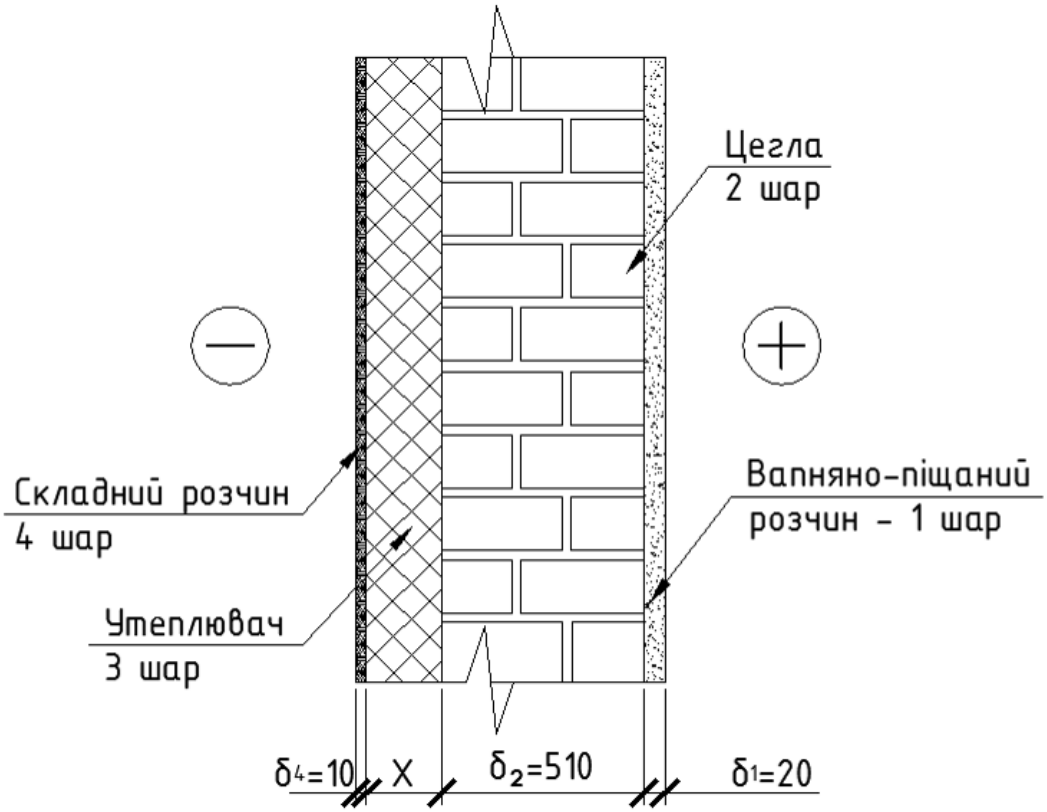

Рисунок 2 – Розрахункова схема зовнішньої стіни

У рамках курсової роботи виконуємо перевірку лише за формулою (1).

Для житлового будинку згідно з таблицею 5 цих методичних указівок (за додатком Г, таблиця Г2 [1]) розрахункові значення можуть бути наступними: температура $t_в = 20$ ºС, відносна вологість $\varphi_в = 55\%$.

Тоді, із зазначених умов, за таблицею 4 (таблицею Г1[1]) вологісний режим приміщення – нормальний.

Умови експлуатації, що встановлюються за таблицею 4 (додатком К [1]), призначаються за літерою «Б».

Розрахункові значення теплопровідності ($\lambda_Б$) згідно із густиною матеріалу знаходимо за таблицею 6 (за додатком Л, таблиця Л1[1]) і наводимо в таблиці 7.

Таблиця 7 – Розрахункові дані до прикладу

№ шару	Найменування шару	Густина $\rho_о$, кг/м^3	Товщина δ, м	Теплопро-відність $\lambda_{ір}$, Вт/(м·К)
1	Внутрішня штукатурка з вапняно-піщаного розчину	1800	0,02	0,93
2	Кладка цегляна з повнотілої глиняної цегли	1800	0,51	0,81
3	Плити з мінеральної вати на синтетичному зв'язуючому негофрованої структури	75	?	0,062
4	Фактурно-захисний шар (складний розчин)	1700	0,01	0,87

Розрахунок

1. Місто Львів за рисунком 1 (додаток В [1]) знаходиться в II температурній зоні України. Мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішньої стіни згідно з таблицею 1 (таблиця 1 [1]) становить

$$R_{qmin} = 2{,}5 \text{ м}^2\cdot\text{К/Вт}.$$

2. Записуємо формулу (4) опору теплопередачі для цієї чотиришарової конструкції

$$R_\Sigma = \frac{1}{\alpha_в} + \frac{\delta_1}{\lambda_{1_р}} + \frac{\delta_2}{\lambda_{2_р}} + \frac{\delta_3}{\lambda_{3_р}} + \frac{\delta_4}{\lambda_{4_р}} + \frac{1}{\alpha_з}.$$

3. Приймаючи $R_\Sigma = R_{qmin}$, знаходимо товщину утеплювача

$$\delta_3 = \left(R_{q\min} - \frac{1}{\alpha_в} - \frac{\delta_1}{\lambda_1} - \frac{\delta_2}{\lambda_2} - \frac{\delta_4}{\lambda_4} - \frac{1}{\alpha_з} \right) \cdot \lambda_з,$$

де $\alpha_в$ = 8,7 Вт/(м^2·К) – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні, приймається за таблицею 2 (додатком Е [1]),

$\alpha_з$ = 23 Вт/(м^2·К) – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні, приймається за таблицею 2 (додатком Е [1]).

Тоді

$$\delta_3 = \left(2{,}5 - \frac{1}{8{,}7} - \frac{0{,}02}{0{,}93} - \frac{0{,}51}{0{,}81} - \frac{0{,}01}{0{,}87} - \frac{1}{23}\right) \cdot 0{,}062 =$$

$$(2{,}5 - 0{,}115 - 0{,}022 - 0{,}630 - 0{,}011 - 0{,}043) \cdot 0{,}062 = 1{,}679 \cdot 0{,}062 = 0{,}104 \text{ м}.$$

4. Згідно з розрахунком можна запропонувати утеплювач товщиною 120 мм, як найближчу більшу за мінімально необхідну його уніфіковану товщину.

5. Опір теплопередачі, з урахуванням запропонованої товщини утеплювача, становить

$$R_\Sigma = \frac{1}{8{,}7} + \frac{0{,}02}{0{,}93} + \frac{0{,}51}{0{,}81} + \frac{0{,}12}{0{,}062} + \frac{0{,}01}{0{,}87} + \frac{1}{23} =$$

$$= 0{,}115 + 0{,}022 + 0{,}630 + 1{,}935 + 0{,}011 + 0{,}043 = 2{,}756 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}.$$

6. Умова (1) [1] $R_\Sigma > R_{q\min}$ виконується. Товщина утеплювача прийнята правильно.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.2.6-31-2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбуд України, 2006. – 71 с.