

УДК 621.311.003.13

Панадій М.В.
наук. керівник Бориченко О.В.

ОСОБЛИВОСТІ І ВІДМІННОСТІ В РОЗРАХУНКУ ВИТРАТ І ВТРАТ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ В БУДІВЛЯХ ЗА ДСТУ Б А.2.2-12:2015

Анотація. У даній статті наведено та прораховано алгоритм розрахунку енергоспоживання за ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та ДБН В.2.6-31:2016. Прораховано характеристики теплопередач трансмісією, вентиляцією, проведено розрахунок внутрішніх теплонадходжень і сонячних теплонадходжень, наведено розрахунок динамічних параметрів. Враховані всі підсистеми енергоспоживання при опаленні (підсистема тепловіддачі/виділення, підсистема розподілення, підсистема виробництва/генерування теплоти), енергоспоживання системи вентиляції, енергопотреби та енергоспоживання гарячого водопостачання, а також враховане енергоспоживання при освітленні. Визначено базове споживання енергії будівлі та побудовано енергетичний баланс. Визначено клас енергоефективності житлової будівлі.

Ключові слова: Теплопередача, теплонадходження, втрати, витрати, енергопотреба, енергоспоживання.

FEATURES AND DIFFERENCES IN THE CALCULATION OF COSTS AND LOSSES OF THERMAL ENERGY IN BUILDINGS PER DSTU B A.2.2-12:2015

Abstract. This article presents and calculates the algorithm for calculating energy consumption according to DSTU B A.2.2-12: 2015 and DBN B.2.6-31: 2016. The characteristics of heat transfer by transmission and ventilation are calculated, the calculation of internal heat inputs and solar heat inputs is performed, the calculation of dynamic parameters is given. All subsystems of energy consumption during heating (subsystem of heat transfer / allocation, subsystem of distribution, subsystem of production / heat generation), energy consumption of ventilation system, energy needs and energy consumption of hot water supply, as well as energy consumption during lighting are taken into account. The basic energy consumption of the building is determined and the energy balance is built. The energy efficiency class of a residential building is determined.

Keywords: Heat transfer, heat input, losses, costs, energy need, energy consumption.

Вступ. На даний час енергоспоживання, енергоефективність та енергетичний баланс будинку є актуальними темами як для старих будівель, так і для новобудов. Тому, якщо рівень цих показників буде тільки зростати це призведе до корисного та ефективного споживання енергії. Тому для країни це є економія ресурсів, підвищення конкурентоздатності і продуктивності промисловості, для енергетичних компаній це є зниження витрат на паливо і необґрунтованих витрат на будівництво, для людей це є значне скорочення комунальних витрат, а для екології це є обмеження викиду шкідливих речовин у атмосферу.

Для подальших розрахунків втрат і витрат потрібно виконати збір необхідних даних. Спочатку складається структура споживання і оплати енергоносіїв, розраховуються характеристики трансмісії, вентиляції, внутрішні та сонячні теплонадходження, визначається енергопотреба та енергоспоживання будинку та встановлюється клас енергетичної ефективності.

Мета та завдання. Завданням та метою дослідження є визначення особливостей та відмінностей у розрахунку втрат і витрат теплової енергії, аналіз алгоритму розрахунку енергоспоживання за ДСТУ Б.А.2.2-12:2015 та ДБН В.2.6-31:2016, а також визначення базового споживання енергії будівлі, побудова енергетичного балансу та класу

енергоефективності житлової будівлі.

Матеріал і результати досліджень. Об'єктом дослідження є житловий будинок за адресою місто Київ, вулиця Стадіонна 6. Будівля введена в експлуатацію в 1992 році за індивідуальною серією та налічує 234 квартири.

Огляд будинку виконувався за наступною схемою:

1. Проведення інтерв'ю з головою правління Керуючої компанії та головним інженером.
2. Проходження інструктажу з техніки безпеки.
3. Огляд електрощитової, насосної, теплового пункту.
4. Ознайомлення з технічним паспортом будинку.
5. Збір даних по складу огорожувальних конструкцій та по споживанню енергетичних ресурсів.
6. Складання висновку за результатами обстеження будівлі та консультація з головним інженером.

Надалі наведемо стислий опис розрахунку однієї з частин методики. Візьмемо за приклад розрахунок характеристик теплопередачі, теплонадходжень та динамічних параметрів розділ 8 [1] за січень місяць.

Сумарна теплопередача трансмісією для кожного місяця розраховується за формулою:

$$Q_{tr} = H_{tr,adj} (\Theta_{int,set,H} - \Theta_c) t, \quad (1)$$

Визначимо сумарну теплопередачу трансмісією для січня за формулою (1):

$$Q_{tr} = 16387,8 \cdot (22 - (-4,7)) \cdot 744 = 336489 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Сумарну теплопередачу вентиляцією для кожного місяця розраховуємо за формулою:

$$Q_{ve} = H_{ve,adj} (\Theta_{int,set,H,z} - \Theta_c) t, \quad (2)$$

У січні сумарна теплопередача вентиляцією за формулою (2) складала:

$$Q_{ve} = 16586,3 \cdot (20 - (-4,7)) \cdot 744 = 304803 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Внутрішні теплонадходження для кожного місяця окремо розраховуються:

$$Q_{int} = \left(\sum_k \Phi_{int,mn,k} \cdot A_f \right) t, \quad (3)$$

Теплонадходження від внутрішніх теплових джерел відповідно до формули (3) складають:

$$Q_{int} = (2 + 2 + 1,8) \cdot 36686,48 \cdot 744 = 158309 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Для кожного місяця теплонадходження від сонця розраховуються:

$$Q_{sol} = \left(\sum_k \Phi_{sol,mn,k} \right) t, \quad (4)$$

Визначимо теплонадходження від сонця до будинку за формулою (4):

$$Q_{sol} = 31032 \cdot 744 = 23087555 \text{ Вт} \cdot \text{год} = 23088 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Для кожного місяця енергопотребу для опалення $Q_{H,nd,i}$, кВт·год, розраховують за формулою:

$$Q_{H,nd} = Q_{H,nd,const} = Q_{H,ht} - \eta_{H,gn} Q_{H,gn}, \quad (5)$$

Сумарна теплопередача для кожного місяця, визначається за формулою:

$$Q_{H,ht} = Q_{tr} + Q_{ve}, \quad (6)$$

де Q_{tr} - сумарна теплопередача трансмісією, кВт·год, визначена згідно з (1);

Q_{ve} - сумарна теплопередача вентиляцією, кВт·год, визначена згідно з (2).

Знайдемо енергопотребу для опалення для січня місяця:

$$Q_{H,ht} = 336489 + 304803 = 641292 \text{ кВт} \cdot \text{год}.$$

Сумарні теплові надходження для кожного місяця, визначаються за формулою:

$$Q_{H,gn} = Q_{int} + Q_{sol}, \quad (7)$$

де Q_{int} - сума внутрішніх теплонадходжень протягом даного періоду, кВт·год, визначена згідно з (3);

Q_{sol} - сума сонячних теплонадходжень протягом даного періоду, кВт·год, визначена згідно з (4).

$$Q_{H,gn} = 158309 + 23088 = 181397 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Знайдемо енергопотребу для опалення для січня за формулою (5):

$$Q_{H,nd} = 641293 - 0,9999 \cdot 181397 = 459899 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

Загальна енергопотреба для опалення на рік склала 2026625 кВт·год, що становить 1743 Гкал.

Розраховані значення трансмісії, вентиляції, внутрішніх теплонадходжень, сонячних теплонадходжень, динамічних параметрів для інших місяців зведено до таблиці 1.

Таблиця 1 - Розрахунок енергопотреби для опалення

Місяць року	Параметр							
	$Q_{H,tr}$, кВт·год	$Q_{H,ve}$, кВт·год	$Q_{H,ht}$, кВт·год	Q_{sol} , кВт·год	$Q_{H,int}$, кВт·год	$Q_{H,gn}$, кВт·год	γ_H	$\eta_{H,gn}$
Січень	336489,8	304803,1	641293,0	23088,0	158309,5	181397,5	0,283	1,000
Лютий	291405,0	263045,4	554450,5	35426,0	142989,2	178415,2	0,322	1,000
Березень	264654,9	234463,9	499118,9	59803,0	158309,5	218112,5	0,437	0,999
Квітень	158549,0	131363,5	289912,5	68693,0	153202,7	221895,7	0,765	0,972
Травень	85697,8	59233,0	144930,8	93169,0	158309,5	251478,5	1,735	0,574
Червень	45125,5	20301,6	65427,1	95370,0	153202,7	248572,7	3,799	0,263
Липень	27725,8	2468,0	30193,8	96433,0	158309,5	254742,5	8,437	0,119
Серпень	37807,8	12340,2	50148,1	84221,0	158309,5	242530,5	4,836	0,207
Вересень	98788,2	72847,0	171635,3	64358,0	153202,7	217560,7	1,268	0,763
Жовтень	175176,4	146848,5	322024,8	39619,0	158309,5	197928,5	0,615	0,993
Листопад	245141,2	216152,7	461293,9	17068,0	153202,7	170270,7	0,369	1,000
Грудень	308764,1	277654,7	586418,8	14950,0	158309,5	173259,5	0,295	1,000
Всього за рік								

Значення, які були знайдені в розрахунках енергоспоживання при опаленні підсистеми тепловіддачі/виділення, розподілення, виробництва/генерування теплоти, загальне енергоспоживання при опаленні, енергоспоживання систем вентиляції, енергопотреби та енергоспоживання ГВП, енергоспоживання при освітленні, частково зведені до таблиці 2.

Таблиця 2 - Розрахунок енергопотреби при опаленні

Місяць року	Параметр					
	$Q_{H,nd}$, кВт·год	$Q_{H,em,ls}$, кВт·год	$Q_{H,em,in}$, кВт·год	$Q_{H,dis,in}$, кВт·год	$Q_{H,gen,ls}$, кВт·год	$Q_{H,use}$, кВт·год
Січень	459899,12	69412,68	529311,80	337376,31	106539,89	443916,19
Лютий	376045,13	56756,58	432801,71	266220,83	84092,00	350312,83
Березень	281133,83	42431,59	323565,42	169958,20	53826,00	223784,20
Квітень	74189,02	11197,37	85386,39	16634,79	5668,00	22302,79
Травень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Червень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Липень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Серпень	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Вересень	5690,14	858,81	6548,96	0,00	0,00	0,00
Жовтень	125453,52	18934,73	144388,24	45643,00	14881,00	60524,00
Листопад	291050,58	43928,33	334978,91	189980,31	60048,00	250028,31
Грудень	413164,17	62358,96	475523,14	297405,35	93931,00	391336,35
Всього за рік						1742204,68

Далі, виходячи зі всіх раніше визначених даних, знаходимо клас енергетичної

ефективності будівлі за питомою енергопотребою. Основний показник енергоефективності будівлі EP повинен визначатися за умовою:

$$EP \leq EP_{\max},$$

де EP – розрахункова питома річна енергопотреба будівлі;

$EP_{\max}$ – максимально допустиме значення питомої річної енергопотреби будівлі;

$EP_{\max} = 77 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$, що обирається за додатками [2].

Розрахункове значення EP визначають за формулою:

$$EP = (Q_{H,nd} + Q_{C,nd} + Q_{DHW,nd}) / A_f, \quad (8)$$

де $Q_{H,nd}, Q_{C,nd}, Q_{DHW,nd}$ – річна енергопотреба будівлі для опалення, охолодження та гарячого водопостачання, $\text{кВт} \cdot \text{год}$;

A_f – опалювальна площа будівлі, м^2 .

Визначаємо показник енергоефективності за формулою (8):

$$EP = (2026625,5 + 0 + 733720) / 36686 = 75,24.$$

Для визначення класу енергетичної ефективності скористаємося формулою:

$$[(EP - EP_{\max}) / EP_{\max}] \cdot 100\% = (75,24 - 77) / 77 \cdot 100\% = -2,3\%.$$

Відповідно до додатку [2], клас енергоефективності становить C .

Далі визначаємо клас енергетичної ефективності будинку за питомим енергоспоживанням. Для визначення класу енергетичної ефективності житлового будинку необхідно визначити питоме енергоспоживання при опаленні, охолодженні та постачанні гарячої води за формулою:

$$EP = EP_{H,use} + EP_{C,use} + EP_{DHW,use} \quad (9)$$

Питоме енергоспоживання при опаленні для житлових будівель:

$$EP_{H,use} = \frac{Q_{H,use}}{A_f} = \frac{1742205}{36686} = 47,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2.$$

Так як в будинку система охолодження відсутня, тому приймаємо питоме енергоспоживання при охолодженні $EP_{C,use} = 0 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2$.

Питоме енергоспоживання при постачанні гарячої води:

$$EP_{DHW,use} = \frac{Q_{DHW,use}}{A_f} = \frac{1573711}{36686} = 42,9 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2.$$

Визначимо клас енергетичної ефективності будівлі за формулою (9):

$$EP = 47,5 + 0 + 42,9 = 90,4 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^2.$$

Клас енергетичної ефективності житлової будівлі за адресою м. Київ, вул. Стадіонна 6 згідно з додатком 11 [2] складає D .

З наведених вище розрахунків можемо показати базове споживання енергії будівлі. Розрахункові обсяги споживання за рік наведені у таблиці 3.

Таблиця 3 – Обсяг споживання об'єктом за рік

Вид	Розрахунковий обсяг споживання за рік	
	тис. $\text{кВт} \cdot \text{год}$	%
Енергоспоживання систем опалення	1742,2	40,70
Енергоспоживання систем вентиляції	142,22	3,32

Продовження таблиці 3

Енергоспоживання систем гарячого водопостачання	1591,8	37,19
Енергоспоживання систем охолодження	0	0,00
Енергоспоживання систем освітлення	804,3	18,79
УСЬОГО:	4280,52	100

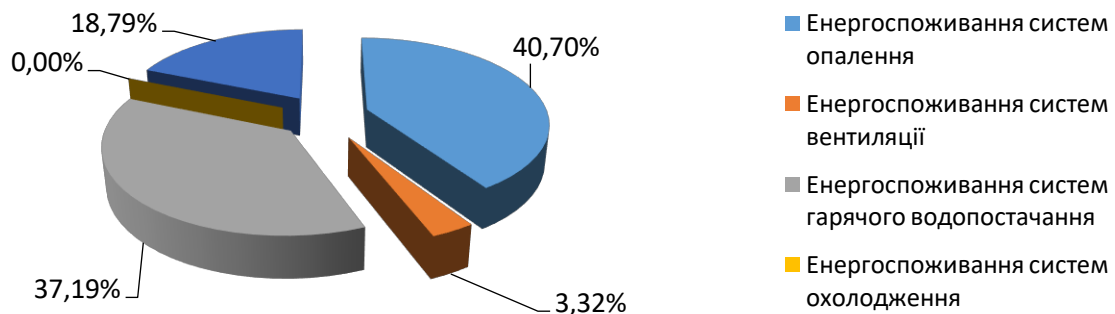


Рисунок 1 – Діаграма розрахункового обсягу споживання за рік

Розпишемо основні особливості та відмінності в розрахунку втрат і витрат. Для гарячого водопостачання за ДСТУ враховуються енергопотреби, річні тепловтрати циркуляційного контуру, річні тепловтрати підсистеми розподілення, ефективність підсистеми виробництва/генерування та акумулювання теплоти, тепловтрати використаної води. Тоді як за ДБН враховують тільки питомі енергопотреби на 1м² кондиціонованого об'єму. Охолодження за ДСТУ поділяється одразу на три підсистеми: тепловіддачі, розподілення, виробництва/генерування. В першій враховують тепловтрати, додаткову енергію та енергію входу. В другій враховують тепловтрати, додаткову енергію та енергію входу. В третій враховують тепловтрати, енергію виходу та ефективність. Тоді як за ДБН враховують сумарну теплопередачу в режимі охолодження, сумарне теплонадходження в режимі охолодження та коефіцієнт використання втрат. Для опалення за ДСТУ враховуються тепловтрати системи (утилізаційні та утилізовані), додаткова енергія та утилізована додаткова енергія, а за ДБН – сумарна теплопередачу в режимі опалення, сумарні теплонадходження в режимі опалення та коефіцієнт використання втрат.

Висновки.

Виходячи з розрахунків та особливостей і відмінностей втрат і витрат бачимо, що механізм розв'язку за ДСТУ сильно відрізняється від ДБН. В першому наводяться більш точні розрахунки, враховуються всі нюанси та елементи гарячого водопостачання, опалення, охолодження характеристики трансмісії, вентиляції, внутрішні та сонячні теплонадходження з чого впливає розгорнутий та чіткий результат.

Список використаних джерел.

1. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. [Чинний від 2016-01-01]. Київ:Мінрегіон України, 2015. – 13с.
2. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 2017-05-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2017. – 10,11с.
3. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11 липня 2018 р. №169.