

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

# СУЧАСНІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Методичні вказівки  
до виконання розрахунково-графічної роботи  
з дисципліни «Сучасні системи електричного опалення»  
для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція»  
денної та заочної форм навчання

Київ 2023

УДК 697+697.27

С89

Укладачі: О.П. Любарець, канд. техн. наук, доцент;  
А.С. Москвітіна, канд. техн. наук, асистент

Рецензент В.О. Мілейковський, д-р техн. наук, професор

Відповідальний за випуск К.М. Предун, д-р екон. наук,  
професор

*Затверджено на засіданні кафедри теплогазопостачання  
і вентиляції, протокол № 4 від 9 листопада 2022 року.*

В авторській редакції.

**Сучасні** системи опалення: методичні вказівки до виконання  
С89 розрахунково-графічної роботи / уклад.: О.П. Любарець,  
А.С. Москвітіна. – Київ: КНУБА, 2023. – 48 с.

Містять методику теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій приміщень, які розташовані нижче рівня землі. Наведено методику підбору електрокабельних систем опалення та повітряно-опалювальних агрегатів.

Призначено для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» галузі знань 19 «Архітектура та будівництво» денної та заочної форм навчання.

## ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
1. ВИХІДНІ ДАНІ НА ПРОЄКТУВАННЯ.....	5
1.1. Архітектурно-будівельна характеристика об'єкта .....	5
1.2. Розрахункова температура внутрішнього та зовнішнього повітря .....	6
2. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНІХ І ВНУТРІШНІХ ОГОРОДЖЕНЬ.....	7
3. ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕННЯ....	9
3.1. Трансмісійні тепловтрати опалювального приміщення .....	9
3.2. Вентиляційні тепловтрати опалюваного приміщення .....	18
3.3. Інші можливі регулярні теплонадходження та тепловтрати до опалюваного приміщення.....	23
4. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ГАРАЖА.....	25
5. РОЗРАХУНОК НАГРІВАЛЬНОЇ СЕКСЦІЇ ЕКСО ПД.....	26
6. РОЗРАХУНОК МІСЦЕВОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ.....	30
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	33
ДОДАТКИ .....	35
Додаток А.....	35
Додаток Б .....	37
Додаток В.....	41
Додаток Г .....	45
Додаток Д.....	47

## ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Енергоефективне електричне опалення будівель дає змогу зменшити забруднення атмосфери та використання викопних енергоресурсів (газ, вугілля), а також знизити експлуатаційні витрати коштів на опалення. Визначення тепловтрат приміщень за сучасними європейськими методиками є основою подальших розрахунків і підбором опалювального обладнання та гарантією ефективної роботи сучасних систем забезпечення мікроклімату.

З набуттям чинності ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» в Україні вводяться нові методики для визначення теплового навантаження системи опалення приміщення та визначення проектної (розрахункової) потужності системи опалення будівлі, які регламентуються гармонізованим до європейських норм ДСТУ Б EN 12831 «Системи опалення будівель. Метод визначення проектного теплового навантаження».

У методичних вказівках розглянуто методики розрахунку теплової потужності системи опалення для приміщень, які розташовані нижче рівня землі та будівлі в цілому при виконанні курсових, дипломних і реальних проєктів систем опалення. Наведено методику підбору електрокабельних систем опалення та повітряно-опалювальних агрегатів відповідно до чинного ДБН В 2.5-24:2012 «Електрична кабельна система опалення».

Наведені в додатках технічні характеристики електроопалювального обладнання дає можливість здійснити підбір електрокабельної секції опалення та автоматичного контрольно-регулювального обладнання.

# 1. ВИХІДНІ ДАНІ НА ПРОЄКТУВАННЯ

## 1.1. Архітектурно-будівельна характеристика об'єкта

На основі вихідних даних до курсового проєкту з дисципліни «Опалення» у напівпідвалі житлової будівлі, який використовують для паркування автомобілів, слід запроєктувати систему опалення. У торці будівлі необхідно передбачити автоматично підйомні ворота, розміром 3×2 м, та під'їзд до них. Додаткові вихідні дані беруть за двома останніми цифрами номера залікової книжки з табл. 1.

Таблиця 1

Вихідні дані до розрахунково-графічної роботи

Параметр	Остання цифра номера залікової книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Глибина напівпідвалу відносно рівня землі $h_n$ , м	1,5	1,7	1,9	2,1	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4
Коефіцієнт теплопровідності утеплювача підземної частини і зовнішньої стіни $\lambda$ , Вт/(м·К)	0,047	0,048	0,054	0,05	0,051	0,052	0,055	0,049	0,053	0,056
Товщина утеплювача підлоги $\delta$ , м	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,06	0,07	0,05	0,06	0,07
Кількість вікон 1,0×1,0 м уздовж периметра будівлі	20	22	24	24	20	22	24	20	22	24
Установлювана потужність електродвигуна механічних воріт $N_y$ , Вт	380	260	200	320	340	300	240	360	280	220
	Передостання цифра номера залікової книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кількість автомобілів, шт.	48	52	56	44	46	50	54	58	42	60
Висота напівпідвалу	4,5	4,4	4,3	4,2	4,1	4,2	4,3	4,4	4,5	4,1
Товщина утеплювача підземної частини зовнішньої стіни $\delta$ , м	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04	0,02	0,02
Коефіцієнт теплопровідності утеплювача підлоги $\lambda$ , Вт/(м·К)	0,047	0,048	0,052	0,055	0,056	0,053	0,054	0,051	0,049	0,056
Тип ґрунту	глина	пісок	скельний	мул	гравій	скельний	мул	пісок		

## **1.2. Розрахункова температура внутрішнього та зовнішнього повітря**

З вихідних даних до курсового проєкту з дисципліни «Опалення» виписують наступні дані для пункту будівництва: середню температуру найбільш холодної п'ятиденки  $t_{ext}$ , °С, та середню температуру найбільш холодної доби  $t_{ext,1}$ , °С.

Використовуючи будівельні норми [1,2] та дані курсового проєкту з дисципліни «Опалення», виписують значення розрахункової температури зовнішнього повітря та внутрішнього повітря для опалюваних приміщень, розташованих у напівпідвалі:

- сходової клітки  $t_{e,CK} = 10$  °С;
- індивідуального теплового пункту  $t_{e,ТП} = 16$  °С;
- гаража  $t_g = 5$  °С.

## 2. ТЕПЛОТЕХНІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ЗОВНІШНІХ І ВНУТРІШНІХ ОГОРОДЖЕНЬ

2.1. Підбір конструкцій надземної частини зовнішньої стіни напівпідвалу, а також стін між напівпідвалом і сходовою кліткою та напівпідвалом і ІТП здійснюють за [1].

2.2. Потрібний опір теплопередачі воріт, дверей до сходової клітки та ІТП розраховують за нормою [1].

2.3. Опір теплопередачі перекриття над підвалом приймають за розрахунками курсового проєкту з дисципліни «Опалення».

2.4. Для зовнішніх огорожувальних конструкцій обов'язкове виконання умов:

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

де  $R_o$  – опір теплопередачі термічно однорідних огорожувальних конструкцій (ОК) з урахуванням умов їхньої експлуатації,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;  $R_{q \min}$  – мінімально допустиме значення опору теплопередачі термічно однорідної огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$  [1];

$$R_o = (1/\alpha_6) + \Sigma(\delta_i/\lambda_i) + (\delta_{i3}/\lambda_{i3}) + (1/\alpha_3), \quad (2)$$

де  $\Sigma(\delta_i/\lambda_i)$  – сумарний термічний опір багат шарової основної конструкції,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;  $\delta_{i3}/\lambda_{i3}$  – термічний опір теплоізоляції,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;  $\alpha_6$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні конструкцій,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , який приймається згідно з ДСТУ Б В.2.6-190:2013 [6] (дод. А, табл. А.2);  $\alpha_3$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, який беруть згідно з дод. А, табл. А.2,  $\text{Вт}/(\text{м}^2, \text{К})$ .

2.5. Мінімально допустиме значення,  $R_{q \min}$ , опору теплопередачі внутрішніх конструкцій, що розмежують приміщення з розрахунковими температурами внутрішнього повітря, які відрізняються більше ніж на  $4 \text{ °C}$  (теплі горища, стіни, перекриття тощо), розраховують за формулою (приймають не менше ніж  $0,5 (\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$  [1]):

$$R_{q \min} = (t_{B1} - t_{B2})/(\Delta t_{c2} \alpha_B), \quad (3)$$

де  $t_{в1}, t_{в2}$  – розрахункові температури внутрішнього повітря в суміжних приміщеннях, °С;  $\Delta t_{ст} = 3$  °С.

2.6. Результати теплотехнічного розрахунку зовнішніх і внутрішніх огорожень напівпідвалу (гаража) заносять до табл. 2.

Таблиця 2

**Вихідні дані до розрахунково-графічної роботи**

Найменування огорожувальної конструкції	Опір теплопередачі $R$ , $m^2 K/Вт$		Коефіцієнт теплопередачі ОК $U_k = 1/R_o$ , $Вт/(m \cdot K)$
	потрібний $R^{потр}$	дійсний $R_o$	
Надземна частина зовнішньої стіни			
Підземна частина зовнішньої стіни			
Внутрішня стіна ІТП			
Внутрішня стіна сходової клітки			
Підлога			



### 3. ТЕПЛОВА ПОТУЖНІСТЬ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ПРИМІЩЕННЯ

Відповідно до ДСТУ Б EN 12831:2008 [10], проєктне теплове навантаження системи опалення приміщення визначають за формулою теплового балансу приміщення:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} + \Phi_{Q,i} \text{ Вт}, \quad (4)$$

де  $\Phi_{T,i}$  – трансмісійні тепловтрати через огорожувальні конструкції приміщення, Вт;  $\Phi_{V,i}$  – вентиляційні тепловтрати на нагрівання інфільтраційного повітря, що надходить до приміщення, Вт;  $\Phi_{RH,i}$  – додаткова компенсаційна теплова потужність для системи періодичного опалення, яка враховує ефект тимчасовості обігріву приміщення, Вт;  $\Phi_{Q,i}$  – інші можливі регулярні тепловтрати (із знаком плюс) або теплонадходження (зі знаком мінус) до опалюваного приміщення, Вт.

Нижче наведено рекомендації щодо визначення складових, що входять до формули (3).

#### 3.1. Трансмісійні тепловтрати опалювального приміщення

Розрахункові теплові втрати приміщення за рахунок теплопередачі через будівельні огороження  $\Phi_{T,i}$ , Вт, слід обчислювати за формулою, що враховує основні можливі варіанти влаштування приміщення:

$$\Phi_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \text{ Вт}, \quad (5)$$

де  $H_{T,ie}$  – характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції приміщення назовні, Вт/°С;  $H_{T,iue}$  – характеристика трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через неопалюване приміщення назовні, Вт/°С;  $H_{T,ig}$  – характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції до ґрунту, Вт/°С;  $H_{T,ij}$  – характеристика трансмісійних тепловтрат опалюваного приміщення через огорожувальну конструкцію до суміжного опалюваного приміщення із іншою розрахунковою температурою, Вт/°С;

$\theta_{int,i}$  – розрахункова температура внутрішнього повітря, °С;  
 $\theta_e$  – температура зовнішнього повітря, °С.

Під характеристикою (коефіцієнтом) тепловтрат приміщення, Вт/°С, слід розуміти питомі тепловтрати  $i$ -го приміщення, віднесені до різниці температури внутрішнього та зовнішнього повітря, °С.

*Характеристика (коефіцієнт) тепловтрат  $H_i$*  як питомі тепловтрати  $i$ -го приміщення – це відношення величини тепловтрат  $\Phi_i$  до різниці температури внутрішнього та зовнішнього повітря:

$$H_i = \Phi_i / (\theta_{int,i} - \theta_e), \text{ Вт/}^\circ\text{С.} \quad (6)$$

Розрахункову температуру внутрішнього повітря в холодний період року в опалюваних адміністративно-побутових і виробничих приміщеннях упродовж періоду їхнього невикористання (черговий режим роботи) приймають нижчою від нормованої температури не більше ніж на 4 °С від нормованої температури, але не нижче ніж 5 °С у виробничих приміщеннях [1].

Відновлення нормованої температури слід забезпечувати до початку використання приміщення або до початку роботи.

Розрахункову температуру повітря,  $\theta_{int,i}$ , °С, у приміщеннях заввишки понад 4 м можна визначити за формулами [13]:

$$\begin{aligned} \theta_{int,i}^{63} &= \theta_{int,i}^{p3} + grad(t) \cdot (h_{пр} - 2); \\ \theta_{int,i}^6 &= \theta_{int,i}^{p3} + grad(t) \cdot (h_{ог} - 2); \\ \theta_{int,i}^{сеп} &= 0,5 \cdot (\theta_{int,i}^{p3} + \theta_{int,i}^6), \end{aligned}$$

де  $\theta_{int,i}^{p3}$  – внутрішня температура повітря у робочій зоні приміщення, що дорівнює розрахунковій температурі внутрішнього повітря, °С;  
 $\theta_{int,i}^{B3}$  – внутрішня температура повітря у верхній зоні приміщення, °С;  
 $\theta_{int,i}^B$  – внутрішня температура повітря у верхній зоні огороження, °С;  
 $\theta_{int,i}^{сеп}$  – середня внутрішня температура повітря, °С;  $h_{пр}$  – висота приміщення (від підлоги до стелі), м;  $h_{ог}$  – висота огороження від рівня підлоги приміщення до верху огороження, м;  $grad(t) = 0,02 \cdot \theta_{int,i}^{p3}$  – підвищення внутрішньої температури повітря вище робочої зони, °С/м, на 1 м висоти.

Рекомендується під час розрахунку тепловтрат крізь огорожувальні конструкції залежно від їхнього виду брати внутрішню температуру повітря:

- $\theta_{int,i}^{p3}$  – для підлоги, дверей, воріт і вікон заввишки до 4 м від рівня підлоги приміщення;
- $\theta_{int,i}^{63}$  – для стелі, горищного перекриття або безгорищного покриття;
- $\theta_{int,i}^{cep}$  – для вертикальних огорожувальних конструкцій заввишки понад 4 м від рівня підлоги приміщення.

### ***Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення до зовнішнього повітря***

Розрахункове значення характеристики тепловтрат приміщення при теплопередачі з опалюваного приміщення назовні через будівельні огороження (елементи лінійного теплового мосту) а саме, стіни, двері, стелю та вікна, обчислюють за формулою:

$$N_{T,ie} = \sum_k A_k \cdot U_k \cdot e_k + \sum_l \psi_l \cdot l_l \cdot e_l = \sum_k A_k \cdot \sum U_k \cdot e_k, \text{ Вт/}^\circ\text{C}, \quad (7)$$

де  $A_k$  – площа теплопередачі  $k$ -ї будівельної конструкції огорожень приміщення,  $\text{м}^2$ ;  $U_k$  – коефіцієнт передачі теплоти від внутрішнього повітря через  $k$ -ту будівельну конструкцію огороження приміщення до зовнішнього середовища,  $\text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ;  $\psi_l$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі  $l$ -го елемента лінійного теплового мосту в конструкції будівельного огороження, який визначається згідно з [11] на етапі теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій,  $\text{Вт/м} \cdot ^\circ\text{C}$ ;  $l_l$  – довжина лінійного теплового мосту в конструкції будівельного огороження, м;  $e_k$ ,  $e_l$  – поправкові коефіцієнти, на додаткові тепловтрати, що враховують випромінювальні властивості поверхні огороження, з урахуванням впливу мікрокліматичних умов, типу ізоляційних матеріалів, їх вологості, швидкості вітру і температури зовнішнього повітря.

За наявності зовнішньої теплоізоляції на вузлах внутрішнього сполучення огорожувальних конструкцій тепловтрати не враховуються.

Поправкові коефіцієнти  $e_k$  та  $e_l$  згідно з [10] визначаються на підставі даних попередньо чинної в Україні методики [12] і наведені в табл. 3. За

відсутності національних стандартів, їхнє значення за замовчуванням приймаються за дод. D.4.1 [10] і дорівнюють 1,0.

Кліматичні параметри в місті будівництва, а саме швидкість і повторюваність вітру за сторонами світу, визначають за [2].

Таблиця 3

**Національні значення коефіцієнтів додаткових тепловтрат**

$$e_k = e_l = 1 + \Sigma\beta$$

<b>Фактори, для яких обумовлені додаткові втрати теплоти</b>	<b>Огородження, при розрахунках яких враховуються додаткові тепловтрати</b>	<b><math>\beta</math></b>
Вітер зі швидкістю в січні до 5 м/с	Орієнтовані в напрямках, звідки дує вітер в січні з повторюваністю не менш 15 %	0,05
Вітер зі швидкістю в січні 5 м/с і більше		0,10
Будівлі заввишки 10-15 поверхів (при висоті поверху до 2,7 м)	Огородження першого та другого поверхів	0,10
	Огородження третього поверху	0,05
Будівлі заввишки 16 поверхів і більше (при висоті поверху до 2,7 м)	Огородження першого та другого поверхів	0,20
	Огородження третього поверху	0,15
	Огородження четвертого поверху	0,10

Площа теплопередачі  $k$ -тої будівельної конструкції огорожень приміщення визначається за зовнішніми розмірами, як показано на рис. 1. Вертикальні розміри зовнішніх стін визначаються як відстань від поверхні підлоги одного поверху до поверхні підлоги наступного (товщина перекриття цокольного поверху не враховується). Горизонтальні розміри зовнішніх стін приміщення визначаються за осями внутрішніх перегородок, а в кутових приміщеннях – від зовнішньої поверхні кута до осі перегородки. Розміри дверей та вікон визначають за найменшими розмірами прорізів.

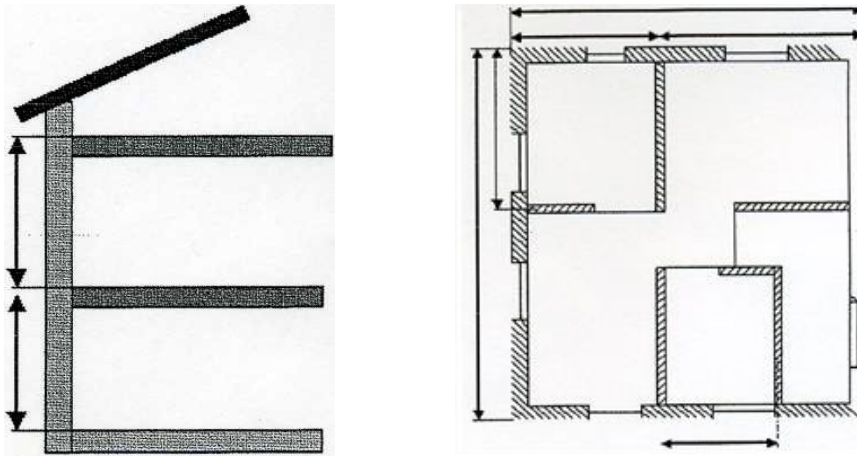


Рис. 1. Приклади визначення розмірів будівельних зовнішніх огорожень

Коефіцієнт теплопередачі огороження приміщення  $U_k$  та лінійний коефіцієнт теплопередачі  $\psi_l$  теплового моста  $k$ -тої будівельної конструкції визначаються на попередніх етапах проектування системи опалення при теплотехнічному розрахунку зовнішніх будівельних конструкцій згідно з ДСТУ Б А.2.2-12:2015 «Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні» [11] або згідно з дод. А, табл. А.1 при  $\Sigma U_k = U_k + \Delta U_{tb}$ .

Довжина лінійного теплового моста  $l$  визначається за будівельними кресленнями відповідних вузлів зовнішніх будівельних огорожень.

### ***Характеристика трансмісійних тепловтрат приміщення через огорожувальні конструкції, що контактують із ґрунтом***

Характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції приміщення до масиву землі  $H_{T,ig}$  визначається за формулою:

$$H_{T,ig} = f_{g1} f_{g2} \cdot (\Sigma_k A_k \cdot U_{equiv,k}) \cdot G_w, \text{ Вт/}^\circ\text{C}, \quad (6)$$

де  $f_{g1}$  – поправковий коефіцієнт, що враховує річні коливання температури ґрунту і визначається за національними стандартами або за даними дод. D.4.3 [10], які наводяться в табл. 4;  $G_w$  – корегувальний коефіцієнт, що враховує вплив ґрунтових вод і приймається за даними дод. D.4.3 [10], які наводяться в табл. 4;  $f_{g2}$  – поправковий коефіцієнт на можливе зниження зовнішньої температури, який враховує різницю між середнім коливанням і розрахунковим значенням температури зовнішнього

повітря (середню амплітуду коливання), °С, і визначається за формулою 7;  $U_{equiv,k}$  – коефіцієнт передачі теплоти з урахуванням типу підлоги згідно з EN ISO 13370, який визначається за даними формулами залежно від характеристичного параметру  $B'$ , Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

$$f_{g2} = (\theta_{int,i} - \theta_{m,e}) / (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (7)$$

Таблиця 4

**Значення поправкових коефіцієнтів  $f_{g1}$  та  $G_w$   
(за відсутності національних даних)**

Відстань між передбаченими ґрунтовими водами та плитою перекриття підлоги	$f_{g1}$	$G_w$
Більше 1 м	1,45	1,00
Менше 1 м		1,15

Характеристичний параметр  $B'$  визначають як відношення загальної площі першого поверху до половини периметру підлоги, який примикає до ґрунту (рис. 2).

$$B' = A_g / (0,5 \cdot P). \quad (8)$$

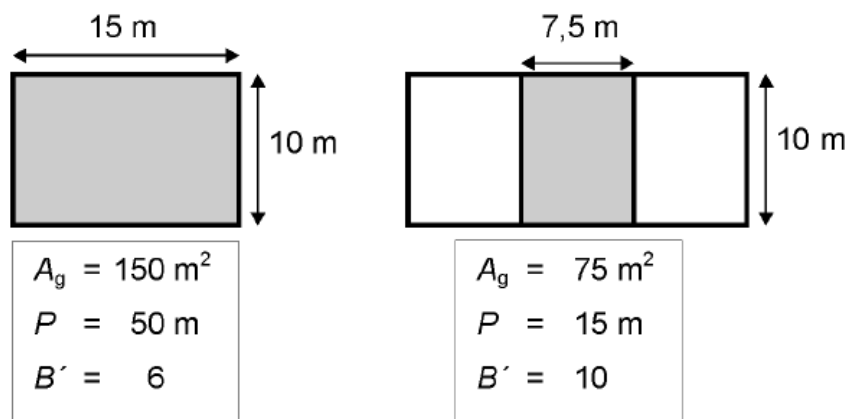


Рис. 2. Визначення характеристичного параметру  $B'$

Згідно з EN ISO 13370 параметр  $B'$  розраховується для будівлі в цілому. При цьому вважається, що теплопровідність ґрунту дорівнює  $\lambda_g = 2,0$  Вт/(м·°С), а ефект бокової теплоізоляції не враховується.

При розрахунках тепловтрат окремих приміщень  $B'$  визначається одним із трьох способів:

- для всіх кімнат без стін, що відділяють приміщення від теплового простору, величина параметру  $B'$  розраховується як для будівлі;
- для всіх кімнат з ізолюваною підлогою ( $U_{floor} < 0,5 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ) величина параметру  $B'$  приймається рівною розрахованій для будівлі в цілому;
- для всіх інших приміщень величина параметру  $B'$  розраховується за методом «кімната за кімнатою» (консервативний розрахунок).

Визначення коефіцієнта теплопередачі підлоги опалюваного підвалу, який розташований частково або повністю нижче рівня землі аналогічно підрахункам для перекриття на рівні землі, але враховує два типи будівельних елементів:  $U_{equiv,bf}$  – підлогу та  $U_{equiv,bw}$  – стіну, що контактує з ґрунтом. Для цього розраховуємо еквівалентну товщину підлоги  $d_t$  за формулою:

$$d_t = w + \lambda \cdot (R_{si} + R_f + R_{se}), \quad (9)$$

де  $w$  – загальна товщина зовнішньої стіни, включаючи всі шари, м;  
 $\lambda$  – теплопровідність ґрунту, приймають згідно табл. А.3,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;  
 $R_{si}$  – тепловий внутрішній поверхневий опір, приймають згідно табл. А.4,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ ;  
 $R_f$  – термічний опір підлоги включаючи всі шари,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$  (рис. 3);  
 $R_{se}$  – тепловий зовнішній поверхневий опір, приймають згідно з табл. А.4,  $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$ .

Коефіцієнт теплопередачі підлоги підвалу (цокольного поверху) по ґрунту  $U_{equiv,bf}$   $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , визначають за формулами:

- якщо  $d_t + 0,5z < B'$  (неізолювана та посередньо ізолювана підлога підвалу):

$$U_{equiv,bf} = \frac{2\lambda}{\pi B' + d_t + 0,5z} \ln \left( \frac{\pi B'}{d_t + 0,5z} + 1 \right), \quad (10)$$

- якщо  $d_t + 0,5z \geq B'$  (добре ізолювана підлога підвалу):

$$U_{equiv,bf} = \frac{\lambda}{0,457B' + d_t + 0,5z}, \quad (11)$$

де  $B'$  – характерний розмір підлоги, розраховують за формулою (8);  
 $d_t$  – еквівалентна товщина підлоги, розраховують за формулою (9);  
 $\lambda$  – теплопровідність ґрунту, приймають згідно з табл. А.3, Вт/(м·К);  
 $z$  – висота стін, що контактують з ґрунтом (стіни, що знаходяться нижче планувальної відмітки землі), м.

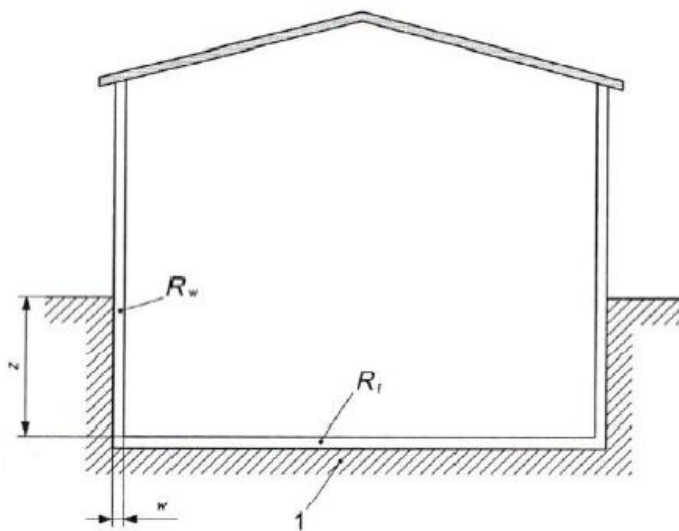


Рис. 3. Будинок з опалювальним підвалом (цокольним поверхом):

1 – ґрунт; тепловий опір підлоги:  $R_w$  – тепловий опір стін, що контактують з ґрунтом;  
 $w$  – товщина зовнішніх стін підвалу;  $z$  – висота стін, що контактують з ґрунтом

Коефіцієнт теплопередачі стін, що контактують з ґрунтом,  $U_{equiv,bw}$  Вт/(м<sup>2</sup> К), розраховують за формулою:

$$U_{equiv,bw} = \frac{2\lambda}{\pi z} \left( 1 + \frac{0,5d_t}{d_t + z} \right) \ln \left( \frac{z}{d_w} + 1 \right), \quad (12)$$

де  $d_w$  – еквівалентна сумарна товщина стін, що контактують з ґрунтом, розраховують за формулою:

$$d_w = \lambda \cdot (R_{si} + R_w + R_{se}), \quad (13)$$

де  $R_w$  – термічний опір стін, що контактують з ґрунтом, включаючи всі шари, м<sup>2</sup> К/Вт.



Формула (12) містить обидва значення  $d_w$  та  $d_t$  та є справедливою для випадку  $d_w \geq d_t$ . Якщо  $d_w < d_t$ , тоді  $d_t$ , у формулі (12) замінюють на  $d_w$ .

**Характеристика трансмісійних тепловтрат (теплонадходжень) через внутрішні стіни в опалювальних приміщеннях, що мають різні розрахункові температури внутрішнього повітря**

Характеристика трансмісійних тепловтрат через огорожувальні конструкції між приміщеннями, що опалюються за різних розрахункових температур ( $> 3$  °C згідно з п.6.3.4 [3])  $H_{T,ij}$  визначається за формулою:

$$H_{T,ij} = \sum_k f_{ij} \cdot A_k \cdot U_k, \text{ Вт/}^\circ\text{C}, \quad (14)$$

де  $f_{ij}$  – поправковий коефіцієнт, що враховує різницю температур у суміжних опалювальних приміщеннях і обчислюється за формулою:

$$f_{ij} = \frac{\theta_{\text{int},i} - \theta_{\text{adjacent space}}}{\theta_{\text{int},i} - \theta_e}, \quad (15)$$

де  $\theta_{\text{adjacent space}} = \theta_{\text{int},j}$  – температура в сусідньому  $j$ -му приміщенні або у прилеглому просторі, яка обчислюється за дод. D.4.4 [10] або за табл. 5 залежно від варіантів суміжних приміщень, °C.

Вплив термічних містків у розрахунку не враховується.

Таблиця 5

**Температура в суміжних опалювальних приміщеннях  $\theta_{\text{adjacent spaces}}$  °C**

Варіант суміжного приміщення	$\theta_{\text{adjacent spaces}}$ °C
Кімната, розташована в тій же будівлі, і належить тому ж власнику.	$\theta_{\text{int},j}$ , з урахуванням температурного градієнта по вертикалі приміщення
Кімната, розташована в сусідній будівлі (квартирі), і належить іншому власнику.	$\frac{\theta_{\text{int},i} + \theta_{m,e}}{2}$
Кімната, розташована в іншій сусідній будівлі	$\theta_{m,e}$

**Примітка:**  $\theta_{m,e}$  – середня температура повітря за опалювальний період, °C.

Гараж межує до приміщень з відмітними розрахунковими температурами повітря – сходові клітки, ІТП та приміщення 1-го поверху. Відповідно до [3], втрати теплоти через внутрішні огорожувальні конструкції приміщення допускається не враховувати, якщо різниця температур в цих приміщеннях дорівнює 3 °С та менше. Теплонадходження від огорожувальних конструкцій гаража приймають рівними тепловтратам через них у зазначених приміщеннях. Розрахунок тепловтрат здійснюють за нормативом [3]. Результати розрахунків заносять до таблиці. У пояснювальній записці до курсової роботи потрібно розрахунки даного пункту суміщати з п. 3.1.1 та оформити їх у зведеній таблиці з розрізненням тепловтрат від теплопритоків.

### 3.2. Вентиляційні тепловтрати опалюваного приміщення

Розрахункові теплові втрати приміщення на нагрівання вентиляційного повітря в опалювальних приміщеннях  $\Phi_{v,i}$ , Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{v,i} = H_{v,i} \cdot (\theta_{int,i} - \theta_e), \quad (16)$$

де  $H_{v,i}$  – характеристика вентиляційних тепловтрат приміщення, Вт/°С.

Розрахункове значення характеристики тепловтрат опалювального приміщення при нагріванні зовнішнього вентиляційного повітря, що поступає до нього за рахунок вентиляції (інфільтрації, провітрювання тощо):

$$H_{v,i} = V_i^c \cdot \rho \cdot c_p, \text{ Вт/}^\circ\text{С}, \quad (17)$$

де  $\rho$  – густина повітря при розрахунковій температурі приміщення, кг/м<sup>3</sup>;  $c_p$  – питома теплоємність повітря при розрахунковій температурі приміщення, кДж/(кг·К);  $V_i^c$  – об'ємна витрата повітря, що надходить до опалювального приміщення, м<sup>3</sup>/с, яка розраховується залежно від організації повітрообміну в приміщенні.

Для спрощення практичних розрахунків при знехтуванні залежності густини і питомої теплоємності повітря від його температури та годинній витраті повітря отримуємо формулу:

$$H_{V,i} = 0,34 \cdot V_i, \text{ Вт/}^\circ\text{C}, \quad (18)$$

де  $V_i$  – об’ємна витрата повітря, що надходить за годину до опалювального приміщення, м<sup>3</sup>/год.

Об’ємну витрату вентиляційного повітря,  $V_i$ , визначаємо залежно від відсутності або наявності механічної вентиляції.

За відсутності організованої подачі припливного повітря в приміщення при визначенні об’ємної витрати повітря  $V_i$  за розрахункову величину приймають більше значення між інфільтраційним та санітарно-гігієнічним повітрообмінами:

$$V_i = \max (V_{inf,i}, V_{min,i}), \text{ м}^3/\text{год}. \quad (19)$$

Витрата інфільтраційного повітря в основному залежить від кількості та герметичності вікон у приміщенні та зовнішніх аеродинамічних умов, і визначається за формулою:

$$V_{inf,i} = 2 \cdot v_i \cdot n_{50} \cdot e_i \cdot \varepsilon_i, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (20)$$

де  $v_i$  – внутрішній об’єм опалювального приміщення, м<sup>3</sup>;  $n_{50}$  – коефіцієнт кратності повітрообміну приміщення при різниці тисків 50 Па на зовнішній та внутрішній поверхнях зовнішніх огорожень, 1/год;  $e_i$  – коефіцієнт екранування зовнішніх огорожень;  $\varepsilon_i$  – поправковий коефіцієнт на висоту розташування огорожень приміщення від земної поверхні, що враховує збільшення вітрового навантаження.

Значення коефіцієнта кратності повітрообміну приміщення  $n_{50}$  при різниці тисків 50 Па визначають за національними нормативами. За відсутності національних даних, значення для коефіцієнта кратності повітрообміну  $n_{50}$  за замовчуванням приймають згідно з дод. D.5.2 [2] або за табл. 6 залежно від ступеня герметичності віконного ущільнювача.

Значення коефіцієнта екранування  $e_i$  і поправкового коефіцієнта на висоту  $\varepsilon_i$  визначають за національними нормативами. За відсутності національних даних для коефіцієнта  $e_i$  та поправкового коефіцієнта  $\varepsilon_i$  їх значення за замовчуванням приймають згідно з дод. D.5.3 та D.5.4 [2] або за табл. 7 та 8.

Таблиця 6

**Коефіцієнт повітрообміну  $n_{50}$ , 1/год, для всієї будівлі в результаті різниці тиску 50 Па між внутрішнім і зовнішнім середовищами**

	Коефіцієнт повітрообміну $n_{50}$ , 1/год, при ступенях герметичності огорожувальних конструкцій (якості віконного ущільнювача)		
	високий (висока герметичність вікон та дверей)	середній (вікна з подвійним склінням, нормальне ущільнення)	низький (вікна з одинарним склінням, не ущільнені)
житло для однієї сім'ї	< 4	4-10	> 10
інші житлові приміщення або будинки	<2	2-5	>5

Таблиця 7

**Значення за замовчуванням для коефіцієнта екранування  $e_i$**

Ступінь екранування	Коефіцієнт екранування $e_i$ при характерних варіантах наявності відкритих отворів		
	Опалюване приміщення без віконних отворів	Опалюване приміщення з одним віконним отвором, що відкривається	Опалюване приміщення з більш ніж одним віконним отвором, що відкривається
<b>Немає екранування</b> (будівлі у вітряних районах, висотні будівлі у міських центрах)	0	0,03	0,05
<b>Помірне екранування</b> (будівлі на місцевості з деревами або іншими будівлями навколо них, передмістя)	0	0,02	0,03
<b>Високе екранування</b> (середні за висотою будівлі в міських центрах, будівлі в лісах)	0	0,01	0,02

Поправковий коефіцієнт  $\varepsilon_i$  введений у рівнянні (20), тому що значення  $n_{50}$  дається для всієї будівлі. У розрахунку приймається гірший випадок, коли все інфільтраційне повітря потрапляє до будинку з однієї сторони будівлі.

Для нежитлових і невиробничих (громадських, адміністративно-побутових тощо) приміщень та будівель мінімальний санітарно-гігієнічний повітрообмін визначають за формулою:

$$V_{min,i} = Q_{tot} = n \cdot q_p + S \cdot q_B, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (21)$$

де  $n$  – проєктна кількість людей у приміщенні, люд.;  $q_p$  – питома санітарно-гігієнічна витрата зовнішнього повітря на одну людину,  $\text{м}^3/(\text{год} \cdot \text{люд.})$ ;  $S$  – загальна площа приміщення,  $\text{м}^2$ ;  $q_B$  – питома витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень (зменшення концентрації забруднювальних речовин, що виділяються від будівельних матеріалів),  $\text{м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^2)$  (табл. 9).

Таблиця 8

**Значення за замовчуванням для поправкового коефіцієнта на висоту розташування огорожень приміщення від земної поверхні  $\varepsilon_i$**

Висота опалюваного приміщення над рівнем землі (відстань від рівня землі до половини висоти кімнати)	$\varepsilon_i$
0 – 10 м	1,0
10-20 м	1,2
20-30 м	1,5
30-40 м	1,7
40-50 м	2,0
50-60 м	2,1

Для виробничих приміщень і будівель мінімальний повітрообмін визначають за табл. 10.

Методику розрахунку витрати інфільтраційного повітря наведено в [4]. Мінімальна питома витрата вентиляційного повітря за санітарно-гігієнічними вимогами для виробничих приміщень нормується згідно з [3]:

- для основного режиму роботи системи вентиляції при перебуванні людей більше двох годин безперервно у приміщенні: з природним

прівітрюванням – 30 м<sup>3</sup>/(люд·год), без природного прівітрювання – 60 м<sup>3</sup>/(люд·год);

- для чергового режиму роботи системи вентиляції рекомендується обрати мінімальне значення витрати зовнішнього повітря (якщо інше не регламентовано окремими вимогами) від 0,1 дм<sup>3</sup>/(с·м<sup>2</sup>) до 0,2 дм<sup>3</sup>/(с·м<sup>2</sup>).

Оскільки в нас немає постійного перебування людей, то ми розраховуємо як для чергового режиму вентиляції.

Таблиця 9

**Питомі витрати зовнішнього повітря  
для нежитлових і невиробничих будівель/приміщень**

Умови мікроклімату	Мінімальна витрата зовнішнього повітря на одну людину $q_v$ , м <sup>3</sup> /(год·люд.)	Мінімальна витрата зовнішнього повітря на розбавлення будівельних забруднень $q_b$ , м <sup>3</sup> /(год·м <sup>2</sup> )		
		за дуже низького рівня забруднення повітря будівлі	за низького рівня забруднення повітря будівлі	за високого рівня забруднення повітря будівлі
Підвищені оптимальні	36	1,8	3,6	7,2
<b>Оптимальні умови</b>	<b>25</b>	<b>1,26</b>	<b>2,5</b>	<b>5,0</b>
Допустимі	15	0,76	1,44	2,9
Обмежено допустимі	Менше 15	-	-	-

*Примітка.* Визначення рівня забруднення повітря будівлі/приміщення залежно від застосованих будівельних матеріалів надано у ДСТУ Б EN 15251. Рекомендації щодо врахування інших факторів забруднення надано у ДСТУ Б EN 13779.

Таблиця 10

**Мінімальна питома витрата вентиляційного повітря  
для виробничих приміщень**

Приміщення (ділянка, зона)	Приміщення	
	з природним прівітрюванням	без природного прівітрювання
Виробничі	30 (м <sup>3</sup> /год)/люд	60 (м <sup>3</sup> /год)/люд

*Примітка.* Норми встановлені для людей, які перебувають у приміщенні більше двох годин безперервно.

### 3.3. Інші можливі регулярні теплонадходження та тепловтрати до опалюваного приміщення

#### *Витрати теплоти на нагрівання автомобілів*

Автомобілі завдовжки до 6 м включно та завширшки до 2 м включно відносять до I категорії. Згідно з [5], період обігрівання автомобілів I категорії, що заїжджають до гаража, слід приймати 1 год. Кількість автомобілів, які заїжджають до гаража протягом години, слід приймати в даній роботі рівною всій кількості запаркованих автомобілів за завданням. Тоді, втрати теплоти (з урахуванням теплонадходження від остигаючого двигуна) на нагрівання автомобілів розраховують за формулою:

$$\Phi_{авт} = nq, \quad (22)$$

де  $n$  – кількість припаркованих автомобілів, шт.;  $q$  – осереднена витрата теплоти на нагрівання автомобіля в гаражі з температурою 5 °С, яку приймають за табл. 11. За інших значень зовнішньої температури, значення  $q$  визначають екстра - або інтерполяцією.

Таблиця 11

#### **Витрати тепла на нагрів автомобіля**

$t_3$	-15	-20	-25	-30
$q$ Вт/авт	1500	2700	5500	8200

#### *Теплонадходження від трубопроводів*

Теплонадходження від трубопроводів, розташованих у гаражі, розраховують за нормативом (табл. 12). Тепловий потік, Вт/м, через поверхню теплоізолюваних трубопроводів водяного опалення, не має перевищувати величин, указаних у таблиці.

Таблиця 12

#### **Теплонадходження від трубопроводів**

	$d_y$ мм										
$t_{Tp}$ °С	15	20	25	32	40	50	65	80	100	125	150
$t > 110$	18	19	21	23	25	29	31	36	40	44	48
$70 < t < 110$	14	16	18	19	21	23	27	30	33	38	42
$T \approx 60 \dots 70$	9	10	11	12	13	15	17	20	22	25	28

### ***Тепловиділення джерел штучного освітлення***

Кількість тепла, що надходить у приміщення від джерел штучного освітлення, визначають за фактичною або проектною потужністю світильників.

Якщо потужність світильників невідома, то тепловиділення від джерел освітлення  $\Phi_{Q_{осв}}$ , Вт, можна визначити за формулою:

$$\Phi_{Q_{осв}} = E_{осв} F_{пр} q_{осв} \eta_{осв}, \quad (23)$$

де  $E_{осв}$  – освітленість, приймають для приміщень зберігання автомобілів рівною 20 лк;  $F_{пр}$  – площа підлоги приміщення, м<sup>2</sup>;  $q_{осв}$  – питома тепловиділення, для приміщень площею від 50 м<sup>2</sup> до 200 м<sup>2</sup> приймають рівним 0,102 Вт/(м<sup>2</sup>лк), а площею понад 200 м<sup>2</sup> – 0,074Вт/(м<sup>2</sup>лк);  $\eta_{осв}$  – коефіцієнт, який враховує частку тепла, що надходить від джерел освітлення до робочої зони приміщення (0,55 – для люмінесцентних світильників, 0,85 – для ламп розжарювання).

### ***Теплонадходження від електродвигунів***

Теплонадходження від електродвигуна механічного підймання воріт  $\Phi_{Q_{ел,дв}}$ , Вт, визначають за формулою:

$$\Phi_{Q_{ел,дв}} = N_y K_n (1 - k_z \eta_e), \quad (24)$$

де  $N_y$  – установлювана (номінальна) потужність електродвигуна, Вт;  $K_n$  – коефіцієнт попиту на електроенергію, приймають рівним 0,5;  $k_z$  – коефіцієнт завантаження електродвигуна, приймають рівним 0,5;  $\eta_e$  – ККД електродвигуна, приймають рівним 0,75.

### ***Теплонадходження від людей***

Теплонадходження від людини згідно з [6] визначають за станом активності організму. Приймаючи швидкість руху людини в гаражі рівною 3 м/с, теплонадходження (метаболізм) від неї становить  $m = 2,4$  мет. Теплонадходження від людей  $\Phi_{Q_{л1}}$ , Вт, знаходять за формулою:

$$\Phi_{Q_{л1}} = 58 \cdot n \cdot t \cdot \eta, \quad (25)$$



де  $58 \text{ Вт} = 1 \text{ мет}$  – перевідний коефіцієнт;  $n$  – кількість людей, приймають рівною кількості автомобілів у гаражі;  $\eta$  – коефіцієнт, що враховує період термін перебування людини в гаражі, приймають рівним  $1/6$  (відповідає 10 хв).

#### 4. ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС ГАРАЖА

Визначення теплової потужності системи опалення гаража здійснюють на основі розрахунку його теплового балансу. При цьому слід виконувати вимоги нормативу [7], згідно з яким в приміщеннях для зберігання автомобілів необхідно передбачати повітряне опалення, суміщене з вентиляцією. У неробочий час в цих приміщеннях для додержання позитивних температур необхідно передбачати чергове опалення.

У курсовій роботі не розглядають дію припливно-витяжної вентиляції для розбавлення та видалення шкідливих речовин, що буде зроблено в дисципліні «Вентиляція промислових будівель». Приймають збалансованість між масовими витратами і кількістю теплоти у припливному повітрі, та повітрі, що видаляють. У рівнянні теплового балансу теплоту вентиляційного повітря не враховують.

Для визначення теплової потужності чергової системи опалення гаража складають рівняння теплового балансу за тепловтратами та теплонадходженнями через огорожувальні конструкції гаража і теплопритоками від трубопроводів системи водяного опалення. При цьому додаткові тепловтрати  $\beta = 3$  на проникнення холодного повітря через зовнішні ворота не враховують.

Для визначення теплової потужності системи періодичної дії складають рівняння теплового балансу на основі усіх тепловтрат і теплопритоків, окрім урахованих для чергової системи опалення. Перерахунок потужності чергової системи опалення не здійснюють, оскільки тепловий режим гаража протягом доби приймають постійним.

Теплова потужність системи опалення за стаціонарних умов,  $\Phi_{\text{втр}}^{\text{ст}}$ :

$$\Phi_{\text{втр}}^{\text{ст}} = \sum \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} - \Phi_{Q_{\text{осв}}} - \Phi_{\text{тр}}, \text{ Вт.} \quad (26)$$

Теплова потужність системи опалення за нестационарних умов,  $\Phi_{\text{втр}}^{\text{нест}}$ :

$$\Phi_{\text{втр}}^{\text{нест}} = \sum \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{\text{авт}} - \Phi_{Q_{\text{осв}}} - \Phi_{Q_{\text{ел.дв}}} - \Phi_{Q_{\text{л1}}} - \Phi_{\text{тр}}, \text{ Вт.} \quad (27)$$

Теплову потужність додаткової системи опалення визначаємо за формулою:

$$\Phi_{\text{дсо}} = \Phi_{\text{втр}}^{\text{нест}} - \Phi_{\text{втр}}^{\text{ст}}, \text{ Вт,} \quad (28)$$

де  $\sum \Phi_{T,i}$  – трансмісійні тепловтрати, Вт;  $\Phi_{V,i}$  – вентиляційні тепловтрати, Вт;  $\Phi_{Q_{\text{осв}}}$  – теплонадходження від джерел штучного освітлення, Вт;  $\Phi_{Q_{\text{ел.дв}}}$  – теплонадходження від двигунів, Вт;  $\Phi_{\text{тр}}$  – теплонадходження від трубопроводів, Вт;  $\Phi_{\text{авт}}$  – тепловтрати на нагрівання автомобілів, Вт;  $\Phi_{Q_{\text{л1}}}$  – теплонадходження від людей, Вт.

## 5. РОЗРАХУНОК НАГРІВАЛЬНОЇ СЕКЦІЇ ЕКСО ПД

За розрахунками стаціонарних  $\Phi_{\text{втр}}^{\text{ст}}$ , Вт, нестационарних  $\Phi_{\text{втр}}^{\text{нест}}$ , Вт та теплової потужності додаткової СО  $Q_{\text{дсо}}$ , Вт тепловтрат гаража проектуємо відповідно чергову та додаткову системи опалення. Чергове опалення проектуємо електричною кабельною системою опалення прямої дії (ЕКСО ПД); додаткове опалення – місцевою повітряною системою опалення.

За основу приймається тепловий баланс за стаціонарних умов експлуатації будівлі:

$$Q_{\text{ЕКСО}} \geq \Phi_{\text{втр}}^{\text{ст}}. \quad (29)$$

5.1. Визначаємо приведені опори теплопередачі прошарків підлоги  $R_{si}$ , що знаходяться відповідно між нагрівальним кабелем і повітрям опалюваного ними приміщення, та  $R_{se}$  між нагрівальним кабелем і середовищем, що знаходиться зовні опалюваного приміщення (з ґрунтом). Для цього приймають конструкцію підлоги згідно з рис. 4.

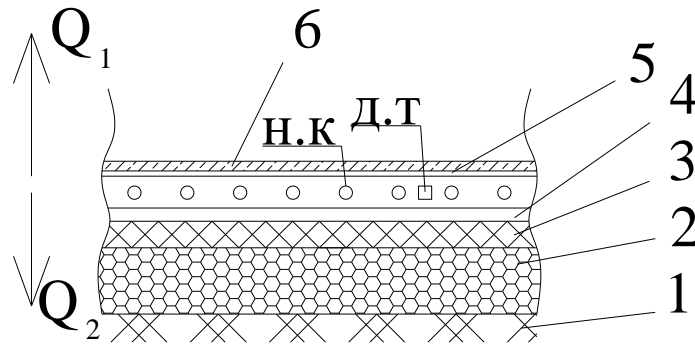


Рис. 4. Конструкція підлоги паркінгу з влаштуванням ЕКСО:

1 – ґрунт, 2 – бетонна основа, 3 – теплоізоляція, 4 – гідроізоляція та монтажна стрічка, 5 – стяжка з додаванням пластифікатора, 6 – покриття, д. т – датчик температури, н. к – нагрівальний кабель

Загальний опір теплопередачі прошарків підлоги  $R_{si}$ , розташованих над нагрівальним кабелем, є сумою складових опорів (рис. 5).

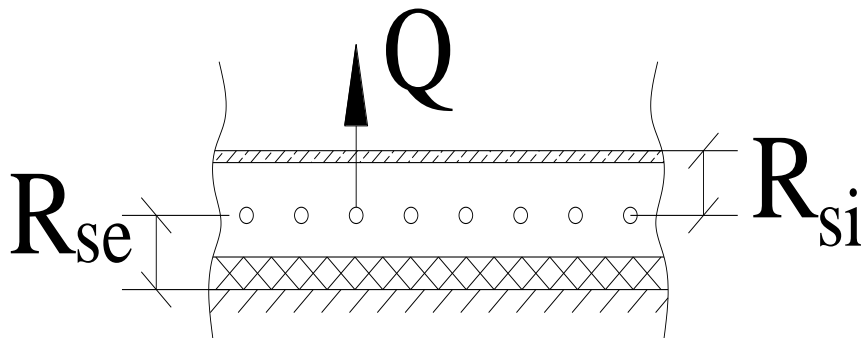


Рис. 5. Опори теплопередачі підлоги

Розраховуємо опір теплопередачі підлоги над нагрівальним кабелем:

$$R_{si} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{асф}}{\lambda_{асф}} + \frac{\delta_{стяж}}{\lambda_{стяж}}, \quad (30)$$

де  $\alpha_{вн}$  – коефіцієнт тепловіддачі внутрішнього повітря, Вт/(м<sup>2</sup>·°С);  $\delta_{стяж}$  – товщина бетонної стяжки, м;  $\delta_{асф}$  – товщина асфальтового покриття, м;  $\lambda_{стяж}$  – коефіцієнт теплопровідності бетонної стяжки, Вт/(м·°С);  $\lambda_{асф}$  – коефіцієнт теплопровідності асфальтового покриття, Вт/(м·°С).

5.2. Розраховуємо опір теплопередачі під нагрівальним кабелем. Для цього від опору теплопередачі підлоги віднімають  $R_{si}$ :

$$R_n = \frac{1}{U_{equiv,bf}}, Bm. \quad (31)$$

5.3. Розраховуємо необхідну теплову потужність нагрівальної секції:

$$Q_{ht}^{red} = \Phi_{втр}^{cm} \cdot \left(1 + \frac{R_{si}}{(R_n - R_{si})}\right), Bm, \quad (32)$$

де  $\Phi_{втр}^{cm}$  – тепловий баланс при стаціонарних умовах, Вт;  
 $R_{si}$  – загальний опір теплопередачі над нагрівальним кабелем, (м<sup>2</sup>·°C)/Вт;  
 $R_{se}$  – опір теплопередачі підлоги під нагрівальним кабелем, (м<sup>2</sup>·°C)/Вт.

5.4. Розрахункову електричну потужність нагрівальної секції визначаємо за формулою:

$$P_{eht}^{zed} = K_z \cdot Q_{ht}^{red} \cdot \frac{U_n}{U}, Bm, \quad (33)$$

де  $K_z = 1,1-1,3$  коефіцієнт запасу на невідповідність фактичних втрат теплоти в приміщенні порівняно з розрахунковими;  $U_n, U$  – відповідно номінальна питома напруга нагрівальної секції (приймають за даними виробника нагрівального кабелю) і робоча напруга електричної мережі відповідно, В.  $U_n = 220В$  та  $U = 220В$ .

5.5. За дод. Б [7] вибираємо потрібний нагрівальний кабель за розрахунковою потужністю.

5.6. Розраховуємо крок укладання нагрівального кабелю  $S_{ht}$ , см:

$$S_{ht} = \frac{100 \cdot \sum A_i}{l_k}, \quad (34)$$

де  $\sum A_i$  – загальна площа підлоги гаража, м<sup>2</sup>;  $l_k$  – довжина нагрівального кабелю, м.

Якщо крок укладання нагрівального кабелю  $S_{ht} > 0,25$  м, тоді задаємося максимальним кроком укладки кабелю  $S_{ht} = 20$  см і визначаємо площу нагрівальної секції:

$$A_n^{req} = \frac{S_{ht} \cdot l_k}{100} \quad (35)$$

5.7. За дод. В вибираємо терморегулятор.

5.8. Розрахунок інтенсивності теплового опромінення людей базується на визначенні коефіцієнта променевого теплообміну  $\alpha_l$  на поверхні огорожень приміщення за методикою, наведеною у довіднику [6]:

$$Q_l = C_{пр} \cdot \beta, \quad (36)$$

де  $C_{пр}$  – зведений коефіцієнт випромінювання внутрішніх поверхонь огорожень приміщення для поверхонь з бетону або цегли, пофарбованих чи обклеєних шпалерами  $C_{пр} \approx 4,9$  Вт/м<sup>2\*</sup> К;  $\beta$  – температурний коефіцієнт, що визначається за формулою:

$$\beta = 0,81 + 0,005 \cdot (\tau_b + \tau_R); \quad (37)$$

$\tau_b$  – температура внутрішньої поверхні підлоги,

$$\tau_b = t_{вн} + \Delta t_{пд} \quad (38)$$



$t_R$  – усереднена температура внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції:

$$t_R = t_{вн} + \Delta t_{н} \quad (39)$$



5.9. Інтенсивність теплового опромінення людей визначають за формулою:

$$q = \alpha_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{R}} - t_{\text{вн}}), \quad (70)$$

де  $t_{\text{вн}}$  – розрахункова температура повітря в приміщенні, дорівнює  $+ 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ).  $\alpha_{\text{пр}} = 4,5$ . Розраховане значення не повинно перевищувати  $q \leq 35 \text{ Вт/м}^2$  [7].

5.10. Приклади схем підключення електрокабеля до терморегулятора наведено в дод. Г.

## 6. РОЗРАХУНОК МІСЦЕВОЇ СИСТЕМИ ПОВІТРЯНОГО ОПАЛЕННЯ

6.1. Попередньо назначають довжину зони обслуговування агрегатом  $l = 12...18 \text{ м}$  (за висоти приміщень до  $4 \text{ м}$ ). Приймаємо в розрахунках  $l = 14 \text{ м}$ .

Подачу повітря в приміщення для зберігання автомобілів слід організувати зосередженими струминами (за висоти приміщення до  $8 \text{ м}$ ), спрямованими уздовж проїзду. Струмини необхідно спрямовувати так, щоб вони настигали на стелю і на своєму шляху не зустрічали будівельних перешкод. Струмина настигає на стелю при випуску повітря на висоті від підлоги, більшій за  $85 \%$  від висоти приміщення. При цьому необхідно розташовувати агрегати вище робочої зони так, аби забезпечити рух зворотного потоку повітря через робочу зону.

Кількість повітряних агрегатів слід запроектувати не менше двох, щоб при виході із ладу було забезпечено не менше  $50 \%$  припливного повітря. Відстань у плані між агрегатами при їх розташуванні в ряд приймають не більше трьох висот приміщення. За багаторядного розташування доцільно застосовувати зустрічну подачу повітря.

6.2. Розраховуємо ширину зони обслуговування:

$$b = \frac{2}{h_{\Gamma}} \cdot \left(\frac{l}{m}\right)^2 \leq 3h_{\Gamma}, \quad (41)$$

де  $m$  – коефіцієнт затухання струмини, приймають с технічного опису агрегату ( $m \approx 2,8$ );  $l$  – довжина гаражного приміщення зони

обслуговування, м;  $h_{\Gamma}$  – висота гаражного приміщення (висота напівпідвалу), м.

6.3. Визначаємо об'єм зони обслуговування одним агрегатом:

$$V = l \cdot b \cdot h_{\Gamma}, \quad (42)$$

де  $b$  – ширина зони обслуговування, м;  $l$  – довжина гаражного приміщення зони обслуговування, м;  $h_{\Gamma}$  – висота гаражного приміщення (висота напівпідвалу), м.

6.4. Визначаємо кількість агрегатів:

$$n_a = \frac{V_{\Gamma}}{V}, \quad (43)$$

де  $V_{\Gamma}$  – об'єм гаражного приміщення (напівпідвалу), м<sup>3</sup>.

6.5. Знаходимо необхідну теплопродуктивність одного повітряно-опалювального агрегату:

$$Q = Q_{до} / n, \quad (44)$$

де  $Q_{до} = \Phi_{втр}^{нест}$  – теплова потужність додаткової системи опалення, Вт.

6.6. Розраховуємо висоту розташування агрегатів над підлогою:

$$h = 0,85 h_{\Gamma}, \quad (45)$$

де  $h_{\Gamma}$  – висота гаражного приміщення, (висота напівпідвалу) м.

6.7. Вибираємо за питомою теплопродуктивністю агрегат з дод. Д.

6.8. Визначаємо допустиму надлишкову температуру повітря, що подається агрегатом за формулою:

$$\Delta t_0 = 1300 \cdot \frac{V_0^2 \cdot \sqrt{A_0}}{m \cdot n \cdot A_n}, \quad (46)$$

де  $A_0$  – площа перерізу вихідного патрубку агрегату,  $m^2$ ;  $A_n$  – площа підлоги гаражу (напівпідвалу) ( $l \cdot b$ ),  $m^2$ ;  $n$  – коефіцієнт затухання температури в струміні, 1,7;  $m$  – коефіцієнт затухання струміни, приймають с технічного опису агрегату ( $m \approx 2,8$ );  $V_0$  – швидкість на виході з патрубку, м/с; 1300 – розмірний коефіцієнт.

6.9. Розраховуємо максимальну швидкість руху повітря у робочій зоні (зворотному потоці):

$$V_{\max} = k \cdot V_0 \cdot \sqrt{\frac{A_0}{A_n}}, \quad (47)$$

де  $k$  – коефіцієнт що враховує кількість агрегатів в одному ряду (1 агр. – 1,3; 2 агр. – 1,15; 3 агр. – 1,1; 4 і більше агр. – 1,05).

6.10. Знаходимо максимальну надлишкову температуру повітря в робочій зоні (зворотному потоці).

$$\Delta t_{\max} = 1,4 \cdot \Delta t_0 \cdot \sqrt{\frac{A_0}{A_n}} (\leq \pm 5^\circ C), \quad (48)$$

де  $\Delta t_0$  – різниця температури між температурою потоку що потухає та температурою в приміщенні,  $^\circ C$ .

Отримане значення згідно з нормативом [8] за температури приміщення  $5^\circ C$  не повинно перевищувати  $\pm 5^\circ C$ .

6.11. Умовне позначення агрегату повітряно-опалювального – [9]:





## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель: ДБН В.2.6-31:2021. – [Чинний від 2022-01-09]. – Міністерство розвитку громад та територій України. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2022. – 23 с.
2. Будівельна кліматологія: ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. – [Чинний від 2011-10-10]. – Мінрегіонбуд та ЖКГ України. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2011. – 123 с.
3. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013. – [Чинний від 2014-01-01]. – Мінрегіонбуд та ЖКГ України. – К.: ДП «Укрархбудінформ» Мінбуду України, 2014. – 149 с.
4. Опалення: методичні вказівки до виконання розділу «Теплова потужність систем водяного опалення» курсового та дипломного / уклад.: О.П. Любарець, М.П. Сенчук, В.О. Любарець. – К.: КНУБА, 2016. – 34 с.
5. Споруди транспорту. Автостоянки і гаражі для легкових автомобілів: ДБН В.2.3-15:2007. – [Чинний від 2014-01-01]. – Київ: Мінбуд України, 2007. – 37 с.
6. Настанова з розрахункової оцінки показників теплостійкості та теплозасвоєння огорожувальних конструкцій: ДСТУ-Н Б В.2.6-190:2013. – [Чинний від 2014-01-01]. – К.: ДП «Укрархбудінформ» Мінрегіону України, 2013. – 25 с.
7. Електрична кабельна система опалення: ДБН В 2.5-24:2012. – [Чинний від 2012-01-10]. – К.: ДП «Укрархбудінформ» Мінрегіону України, 2012. – 100 с.
8. Кабельні системи DEVI: посібник. – К.: DEVI, 2015. – 52 с.
9. Умовні графічні зображення та умовні позначки елементів санітарно-технічних систем: ДСТУ Б А.2.4-8:2009. – [Чинний від 2010-01-01]. – 13 с.
10. Умовні графічні зображення та умовні позначки елементів санітарно-технічних систем: ДСТУ Б А.2.4-8:2009. – [Чинний від 2010-01-01]. – 10 с.
11. Енергоефективність будівель. Метод розрахунку проектного теплового навантаження. Частина 1. Теплове навантаження: ДСТУ EN 12831-1:2017. – [Чинний від 2017-12-15]. – 149 с.
12. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні: ДСТУ Б А.2.2-12:2015. – [Чинний від

2016-01-01]. – Мінрегіонбуд та ЖКГ України. – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2015. – 140 с.

13. Волков О.Д. Проектирование промышленной вентиляции. – Х.: Вища школа, 1989. – 240 с.

## ДОДАТКИ

Додаток А

**Дані для розрахунку проектних тепловтрат  
опалювального приміщення**

Таблиця А.1

**Коригувальний коефіцієнт  $\Delta U_{tb}$  на лінійні теплові мости**

<b>Вертикальні елементи будівлі</b>			
Кількість перекриттів, що перетинають теплоізоляцію	Кількість стін з перетином теплоізоляції	$\Delta U_{tb}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К), при об'ємі приміщення	
		$\leq 100 \text{ м}^3$	$> 100 \text{ м}^3$
0	0	0,05	0
	1	0,10	0
	2	0,15	0,05
1	0	0,20	0,10
	1	0,25	0,15
	2	0,30	0,20
2	0	0,25	0,15
	1	0,30	0,20
	2	0,35	0,25
<b>Горизонтальні елементи будівлі</b>			
Елемент будівлі			$\Delta U_{tb}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)
Масивна підлога (бетонна тощо)	Кількість сторін підлоги, що контактують із зовнішнім середовищем	1	0,05
		2	0,10
		3	0,15
		4	0,20
<b>Світлопрозорі елементи будівлі</b>			
Площа елемента будівлі, м <sup>2</sup>		$\Delta U_{tb}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	
0...2		0,50	
> 2...4		0,40	
> 4...9		0,30	
> 9...20		0,20	
> 20		0,10	

Таблиця А.2

**Розрахункові значення коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої  $\alpha_{в}$   
та зовнішньої  $\alpha_{з}$  поверхні огороджувальних конструкцій**

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

Таблиця А.3

**Теплопровідність ґрунту**

Категорія	Опис	$\lambda$ , Вт/(м·К)	Теплоємність на одиницю об'єму, $c\rho$ , Дж/(м <sup>3</sup> К)
1	Глина або мул	1,5	$3,0 \times 10^6$
2	Пісок або гравій	2,0	$2,0 \times 10^6$
3	Скельний або напівскельний	3,5	$2,0 \times 10^6$
<i>Примітка.</i> У разі, коли тип ґрунту невідомий або невизначений, обирають категорію 2.			

Таблиця А.4

**Тепловий поверхневий опір**

Тип огороджувальної конструкції	Тепловий поверхневий опір
Внутрішній для вертикальних огороджувальних конструкцій	$R_{si} = 0,115 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$
Внутрішній для горизонтальних огороджувальних конструкцій (тепловий потік зверху вниз)	$R_{si} = 0,17 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$
Внутрішній для горизонтальних огороджувальних конструкцій (тепловий потік знизу вверху)	$R_{si} = 0,10 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$
Усі зовнішні поверхні	$R_{se} = 0,043 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$

## Характеристики нагрівальних кабелів DEVIflex™ 18T

### Нагрівальний кабель двожильний із суцільним екраном

Застосовується для внутрішнього або зовнішнього встановлення. Використовується у бетонних підлогах для систем опалення через підлогу або для комфортного підігріву поверхні підлоги – систем «Тепла підлога», а також для систем сніготанення на зовнішніх площадках, для обігріву ґрунту, для захисту металевих труб від замерзання.

Встановлення на покрівлі заборонено.

Нагрівальний кабель – двожильний, круглий, із суцільним екраном, з круглим холодним кінцем з монолітними проводами, з герметичними термоусадочними перехідною і кінцевою муфтами.

#### Технічні характеристики

- тип кабелю: двожильний екранований
- номінальна напруга: 230 В~
- питома потужність кабелю: 16,5 Вт/м при 220 В,  
18 Вт/м при 230 В
- діаметр: 6,9 мм
- мін. діаметр вигину: 4,2 см
- холодний кінець: 2,3 м, DTCL, 3 x 1,5 мм<sup>2</sup> або 3 x 2,5 мм<sup>2</sup>,  
монолітні проводи
- внутрішня ізоляція: XLPE
- екран: суцільний, алюм. фольга +  
луджений мідний провід 0,5 мм<sup>2</sup>  
PVC, червона
- зовнішня ізоляція:
- макс. робоча температура увімк.\*: 65 °C
- макс. робоча температура вимк.\*\*\*: 90 °C
- міцність кабелю: клас M2 IEC 60800:2009  
>1500/>500N (стиснення/розтягнення)
- клас захисту від вологи: IPX7
- мін. температура монтажу: -5 °C
- допустимий опір: +10% ... -5%
- допустима довжина: +2% +10 см ... -2% -10 см
- сертифікація: IEC 60800, SEMKO, CE
- гарантія: 20 років, повна в конструкції підлоги



#### Асортимент DEVIflex™ 18T

\*\* Рекомендована роздрібна ціна

Код товару	Довжина, м	Потужність при 220/230 В, Вт	Площа обігріву крок 12,5 см (130 Вт/м <sup>2</sup> при 220 В)	Опір, Ом	Холодний кінець	Ціна**, грн
140F 1235	7,3	119/130	0,9 м <sup>2</sup>	410,3	3 x 1,5 мм <sup>2</sup>	1825
140F 1236	10	165/180	1,3 м <sup>2</sup>	294		2006
140F 1400	12,8	210/230	1,6 м <sup>2</sup>	230,4		2115
140F 1237	15	250/270	2 м <sup>2</sup>	195		2281
140F 1401	17,5	284/310	2,2 м <sup>2</sup>	171,2		2522
140F 1238	22	360/395	2,8 м <sup>2</sup>	134,2		2737
140F 1239	29	490/535	3,6 м <sup>2</sup>	98,6		3193
140F 1240	34	563/615	4,2 м <sup>2</sup>	86,4		3403
140F 1241	37	622/680	4,6 м <sup>2</sup>	77,7		3649
140F 1242	44	750/820	5,5 м <sup>2</sup>	64,7		4105
140F 1243	52	855/935	6,5 м <sup>2</sup>	56,7		4562
140F 1410	54	920/1005	6,8 м <sup>2</sup>	52,7		4747
140F 1244	59	985/1075	7,5 м <sup>2</sup>	49,3	5199	
140F 1245	68	1115/1220	8,5 м <sup>2</sup>	43,4	5839	
140F 1246	74	1225/1340	9 м <sup>2</sup>	39,5	6477	
140F 1247	82	1360/1485	10 м <sup>2</sup>	35,6	7116	
140F 1248	90	1485/1625	11 м <sup>2</sup>	32,6	7755	
140F 1249	105	1720/1880	13 м <sup>2</sup>	28,1	8443	
140F 1250	118	1955/2135	15 м <sup>2</sup>	24,8	9123	
140F 1251	131	2215/2420	16 м <sup>2</sup>	21,9	9804	
140F 1252	155	2540/2775	20 м <sup>2</sup>	19,1	10815	
140F 1402	170	2790/3050	21,3 м <sup>2</sup>	17,3	11540	

## DEViflex™ 10T Нагрівальний кабель двожильний із суцільним екраном зниженої потужності

Застосовується для внутрішнього або зовнішнього встановлення. Використовується для систем опалення через підлогу або для комфортного підігріву поверхні підлоги – систем «Тепла підлога» у підлогах з дерев'яним покриттям або дерев'яною основою підлоги, у повітряному прошарку в дерев'яних підлогах на лагах, у бетонних підлогах, у тонких бетонних і подібних підлогах. Також використовується для захисту труб від замерзання і для запобігання промерзанню фундаментів холодильних камер. Встановлення на покрівлі заборонено.

Нагрівальний кабель – двожильний, круглий, із суцільним екраном, з круглим холодним кінцем з монолітними проводами, з герметичними термоусадочними перехідною і кінцевою муфтами.

### Технічні характеристики

- тип кабелю: двожильний екранований
- номінальна напруга: 230 В~
- питома потужність кабелю: 9,1 Вт/м при 220 В, 10 Вт/м при 230 В
- діаметр: 6,9 мм
- мін. діаметр вигину: 4,2 см
- холодний кінець: 2,3 м, DTCL, 3 x 1,5 мм<sup>2</sup> або 3 x 2,5 мм<sup>2</sup>, монолітні проводи
- внутрішня ізоляція: XLPE
- екран: суцільний, алюм. фольга + луджений мідний провід 0,5 мм<sup>2</sup>
- зовнішня ізоляція: PVC
- макс. робоча температура увімк.\*: 75 °C
- макс. робоча температура вимк.\*\*: 90 °C
- міцність кабелю: клас M2 IEC 60800:2009 >1500/>500N (стиснення/розтягнення)
- клас захисту від вологи: IPX7
- мін. температура монтажу: -5 °C
- допустимий опір: +10% ... -5%
- допустима довжина: +2% +10 см ... -2% -10 см
- сертифікація: IEC 60800, SEMKO, CE
- гарантія: 20 років, повна в конструкції підлоги



### Асортимент DEViflex™ 10T

\*\* Рекомендована роздрібна ціна

Код товару	Довжина, м	Потужність при 220/230 В, Вт	Площа обігріву крок 7,5 см (120 Вт/м <sup>2</sup> при 220 В)	Опір, Ом	Холодний кінець	Ціна**, грн
140F 1215	2	18/20	0,15 м <sup>2</sup>	2646	3 x 1,5 мм <sup>2</sup>	1 331
140F 1216	4	37/40	0,3 м <sup>2</sup>	1324		1 437
140F 1217	6	55/60	0,45 м <sup>2</sup>	882		1 566
140F 1218	8	73/80	0,6 м <sup>2</sup>	660,8		1 735
140F 1219	10	92/100	0,75 м <sup>2</sup>	529		2 049
140F 1407	15	124/135	1,1 м <sup>2</sup>	403,5		2 174
140F 1220	20	188/205	1,5 м <sup>2</sup>	260		2 469
140F 1408	25	220/240	1,9 м <sup>2</sup>	219,5		2 697
140F 1221	30	265/290	2,25 м <sup>2</sup>	183		3 029
140F 1409	35	320/350	2,6 м <sup>2</sup>	144,6		3 234
140F 1222	40	357/390	3 м <sup>2</sup>	136		3 587
140F 1223	50	462/505	3,75 м <sup>2</sup>	105		4 137
140F 1224	60	550/600	4,5 м <sup>2</sup>	88,2		4 697
140F 1225	70	636/695	5,25 м <sup>2</sup>	76,3		5 262
140F 1226	80	723/790	6 м <sup>2</sup>	66,9	5 820	
140F 1227	90	842/920	6,75 м <sup>2</sup>	57,4	6 513	
140F 1228	100	906/990	7,5 м <sup>2</sup>	53,4	7 217	
140F 1229	120	1116/1220	9 м <sup>2</sup>	43,4	8 147	
140F 1230	140	1290/1410	10,5 м <sup>2</sup>	37,5	9 069	
140F 1231	160	1440/1575	12 м <sup>2</sup>	33,6	10 363	
140F 1232	180	1610/1760	13,5 м <sup>2</sup>	30,1	11 633	
140F 1233	200	1820/1990	15 м <sup>2</sup>	26,6	13 196	
140F 1234	210	1876/2050	15,75 м <sup>2</sup>	25,8	14 382	

## DEVIflex™ 6T Нагрівальний кабель двожильний із суцільним екраном низької потужності

Застосовується для внутрішнього або зовнішнього встановлення. Основне призначення – захист труб від замерзання і запобігання промерзанню фундаментів холодильних камер. Також використовується для систем опалення через підлогу у приміщеннях з низькими тепловтратами, у бетонних підлогах, у тонких бетонних і схожих підлогах, у підлогах з дерев'яним покриттям або дерев'яною основою підлоги, у повітряному прошарку в дерев'яних підлогах на лагах. Встановлення на покрівлі заборонено.

Нагрівальний кабель – двожильний, круглий, із суцільним екраном, з круглим холодним кінцем з монолітними проводами, з герметичними термоусадочними перехідною і кінцевою муфтами.

### Технічні характеристики

- тип кабелю: двожильний екранований 230 В~
- номінальна напруга: 230 В~
- питома потужність кабелю: 5,5 Вт/м при 220 В, 6 Вт/м при 230 В
- діаметр: 6,9 мм
- мін. діаметр вигину: 4,2 см
- холодний кінець: 2,3 м, DTCL, 3 x 1,5 мм<sup>2</sup>, монолітні проводи
- внутрішня ізоляція: XLPE
- екран: суцільний, алюм. фольга + лужений мідний провід 0,5 мм<sup>2</sup> PVC
- зовнішня ізоляція: PVC
- макс. робоча температура увімк.\*: 80 °C
- макс. робоча температура вимк.\*\*: 90 °C
- міцність кабелю: клас M2 IEC 60800:2009 >1500/>500N (стиснення/розтягнення)
- клас захисту від вологи: IPX7
- мін. температура монтажу: -5 °C
- допустимий опір: +10% ... -5%
- допустима довжина: +2% +10 см ... -2% -10 см
- сертифікація: IEC 60800, SEMKO, CE
- гарантія: 20 років, повна в конструкції підлоги



### Асортимент DEVIflex™ 6T

\*\* Рекомендована роздрібна ціна

Код товару	Довжина, м	Потужність при 220/230 В, Вт	Площа обігріву крок 5 см (110 Вт/м <sup>2</sup> при 220 В)	Опір, Ом	Холодний кінець	Ціна**, грн
140F 1200	30	165/180	1,5 м <sup>2</sup>	293,4	3 x 1,5 мм <sup>2</sup>	2 847
140F 1201	40	229/250	2 м <sup>2</sup>	211,6		3 504
140F 1202	50	284/310	2,5 м <sup>2</sup>	170		4 100
140F 1203	60	316/345	3 м <sup>2</sup>	152,4		4 638
140F 1204	70	380/415	3,5 м <sup>2</sup>	128,1		5 139
140F 1205	80	458/500	4 м <sup>2</sup>	105,6		5 763
140F 1206	90	494/540	4,5 м <sup>2</sup>	98,1		6 386
140F 1207	100	581/635	5 м <sup>2</sup>	83,6		7 077
140F 1208	115	604/660	5,75 м <sup>2</sup>	80		7 878
140F 1209	129	705/770	6,5 м <sup>2</sup>	68,9		8 697
140F 1210	140	796/870	7 м <sup>2</sup>	60,8		8 913
140F 1211	160	837/915	8 м <sup>2</sup>	57,9		10 224
140F 1212	180	1002/1095	9 м <sup>2</sup>	48,2		11 472
140F 1213	190	1061/1160	9,5 м <sup>2</sup>	45,6		11 997
140F 1214	200	1153/1260	10 м <sup>2</sup>	42	12 778	

## DEVIbasic™ 20S Нагрівальний кабель одножильний

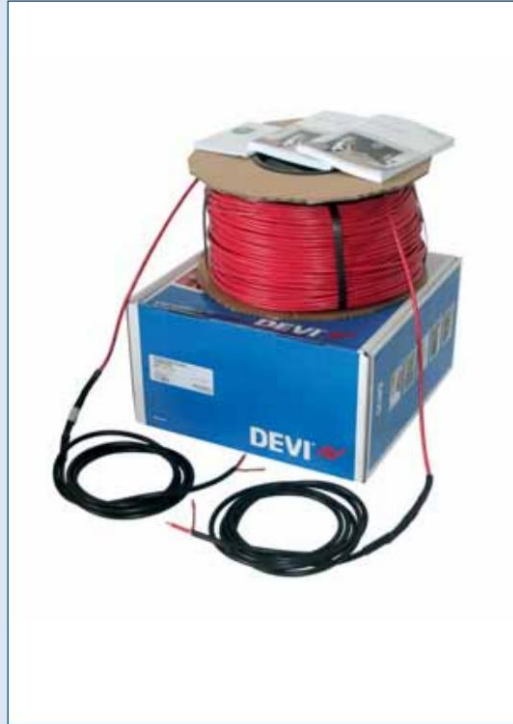
Застосовується для внутрішнього або зовнішнього встановлення. Використовується для систем захисту від снігу та льоду на наземних площадках, обігріву труб і ґрунту, у бетонних підлогах. Встановлення на покрівлі заборонено.

Виготовляється як одножильний екранований нагрівальний кабель з екранованими холодними проводами з герметичними термоусадочними перехідними муфтами.

За підключення кабелю з номінальною напругою 400 В до напруги живлення 220/230 В питома потужність становитиме 6/6,6 Вт/м. Таке підключення застосовується переважно для захисту від замерзання фундаментів холодильних камер.

### Технічні характеристики

- тип кабелю: одножильний екранований
- номінальна напруга: два типи – на 230 В~ або 400 В~
- питома потужність: 18,3 Вт/м при 220/380 В, 20 Вт/м при 230/400 В
- діаметр: 5,5 мм
- мін. діаметр вигину: 3,5 см
- холодні кінці: 2 x 3 м, 1 x 1,5 мм<sup>2</sup> + екран, DSWA
- екран: мідний, 16/32 x 0,3 мм (1 мм<sup>2</sup>)
- внутрішня/зовнішня ізоляція: PEX/PVC
- макс. робоча температура увімк.\*: 60 °С
- макс. робоча температура вимк.\*\*: 90 °С
- міцність кабелю: клас С IEC 60800:1992 600/120 N (стиснення/розтягнення)
- клас захисту від вологи: IPX7
- мін. температура монтажу: -5 °С
- допустимий опір: +10% ... -5%
- допустима довжина: +2% +10 см ... 2% -10 см
- сертифікація: DEMKO
- гарантія: 20 років, повна в конструкції підлоги



### Асортимент DEVIbasic™ 20S на 230 В

\*\* Рекомендована роздрібна ціна

Код товару	Довжина, м	Потужність при 220 В, Вт	Потужність при 230 В, Вт	Опір, Ом	Ціна**, грн
140F 0260	9	155	170	311	1950
140F 0215	14	240	260	203	2149
140F 0216	18	345	375	141	2383
140F 0217	26	480	520	102	2531
140F 0218	32	585	640	82,7	2617
140F 0219	39	730	800	66,1	3050
140F 0220	53	980	1070	49,4	3953
140F 0221	63	1155	1260	42	4577
140F 0222	74	1340	1465	36,1	5244
140F 0223	91	1665	1820	29,1	6293
140F 0224	110	2025	2215	23,9	7532
140F 0225	131	2415	2640	20	8867
140F 0226	159	2900	3170	16,7	10583
140F 0227	192	3525	3855	13,7	12679
140F 0228	228	4180	4565	11,6	14639

### Асортимент DEVIbasic™ 20S на 400 В

\*\* Рекомендована роздрібна ціна

Код товару	Довжина, м	Потужність при 380 В, Вт	Потужність при 400 В, Вт	Опір, Ом	Ціна**, грн
140F 0229	56	1000	1100	144,4	4048
140F 0230	69	1230	1375	117,4	5010
140F 0231	93	1660	1850	87,0	6430
140F 0232	126	2350	2550	61,5	8581
140F 0233	158	2865	3175	50,4	10636
140F 0234	192	3465	3850	41,7	12679
140F 0235	229	4120	4575	35,1	14682



## Характеристики терморегуляторів DEVireg 130/132 Терморегулятори електронні

Електронні терморегулятори застосовуються для систем комфортного підігріву поверхні «Тепла підлога» (130) або повного опалення приміщень (132). Одна ручка використовується для регулювання і вимикання. Конструкція корпусу передбачає встановлення на поверхню стіни. Має електронний вимикач живлення та можливість обмеження діапазону регулювання завдяки механічному обмежувачу положення ручки.

Серія представлена двома моделями:

**DEVireg™ 130** – для систем «Тепла підлога» з датчиком температури підлоги на проводі. Шкала в умовних одиницях від 1 до 5.

**Можливе застосування для систем сніготанення та антизледеніння.**

**DEVireg™ 132** – для систем повного опалення із вбудованим датчиком температури повітря і датчиком обмеження температури підлоги/стяжки на проводі. Шкала в градусах від 5 до 35°C.

### Технічні характеристики

• напруга живлення:	180...250 В~
• активне навантаження:	16 А 250 В, 3700 Вт
• індуктивне навантаження:	1 А 250 В, cos φ = 0,3
• перемикач навантаження:	NO, контакт-реле
• гістерезис:	0,4 °C
• індикатор:	світлодіод зелений/червоний
• робоча темп. навколишнього середовища:	-10...+50 °C
• колір:	білий
• клас захисту:	IP30
• клас безпеки:	II
• сертифікація:	DEMKO, CE
• маркування:	D130, D132
• гарантія:	2 роки



### DEVireg Opti Терморегулятор електронний програмований

Програмований електронний терморегулятор з контрастним дисплеєм, вбудованим «простим» тижневим таймером. Призначений для керування системами:

1. «Тепла підлога» з датчиком температури на проводі.
2. «Повне опалення» з роботою за двома датчиками та можливістю обмеження максимальної та/або підтримання мінімальної температури підлоги (здіянні вбудований датчик температури повітря та датчик температури підлоги на проводі).
3. «Повне опалення» тільки з вбудованим датчиком температури повітря.

Має вбудовану рамку та призначений для встановлення в монтажну коробку 0,60 мм. Має кілька режимів підтримання заданої температури: «Відрядження», «Захист від замерзання» та робота за тижневим таймером з окремими програмами для робочих та для вихідних днів з можливістю налаштувань часу кожного періоду: «ранок», «день», «вечір», «ніч», та встановлення комфортної та економної температур за власним бажанням.

Також має функції «Відкрите вікно» та блокування керування «Захист від дітей». Індикація фактичної температури підлоги або повітря у режимі очікування.

Обладнаний системою контролю датчиків температури підлоги та повітря.



#### Технічні характеристики

- напруга живлення: 220...240 В~ 50/60 Гц
- активне навантаження: 13 А, 230 В, 2990 Вт
- індуктивне навантаження: 1 А, 230 В,  $\cos \varphi = 0,3$
- перемикач навантаження: NO, контакт-реле
- регулювання: ШІМ (широтно-імпульсна модуляція)
- індикація: дисплей з контрастними білими символами
- робоча темп. навк. середовища: 0...+35 °С
- калібрування температури:  $\pm 5$  °С
- тип рамки: інтегрована в корпус
- розміри: 85 x 85 x 44 (вбудована частина 24) мм
- клас захисту: IP21
- клас безпеки: II
- споживана потужність: 0,4 Вт в режимі очікування
- вбудований акумулятор: так
- сертифікація: EN/IEC 60730-1; EN/IEC 60730-2-9
- гарантія: 2 роки

## DEVreg 530/531 /532 Терморегулятори електронні

Електронні терморегулятори застосовуються для систем комфортного підігріву поверхні «Тепла підлога» або повного опалення приміщень.

Конструкція корпусу передбачає встановлення на стіну в монтажній коробці. Двополюсний вимикач живлення.

Серія представлена трьома моделями:

**DEVreg™ 530** – для систем «Тепла підлога» з датчиком температури підлоги на проводі, «нічне» зниження темп. на 5 °С;

**DEVreg™ 531** – для систем повного опалення із вбудованим датчиком температури повітря;

**DEVreg™ 532** – для систем повного опалення із вбудованим датчиком температури повітря і датчиком обмеження температури підлоги/стяжки на проводі.

Всі терморегулятори мають контроль цілісності датчика температури на проводі, індикація – блимаючий зелений світлодіод, при цьому напруга на навантаження не подається.

**Для систем сніготанення та антизледеніння не застосовувати!**

#### Технічні характеристики

- напруга живлення: 230 В~ + 10% / -20%, 50 Гц
- активне навантаження, макс.: 15 А 230 В, 3450 Вт
- індуктивне навантаження: 1 А 250 В,  $\cos \varphi = 0,3$
- перемикач навантаження: NO, двоконтактне реле
- гістерезис: 0,4 °С
- індикатор: світлодіод зелений/червоний
- робоча темп. навк. середовища: -10...+30 °С
- колір: білий
- тип рамки: ELKO\*
- розміри: 85 x 85 x 47 мм
- клас захисту: IP31
- клас безпеки: II
- сертифікація: DEMKO, CE
- маркування: D530, D531, D532
- гарантія: 2 роки



## DEVIreg™ Smart. Багатофункціональний терморегулятор з інтелектуальним таймером та WIFI-модулем (віддалене керування через Інтернет)

### Технічні характеристики

- напруга живлення: 220...240 В~ 50/60 Гц
- активне навантаження, макс.: 16 А, 3680 Вт (230 В)
- індуктивне навантаження, макс.: 1 А,  $\cos \varphi = 0,3$  (230 В)
- перемикач навантаження: реле, NO
- регулювання: широтно-імпульсна модуляція (ШИМ, PWM), цикл 20/40/60 хв підлога: 5...35°C (20...45°C без перемички); повітря: 5...35°C
- обмеження макс. t° підлоги: 20...35°C (20...45°C без перемички)
- підтримання мін. t° підлоги: 10...35°C (у режимі повітря + підлога)

- темп. захисту від замерзання: 5...9°C (заводське налаштування 5°C)
- контакти підключення, макс.: 1 x 4 мм<sup>2</sup>
- розміри: 84 x 84 x 44 мм
- тип рамки\*: DEVI дизайн
- клас захисту: IP21
- клас безпеки: II
- робоча темп. навк. середовища: 0...30°C
- споживана потужність: 0,4 Вт у режимі очікування
- вбудований акумулятор: 14 год макс.\*\*\*\* (збереження часу і дати)
- сертифікація: SEMKO, CE
- гарантія: 5 років

**DEVIreg™ Smart** – багатофункціональний програмований електронний терморегулятор з інтелектуальним таймером, сенсорним дисплеєм, Wi-Fi-модулем. Можна встановлювати в рамки різних виробників\*. Оснащений вбудованим датчиком температури повітря у комплекті з датчиком температури підлоги на проводі. Сумісний з датчиками температури підлоги інших виробників\*\*\*.

**DEVIreg™ Smart** застосовується для систем:

- «Тепла підлога» з датчиком температури підлоги на проводі;
- повне опалення – з датчиками температури повітря + підлоги, що дозволяє, окрім керування температурою повітря, обмежувати максимальну та/або підтримувати мінімальну температуру підлоги;
- повне опалення тільки з одним вбудованим датчиком повітря.

**DEVIreg™ Smart** має сенсорний дисплей, який може відображати поточну і встановлену температури, а також режим, в якому перебуває регулятор.

Сенсорний дисплей дозволяє змінити поточну температуру, увімкнути/вимкнути терморегулятор, а також здійснити повернення до заводських налаштувань. Керування іншими функціями регулятора проводиться дистанційно зі смартфона/планшета через додаток **DEVIsmart™ App**.

Для реалізації усіх функцій терморегулятора потрібно підключитися до мережі Інтернет через Wi-Fi-точку доступу. Після підключення з'явиться можливість керувати такими функціями і режимами: інтелектуальний таймер – прогноз часу увімкнення і вимкнення; тижневий розклад; до п'яти періодів комфорту для кожного дня тижня; об'єднання терморегуляторів; виділення «Житлової зони» із загальним розкладом; блокування сенсорної панелі; енергозберігаюча функція «Відкрите вікно» тощо.

Має вбудований лічильник споживання електроенергії за останні 7, 30 днів і за весь період використання.

Встановлюється в монтажній коробці.

Подовжений термін гарантії – 5 років.

**Не застосовувати для систем сніготанення та антизледеніння!**



## DEVIreg Touch Терморегулятор з сенсорним дисплеєм та інтелектуальним таймером

**DEVIreg™ Touch** – багатофункціональний програмований електронний терморегулятор з інтелектуальним таймером і сенсорним дисплеєм. Можна встановлювати в рамки різних виробників. Оснащений вбудованим датчиком температури повітря у комплекті з датчиком температури на проводі. Сумісний з датчиками температури інших виробників\*.

**DEVIreg™ Touch** застосовується для систем:

- «Тепла підлога» з датчиком температури на проводі;
- повне опалення – з датчиками температури повітря і підлоги, що дозволяє, окрім керування температурою повітря, обмежувати максимальну і/або підтримувати мінімальну температуру підлоги;
- повне опалення тільки з одним вбудованим датчиком повітря.

Інтелектуальний таймер – з прогнозом необхідного часу увімкнення і вимкнення, два комфортних періоди для кожного дня тижня.

Вбудований лічильник споживання електроенергії за останні 7, 30 днів і з моменту першого увімкнення.

Встановлюється в монтажній коробці.

Подовжений термін гарантії – 5 років.

**Для систем сніготанення та антиледеніння не застосовувати!**

### Технічні характеристики

- напруга живлення: 220...240 В~ 50/60 Гц
- активне навантаження, макс.: 16 А, 3680 Вт (230 В)
- індуктивне навантаження, макс.: 1 А,  $\cos \phi = 0,3$  (230 В)
- перемикач навантаження: реле, NO
- регулювання: широтно-імпульсна модуляція (ШИМ, PWM), цикл 20/40/60 хв
- діапазон регулювання: підлога: 5...45°C, повітря: 5...35°C
- обмеження макс. t° підлоги: 20...35°C (20...45°C без перемички)
- підтримання мін. t° підлоги: 10...35°C (у режимі повітря + підлога)
- темп. захисту від замерзання: 5...9°C (заводське налаштування 5°C)
- контакти підключення, макс.: 1 x 4 мм<sup>2</sup>
- розміри: 84 x 84 x 44 мм
- тип рамки\*\*\*: дизайн DEVI
- клас захисту: IP21
- клас безпеки: II
- робоча темп. навк. середовища: 0...30°C
- споживана потужність: 0,4 Вт у режимі очікування
- вбудований акумулятор: 24 години (для годинника, дати, спожитої електроенергії за 7 і 30 днів)
- сертифікація: SEMKO, CE
- маркування: Dtouch
- гарантія: 5 років



## DEVIreg™610 Терморегулятор електронний із захистом IP44 для зовнішнього встановлення

Електронний терморегулятор у герметичному виконанні IP44 з розширеним діапазоном регулювання.

Застосовується для встановлення всередині або зовні приміщення. Може бути встановлений на зовнішню стіну будівлі або на трубу.

Використовується для керування системами захисту від обледеніння, опалення, кондиціонування, підігріву труб, ємностей, обігріву приміщень і підігріву підлог.

### Технічні характеристики

- напруга живлення: 180...250 В~
- активне навантаження, макс.: **10 А**, 250 В
- індуктивне навантаження, макс.: 1 А, 250 В,  $\cos \phi = 0,3$
- перемикач навантаження: NO/NC, триконтактне реле
- гістерезис: 0,4°C
- тип датчика, довжина: NTC, на проводі 3 м
- індикатори: світлодіод зелений/червоний
- робоча темп. навк. середовища: -30...+55°C
- споживана потужність: 0,93 Вт у режимі очікування
- розміри: 70 x 100 x 45 мм
- клас захисту: IP44
- сертифікація: DEMKO, CE
- гарантія: 2 роки



## Приклади схем підключення нагрівальних кабелів

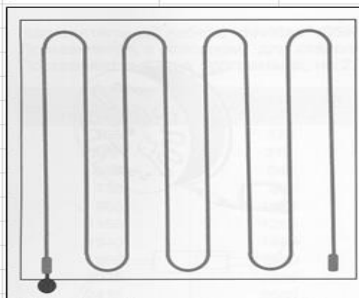


Fig. 1 Рис. 1 Один двужильный кабель

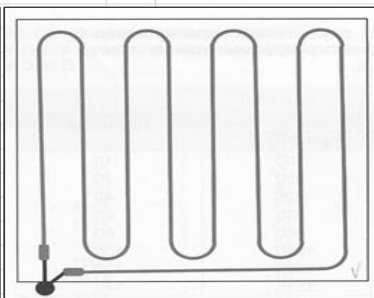


Рис. 2 Один одножильный кабель

Рис. 1 и 2  
Типичный способ установки одного двужильного кабеля в помещении с управлением терморегулятором.

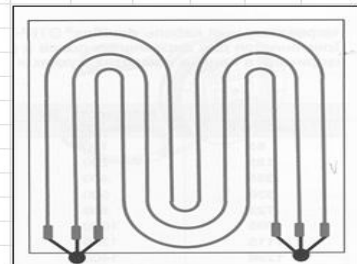


Рис. 3 Три одножильных кабеля, трехфазная система с подключением по схеме типа звезда/треугольник

Рис. 3  
Способ установки кабелей на большой площади с распределением мощности на три фазы. Система



Рис. 4 Три одножильных кабеля, трехфазная система с подключением по схеме типа звезда/треугольник

подключается к терморегулятору **devireg**® через контактор. При этом может использоваться схема звезда/треугольник. При напряжении 380 В необходимо использовать кабели, специально рассчитанные под 380 В.

Рис. 4  
То же.

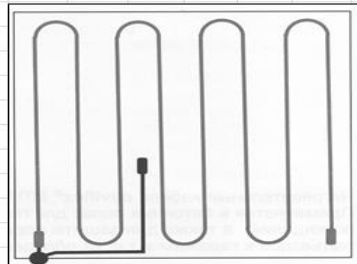
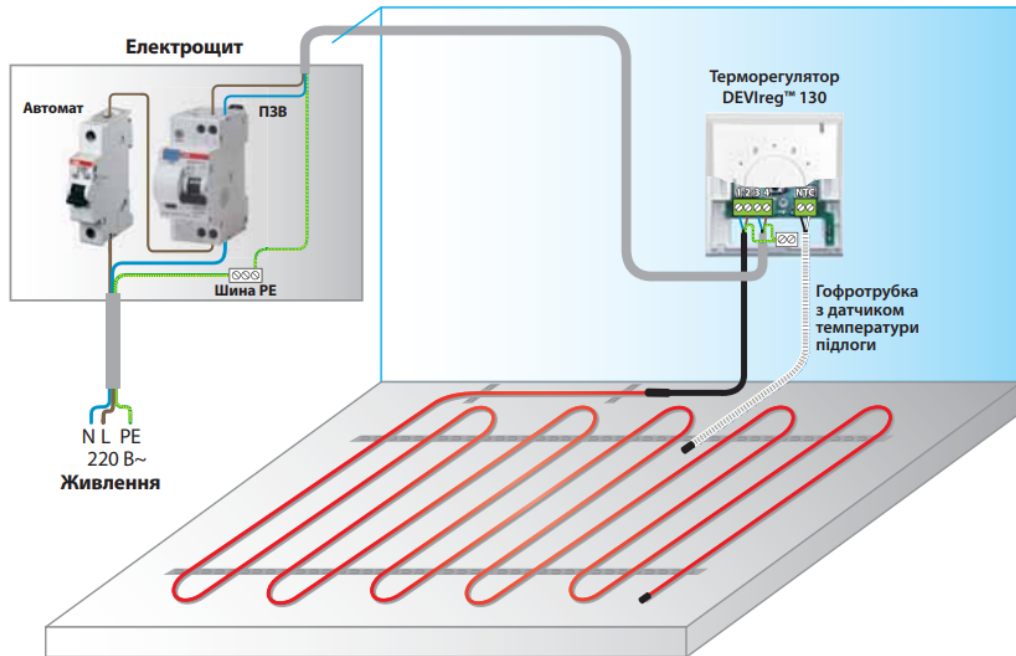


Рис. 5 Расположение датчика

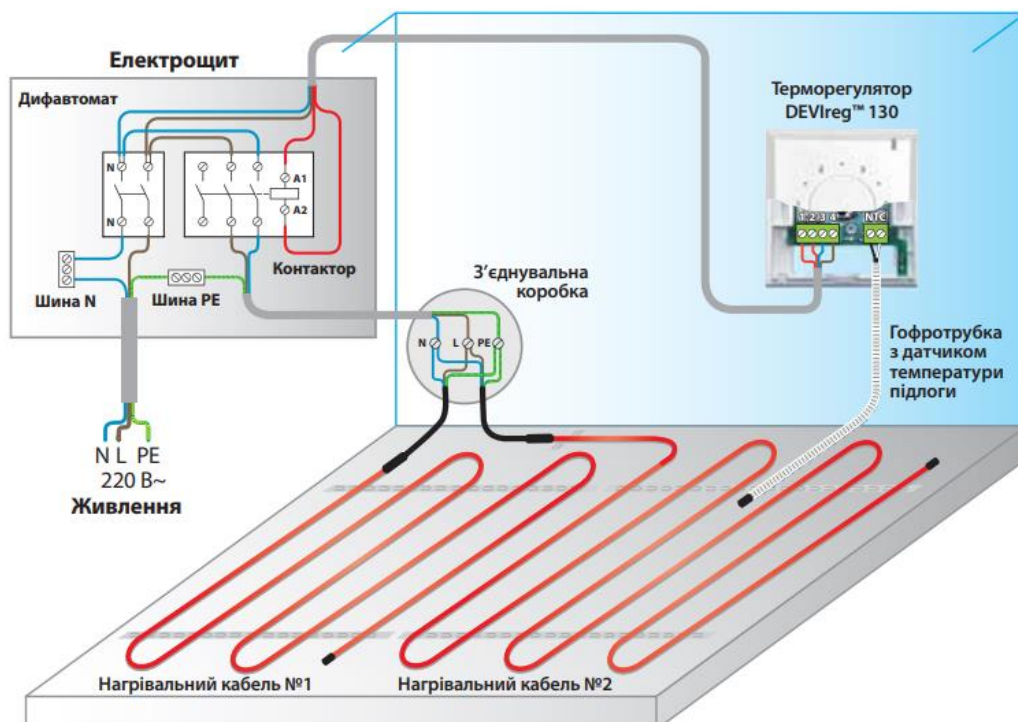
Рис. 5  
Датчик температуры пола помещается в гофрированную пластмассовую трубку минимальным диаметром 10 мм, нижний конец которой закрывается. Датчик закладывается в верхней части цементной стяжки в открытой части петли кабеля на расстоянии не менее 0,5 м от стены.

## Приклади схем підключення

**Приклад 1.1. Монтажна електрична схема підключення нагрівального кабелю до терморегулятора DEVireg™ 130**



**Приклад 1.2. Монтажна електрична схема підключення двох нагрівальних кабелів через контактор з керуванням від одного терморегулятора**



## Характеристики повітряно-опалювальних агрегатів

Тип агрегату	Енерго-носій	Продуктивність		Надлишкова температура повітря $\Delta t$ , °C	Швидкість повітря $v$ , м/с	Площа патрубків $A_0$ , м <sup>2</sup>
		$Q_0$ , Вт	$L_0$ , м <sup>3</sup> /Год			
АО2-4-01У3	вода	40700	3200	40,2	3,5	0,25
АОД2-4-01У3	вода	44600	4000	33,3	4,4	0,25
АПВС 50-30	вода	45400	3900	60	2,82	0,38
АО2-4-01У3	вода	47700	4000	35,8	4,4	0,25
АО2-6,3-01У3	вода	67600	6300	32,1	5,2	0,34
<b>Девітемп 106</b>	<b>3×380 В</b>	<b>6000</b>	<b>400/650</b>	<b>21/28</b>	<b>1,68/2,74</b>	<b>0,07</b>
<b>Девітемп 110</b>	<b>3×380 В</b>	<b>10000</b>	<b>400/650</b>	<b>35/46</b>	<b>1,68/2,74</b>	<b>0,07</b>
<b>Девітемп 115</b>	<b>3×380 В</b>	<b>15000</b>	<b>800/1400</b>	<b>26/30</b>	<b>2,78/4,86</b>	<b>0,08</b>
<b>Девітемп 121</b>	<b>3×380 В</b>	<b>21000</b>	<b>800/1400</b>	<b>36,5/42</b>	<b>2,78/4,86</b>	<b>0,08</b>

Навчально-методичне видання

# СУЧАСНІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

Методичні вказівки  
до виконання розрахунково-графічної роботи  
з дисципліни «Сучасні системи електричного опалення»  
для студентів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»  
ОПП «Теплогазопостачання і вентиляція»  
денної та заочної форм навчання

Укладачі: **ЛЮБАРЕЦЬ** Олександр Петрович,  
**МОСКВІТІНА** Анна Сергіївна

Випусковий редактор *В.С. Сасько*  
Комп'ютерне верстання *Д.М. Ніколаєвич*

Підписано до друку 20.09.2023. Формат 60x84<sub>1/16</sub>  
Ум. друк. арк. 2,79. Обл.-вид. арк. 3,0.  
Електронний документ. Вид. № 72/III-23

Видавець і виготовлювач:  
Київський національний університет будівництва і архітектури  
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.