

**ТЕМПЕРАТУРНИЙ РЕЖИМ ГРУНТОВИХ МАСИВІВ  
ЯК ГЕОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ НА ОСНОВИ БУДІВЕЛЬ**

**TEMPERATURE REGIME OF SOIL MASSIVES AS A GEOLOGICAL  
INFLUENCE ON THE FOUNDING OF BUILDINGS**

**Пашинський В.А., д.т.н., проф., Пашинський М.В., к.т.н.,  
Карпушин С.О., к.т.н., доц., (Центральноукраїнський національний  
технічний університет, м. Кропивницький)**

**Pashynskiy V.A., Sc.D., prof, Pashynskiy M.V., PhD, Karpushyn S.O.,  
PhD, associate professor (Central Ukrainian National Technical University,  
Kropyvnytskyi)**

*Проаналізовані результати спостережень за температурою ґрунту на 11 метеостанціях України. Розроблена методика визначення мінімальних та максимальних розрахункових значень температури ґрунту. Визначені розрахункові значення температури ґрунту для глибин до 3,2 м, проаналізовані та описані їх залежності від глибини й періоду повторюваності. Результати дослідження можуть бути використані в теплотехнічних розрахунках підземних частин будівельних об'єктів.*

*The study was performed in order to develop a method for determining the calculated values of the temperature of soil massives of the buildings foundations based on the results of meteorological observations, as well as analysis of their changes in depth and territory. For the analysis the generalized results of measurements of soil temperature on depth up to 3.2 m, which were carried out by deep thermometers at 11 meteorological stations from different areas of Ukraine are used.*

*It is established that with increasing depth, seasonal changes in soil temperature attenuate and lag behind in time from changes in air temperature and soil surface. Standard deviations of soil temperature do not have a pronounced seasonal variability, but systematically decrease with increasing depth.*

*The probabilistic method of determining the design values of soil temperature is developed on the basis of the description of average minima and average maxima of temperature in the form of sequences of normally distributed random variables corresponding to 12 months of the year. According to the data of 11 selected meteorological stations of Ukraine, the minimum and maximum design values of soil temperature for depths up to 3.2 m and return periods of 20...200 years have been determined. Insignificant dependence on the return periods allowed to take as calculated data the value of soil temperature, which correspond to a return period of 100 years.*

*Dependences of minimum and maximum design values of soil temperature on depth for 11 meteorological stations of Ukraine are described by analytical expressions of exponential type. By analyzing these expressions, it was found that at a depth of 8...13 m, the minimum and maximum design values of soil temperature approach +12...+18°C and remain unchanged throughout the year.*

*The obtained results allow to predict the probable limits of soil temperature change at different depths and can be used when performing thermal calculations of deep rooms and when assessing the force effect of temperature on underground structures.*

*Ключові слова: температура ґрунту, розрахункові значення, залежності від глибини.*

*Keywords: soil temperature, design values, depth dependence.*

**Постановка проблеми.** Температура експлуатаційного середовища істотно впливає на будівлі, споруди та будівельні конструкції. Зокрема, зміни температури ґрунтового масиву, який служить основою будівлі, впливають на умови експлуатації будівельних матеріалів і температурний режим заглиблених приміщень, а також можуть викликати силові впливи на несучі конструкції. Для урахування цих впливів при проектуванні будівель необхідно проаналізувати наявні результати спостережень за температурою ґрунту на метеостанціях з різних кліматичних зон, здійснити їх імовірнісний опис, виявити закономірності зміни по глибині й по території України та встановити розрахункові значення температури ґрунту на різних глибинах.

**Аналіз відомих досліджень і публікацій.** Достатньо дослідженим кліматичним явищем є температура атмосферного повітря, вплив якої на будівлі та споруди відображений розрахунковими параметрами, наведеними в нормах проектування [1, 2]. В нормах [3] та в монографії [4] показано, що не менш важливим є вплив температури ґрунту на підземні частини будівель і споруд.

Температура ґрунту, як і температура повітря, систематично вимірюється на метеостанціях України. Методика цих вимірювань на глибинах до 3,2 м регламентована настановою [5]. Узагальнені результати вимірювань опубліковані в довіднику [6], де для 210 метеостанцій України та кожного з місяців року наведені статистичні характеристики таких показників: середнє значення, середній мінімум та середній максимум температури повітря; середнє значення, середній мінімум та середній максимум температури від поверхні ґрунту до глибини 3,2 м.

Закономірності зміни температури ґрунту протягом року та за глибиною аналізувалися в численних дослідженнях, результати яких опубліковані в наукових працях та увійшли до довідкової та навчальної літератури. Наприклад, в [7] показано, що сезонні коливання температури ґрунту на усіх глибинах відбуваються з періодом в один рік, але амплітуда цих коливань зменшується з глибиною за експоненціальним законом. Добові коливання температури ґрунту затухають на глибині 0,7...1,0 м.

Досить детальний аналіз закономірностей зміни середньомісячних температур ґрунту на глибинах зроблений у статті [8]. За результатами аналізу даних 14 метеостанцій України виявлені особливості сезонних змін

температури ґрунту на різних глибинах, залежності температури від глибини, а також проаналізовані зміни в часі протягом 1996...2015 років. В роботах [7, 8] також вказано, що закономірності зміни температури значною мірою залежать від фізичних і теплових характеристик ґрунту.

Попри досить добре вивчені та опубліковані загальні закономірності зміни температури ґрунтових масивів, наукові публікації та нормативні документи [1, 2] не містять розрахункових значень температури ґрунту, потрібних для проектування несучих та огорожувальних конструкцій підземних частин будівель і споруд. Розрахункові значення температури ґрунту слід встановити аналогічно розрахунковим значенням інших кліматичних навантажень і впливів [1, 2] методами теорії надійності, які враховують випадкову мінливість температур ґрунту.

**Мета дослідження** полягає в розробленні методики визначення розрахункових значень температури ґрунтових масивів основ будівельних об'єктів за результатами метеорологічних спостережень, а також в аналізі їх змін за глибиною й по території.

**Вихідні дані та їх попередній аналіз.** Для аналізу температури ґрунту на різних глибинах сформована вибіркова мережа метеостанцій, показана на рис. 1. Вибрані 11 метеостанцій розміщені в різних регіонах і відображають характер зміни температури ґрунту по території України.

За довідником [1] сформована база даних, яка для кожної з обраних метеостанцій містить статистичні характеристики температури повітря, температури поверхні та температури ґрунту на глибині 0,2 м, 0,4 м, 0,8 м, 1,2 м, 1,6 м, 2,4 м і 3,2 м. Для кожного з місяців року наведені середні значення та стандарти:

- середньомісячної температури  $M$  і  $S$ ;
- середнього мінімуму температури  $M_{min}$  і  $S_{min}$ ;
- середнього максимуму температури  $M_{max}$  і  $S_{max}$ .

Попередній аналіз метеорологічних даних виконано на прикладі середньомісячних температур ґрунту та їх стандартів на метеостанції м. Ново-Миргород Кіровоградської області. На рис. 2 зображено річний хід середньомісячних температур ґрунту та їх стандартів на поверхні та на глибинах 0,2 м, 0,8 м, 1,6 м і 3,2 м. На поверхні ґрунту, як і в повітрі, мінімальна температура спостерігається в січні-лютому, а максимальна – в липні. З ростом глибини амплітуда річних змін стає меншою, а річний хід температури відстає від змін температури повітря й поверхні ґрунту. Наприклад, на глибині 3,2 м мінімальна температура реалізується в квітні, а максимальна – в жовтні. Отже, за рахунок повільної теплопередачі через товщу ґрунту сезонні коливання температури з глибиною затухають і відстають в часі від змін температури повітря й поверхні ґрунту. Аналогічні висновки зроблені в статті [8] за результатами аналізу даних метеостанцій України.



Рис. 1. Вибіркова мережа метеостанцій України

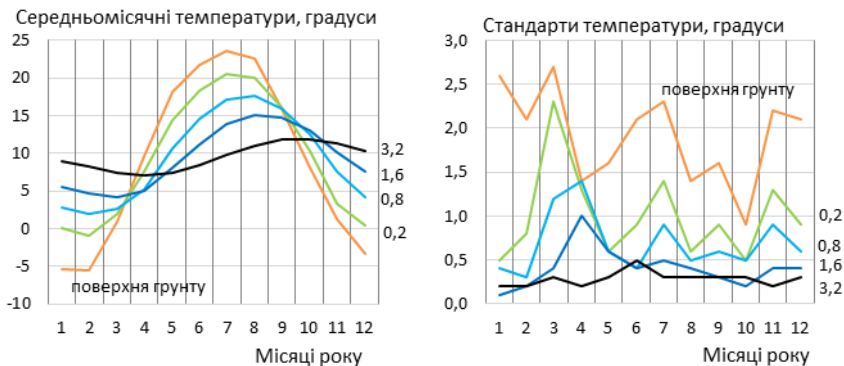


Рис. 2. Річний хід середньомісячних значень та стандартів температури ґрунту на поверхні та на глибинах 0,2 м, 0,8 м, 1,6 м, 3,2 м за даними метеостанції м. Ново-Миргород

Наведений на рис. 2 графік річного ходу стандартів середньомісячної температури ґрунту на тих же глибинах вказує на відсутність виражених сезонних змін. Протягом року стандарти змінюються досить хаотично, але систематично зменшуються з глибиною, що підтверджує затухання коливань температури ґрунту на глибині.

Зміни температури по глибині відображені на рисунку 3 для чотирьох місяців, що відображають сезони року: зиму, весну, літо та осінь. Висока температура поверхні ґрунту в липні падає з глибиною, а низька температура поверхні ґрунту в січні з глибиною росте, наближаючись до липневої температури. В жовтні поверхня ґрунту холодна, а в глибині ще зберігається літнє тепло. У квітні поверхня ґрунту вже прогрівається, а в глибині ще досить холодно. Загалом сезонна мінливість температури ґрунту стабілізується з ростом глибини, у результаті чого на значній глибині ґрунт практично не підлягає впливу сезонних коливань метеорологічних факторів і має постійну температуру, яка асимптотично наближається приблизно до +10°C. Подібні закономірності виявлені також в раніше згаданій роботі [8].

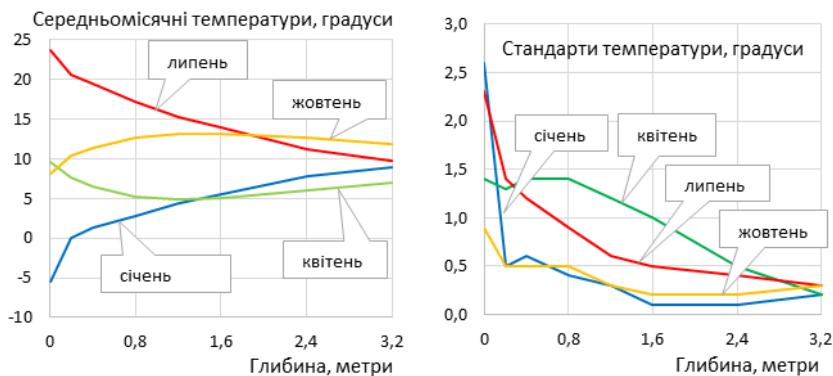


Рис. 3. Зміни середньомісячних значень та стандартів температури ґрунту по глибині за даними метеостанції м. Ново-Миргород

З рис. 3 також видно, що з ростом глибини стандарти зменшуються, вирівнюються для усіх сезонів року та асимптотично наближаються до нуля. У січні та в липні спостерігаються значні перепади між стандартами температури поверхні ґрунту та температури на глибині 0,2 м. Більша мінливість температур на поверхні ґрунту пояснюється безпосереднім контактом з повітрям та додатковим нагріванням від дії сонячної радіації.

Попередній аналіз даних інших метеостанцій вказує на аналогічні закономірності зміни температури ґрунту залежно від глибини і пори року. При цьому спостерігається помітні зміни температури повітря й поверхні ґрунту по території України.

**Методика обчислення розрахункових значень температури ґрунту.** По аналогії з іншими кліматичними навантаженнями та впливами [2, 4], розрахунковими будемо вважати мінімальні  $X_{min}$  та максимальні  $X_{max}$

значення температури ґрунту, вихід за які може спостерігатися протягом однієї доби за встановлений строк служби конструкції чи період повторюваності  $T$ . Найявні дані дозволяють представити мінімальні та максимальні температури повітря у формі послідовностей з 12-ти нормально розподілених випадкових величин. Виходячи з такого імовірнісного подання, тривалість перебування температури нижче мінімального розрахункового значення  $X_{min}$  на протязі строку служби  $T_{min}$  обчислюється за формулою

$$T_{min} = 30,5 \times T \times \sum_{i=1}^{12} F(X_{min}, M_{i,min}, S_{i,min}), \quad (1)$$

де 30,5 – середня кількість днів у місяці;

$F(\dots)$  – функція нормального розподілу;

$X_{min}$  – мінімальне розрахункове значення температури;

$M_{i,min}$  – середнє значення мінімальної температури в  $i$ -тому місяці року;

$S_{i,min}$  – стандарт мінімальної температури в  $i$ -тому місяці року.

Аналогічно визначається тривалість  $T_{max}$  перебування температури вище максимального розрахункового значення  $X_{max}$ :

$$T_{max} = 30,5 \times T \times \sum_{i=1}^{12} [1 - F(X_{max}, M_{i,max}, S_{i,max})], \quad (2)$$

де  $X_{max}$  – максимальне розрахункове значення температури;

$M_{i,max}$  – середнє значення максимальної температури в  $i$ -тому місяці;

$S_{i,max}$  – стандарт максимальної температури в  $i$ -тому місяці року.

Вважаючи, що вихід за межі розрахункових значень допускається протягом однієї доби за строк служби, прирівнюємо вирази (1) і (2) до одиниці. Чисельний розв'язок отриманих рівнянь відносно  $X_{min}$  та  $X_{max}$  дає мінімальне та максимальне розрахункове значення температури ґрунту чи повітря. Результати визначення розрахункових значень температури ґрунту на метеостанції м. Ново-Миргород для різних глибин і періодів повторюваності  $T = 20 \dots 200$  років наведені в табл. 1.

З таблиці видно, що розрахункові значення температури ґрунту змінюються з глибиною та періодом повторюваності. Дані таблиці вказують на незначну залежність розрахункових значень температури ґрунту від періоду повторюваності. Починаючи з глибини 0,2 м, мінімальні розрахункові значення для  $T = 20$  років і  $T = 200$  років відрізняються не більше, ніж на  $1,5^\circ\text{C}$ , а максимальні – на  $0,9^\circ\text{C}$ . Це дозволяє у подальшому прийняти єдині розрахункові значення температури ґрунту для періоду повторюваності  $T = 100$  років, близьким до найбільшого рекомендованого нормами [2] терміну експлуатації будівель та споруд  $T_{ef} = 120$  років. Поширення прийнятих розрахункових

значень на усі інші строки служби будівель та споруд дасть незначні похибки, переважно в запас надійності.

Таблиця 1

Розрахункові значення температури ґрунту на метеостанції  
м. Ново-Миргород Кіровоградської області

Глибина, м	Мінімальні розрахункові значення $X_{min}$ при періодах повторюваності $T$ , °C					Максимальні розрахункові значення $X_{max}$ при періодах повторюваності $T$ , °C				
	20	50	100	150	200	20	50	100	150	200
Повітря	-16,7	-17,5	-18,1	-18,4	-18,7	30,4	30,9	31,2	31,4	31,6
0,0	-19,4	-20,3	-21,0	-21,3	-21,6	53,2	54,2	55,0	55,4	55,7
0,2	-7,3	-7,8	-8,2	-8,4	-8,5	27,6	28,0	28,3	28,4	28,5
0,4	-5,0	-5,6	-6,1	-6,3	-6,5	24,0	24,3	24,5	24,6	24,7
0,8	-2,9	-3,4	-3,8	-4,0	-4,1	20,8	21,0	21,2	21,3	21,3
1,2	-0,2	-0,6	-0,8	-0,9	-1,0	18,3	18,5	18,6	18,7	18,7
1,6	1,5	1,2	1,0	0,9	0,9	16,3	16,4	16,5	16,5	16,6
2,4	4,1	4,0	3,9	3,8	3,8	14,5	14,6	14,7	14,8	14,8
3,2	6,1	6,0	5,9	5,9	5,8	12,9	13,0	13,0	13,1	13,1

Залежності мінімальних та максимальних розрахункових температур ґрунту від глибини наведені на рис. 4. З рис. 4 і табл. 1 видно, що розрахункові значення мінімальних і максимальних (холодної та теплої) температур на поверхні ґрунту можуть відрізнитися на 72...77°C. Настільки значні коливання температури поверхні ґрунту обумовлені нагріванням від сонячної радіації, яка робить максимальну температуру поверхні ґрунту значно вищою, ніж температура повітря влітку.

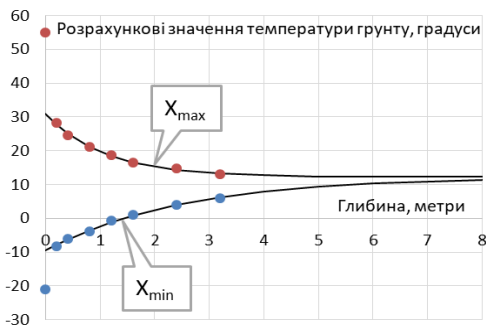


Рис. 4. Залежності розрахункових значень температури ґрунту від глибини

Значні перепади розрахункових значень температури від поверхні ґрунту до глибини 0,2 м пояснюються тим, що ґрунт діє як теплоізоляція і сильно нівелює зміни температури на поверхні. З ростом глибини розрахункові значення мінімальної й максимальної температури зближуються, і на глибині 3,2 м різниця між ними складає 7...12°C.

Залежності прийнятих розрахункових значень температури ґрунту від глибини (починаючи з 0,2 м і глибше) описані аналітичними виразами

$$t_c = a_c \exp(b_c h) + t_0 = -21,8 \exp(-0,40 h) + 12,2; \quad (3)$$

$$t_w = a_w \exp(b_w h) + t_0 = 18,7 \exp(-0,92 h) + 12,2, \quad (4)$$

де  $t_c$  і  $t_w$  – розрахункові значення мінімальної (холодної) та максимальної (теплої) температури ґрунту на глибині  $h$ , м;

$a_c$ ,  $a_w$ ,  $b_c$ ,  $b_w$ ,  $t_0$  – коефіцієнти, встановлені методом найменших квадратів.

Коефіцієнти формул (3) і (4) визначені за методом найменших квадратів [3] шляхом мінімізації суми квадратів відхилень теоретичних значень (3), (4) від фактичних даних з урахуванням розрахункових температур ґрунту на глибині 0,2 м і більше. Урахування в обох формулах спільного коефіцієнта  $t_0$  забезпечує асимптотичне наближення мінімальних і максимальних розрахункових значень температури ґрунту до одного й того ж значення температури стабілізації  $t_0$  на великій глибині.

На рис. 4 показані результати апроксимації даних метеостанції м. Ново-Миргород кривими (3), (4). З ростом глибини мінімальні та максимальні розрахункові значення (3) і (4) наближаються до температури  $+12,2^\circ\text{C}$ . На глибині  $h = 8$  м різниця між ними становить  $0,9^\circ\text{C}$ , а на глибині  $13\text{ м} - 0,1^\circ\text{C}$ . Це дозволяє вважати, що на глибині понад 8 м температура ґрунту залишається практично незмінною протягом усього року.

**Розрахункові значення температури ґрунту на метеостанціях України.** Розроблена методика дозволила встановити розрахункові значення температури ґрунту для усіх 11 обраних метеостанцій, а також проаналізувати та узагальнити зміни температури ґрунту на різних глибинах по території України. За даними обраних метеостанцій обчислені розрахункові значення мінімальної та максимальної температури повітря, температури на поверхні ґрунту, а також на глибинах 0,2...3,2 м для періодів повторюваності від 20 до 200 років. Залежності розрахункових значень температури ґрунту від глибини описані аналітичними виразами (3) і (4), коефіцієнти яких наведені в табл. 2. В передостанньому стовпчику табл. 2 наведені температури стабілізації  $t_0$ , а в останньому – значення глибини стабілізації  $h_0$ , на якій різниця мінімальної та максимальної розрахункової температури не перевищує  $1^\circ\text{C}$ .

З таблиці видно, що температура ґрунту на глибині асимптотично наближається до величин  $t_0 = +12...+18^\circ\text{C}$ . Середня температура стабілізації дорівнює  $+14,5^\circ\text{C}$ , що загалом відповідає температурі повітря в глибоких печерах. Глибина стабілізації температури ґрунту в основному змінюється в межах  $h_0 = 8...13$  м і в середньому дорівнює  $h_0 = 10$  м.



Виняток складають метеостанції м. Новоград-Волинський та м. Чернігів, де температура ґрунту стабілізується на глибині близько 18 м.

Таблиця 2

Коефіцієнти формул (1) і (2) та глибина стабілізації температури ґрунту для метеостанцій України

Метеостанції України	$a_c$	$b_c$	$a_w$	$b_w$	$t_0, ^\circ\text{C}$	$h_0, \text{м}$	$h_n, \text{м}$
Артемівськ	-21,0	-0,35	19,8	-1,20	13,8	8,8	1,2
Бережани	-19,4	-0,28	16,4	-1,05	13,0	10,6	1,4
Керч	-19,1	-0,27	18,6	-0,89	16,2	10,9	0,6
Ковель	-25,4	-0,25	18,5	-2,27	18,5	12,7	1,3
Луганськ	-24,3	-0,40	23,7	-0,90	14,1	8,0	1,4
Новоград-Волинський	-15,1	-0,14	19,5	-1,36	13,0	18,9	1,1
Ново-Миргород	-21,8	-0,40	18,7	-0,92	12,2	7,7	1,4
Одеса	-22,1	-0,27	16,3	-0,66	15,6	11,6	1,3
Полтава	-23,5	-0,36	18,6	-0,98	13,2	8,7	1,6
Херсон	-23,4	-0,24	17,6	-1,09	17,2	12,9	1,3
Чернігів	-15,7	-0,16	14,9	-0,79	13,1	17,5	1,2

Отримані результати не вказують на наявність виражених закономірностей територіальної мінливості розрахункових значень температури ґрунту. Можливість територіального районування слід перевірити з використанням даних більшої кількості метеостанцій. При цьому потрібно врахувати, що здійсненню територіального районування розрахункових значень температури ґрунту може перешкодити істотний вплив теплових характеристик різних ґрунтів, характер рослинного покриву, різна експозиція схилів та інші невраховані фактори.

Дані табл. 2 дозволяють визначати мінімальні та максимальні розрахункові значення температури ґрунту на заданій глибині за формулами (3) та (4). Мінімальні розрахункові значення необхідні для виконання теплотехнічних розрахунків при проектуванні підземних приміщень. Температурні перепади між мінімальними та максимальними розрахунковими значеннями можуть використовуватися для оцінювання силових впливів температури ґрунту на підземні несучі конструкції, що контактують з ґрунтом.

У якості прикладу визначимо глибину, на якій температура ґрунту не опускається нижче  $t_c = 0^\circ\text{C}$ . Розв'язок рівняння (4) відносно  $h$  при значенні  $t_c = 0^\circ\text{C}$  має вигляд:

$$h = \frac{\ln(-t_0/a_c)}{b_c}. \quad (5)$$

Результати обчислень за формулою (5) наведені в останньому стовпчику табл. 2. Ці дані можна вважати прогнозними значеннями глибини промерзання ґрунту в районі досліджених метеостанцій. Вони є дещо завищеними, оскільки відповідають періоду повторюваності 100 років. Окрім того унаслідок мінералізації ґрунтових вод їх замерзання може відбуватися при температурах, нижчих від 0°C, тобто на дещо меншій глибині.

### **Висновки та перспективи подальших досліджень**

1. За результатами статистичного аналізу результатів метеорологічних спостережень на метеостанціях України підтверджені закономірності зміни середніх температур ґрунту на різних глибинах. Показано, що стандарти температури ґрунту не мають вираженої сезонної мінливості, але систематично зменшуються з ростом глибини.

2. Розроблена методика визначення мінімальних та максимальних розрахункових значень температури ґрунту з урахуванням заданого періоду повторюваності. Рекомендовано в якості розрахункових значень температури ґрунту з незначним запасом прийняти значення, що відповідають періоду повторюваності 100 років.

3. Залежності мінімальних і максимальних розрахункових значень температури ґрунту від глибини для 11-ти метеостанцій України описані аналітичними виразами. За зближенням мінімальних і максимальних розрахункових значень температури встановлено, що на глибині 8...13 м температура ґрунту стабілізується на рівні +12...+18°C.

4. Отримані результати можуть використовуватися при виконанні теплотехнічних розрахунків заглиблених приміщень та при оцінюванні силового впливу температури на підземні конструкції.

### **References**

1. DSTU-N B V.1.1-27:2010 Zaxy`st vid nebezpechny`x geologichny`x procesiv, shkidly`vy`x ekspluatacijny`x vply`viv, vid pozhezhi. Budivel`na klimatologiya. – K., 2010. – 101 s.
2. DBN V.1.2-2:2006. Sy`stema zabezpechennya nadijnosti ta bezpeky` budivel`ny`x ob`yektiv. Navantazhennya i vply`vy`. Normy` proektuvannya. K.: Minbud Ukrainy`, 2007.
3. DBN V.2.6-31:2016: Teplova izolyaciya budivel` – K.: Ministerstvo budivny`cztva Ukrainy`, 2016. – 31 s.
4. Nagruzky` y` vozdejstvy`ya na zdany`ya y` soorzheny`ya / A.V. Perel`muter, V.N. Gordeev, A.Y`. Lantux-Lashhenko, A.V.Maxy`n`ko, V.A. Pashy`nsky`j, S.F. Py`chugy`n / Pod obshhej red. A.V. Perel`mutera. – 4-e y`zd., pererab. – M.: Y`zdatel`stvo SKAD SOFT, y`zdatel`stvo ASV, y`zdatel`stvo DShhMK Press, 2014. - 596 s.
5. Nastanova gidrometeorologichny`m stanciyam i postam. Vy`pusk 3. Chasty`na 1. Meteorologichni sposterezheniya na stanciyax. : Vy`dannya oficijne – K.: Derzhavna gidrometeorologichna sluzhba, 2011. – 280 s.

6. Kinash R.I. Temperaturnyj rezhym povityrya i g`runtu v Ukrayini / R.I. Kinash, O.M. Burnayev. – L`viv: Vy`davny`czstvo naukovo-texnichnoyi literatury`, 2001. – 800 c.
7. Zatulа V.I., Ty`tarenko L.M. Rezhym temperatury` g`runtu na gly`by`nax. / Cherkas`ky`j nacional`ny`j univerty`tet imeni Bogdana Xmel`ny`cz`kogo, 2009. – StudFiles. – [Elektronny`j resurs] Rezhym dostupu: <https://studfile.net/preview/7455426/page:27/>
8. Shven` N.I., My`tny`k T.G., Gal`perina T.O. Analiz bagatorichny`x tendencij dy`namiky` temperatury` g`runtu na gly`by`nax pid pry`rodny`m pokry`vom. Gidrologiya, gidroximiya i gidroekologiya. 2017. # 3 (46), s. 86-95
9. Ventcel` E.S. Teory`ya veroyatnostej: Uchebny`k dlya vuzov. 10-e y`zd., ster. – M.: Vysshaya shkola, 2006. – 575 s.
10. DBN V.1.2-14-2018. Sy`stema zabezpechennya nadijnosti ta bezpeky` budivel`ny`x ob`yektiv. Zagal`ni pry`ncy`py` zabezpechennya nadijnosti ta konstrukty`vnoyi bezpeky` budivel`, sporud, budivel`ny`x konstrukcij ta osnov. – K.: Minregionbud Ukrayiny`, 2018.

### **Список використаної літератури**

1. ДСТУ-Н Б В.1.1–27:2010 Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К., 2010. – 101 с.
2. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. К.: Мінбуд України, 2007.
3. ДБН В.2.6-31:2016: Теплова ізоляція будівель – К.: Міністерство будівництва України, 2016. – 31 с.
4. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / А.В. Перельмутер, В.Н. Гордеев, А.И. Лантух-Лашенко, А.В.Махинько, В.А. Пашинский, С.Ф. Пичугин / Под общей ред. А.В. Перельмутера. – 4-е изд., перераб. – М.: Издательство СКАД СОФТ, издательство АСВ, издательство ДЦМК Пресс, 2014. - 596 с.
5. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3. Частина 1. Метеорологічні спостереження на станціях. : Видання офіційне – К.: Державна гідрометеорологічна служба, 2011. – 280 с.
6. Кінаш Р.І. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні / Р.І. Кінаш, О.М. Бурнаєв. – Львів: Видавництво науково-технічної літератури, 2001. – 800 с.
7. Затула В.І., Титаренко Л.М. Режим температури ґрунту на глибинах. / Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького, 2009. – StudFiles. – [Електронний ресурс] Режим доступу: <https://studfile.net/preview/7455426/page:27/>
8. Швень Н.І., Митник Т.Г., Гальперіна Т.О. Аналіз багаторічних тенденцій динаміки температури ґрунту на глибинах під природним покривом. Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. 2017. № 3 (46), с. 86-95
9. Вентцель Е.С. Теория вероятностей: Учебник для вузов. 10-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2006. – 575 с.
10. ДБН В.1.2-14-2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2018.