8.3. Приклад складання енергетичного паспорту будівлі

1. Вихідні дані для складання енергетичного паспорта:

№ п/п	Найменування параметра	Познач. величин	Одиниці виміру	Значення
1	***2***	***3***	***4***	***5***
1	Довжина будинку	L	м	48
2	Ширина будинку	B	м	12
3	Кількість поверхів	n	штук	9
4	Висота поверху	$h_з$	м	3,2
5	Товщина огороджуючої конструкції (стіна)	$в$	м	0,5
6	Орієнтація поздовжньої осі симетрії по сторонах світу	—	—	с-ю
7	Кількостей віконних прорізів на поверсі: - по поздовжній стіні будинку - по поперечній стіні будинку	 $m_{пр}$ $m_{пп}$	 шт.	 4 2
8	Розмір віконного прорізу: - висота - ширина	 $a_о$ $в_о$	 м	 1,7 2,1
9	Кількість вхідних зовнішніх дверей	$m_д$	шт	2
10	Розмір дверного прорізу: - висота - ширина	 $a_д$ $в_д$	 м	 2,1 1,8
11	Ширина відкосу	$B_{отк}$	м	0,15
12	Однокамерні стеклопакети і одинарне засклення в роздільних рамах	N позиції		5
13	Однотрубна система опалення з термостатами і без авторегулювання на ІТП	N позиції	—	4
14	Коефіцієнт відношення житлової площі будинку до опалювальної площі	$K_ж$	—	0,83

2. Розрахункові кліматичні параметри.

2.1. Визначимо кількість градусо-діб опалювального періоду району будівництва (м. Миколаїв), НГС:

$$НГС = (t_в - t_{оп})Z_{оп};$$

де:

$t_в$ = 20 °С - розрахункова температура внутрішнього повітря приміщень будинку, (додаток 1 [29]);

$t_{оп}$ = +0,4 °С - середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, (додаток 2 [29]);

$Z_{оп}$ =168 (діб) - тривалість опалювального періоду.

$$НГС = (20 - 0,4) \cdot 168 = 3292,8 \text{ (діб)}$$

2.2. По кількості градусо-діб визначимо температурну зону: НГС = 3292,8 => 2 зона (додаток 3 [29])

2.3. Розрахункова кількість градусо-діб опалювального періоду для 2 температурної зони приймаємо $D_а$ = 3250 (додаток 4 [29])

3. Визначення геометричних показників будинку.

3.1. Опалювальна площа будинку F_h, м²:

$$F_h = n \cdot (L - 2b) \cdot (B - 2b) = 9 \cdot (48 - 2 \cdot 0,5) \cdot (12 - 2 \cdot 0,5) = 4653 \text{ м}^2;$$

3.2. Опалювальний об'єм будинку V_h, м:

$$V_h = (L - 2b) \cdot (B - 2b) \cdot n \cdot h_3 = (48 - 2 \cdot 0,5) \cdot (12 - 2 \cdot 0,5) \cdot 9 \cdot 3,2 = 14889,6 \text{ м}^3;$$

3.3. Загальна площа віконних і дверних укосів будинку $F_{ОТК}$, м²:

$$F_{отк} = [2 \cdot (a_о + в_о) \cdot 2 \cdot n \cdot (m_{пр} + m_{пп}) + 2 \cdot (a_д + в_д) \cdot m_д] \cdot в_{отк};$$

$$F_{отк} = [2 \cdot (1,7 + 2,1) \cdot 2 \cdot 9 \cdot (4 + 2) + 2 \cdot (2,1 + 1,8) \cdot 2] \cdot 0,15 = 125,46 \text{ м}^2;$$

3.4. Загальна площа зовнішніх стін будинку з урахуванням площі віконних, дверних прорізів і відкосів, $F_{СТ}$, м²:

$$F_{СТ} = 2 \cdot ((L - 2в) + (B - 2в)) \cdot h_3 \cdot n + F_{отк};$$

$$F_{СТ} = 2 \cdot ((48 - 2 \cdot 0,5) + (12 - 2 \cdot 0,5)) \cdot 3,2 \cdot 9 + 125,46 = 3466,26 \text{ м}^2;$$

3.5. Площа вікон фасадів будинку, відповідно орієнтованих по чотирьох сторонах світу,

$F_{пн}$, $F_С$, $P_{пд}$, $F_З$, м²:

$$F_{ВЗ} = F_{ВС} = a_0 \cdot b_о \cdot m_{пр} \cdot n = 1,7 \cdot 2,1 \cdot 4 \cdot 9 = 128,52 \text{ м}^2;$$

$$F_{ВПн} = F_{ВПд} = a_0 \cdot b_0 \; m_{пп} \cdot n = 1,7 \cdot 2,1 \cdot 2 \cdot 9 = 64,26 \text{м}^2;$$

3.6. Загальна площа вікон $F_{ОВ}$, м²:

$$F_В = F_{ВПд} + F_{ВЗ} + F_{ВПн} + F_{ВС} = 2 \cdot F_{Пн} + 2 \cdot F_С;$$

$$F_В = 2 \cdot 64,26 + 2 \cdot 128,52 = 385,56 \text{ м}^2;$$

3.7. Загальна площа зовнішніх дверей $F_д$, м²:

$$F_д = a_d \cdot в_d \cdot m_Д; \qquad F_д = 2,1 \cdot 1,8 \cdot 2 = 7,56 \text{м}^2;$$

3.8. Площа зовнішніх стін (непрозора частина) $F_{нп}$, м²:

$$F_{нп} = F_{ст} - F_в - F_д; \qquad F_{нп} = 3466,26 - 385,56 - 7,56 = 3073,14 \text{ м}^2;$$

3.9. Площа горищного і цокольного перекриттів відповідно $F_г$, $F_ц$, м²:

$$F_г = F_ц = (L - 2в) \cdot (B - 2в); \quad F_г = F_ц = (48 - 2 \cdot 0,5) \cdot (12 - 2 \cdot 0,5) = 517 \text{ м}^2;$$

3.10. Внутрішня загальна площа огороджуючої конструкції, будинку, $F_Σ$, м²:

$$F_Σ = F_{ст} + F_г + F_ц; \quad F_Σ = 3466,26 + 517 + 517 = 4500,26 \text{ м}^2;$$

3.11. Площа житлових приміщень і кухонь будинку визначається як сума площ усіх приміщень квартири, за винятком лоджій, балконів, веранд, терас, холодних комор і зовнішніх тамбурів, $F_ж$, м²:

$$F_ж = 4653 \cdot 0,83 = 3861,99 \text{ м}^2;$$

3.12. Коефіцієнт засклення фасадів будинку, $m_{заск}$:

$$m_{заск} = F_В / (F_{нп} + F_В); \quad m_{заск} = 385,56/(3073,14 + 385,56) = 0,111;$$

3.13. Показник компактності будинку, $A_к$, м$^{-1}$:

$$A_К = F_Σ / V_h; \quad A_к = 4500,26/14889,6 = 0,302 \text{ м}^{-1}.$$

4. Визначення проектних теплотехнічних показників теплоізоляційної оболонки будинку.

4.1. Виходячи з температурної зони району будівництва, приймемо нормативні мінімально допустимі значення опору теплопередачі огороджуючої конструкції, R_{qmin}, *м² К / Вт* (додаток 3 [29]):

- покриття та перекриття неопалюваних горищ для будинків вище 4 поверхів:

$$R_г = 3,0 \text{ м}^2 \text{ К/Вт};$$

- зовнішні стіни:

$$R_{нп} = 2,5 \text{ м}^2\text{К/Вт};$$

- перекриття над неопалюваними підвалами, розташованими нижче рівня землі для будинків вище 4-х поверхів:

$$R_ц = 2,3 \text{ м}^2 \text{ К/Вт};$$

- вікна для будинків вище 4-х поверхів:

$$R_в = 0,5 \text{ м}^2 \text{ К/Вт};$$

- вхідні двері в багатоквартирні житлові будинки:

$$K_д = 0,41 \text{м}^2 \text{ К/Вт}.$$

4.2. Наведений коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $K_{Σпр}$, Вт/м² ·К:

$$K_{Σпр} = \zeta (F_{нп} / R_{нп} + F_в / R_в + F_д / R_д + F_ц / R_ц + F_г / R_г) / F_Σ,$$

де:

ζ - коефіцієнт, що враховує додаткові тепловтрати, для житлових будинків ζ = 1,13.

$$K_{Σпр} = 1,13 \ (3073,14/2,5 + 385,56/0,5 + 7,56/0,41 + 517/3 + 517/2,3) \ /4500,26 = 0,607 \text{ Вт/(м}^2 \text{ К)};$$

4.3. Умовний коефіцієнт теплопередачі огороджуючих конструкцій будинку, що враховує тепловтрати за рахунок інфільтрації й вентиляції, $K_{інф}$, *Вт / (м² К):*

$$K_{інф} = x_2 \cdot c \cdot n_{об} \cdot v_v \cdot V_h \cdot \gamma_в \cdot \eta / F_Σ,$$

де:

$n_{об}$ = *1 год*$^{-1}$ - середня кратність повітрообміну житлового будинку за опалювальний період;

υ_v = *0,85* - коефіцієнт, що враховує наявність внутрішніх огороджуючих конструкцій
$\gamma_в$ - середня густина повітря в приміщенні, що поступає за рахунок інфільтрації, кг/м^3:

$$\gamma_в = 353 / [273 + 0,5 \cdot (t_B + t_{оп})];$$

$$\gamma_в = 353 / [273 + 0,5\ (20 + 0,4)] = 1,246\ кг/м^3$$

де:
χ_2 = *0,278* - коефіцієнт розмірності;
c = *1 кДж/(кг·К);*
η - коефіцієнт врахування впливу зустрічного теплового потоку в огороджуючих конструкціях, η = *0,7;*

$$K_{інф} = (0,278 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 1,246 \cdot 14889,6 \cdot 0,7)/4500,26 = 0,682\ Вт/(м^2 \cdot К);$$

4.4. Загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційної оболонки будинку, $K_{буд}$, *Вт/(м^2·К)*:

$$K_{буд} = 0,607 + 0,682 = 1,289\ Вт / (м^2 \cdot К);$$

5. Проектні енергетичні показники.

5.1. Загальні тепловтрати через огороджуючу оболонку будинку, Q_K, *кВт·год:*

$$Q_к = x_1 \cdot K_{буд} \cdot D_d \cdot F_{\Sigma},$$

де:
χ_1 = *0,024 - розмірний коефіцієнт;*
$K_{буд}$ - загальний коефіцієнт теплопередачі теплоізоляційного шару будинку Вт/(м^2·К).
D_d - кількість градусо-діб опалювального періоду, є залежним від температурної зони експлуатації будинку і приймається відповідно до додатка, [29].
Для I температурної зони приймається D_d = *3750 градусо-діб,*
для II температурної зони приймається D_d = *3250 градусо-діб,*
для III температурної зони приймається D_d = *2750 градусо-діб,*
для IV температурної зони приймається D_d = *2250 градусо-діб.*

$$Q_K = 0,024 \cdot 1,289 \cdot 3250 \cdot 4500,26 = 452465,14\ кВт\ год;$$

5.2. Побутові теплонадходження протягом опалювального періоду, $Q_{поб}$, *кВт·*год:*

$$Q_{поб} = \chi_1 \cdot q_{поб} \cdot Z_{оп} \cdot F_{ж},$$

де:
$q_{поб}$ = *10 Вт/м^2* - теплові надходження на 1 м^2 житлової площі будинку, [25].

$$Q_{поб} = 0,024 \cdot 10 \cdot 168 \cdot 3861,99 = 155715,44\ кВт\ год,$$

5.3. Теплові надходження через вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду Q_c, *кВт·год*, для чотирьох фасадів будинків, орієнтованих по чотирьох сторонах світу: північ (пн), схід (с), південь (пд), захід (з):

$$Q_c = \zeta_o \cdot \varepsilon_o \cdot (F_{ВПн} \cdot I_{ПН} + F_{ВС} \cdot I_C + F_{ВПд} \cdot I_{ВПд} + F_{ВЗ} \cdot I_{ВЗ});$$

де:
ζ_o = *0,6* - коефіцієнт, що враховує затінення віконного прорізу непрозорими елементами заповнення (додаток 6[29]);
ε_o = *0,63* - коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації для світлопрозорих конструкцій, (додаток 6[29]);
$I_{ПН}$, I_C, $I_{ВПд}$, $I_{ВЗ}$ - середня величина сонячної радіації за опалювальний період, що надходить на вертикальні поверхні, при дійсних умовах хмарності, відповідно орієнтовані по чотирьох фасадах будинку, *кВт·год/м^2* (дод. 7[29]):

$$I_{ПН} = 118 \text{ кВт·год/м}^2;$$

$$I_{С} = 177 \text{ кВт·год/м}^2;$$

$$I_{Пд} = 318 \text{ кВт·год/м}^2;$$

$$I_{З} = 186 \text{ кВт·год/м}^2;$$

$$Q_c = 0,6 \cdot 0,63 \cdot (64,26 \cdot 118 + 128,52 \cdot 177 + 64,26 \cdot 318 + 128,52 \cdot 186) = 28225,31 \text{ кВт·год};$$

5.4. Розрахункові витрати теплової енергії за опалювальний період, $Q_{річ}$, *кВт·год:*

$$Q_{річ} = [Q_k - (Q_{поб} + Q_c) \cdot \nu \cdot \zeta] \cdot \beta_h,$$

де:

ν -коефіцієнт, що враховує здатність огороджуючої конструкції, приміщень будинків акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі, що визначається по ДБН В. 2.5-24 [29]; при відсутності точних даних варто приймати ν = 0,8;

ζ - коефіцієнт авторегулювання подачі тепла в системах опалення;

$\zeta = 0,5$- у системі без термостатів і без авторегулювання на ІТП (регулювання центральне в ІТП або котельні); (додаток 8 [29]).

β_h -коефіцієнт, що враховує додаткове теплоспоживання системою опалення, пов'язане з дискретністю номінального потоку номенклатурного ряду опалювальних приладів і додатковими тепловитратами через границі огороджень, тепловитратами трубопроводів, що проходять через неопалювані приміщення: для багатосекційних та інших будинків β_h = 1,13, для інших типів будинків β_h = 1,11.

$$Q_{річ} = [452465,14 - (155715,44 + 28225,31) \cdot 0,8 \cdot 0,5] \cdot 1,13 = 121373,02 \text{ кВт·год};$$

5.5. Розрахункове значення необхідних тепловитрат на опалення будинку за опалювальний період, $q_{буд}$, $[q_{буд}]$, *кВт·год/м², кВт·год/м³:*

$$q_{буд} = Q_{річ} / F_h;$$

$$q_{буд} = 121373,02/4653 = 26,1 \text{ кВт·год/м}^2;$$

$$[q_{буд}] = Q_{річ} / V_h;$$

$$[q_{буд}] = 121373,02/14889,6 = 8,15 \text{ кВт·год/м}^3;$$

5.6. Визначимо клас енергетичної ефективності будинку, для цього визначимо різницю ε в % розрахункового значення необхідних тепловитрат $q_{буд}$, від максимально припустимого значення E_{max}:

$$\varepsilon = [(q_{буд} - E_{max}) / E_{max}) \cdot 100\% = [(26,1 - 69)/69] \cdot 100 = -62,2 \%;$$

$$[\varepsilon] = [([q_{буд}] - [E_{max}]) / [E_{max}]) \cdot 100\% = [(8,15 - 25)/25] \cdot 100 = -67,4 \%;$$

де:

E_{max} = *69 кВт·год/м²;*

$[E_{max}]$ = *25 кВт·год/м²* - нормативні максимальні тепловтрати багатоповерхових будинків, (додаток 9 [29]).

Різниця у відсотковому відношенні попадає в інтервал в < -50% і менше, що відповідає класу енергетичної ефективності А, (додаток 10 [29]). Отримані дані заносимо в енергетичний паспорт.

6. Енергетичний паспорт будинку

	Найменування розрахункових параметрів	Позначення	Одиниці виміру	Величина
1	Розрахункова температура внутрішнього повітря	t_B	°С	20
2	Розрахункова температура зовнішнього повітря	$t_{з.5}$	°С	-19
3	Тривалість опалювального періоду	$Z_{оп}$	сутки	168
4	Середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період	$t_{оп}$	°С	+0,4
5	Розрахункова кількість градусо-діб опалювального періоду	D_d	°С·діб	3250

Функціональне призначення і тип будинку

6	Призначення	Житлове
7	Розміщення в забудові	Окремо розташоване
8	Типовий проект, індивідуальний	Індивідуальний проект

Геометричні, теплотехнічні й енергетичні показники
Геометричні показники

№ n/n	Показник	Позначення	Розмірність	Нормативні Значення	Розрахункові (проектні) значення
1	***2***	***3***	***4***	***5***	***6***
	Загальна площа зовнішніх огороджуючих конструкцій будинку				
1	У тому числі: - стін	$F_{ст}$	м^2		3466,26
2	- вікон і балконних	$F_{о}$	м^2		385,56
3	- горищних перекриттів	$F_{ч}$	м^2		517
4	- цокольних перекриттів	$F_{ц}$	м^2		517
5	- зовнішніх дверей	$F_{д}$	м^2		7,56
6	- площа опалювальних приміщень	F_{h}	м^2		4653
7	- площа житлових приміщень і кухонь	$F_{ж}$	м^2		3861,99
8	- опалювальний об’єм	v_{h}	м^2		14889,6
9	- коефіцієнт засклення фасадів будинку	$m_{заск}$	-		0,111
10	Показник компактності будинку	$A_{к\ буд}$	м$^{-1}$		0,302

Технічні показники

	Приведений опір теплопередачі зовнішніх огороджуючих конструкцій				
1	- стін	$R_{нп}$	м² К/Вт	2,5	2,5
2	- вікон і балконних дверей	$R_{в}$	м² К/Вт	0,5	0,5
3	- горищних перекриттів	$R_{г}$	м² К/Вт	3,0	3,0
4	- цокольних перекриттів	$R_{ц}$	м² К/Вт	2,3	2,3
5	- зовнішні двері	$R_{д}$	м² К/Вт	0,41	0,41

Енергетичні показники

1	Розрахункові необхідні тепловитрати	$q_{буд}$	кВт·год/м² [кВт·год/м³]		26,1 8,15
2	Максимально допустимі значення необхідних теплозатрат на опалення будинку	E_{max}	кВт·год/м² [кВт·год/м³]		69 25
3	Клас енергетичної ефективності				А
4	Відповідність проекту будинку нормативним вимогам				Так
5	Необхідність доробки проекту будинку				Ні

** енергетичний паспорт є невід'ємною частиною будь-якого проекту будинку;*

** у сучасних нормативах термічний опір огороджуючої конструкції, збільшений на 30%;*

** якщо будинок має коефіцієнт засклення більше 0,18, то можливо ситуація, коли витримані всі нормативи за коефіцієнтами термооболонки будинку, а питомі тепловтрати перевищують максимально допустимі - у цьому випадку необхідно розробляти заходи щодо підвищення енергоефективності будинку.*