

Міністерство освіти і науки України
Центральноукраїнський національний технічний університет
Факультет будівництва та транспорту
Кафедра будівельних, дорожніх машин і будівництва

Магістерська робота

на тему: **УРАХУВАННЯ ДОВГОСТРОКОВИХ ТРЕНДІВ
КЛІМАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ВПЛИВІВ
ПРИ ЇХ НОРМУВАННІ**

Допустити до захисту

Завідувач кафедри БДМБ, к.т.н., професор

В.А. Настоящий

" ____ " _____ 2021 р.

Керівник магістерської роботи, к.т.н., ст. викладач

М.В. Пашинський

" ____ " _____ 2021 р.

Консультант з охорони праці, к.т.н., доцент

В.В. Дарієнко

" ____ " _____ 2021 р.

Виконала студентка 6 курсу

спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія

Г.С. Коженко

" ____ " _____ 2021 р.

Кропивницький – 2021 рік

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				Документація загальна		
				Знову розроблена		
				Анотація	1	
				Summary	1	
A 4			MP 19220190 ПЗ	Пояснювальна записка		
				Зміст	2	
				Вступ	3	
				Розділ 1 Методи дослідження та нормування кліматичних навантажень і впливівна будівлі та конструкції	24	
				Розділ 2 База метеорологічних даних	24	
				Розділ 3 Методика аналізу трендів кліматичних даних	18	
				Розділ 4 Тренди тривалих змін кліматичних навантажень і впливів на території кіровоградської області	13	
				Висновки за результатами досліджень	2	
				Conclusions results of research	2	
				Список використаних джерел	4	
				Додаток А Заходи з охорони праці при спорудженні виробничих будівель	9	
				Ілюстраційні матеріали		
				Знову розроблені		
A 4			MP 19220190 ПР	Мультимедійна презентація з наочними поясненнями методики і результатів виконаних досліджень	22	

					КМР 1619210 ПЗ						
ЗМ	Лист	№ документа	Підпис	Дата	Урахування довгострокових трендів кліматичних навантажень і впливів при їх нормуванні	Стадія		Аркуш		Аркуші в	
Розробив	Коженко Г.Є.					Д		1	1		
Перевірив	Пащинський М.В.					ЦНТУ гр. БІ-20 МЗ					
Н. контр.	Дарієнко В.В.										
Затвердив	Настоящий В.А.										

АНОТАЦІЯ

Виконані дослідження трендів тривалих змін кліматичних навантажень і впливів унаслідок глобального потепління, проаналізована можливість і доцільність урахування цих змін при розробленні й перегляді норм навантажень і впливів на будівельні конструкції. Для аналізу обрані мінімальні, максимальні та середні протягом року значення температури повітря, мінімальні, максимальні та середні протягом року декадні значення відносної вологості повітря, а також висота й вага снігового покриву за період з 1945 року.

За даними восьми метеостанцій Кіровоградської області сформовані 64 послідовності річних значень висоти й ваги снігового покриву, мінімальних, максимальних і середніх протягом року значень температури й відносної вологості повітря на протязі 37...68 років спостережень. Створена база кліматичних даних у середовищі Microsoft Excel, за якою виявлені тренди тривалих змін восьми кліматичних показників. Виявлені тренди відображаються середньорічними приростами показників, які дають змогу урахувати їх при нормуванні відповідних кліматичних впливів.

Розроблена методика побудови послідовностей характеристичних значень висоти і ваги снігового покриву з використанням згладжених значень математичного сподівання та стандарту відповідних послідовностей річних максимумів. Опис отриманих послідовностей лінійними рівняннями дозволяє оцінити середні річні прирости висоти та ваги снігового покриву.

За результатами статистичного аналізу встановлені середні річні прирости усіх обраних показників. Розроблені рекомендації щодо прогнозування змін кліматичних навантажень і впливів протягом 10-річного періоду до наступного перегляду норм навантажень. Обчислені за результатами метеорологічних спостережень характеристичні значення ваги снігового покриву рекомендовано збільшувати на 100 Па, максимальну температуру повітря збільшувати на 0,5°C, а мінімальну температуру повітря залишати незмінною.

S U M M A R Y

The researches of trends of long-term changes of climatic loadings and influences owing to global warming are executed, possibility and expediency of the account of these changes at working out and revision of norms of loadings and influences on building designs is analyzed. The minimum, maximum and average during the year values of air temperature, minimum, maximum and average during the year decadal values of relative humidity of air, and also height and weight of a snow cover for the period from 1945 are chosen for the analysis.

According to eight meteorological stations of the Kirovohrad region, 64 sequences of annual values of height and weight of snow cover, minimum, maximum and average during the year values of temperature and relative humidity during 37...68 years of observations were formed. A climate database has been created in the Microsoft Excel environment, which reveals trends in long-term changes in eight climate indicators. The identified trends are reflected in the average annual growth of indicators, which allow to take them into account when normalizing the relevant climatic influences.

The technique of construction of sequences of characteristic values of height and weight of a snow cover with use of the smoothed values of mathematical expectation and the standard of the corresponding sequences of annual maxima is developed. The description of the obtained sequences by linear equations allows to estimate the average annual increments of height and weight of snow cover.

According to the results of statistical analysis, the average annual increments of all selected indicators are established. Recommendations have been developed for forecasting changes in climate loads and impacts over a 10-year period until the next revision of load norms. It is recommended to increase the characteristic values of the weight of the snow cover by 100 Pa, calculated by the results of meteorological observations, to increase the maximum air temperature by 0.5°C, and to leave the minimum air temperature unchanged.

З М І С Т

ВСТУП.....	3
Розділ 1 МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НОРМУВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ВПЛИВІВ НА БУДІВЛІ ТА КОНСТРУКЦІЇ.....	6
1.1 Глобальне потепління та його вплив на будівлі та конструкції.....	6
1.2 Загальні принципи нормування кліматичних навантажень.....	12
1.3 Методика і результати спостережень сніговим покривом	16
1.4 Методика і результати спостережень за температурою повітря.....	18
1.5 Методи і результати нормування кліматичних навантажень і впливів.....	21
1.6 Дослідження довготривалих змін кліматичних навантажень і впливів	25
1.7 Висновки з розділу та завдання досліджень в магістерській роботі	27
Розділ 2 БАЗА МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ.....	30
2.1 Мережа метеостанцій Кіровоградської області	30
2.2 Висота й вага снігового покриву	32
2.3 Температура атмосферного повітря	38
2.4 Вологість атмосферного повітря	46
2.5 Висновки з розділу	53
Розділ 3 МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ТРЕНДІВ КЛІМАТИЧНИХ ДАНИХ.....	54
3.1 Метеорологічні дані для аналізу трендів	54
3.2 Тренди температури та вологості повітря	58
3.3 Тренди параметрів снігового навантаження	62
3.4 Висновки з розділу	70

					МР 19220190 ПЗ			
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Урахування довгострокових трендів кліматичних навантажень і впливів при їх нормуванні	Літ.	Арк.	Акрушів
Розробив		Коженко Г.С..						
Перевішив		Пашинський В.А.					1	111
Реценз.						ЦНТУ гр. БІ-20 МЗ		
Н. Контр.		Дарієнко В.В						
Затвердив		Настоящий В.А						

Розділ 4 ТРЕНДИ ТРИВАЛИХ ЗМІН КЛІМАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ВПЛИВІВ НА ТЕРИТОРІЇ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ.....	72
4.1 Вихідні метеорологічні дані для аналізу трендів зміни кліматичних навантажень і впливів	72
4.2 Тренди змін температури атмосферного повітря	72
4.3 Тренди змін відносної вологості атмосферного повітря.....	75
4.4 Тренди зміни параметрів снігового навантаження.....	76
4.5 Рекомендації щодо урахування трендів довготривалих змін при нормуванні кліматичних навантажень і впливів	82
4.6 Висновки з розділу	83
ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	85
CONCLUSIONS RESULTS OF RESEARCH	87
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	89
Додаток А ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ПРИ СПОРУДЖЕННІ ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ	93
A.1 Вантажно – розвантажувальні роботи	93
A.2 Земляні роботи.....	95
A.3 Бетонні роботи.....	96
A.4 Монтажні роботи.....	99
A.5 Електромонтажні роботи.....	100
A.6 Опоряджувальні роботи.....	101

ВСТУП

Актуальність теми. Проблема дослідження та нормування кліматичних навантажень на будівлі та конструкції завжди є актуальною. Точне урахування навантажень та впливів середовища при проектуванні будівельних конструкцій має велике практичне та економічне значення. Характеристичні значення та способи визначення розрахункових значень кліматичних навантажень встановлені в чинних будівельних нормах ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи». Ці значення отримані за результатами метеорологічних спостережень, які проводилися до моменту розроблення чи перегляду ДБН В.1.2-2:2006.

Останнім часом приділяється значна увага аналізу змін клімату в усьому світі, зокрема – глобальному потеплінню. Очевидно, що довготривалі зміни клімату обумовлюють також зміни кліматичних навантажень на будівельні конструкції, які необхідно врахувати при їх проектуванні. Для цього потрібно передбачити імовірні тенденції зміни характеристичних значень навантажень протягом наступного десятиліття та врахувати їх при черговому перегляді норм навантажень, який повинен здійснюватися кожні 10 років.

Виходячи з викладеного, обрана тема магістерської роботи та попередньо сформульована така **мета дослідження:** на підставі аналізу метеорологічних даних виявити тренди імовірних довготривалих змін кліматичних навантажень і впливів на будівельні конструкції та розробити методику їх урахування в нормах навантажень.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі **задачі:**

- 1) проаналізувати відомі наукові дані щодо впливу глобального потепління на інші кліматичні параметри та способи урахування трендів тривалих змін при нормуванні кліматичних навантажень і впливів;
- 2) сформувати базу метеорологічних даних, придатну для аналізу тривалих змін характерних навантажень і впливів на будівельні конструкції;
- 3) розробити методику виявлення, аналізу та урахування трендів тривалих змін обраних навантажень і впливів;

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		3

4) за розробленою методикою виконати статистичний аналіз наявних метеорологічних даних, виявити, узагальнити й описати тривалі зміни в часі досліджених навантажень і впливів;

5) розробити рекомендації щодо урахування тривалих змін кліматичних навантажень і впливів при їх нормуванні.

Об'єкт дослідження: тенденції довгострокових змін кліматичних навантажень і впливів.

Предметом дослідження: результати тривалих метеорологічних спостережень за сніговим навантаженням, вологістю і температурою повітря.

Методи дослідження засновані на статистичній обробці результатів метеорологічних спостережень за значеннями висоти та ваги снігового покриву, температури й вологості атмосферного повітря.

Наукова та технічна новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- 1) розроблена методика статистичного аналізу послідовностей річних значень розрахункових параметрів температури й вологості повітря, яка дозволяє виявити тренди тривалих змін цих параметрів та встановити осереднену швидкість таких змін;
- 2) розроблена методика побудови послідовностей характеристичних значень висоти й ваги снігового покриву з використанням згладжених значень математичного сподівання та стандарту відповідних послідовностей річних максимумів, яка дозволяє встановити осереднену швидкість змін висоти й ваги снігового покриву;
- 3) виявлено істотний вплив окремих аномально сніжних зим на загальні тенденції та дещо випадковий характер довготривалих змін висоти снігу та ваги снігового покриву;
- 4) за даними метеостанцій Кіровоградської області встановлено, що протягом 10 років зміни температури та вологості повітря можна вважати незначними, а зміни характеристичних значень ваги снігового покриву необхідно враховувати при нормуванні снігового навантаження.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		4

Практичне значення одержаних результатів полягає в отриманні швидкості тривалих змін розрахункових величин кліматичних навантажень і впливів, які можна рекомендувати для урахування при черговому перегляді норм навантажень на будівельні конструкції на наступний десятирічний період.

Апробація та публікація результатів роботи. Основні положення магістерської роботи були представлені на III Всеукраїнській студентській науково-практичній конференції «Досвід впровадження у навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій» (Кропивницький, жовтень 2021 року).

Попередні результати досліджень опубліковані в працях конференції у вигляді тез доповіді:

Коженко Г.С. Завдання та методи аналізу довготривалої мінливості кліматичних навантажень // Досвід впровадження в навчальний процес сучасних комп'ютерних технологій. Збірник матеріалів III Всеукраїнської студентської науково-практичної конференції. – Кропивницький: ЦНТУ, 2021.– С. 16–17. (електронне видання).

Структура роботи. Робота містить 102 сторінки, у тому числі 19 таблиць, 31 рисунок, список з 34 використаних джерел, анотацію українською та англійською мовами, а також мультимедійну презентацію з 22 слайдів. Текст роботи містить вступ, 4 розділи, висновки за результатами досліджень (українською та англійською мовою) та один додаток.

					MP 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		5

Розділ 1

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА НОРМУВАННЯ КЛІМАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ВПЛИВІВ НА БУДІВЛІ ТА КОНСТРУКЦІЇ

1.1 Глобальне потепління та його вплив на будівлі та конструкції

Глобальним потеплінням називають поступове підвищення температури поверхні Землі та океану, яке призводить до зміни клімату в масштабах усієї планети [1, 14, 18]. Вивчення цього явища активно проводиться провідними науковими установами світу. Встановлено, що нагрівання відбувається не стільки завдяки сонячній радіації, а переважно за рахунок внутрішніх джерел тепла Землі, у тому числі парникового ефекту. За інформацією [1], до ООН було подано наукову доповідь «Зміна клімату – 2007», з якої слідує, що за останні сто років температури на планеті зросли на $0,6...0,9^{\circ}\text{C}$. У другій половині цього періоду швидкість потепління практично подвоїлась. Зміна температур відбувається нерівномірно, залежно від сезону та місцевості та при цьому має істотні випадкові коливання. Аналогічний огляд виконаний також для України [9].

Переважає більшість науковців вважає, що причиною глобального потепління є діяльність людини, зокрема викиди газів, які викликають парниковий ефект (вуглекислий газ CO_2 і метан CH_4). Починаючи з 1970-х років Земля мала енергетичний дисбаланс, тобто атмосферу покидає менше енергії, ніж надходить.

Прогнозні оцінки вказують на можливість підвищення середньої температури поверхні Землі в XXI столітті на $1,1...6,4^{\circ}\text{C}$. Отже, зростання температури відбувається не лінійно, а з підвищенням швидкості росту. На це вказує також наведений в [1] графік, побудований за даними реконструктивного моделювання. Судячи з рисунка 1.2, запозиченого зі [1], глобальне потепління реалізується за рахунок досить складних процесів теплообміну в атмосфері, у яких значну роль відіграють також океани, здатні накопичувати величезні кількості тепла.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		6

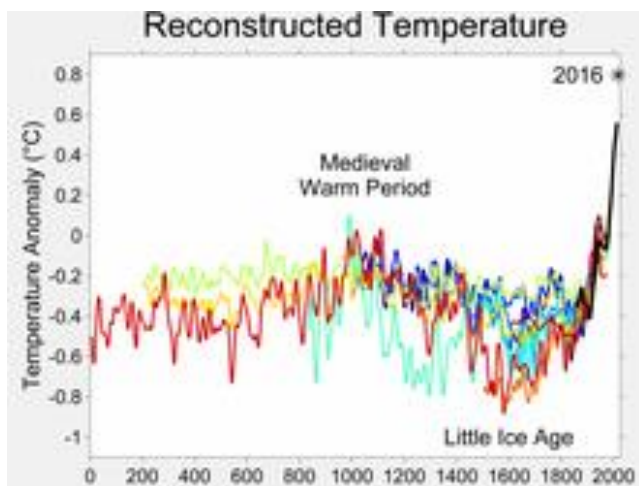


Рис. 1.1 Зміни температури протягом
двох тисячоліть

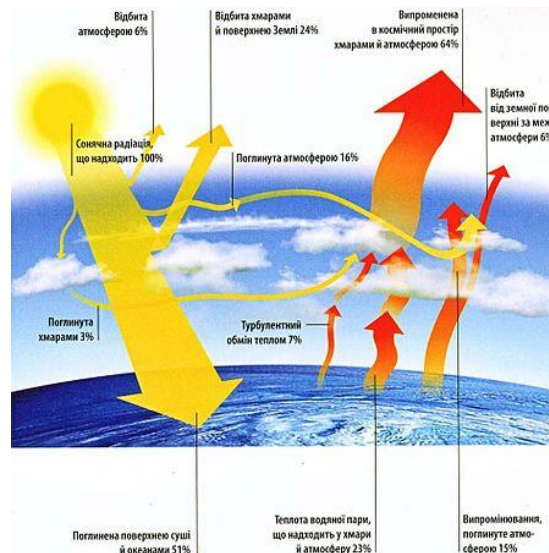


Рис. 1.2 Теплообмін в атмосфері

Результати досліджень, узагальнені в [1], вказують на такі фактори, що впливають на глобальне потепління:

- Вирубки та деградування лісів, які починають виділяти в атмосферу більше вуглекислого газу, ніж його поглинають.
- Парникові гази, що поглинають інфрачервоні промені та викликають нагрівання атмосфери. Найбільшу кількість парникових газів створюють виробництво електричної та теплової енергії, промисловість, транспорт, сільське господарство, зміни в природокористуванні.
- Аерозолі та сажа затіняють поверхню Землі і певним чином компенсують вплив парникових газів. Атмосферна сажа поглинає сонячне випромінювання і таким чином прогріває атмосферу та охолоджує поверхню. Якщо сажа знаходиться в осадженому стані, особливо на льодовиках або на льоду в арктичних регіонах, вона сприяє нагріванню поверхні.
- Сонячна активність протягом останніх десятиліть у середньому не зросла, а тому вона практично впливає на глобальне потепління.

Глобальне потепління може викликати істотний вплив на довкілля, який обумовить такі наслідки [1, 18]:

- підвищення рівня моря 0,18...0,59 м протягом 21-го століття (за іншими даними на 0,2...2,0 м відносно середнього рівня моря 1992 року);

- затоплення прибережних районів (зокрема, тривале потепління більш ніж на 2°C може призвести до можливого підвищення рівня моря приблизно на 1...4 м внаслідок теплового розширення морської води і танення льодовиків);
- танення льодовиків викличе затоплення, лавини, зменшення повноводності річок і скорочення запасів прісної води в густонаселених гірських і передгірських місцевостях;
- підвищення кислотності океану за рахунок розчинення вуглекислого газу може загрожувати кораловим рифам, рибальству, охоронюваним видам морської флори та фауни, а також іншим цінним природним ресурсам;
- потепління над сушею та зміна кількості опадів, можливе збільшення частоти та потужності деяких екстремальних погодних явищ;
- більш раннє настання весни та переміщення ареалів поширення тварин та рослин у бік полюсу, зміни таких екосистем як мангрові зарості, коралові рифи та тундра, зникнення деяких видів тварин та менша різноманітність екосистем.
- незворотність, масштабність і раптовий характер наслідків для природних і соціальних систем;
- вразливість людського суспільства внаслідок затоплення прибережних районів, скорочення запасів води, недоїдання та впливу на здоров'я;
- підвищення ризиків для здоров'я людей унаслідок зниження виробництва продуктів харчування, загострення серцево-судинних, респіраторних та інших захворювань, розширення ареалів тварин і комах, які є переносниками захворювань.
- нестача питної води в регіонах з посушливим кліматом унаслідок зменшення випадання опадів та зниження стоку річок із-за танення льодовиків. Нестача прісної води погіршить здоров'я людей і розвиток сільського господарства, а також підвищить ризик конфліктів за доступ до водних ресурсів;

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		8

- погіршення продовольчої безпеки внаслідок зниження врожайності сільськогосподарських культур в низьких широтах (хоча у середніх та високих широтах врожайність може зростати). До 2080 року кількість людей, яким загрожує голод, може збільшитися на 600 млн, тобто вдвічі більше від кількості людей, які живуть в бідності в Африці на південь від Сахари. В окремих регіонах України може змінитися традиційний перелік вирощуваних сільськогосподарських культур, а також технологія сільськогосподарського виробництва.

На думку екологів [1, 18], повністю виключити прогнозовані зміни клімату людству не вдасться. Однак в людських силах загальмувати кліматичні зміни та зменшити швидкість зростання температури й таким чином уникнути небезпечних і незворотних наслідків у майбутньому.

Стаття [34] та доповідь [9] присвячені аналізу змін клімату в Україні та їх впливу на природу і суспільство нашої держави. Відмічено, що більшість науковців світу визнають наявність змін клімату Землі та їх спричинення діями людини. У 21 сторіччі в Україні та в усьому світі активно проводяться дослідження змін клімату та їх впливу на різні сторони життя. Відомо [34], що підвищення температури на 1°C призводить до зміщення природних зон приблизно на 160 км. З 1998 року по 2008 рік середня температура повітря в Україні зросла на 0,6°C, хоча за останні 100 років вона виросла на 0,8°C).

В Україні все частіше стали спостерігатися аномальні погодні явища: град, шквали, смерчі, різкі перепади тиску, значні коливання температури за короткі проміжки часу. Нестабільність погоди обумовлює зростання кількості стихійних лих: великих паводків, ураганів, штормів, засух, тривалих злив і підтоплень, особливо в районі Карпат.

Це викликає економічні збитки та соціальні втрати, пов'язані зі здоров'ям людей, зростанням витрат на меліорацію, втратами інфраструктури, збільшення витрат на ліквідацію наслідків стихійних лих, зростання страхових виплат. Найбільш вразливим до змін клімату секторами економіки України є енергетика, системи водопостачання та агропромисловий комплекс.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Зниження середньорічного стоку води призведе до зниження виробітку електроенергії ГЕС, а також ТЕС, АЕС та газотурбінних установок із-за погіршення роботи систем охолодження та очистки води. Зимом зменшаться витрати енергії для обігріву, але зростуть витрати на електроенергію для охолодження повітря та зберігання продуктів, очищення й транспортування води. Високі температури знизять обсяги виробництва електроенергії на АЕС через технічні обмеження.

Останнім часом посухи, що охоплюють до 30% території України, відбуваються раз на 2–3 роки. Вони важко переносяться у містах, а також можуть відігравати негативну роль на територіях, де вирощуються сільськогосподарські культури. Очікуване потепління клімату в Україні викличе нестабільність снігового покриву. Це полегшить роботу покрівель, але зменшить живлення річок талою водою.

Україна вже зараз відноситься до регіонів з обмеженими запасами води. Зменшення опадів обумовлять зменшення стоку річок, почастишають сильні посухи та зросте потреба у воді. Якщо така тенденція розвиватиметься, то Україна перетвориться в посушливу степову кліматичну зону, а на півдні не можна буде вирощувати сільськогосподарські культури без зрошування.

Високі температури влітку сприяють лісовим пожежам, тому лісове господарство України буде скорочуватися, що зменшить поглинання вуглекислого газу деревами. Ліси можуть стати енергетичними плантаціями для задоволення потреб біоенергетики.

Екстремальні погодні явища (шквальні вітри, урагани, смерчі) обумовлюють зростання аварій будівельних об'єктів та електромереж, тобто економічні втрати населенням та промисловістю.

Близько 2,5% населення України проживають на висоті менше 10 м над рівнем моря. Такі місця є найбільш вразливими для проживання, бо інфраструктура, будинки, орні землі руйнуватимуться від ерозії ґрунтів. Протягом останніх 60-ти років рівень Чорного моря виріс на 15 см, що в майбутньому дасть негативні наслідки для припортових підприємств. До 2100

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

року підвищення рівня Чорного моря може скласти 22...115 см. При 115 см підвищення рівня води будуть підтоплені 29 тисяч гектарів земель з втратою прибережних населених пунктів.

Екстремально високі, як і низькі температури повітря обумовлюють ризики для здоров'я людей, особливо працюючих на відкритому повітрі. Зростання кількості повеней несе загрозу психологічному та фізичному здоров'ю населення. Вирубка лісів є додатковим фактором, який збільшує масштаби негативних наслідків повеней.

Вплив глобального потепління на різні галузі господарства України і зокрема – на будівельну галузь – досить детально проаналізовано в статті [31]. При аналізі цієї статті зосередимося в основному на будівельній галузі, для розвитку якої виконується магістерська робота. За даними [31] перелічимо основні проблеми будівельної галузі та шляхи їх вирішення:

- Будівництво отримає стимул для розвитку, оскільки мертвий сезон взимку для нього фактично зникне.
- Спроститься логістика, зокрема на рівні автотранспорту, який широко використовується в будівництві.
- Доведеться враховувати високі літні температури при проектуванні систем теплоізоляції та кондиціонування, шляхом удосконалення українських будівельних норм.
- Потрібно проектувати будівлі та мережі електропостачання, враховуючи високі літні температури при проектуванні теплоізоляції та систем кондиціонування повітря).
- Адаптація комунального господарства та енергосистем до теплих зим і різких температурних коливань шляхом поліпшення регулювання подачі теплоносіїв до окремих будинків.
- Запровадження систем прогнозування та управління ризиками від змін клімату, розроблення планів адаптації для регіонів і місцевих громад.
- Використання вищих зимових температур для зменшення спалювання вичопного палива і викидів вуглецю.

					MP 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		11

- Перегляд будівельних норм у напрямку ширшого упровадження відновлюваних джерел енергії, зелених дахів і фасадів.
- Упровадження більш якісних матеріалів через зростання зимової кількості циклів замерзання і танення.
- Упровадження водоощадних технологій в комунальному господарстві та в побуті.
- Збільшення резервів енергетичних і теплових потужностей для міст.
- Збільшення площ скверів, парків, газонів, несуцільної бруківки як зон абсорбування опадів у містах.
- Підвищення ефективності роботи муніципалітетів в частині реагування на екстремальні явища.
- Збільшення резервів енергетичних потужностей для опалення, кондиціонування та боротьби з природними катаклізмами.
- Зміна планування міст з урахуванням нових кліматичних умов.

Таким чином, зміни кліматичних параметрів унаслідок глобального потепління істотно впливають на будівлі, споруди та будівельні конструкції і спонукають до урахування цих змін на усіх етапах життєвого циклу будівельних об'єктів. В статті [31] зроблено загальний висновок, що глобальні зміни клімату змушують адаптувати будівельну галузь до явища глобального потепління, яке вже є цілком реальним. Це потребує значних змін в системі проектування, зведення та експлуатації будівель і міст. Але в разі успішної адаптації будівельна та комунальна галузі зможуть навіть отримати від змін клімату певний економічний зиск.

1.2 Загальні принципи нормування кліматичних навантажень

Взаємодія будівель, споруд і будівельних конструкцій з середовищем реалізується через навантаження і впливи. Їх класифікація викладена в нормативних документах [4, 5]. Залежно від причин виникнення, навантаження

					MP 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		12

і впливи поділяють на основні (неминучі наслідки природних явищ чи людської діяльності) та аварійні (небажані результати людської діяльності, несприятливий збіг обставин чи надзвичайно рідко повторювані впливи природного походження).

За мінливістю в часі та тривалістю дії навантаження на будівельні конструкції класифікують на постійні, змінні тривалі, змінні короточасні та епізодичні. Кліматичні навантаження відносяться до основних змінних короточасних навантажень. Значний вплив на несучі конструкції будівель і споруд виявляють снігові та вітрові навантаження, температура і вологість атмосферного повітря.

Основою для визначення навантажень є характеристичні значення. Характеристичні значення кліматичних навантажень встановлені в нормах [5] такими, що можуть перевищуватися один раз на 50 років. При проектуванні конструкцій безпосередньо враховуються розрахункові значення різних видів. Їх визначають множенням характеристичних значень на коефіцієнт надійності, залежний від виду навантаження та виду розрахункового значення. Враховують також інші коефіцієнти, що відображають особливості взаємодії навантаження з конструкцією. В нормах [5] для кліматичних навантажень встановлено експлуатаційне та граничне розрахункові значення. Для снігового навантаження додатково встановлене квазіпостійне розрахункове значення.

Граничне розрахункове значення відповідає критичній ситуації, яка може виникнути один раз протягом строку експлуатації конструкції. Воно може перевищуватися один раз на протязі цього строку. Як правило, його використовують для перевірки за першою групою граничних станів.

Експлуатаційне розрахункове значення відображає умови нормальної експлуатації конструкції і може перевищуватися на протязі заданої частки встановленого строку експлуатації. Його використовують для перевірки за другою групою граничних станів.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		13

Квазіпостійне розрахункове значення дорівнює значенню постійного навантаження, еквівалентного за результуючою дією до реального змінного процесу навантаження. Можна вважати, що це – постійно діюча складова змінного навантаження. Його використовують для урахування повзучості матеріалів, втрати попереднього напруження арматури та інших реологічних процесів в конструкціях при дії змінних навантажень.

Характеристичні та розрахункові значення навантажень і впливів усіх видів визначають методами теорії надійності, виходячи із заданої імовірності їх реалізації чи інших імовірнісних характеристик. Такий підхід викликаний випадковою природою навантажень усіх видів. Кліматичні навантаження характеризуються найбільшою мінливістю в часі, істотними сезонними змінами та змінами по території. При дослідженні та нормуванні кліматичних навантажень слід враховувати такі їх особливості:

- випадкові зміни в часі та виражена закономірна сезонна мінливість;
- залежність від географічного положення об'єкта;
- залежність розрахункових значень від встановленого строку експлуатації будівлі чи заданої частки цього строку.

Виходячи з викладеного, при дослідженнях кліматичних навантажень і впливів використовують імовірнісні моделі випадкових процесів різного виду, які в явному вигляді враховують випадкові зміни навантаження в часі. Більш простою є імовірнісна модель послідовності максимальних значень, яка може відображати випадкову мінливість навантаження та сезонні зміни.

Дослідження кліматичних навантажень і впливів та встановлення їх характеристичних значень здійснюється на основі результатів багаторічних метеорологічних спостережень з урахуванням особливостей фізичної природи конкретного навантаження. При цьому слід керуватися такими особливостями:

- Статистичні дані про кліматичні навантаження отримують шляхом вимірювань на метеорологічних станціях за стандартними методиками та накопичують в архівах гідрометеослужби.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		14

- Параметри імовірнісних моделей атмосферних навантажень визначають за результатами статистичного аналізу даних багаторічних метеорологічних спостережень з урахуванням особливостей досліджених процесів та кінцевої мети нормування навантажень.
- Методики, алгоритми та робочі формули для обчислення розрахункових і характеристичних значень навантаження базуються на математичному описі обраної імовірнісної моделі з урахуванням особливостей навантаження, тобто конкретних видів законів розподілу, частотної структури, річних змін характеристик навантаження.
- За формулами чи методами, що відповідають обраній імовірнісній моделі, обчислюють розрахункові та характеристичні значення навантаження для кожної з наявних метеостанцій, аналізують територіальну мінливість характеристичних значень та виконують районування території.
- Встановлюють коефіцієнти надійності за навантаженням та інші коефіцієнти, які враховують особливості взаємодії будівельних об'єктів з дослідженим навантаженням, а також правила визначення розрахункових значень навантаження через характеристичні.

Важливою особливістю кліматичних навантажень є залежність від географічного положення будівельного об'єкта. Територіальна мінливість навантажень відображається картами районування характеристичних значень. Обчислені за викладеними вище методами характеристичні значення навантаження на окремих метеостанціях утворюють на географічній карті поверхню, яка описує територіальну мінливість цього навантаження, але має випадкові коливання [20, 27]. За методикою [20] отримана випадкова поверхня згладжується шляхом осереднення даних найближчих метеостанцій з експоненціальним ваговим множником. З урахуванням випадкового розкиду даних окремих метеостанцій обчислюється верхня межа випадкової поверхні навантаження, за якою і визначаються межі територіальних районів як лінії рівня згладженої поверхні навантаження. Таким чином будується достовірна карта з необхідними запасами територіального районування.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Залежність від висоти над рівнем моря відображається поправками на висоту, отриманими шляхом порівняння даних гірських пунктів спостереження з даними рівнинних. Такі поправки для снігового, вітрового та ожеледного навантаження встановлені в ДБН [5] та в нормах навантажень інших країн. Для температури повітря часто використовують загальновідому залежність, згідно з якою температура атмосферного повітря в приземному шарі знижується на 6°C на кожен кілометр висоти над рівнем моря.

1.3 Методика і результати спостережень сніговим покривом

На території України працює близько 200 метеорологічних станцій, на яких поряд з іншими спостереженнями проводяться також снігомірні зйомки. Розміщення метеостанцій по території України досить рівномірне, за виключенням гірських районів, де мережа метеостанцій дещо гущіша. Це виправдано збільшенням територіальної мінливості снігового покриву внаслідок впливу складного гірського рельєфу. Загалом переважну більшість складають рівнинні метеостанції.

Снігомірні зйомки дають найбільш точні дані для дослідження снігового навантаження. Вони кожної зимової декади проводяться на полях, у лісі, а також у балках чи ярах, якщо сніговий покрив займає не менше половини площі ділянки. Результати снігомірних зйомок публікуються в спеціалізованих метеорологічних довідниках, наприклад [11, 15]. Наводяться дані про запас води в сніговому покриві, його густину та товщину снігового покриву.

Методика проведення снігомірних зйомок встановлена настановою [19]. На метеорологічній станції встановлюються постійні маршрути снігозйомок. Ділянки снігомірних маршрутів розміщують на віддалі не більше ніж на 5 км від станції. Необхідно прагнути до прямих снігомірних маршрутів. Снігомірні маршрути закріплюють на місцевості позначками (віхами, стовпами, зарубками на окремих деревах) та виконують окомірну зйомку й опис маршруту й околиць у радіусі 5 км. Довжина польового маршруту становить 1000...2000 м.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		16

Маршрут довжиною 2000 м прокладається за наявності великих відкритих ділянок та в лісостепових районах із рельєфом. У лісових районах і в районах із рівним рельєфом (на полянах серед лісу) довжину маршруту встановлюють рівною 1000 м, а в лісі – 500 м.

Спостереження за сніговим покривом ведуться з часу його утворення до повного зникнення. Снігомірні зйомки в полі та лісі починають виконувати, коли снігом покрито не менше 50% видимої околиці. Зйомки припиняють, коли менше половини ділянки покрито снігом. Ступінь покриття поверхні землі снігом, характер залягання та структуру снігу визначають візуальним оглядом околиці станції з одного і того ж високого місця поблизу метеорологічного майданчика.

Снігозйомки зазвичай проводяться щодаки. Якщо в день планового проведення снігозйомки спостерігається густий туман, дуже сильний снігопад, або дуже низька температура та сильний вітер, снігозйомку переносять на наступний день. Снігозйомку починають вранці, щоб встигнути закінчити її до наставання темряви взимку, або до початку денного танення снігу весною. Висота снігового покриву вимірюється за допомогою снігомірних рейок, густина снігу – снігоміром, які показані на рисунку 1.3.



Рис. 1.3 Снігомірна рейка, ваговий снігомір та робота з ним

Запас води в сніговому покриві обчислюється множенням середньої висоти на середню густину, або вимірюється за спеціальними приладами. Решту спостережень проводять візуально. На ділянках для визначення густини снігу в кожній із точок береться одна проба. При висоті снігового покриву менше 5 см густина не визначається. Методика снігомірних зйомок детально описана в Настанові [19]. Результатом кожної снігозйомки є середні по маршруту значення висоти, густини та запасу води в сніговому покриві. Запас води, виражений у міліметрах, чисельно дорівнює вазі снігового покриву на поверхні землі, вираженому в $\text{кг}/\text{м}^2$. Окрім того, вказується наявність льодяної кірки на поверхні снігу.

Найбільші значення снігових навантажень, які виділяються із загальної картини, отримані для високогірних метеостанцій. В гірських районах Кримських гір та Карпат великі значення снігового навантаження отримані навіть на метеостанціях, які розташовані в гірських долинах на невеликій висоті над рівнем моря. Це пояснюється збільшеними відкладеннями снігу в долинах, захищених від дії вітру оточуючими їх гірськими масивами, а також особливостями клімату гірських районів.

1.4 Методика і результати спостережень за температурою повітря

Більшість будівельних конструкцій, будівель і споруд при експлуатації взаємодіють з природним середовищем, сприймаючи навантаження і впливи кліматичних факторів. Зокрема, вплив температури атмосферного повітря проявляється в таких формах:

- мінімальні зимові температури для розрахунків систем опалення та огорожувальних конструкцій;
- максимальні літні температури для розрахунків систем кондиціонування повітря та огорожень;

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		18

- переходи температури через 0°C , які призводять до втрати морозостійкості матеріалів унаслідок замерзання й відтавання води в порах;
- сезонні та випадкові перепади температури, що викликають переміщення й напруження в несучих конструкціях;
- перебування температури повітря в межах, що сприяють виникненню інших кліматичних впливів типу ожеледі, конденсації води та корозії незахищених сталевих конструкцій.

Дослідження температурних впливів усіх вказаних видів базуються на результатах метеорологічних спостережень за температурою повітря, які розпочаті ще в середині 19-го століття. Вимірювання температури повітря ведуться на метеорологічних станціях та постах відповідно до настанови [19]. Вимірювання ведуться ртутними чи толуоловими термометрами, розміщеними в психрометричній будці на висоті два метри від поверхні землі. Будка має жалюзі, які захищають термометри від дії сонячних променів і забезпечують провітрювання та вимірювання температури повітря в затінку. Зазвичай у будці встановлюють термометр для вимірювань поточних значень температури, а також мінімальний та максимальний добові термометри. Загальний вигляд психрометричної будки та встановлення термометрів показані на рисунку 1.4.



Рис. 1.4 Психрометрична будка та встановлений у ній комплект термометрів

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		19

Строкові вимірювання проводяться вісім разів на добу: о 1-й, 4-й, 7-й, 10-й, 13-й, 16-й, 19-й, 22-й годині. Це дозволяє не лише виявити середньодобові значення температури повітря, але й встановити добовий хід та добові амплітуди температури. Для детального вивчення добового ходу температури на деяких метеостанціях встановлюють термографи, які ведуть безперервні записи температури. Такі результати вимірювань характеризують температуру повітря в затінку на стандартній висоті 2 м над поверхнею землі. Для прогнозування термічного режиму конструкцій, розміщених на інших висотах чи відкритих дії сонячних променів вводяться поправки, визначені шляхом вимірювань на різних висотах з урахуванням інтенсивності сонячної радіації.

Результати спостережень за температурою повітря накопичуються в архівах системи Гідрометеослужби та періодично публікуються в спеціалізованих виданнях [12, 16]. Залежно від та обсягу первинної інформації та призначення для подальшого використання, застосовуються різні форми подання результатів вимірювань температури. Здійснюється безпосередня публікації результатів строкових вимірювань на вибірковій мережі метеостанцій в метеорологічних щомісячниках [16], а також публікація узагальнених показників: середніх значень, екстремальних значень, амплітуди, повторюваності за градаціями температури та інших показників, опублікованих у метеорологічних щомісячниках [16], довіднику [12] та монографії [33].

Середні значення узагальнено характеризують температурний режим місцевості. Використовують середньодобові, середньомісячні та середні річні значення температури повітря. Середньодобове значення оцінюється за результатами строкових спостережень. Середньомісячні значення температури обчислюються за рядом середньодобових значень, а середньорічні – за рядом середніх місячних величин. Середні місячні та річні значення, обчислені за рядами спостережень тривалістю понад 30 років, називають кліматичними нормами та використовують для порівняння клімату різних регіонів.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		20

Амплітуда коливань температури повітря є різницею між найбільшим та найменшим значенням температури протягом періоду вимірювань. Найчастіше використовують добові та річні амплітуди (коливання протягом доби чи року), визначені як середні значення протягом усіх років спостережень.

Повторюваність значень за градаціями відображає закон розподілу температури повітря. Повторюваність вказує, як часто спостерігаються різні значення температури в даному географічному районі. Диференціальні повторюваності температури повітря прийнято визначати для інтервалів з градацією 5 градусів, виражаючи їх числом днів або процентом від загального числа днів у місяці чи в році.

Для проведення статистичного аналізу з метою виявлення трендів тривалих змін температури повітря доцільно використовувати середньорічні показники, тобто річні мінімуми, річні максимуми та середньорічні значення температури повітря за кожен рік достатньо тривалого періоду спостережень.

1.5 Методи і результати нормування кліматичних навантажень і впливів

Кліматичні навантаження представляють собою випадкові процеси з систематично вираженими сезонними та географічними змінами. Їх можна представити у вигляді квазістаціонарного випадкового процесу з річним періодом нестационарності закону розподілу ординати [17, 20, 21, 23, 33]. Ця модель враховує сезонні зміни кліматичних параметрів, а також характерні особливості різних кліматичних навантажень. Вона дозволяє адекватно представити процеси зміни атмосферних навантажень та обчислювати їх розрахункові значення всіх видів (граничні, експлуатаційні, квазіпостійні, циклічні). Недоліком моделі квазістаціонарного випадкового процесу є значна складність та необхідність використання великих обсягів метеорологічної інформації для її побудови.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		21

Для опису кліматичних навантажень часто використовується більш проста імовірнісна модель послідовності екстремальних значень [17, 20, 25]. Для її розробки реалізація процесу навантаження розділяється на рівні відрізки, довжина яких відповідає характерному для даного навантаження інтервалу зміни в часі (рік чи місяць) і забезпечує незалежність ординат за межами цього інтервалу. На кожному інтервалі обирають максимальне чи мінімальне (залежно від мети аналізу) значення навантаження і таким чином формують послідовність екстремумів, яку можна вважати вибіркою незалежних даних. Завдяки рівномірності поділу на інтервали, послідовність екстремальних значень містить інформацію про частотну структуру вихідного процесу і дозволяє визначати розрахункові значення навантажень з урахуванням заданої забезпеченості та строку служби конструкції.

В практиці нормування кліматичних навантажень [17, 20, 25] часто використовуються послідовності річних максимумів ваги снігового покриву, швидкості вітру, вітрового тиску та інших кліматичних параметрів. Результати численних досліджень [17, 20] та інших підтверджують можливість опису послідовностей максимумів навантажень подвійним експоненціальним законом розподілу Гумбеля з густиною [20, 25, 32]:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} \exp \left[\frac{\alpha - x}{\beta} - \exp \left(\frac{\alpha - x}{\beta} \right) \right], \quad (1.1)$$

та інтегральною функцією розподілу [11, 13]:

$$F(x) = \exp \left[-\exp \left(\frac{\alpha - x}{\beta} \right) \right], \quad (1.2)$$

де α і β – характеристичний екстремум (мода) та екстремальна інтенсивність (параметр масштабу) розподілу.

Параметри розподілу Гумбеля (1.1), (1.2) визначаються через вибірку максимумів за формулами [20, 25, 32]:

$$\alpha = M - k_a \cdot S; \quad \beta = k_b \cdot S, \quad (1.3)$$

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		22

де M та S – математичне сподівання й стандарт вибірки максимальних значень;
 k_α і k_β – коефіцієнти, які при нескінченному або дуже великому обсязі
 вибірки можна прийняти рівними $k_\alpha = 0,45$ і $k_\beta = 0,78$.

Більш точні, але дещо складніші формули для визначення коефіцієнтів k_α
 і k_β наведені в [20, 32].

Згідно з [20, 25, 31], граничне розрахункове значення навантаження, яке
 має період повторюваності T , визначається за формулою

$$Q_m(T) = \alpha - \beta \cdot \ln[-\ln(1 - 1/T)], \quad (1.4)$$

яка отримана подвійним логарифмуванням закону розподілу Гумбеля (1.2).

У випадку наближеного оцінювання параметрів $k_\alpha = 0,45$ і $k_\beta = 0,78$ легко
 отримати наближену формулу для визначення граничного розрахункового
 значення навантаження за вибіркою річних максимумів навантаження, яка
 наведена в [20, 25]:

$$S_m(T) = M + S(0,78 \times \ln T - 0,45), \quad (1.5)$$

де M і S – середнє значення та стандарт обробленої вибірки річних
 максимумів навантаження;

$\ln T$ – натуральний логарифм періоду повторюваності.

Така методика імовірнісного опису кліматичних навантажень не потребує
 аналізу великої кількості метеорологічних даних, є нескладним та дозволяє
 спростити розрахунки за рахунок переходу від операцій із випадковими
 процесами до операцій із випадковими величинами. Цей підхід забезпечує
 досить точне встановлення розрахункових значень, що відповідають заданому
 періоду повторюваності.

Характеристичне значення навантаження встановлюється рівним
 граничному розрахунковому значенню з періодом повторюваності $T = 50$ років.
 Підставивши до (6) значення $\ln(50) = 3,912$, легко отримати вираз

$$S_0(T) = M + 2,6 \cdot S, \quad (1.6)$$

за яким можна визначати характеристичні значення кліматичних навантажень за вибірками річних максимумів.

Результати визначення характеристичних і розрахункових значень навантажень використані при розробленні норм навантажень на будівельні конструкції [5]. У них реалізовано єдиний підхід до визначення розрахункових значень кліматичних навантажень, аналогічний до загальноєвропейських норм навантажень на будівельні конструкції.

При проектуванні конструкцій снігове, вітрове та ожеледне навантаження визначають за вказівками ДБН В.1.2-2:2006 [5]. Характеристичні значення з повторюваністю один раз на 50 років встановлюють за картами територіального районування [5] або за наведеною там же таблицею з переліком міст обласного підпорядкування України. Розрахункові значення усіх видів обчислюють за вказівками відповідних розділів ДБН [5] з урахуванням природи та особливостей дії кожного навантаження на несучі конструкції.

Згідно з ДБН В.1.2-2:2006 [5], змінні кліматичні навантаження, як правило, мають два розрахункові значення:

$$\text{граничне} \quad Q_m = \gamma_{fm} \cdot S_0 \cdot C; \quad (1.7)$$

$$\text{експлуатаційне} \quad Q_e = \gamma_{fe} \cdot S_0 \cdot C; \quad (1.7)$$

де Q_0 – визначене за картою районування характеристичне значення навантаження, залежне від району будівництва;

γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням, залежний від його періоду повторюваності;

γ_{fe} – коефіцієнт надійності за експлуатаційним розрахунковим значенням, який залежить від частки встановленого строку служби конструкції T_{ef} , протягом якої воно може перевищуватися;

C – добуток коефіцієнтів, що враховують висоту розташування над рівнем моря, характер місцевості та інші враховані в ДБН [5] особливості дії навантаження на конструкцію.

					MP 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		24

Таким чином, ДБН В.1.2-2:2006 [5] дають змогу за відповідною картою територіального районування та наведеними вище формулами визначати експлуатаційні, граничні та квазіпостійні (для снігового навантаження) розрахункові значення кліматичних навантажень для усієї території України.

Дещо специфічним є нормування в ДБН [5] силового впливу температури повітря на несучі будівельні конструкції. Зусилля та деформації в конструкціях залежать не від самої величини діючої температури, а від перепаду температур, який викликає температурні деформації. Тому основою для визначення температурного впливу є нормування різниці між найвищою температурою влітку чи найнижчою температурою взимку та імовірною температурою замикання конструкції в статично невизначену систему. В нормах [5] встановлені єдині для усієї території України температури зимового та літнього замикання, а також температури найтеплішої та найхолоднішої доби.

Альтернативний підхід до нормування температурних силових впливів запропоновано в [22], де наведені карти територіального районування України за величиною температурного перепаду в літній та в зимовий період.

1.6 Дослідження довготривалих змін кліматичних навантажень і впливів

Спроба виявлення та урахування довготривалих міжрічних змін температури атмосферного повітря зроблена в статті [10]. Відомі дослідження клімату [9, 14, 18, 31] вказують на наявність поступового зростання температури атмосферного повітря внаслідок глобального потепління в середньому на $0,8^{\circ}\text{C}$ за останні 50 років. Вихідними даними для дослідження [10] послужили запозичені з метеорологічних щомісячників результати вимірювань температури повітря на 25-ти метеостанціях України. По кожній метеостанції використані результати спостережень, які велися протягом 20 років. Аналізувалися середньорічні значення температури повітря, а також її

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						25
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

мінімальні та максимальні значення (абсолютні річні максимуми та мінімуми), зафіксовані протягом кожного з років спостереження. Такий комплекс показників характеризує зміни як середніх, так і мінімальних (зимових) та максимальних (літніх) розрахункових значень температури.

Аналіз показав, що вибрані показники випадковим чином змінюються в часі. Синхронність цих змін на різних метеостанціях свідчить про одночасну реалізацію теплих чи холодних років на всій території України. Загалом спостерігається тенденція до незначного зростання температури, хоча в деяких випадках зростання замінюється зниженням.

З метою виявлення довготривалих тенденцій, залежності досліджених параметрів від часу описані лінійними функціями. Для більшості метеостанцій коефіцієнти отриманих лінійних функцій, які описують осереднені річні прирости, є додатними. Це свідчить про зростання середніх, максимальних і мінімальних значень температури. Однак виявлені також від'ємні прирости температури. Проаналізовані прирости температури не мають вираженої територіальної мінливості. Середні по території України прирости мінімальної та максимальної температури є додатними, що узгоджується з загальновідомою тенденцією до глобального потепління клімату [1, 9, 18].

У результаті дослідження [10] запропоновано при розробленні норм температурних впливів на будівлі розрахункові значення максимальної температури повітря збільшити на $1,0^{\circ}\text{C}$, а мінімальні розрахункові значення знизити на $1,0^{\circ}\text{C}$. Такий підхід враховує 10-літній період використання будівельних норм до чергового їх перегляду, при якому повинні оновлюватися також кліматичні параметри з урахуванням метеорологічних спостережень останніх років.

Другим прикладом аналізу довготривалих змін кліматичних навантажень є робота [24], де аналізувалася міжрічна мінливість ваги снігового покриву. У статті проаналізовані 67-річні ряди спостережень за сніговим покривом. Послідовності річних максимумів ваги снігового покриву мають досить хаотичний характер змін у часі, але на графіках помітна періодичність

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		26

реалізації малосніжних та багатосніжних зим. Більш чітко ці закономірності проявляються на графіках згладжених послідовностей, побудованих шляхом обчислення середніх значення за 5 попередніх років.

Звертає на себе увагу також синхронність зміни снігового навантаження на трьох метеостанціях, які належать до Кіровоградської області. Така синхронність цілком природно обумовлена синхронністю змін кліматичних факторів на порівняно невеликій території області.

У результаті виконаного дослідження підтверджена періодичність змін снігового навантаження в часі та запропонована методика короткострокового прогнозування величини снігового навантаження за результатами спостережень минулих років. Виявлена можливість зменшення розрахункових значень снігового навантаження в періоди малосніжних зим в середньому на 15%, а в окремих випадках – до 40%. Реальний прогноз навантаження можна виконати на період 1...3 роки. Практичний результат дослідження [24] полягає у тому, що в певних випадках можна дозволити експлуатацію перевантажених згідно з ДБН [5] несучих конструкцій до їх підсилення чи заміни.

Важливим науковим результатом [24] є виявлення періодичності змін снігового навантаження, а також розроблена методика прогнозування снігового навантаження, заснована на згладжуванні даних попередніх років. Аналог цього підходу можна використати при дослідженнях трендів зміни кліматичних навантажень і впливів на будівельні конструкції.

1.7 Висновки з розділу та завдання досліджень в магістерській роботі

Огляд літературних джерел з питань дослідження та нормування кліматичних навантажень на будівлі дозволяє зробити такі **висновки**:

1. Кліматичні навантаження, які враховуються при проектуванні несучих будівельних конструкцій, визначаються за ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження і впливи". Нормами встановлена класифікація навантажень і впливів, а також методи визначення їх розрахункових параметрів.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

2. Кліматичні навантаження мають випадковий характер, а тому методи нормування їх характеристичних і розрахункових значень базуються на імовірнісному поданні результатів метеорологічних спостережень та використанні методів теорії надійності.

3. Снігове навантаження визначається за результатами систематичних снігомірних зйомок, які виконуються за стандартизованою методикою. Вихідними даними для статистичного аналізу є щодадні значення ваги снігового покриву на поверхні ґрунту на метеорологічній мережі України, до якої входить близько 200 метеостанцій.

4. Спостереження за температурою та вологістю атмосферного повітря проводяться за допомогою термометрів та гігromетрів, встановлених у психрометричних будках, вісім разів на добу у встановлені строки. В метеорологічних довідниках зазвичай публікують узагальнені результати у вигляді декадних чи місячних характеристик (мінімальних, максимальних і середніх значень).

5. Для імовірнісного опису кліматичних навантажень та визначення їх розрахункових і характеристичних значень використовуються різні імовірнісні моделі, найбільш простою з яких є послідовність річних максимумів, розподілених за подвійним експоненціальним законом Гумбеля. Ця модель дозволяє обчислювати граничні розрахункові значення змінних навантажень залежно від заданого періоду повторюваності.

6. Попередній аналіз кліматичних показників та вивчення наявних у науковій літературі окремих результатів довгострокового прогнозування параметрів кліматичних навантажень і впливів вказують на доцільність аналізу довготривалих змін кліматичних навантажень.

Виходячи з поставленої мети роботи та виконаного огляду літературних джерел, попередньо сформульовані такі **завдання досліджень**:

- 1) проаналізувати відомі наукові дані щодо впливу глобального потепління на інші кліматичні параметри та способи урахування трендів тривалих змін при нормуванні кліматичних навантажень і впливів;

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		28

- 2) сформувати базу метеорологічних даних, придатну для аналізу тривалих змін характерних навантажень і впливів на будівельні конструкції;
- 3) розробити методику виявлення, аналізу та урахування трендів тривалих змін обраних навантажень і впливів;
- 4) за розробленою методикою виконати статистичний аналіз наявних метеорологічних даних, виявити, узагальнити й описати тривалі зміни в часі досліджених навантажень і впливів;
- 5) розробити рекомендації щодо урахування тривалих змін кліматичних навантажень і впливів при їх нормуванні;
- 6) на прикладах окремих конструкцій виявити доцільність урахування тривалих змін параметрів клімату при нормуванні кліматичних навантажень і впливів.

Розділ 2

БАЗА МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ДАНИХ

2.1 Мережа метеостанцій Кіровоградської області

На території Кіровоградської області працюють вісім метеостанцій, які підпорядковані Кіровоградському обласному центру з гідрометеорології. Перелік метеостанцій з основними географічними характеристиками наведений в таблиці 2.1, а їх розміщення на території області показане на рисунку 2.1. В таблиці 2.1 для кожної метеостанції вказані три характеристики географічного положення, отримані з метеорологічних довідників та перевірені за електронними картами Google Maps: висота над рівнем моря в метрах, північна широта і східна довгота в градусах.

Таблиця 2.1

Метеостанції Кіровоградської області

Метеостанції	Висота над рівнем моря, метри	Північна широта, градуси	Східна довгота, градуси
Бобринець	142	48,04	32,09
Гайворон	150	48,21	29,52
Долинська	191	48,07	32,46
Знамянка	199	48,43	32,40
Кропивницький	171	48,31	32,12
Новомиргород	179	48,50	31,39
Помічна	211	48,14	31,24
Світловодськ	85	49,03	33,15

На усіх метеостанціях ведуться метеорологічні спостереження згідно з Настановою [19]. За винятком метеостанції Світловодськ, яка розпочала роботу з 1959 року, наявні результати спостережень в основному з 1945...1950 року. Результати снігомірних зйомок на усіх метеостанціях доступні лише з 1980 року, а до цього часу наявні лише значення висоти снігового покриву.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

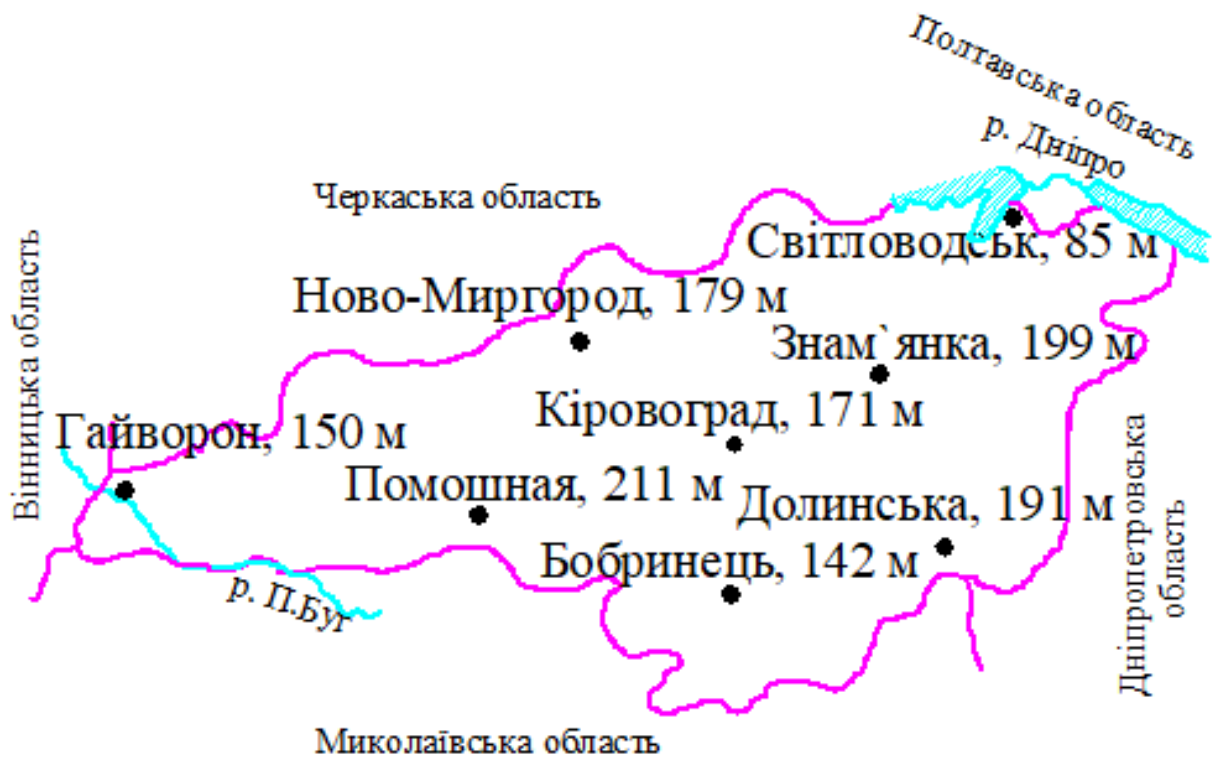


Рис. 2.1 Мережа метеостанцій Кіровоградської області

Для аналізу довготривалих змін навантажень і впливів на будівельні конструкції в середовищі табличного процесора Microsoft Excel створена електронна база метеорологічних даних, яка містить таку інформацію:

- річні максимуми висоти снігового покриву за снігомірними зйомками або за постійною рейкою;
- річні максимуми ваги снігового покриву (запас води в сніговому покриві) за результатами снігомірних зйомок;
- річні мінімуми та річні максимуми температури повітря;
- середньорічні значення температури повітря;
- річні мінімуми та річні максимуми декадних значень вологості повітря;
- середньорічні значення відносної вологості повітря.

Створена база даних детально описана нижче і використана для виявлення трендів зміни характеристик снігового навантаження, температури й вологості атмосферного повітря.

2.2 Висота й вага снігового покриву

Наявні в центрі гідрометеорології дані по висоті снігового покриву для кожної з восьми метеостанцій представлені у вигляді таблиці, зразок якої показано на рисунку 2.2. Для кожної декади протягом зими, тобто з жовтня по березень включно, в таблиці вказана висота снігового покриву в сантиметрах. Кожен рядок таблиці відображає одну зиму, вказану в стовпчику А. Це дозволяє детально проаналізувати зміни висоти снігового покриву в часі та представити його у формі квазістаціонарного випадкового процесу [17, 20].

Z26																			
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S
1	Висота снігового покриву - Кіровоград																		
2																			
3	Станція	10			11			12			1			2			3		
4		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
5	Кіровоград																		
6	1950-1951									8	9	10	10	11	13	7	4		
7	1951-1952								9		1		1	5	11	11	19	9	13
8	1952-1953							18	9			3	1	10	11	8	1		
9	1953-1954						6		2	2	9	3	12	11	10	11			
10	1954-1955						10	3		19				6		3			
11	1955-1956														1		10	15	
12	1956-1957				8	1						2			2		10		
13	1957-1958							3	12		6	1	2	1					
14	1958-1959												1	1					
15	1959-1960					3	2		3		13	11	10	9			1		
16	1960-1961											10	15	12	7	4			
17	1961-1962								3		3				2	3			
18	1962-1963									7	18	20	23	10	22	15	3		
19	1963-1964							6	12	13	12	14	13	15	12	19	27	21	
20	1964-1965								3		7	5		11	11	15			
21	1965-1966					1					22	19	9	6					
22	1966-1967								7	11	8	10	15	29	27	28	21	7	
23	1967-1968								6		16	16	21	16	18	11	10		
24	1968-1969							2					7		20	17	4	3	

Рис. 2.2 Фрагмент таблиці даних з висоти снігового покриву на метеостанції Кропивницький

Для аналізу тренду зміни снігового навантаження в часі слід скористатися більш узагальненою характеристикою. Для цього з кожного рядка таблиці вихідних даних, зображеної на рисунку 2.2, вибране максимальне значення. Таким чином для кожної метеостанції отримані послідовності річних максимумів висоти снігового покриву, які й наведені в таблиці 2.2. Їх можна розглядати як вибірку випадкової величини, або як випадковий процес довготривалих змін висоти снігового покриву.

Річні максимуми висоти снігового покриву (сантиметри)

Зими спостережень	Бобри- нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропив- ницький	Новомир- город	Помічна	Світло- водськ
1945-1946							4	
1946-1947						22	17	
1947-1948	2		8			8	7	
1948-1949	4		6			6	7	
1949-1950	13		15			10	13	
1950-1951	6	11	6	15	13	10	14	
1951-1952	22	24	17	21	19	13	29	
1952-1953	13	18	11	19	18	14	11	
1953-1954	18	13	5	21	12	12	4	
1954-1955	15	10	20	19	19	10	5	
1955-1956	14	8	21	12	15	15	13	
1956-1957	6	6	4	7	10	8	8	
1957-1958	4	7	3	7	12	8	9	
1958-1959	2	2	1	5	1	2	2	
1959-1960	13	11	11	14	13	10	10	3
1960-1961	14	12	13	14	15	14	17	5
1961-1962	8	18	7	8	3	10	5	11
1962-1963	14	23	7	27	23	24	21	39
1963-1964	16	43	22	32	27	39	30	21
1964-1965	36	26	22	21	15	14	25	12
1965-1966	17	22	16	25	22	27	16	15
1966-1967	37	24	42	46	29	31	27	32
1967-1968	21	24	27	22	21	22	23	26
1968-1969	23	33	17	13	20	31	20	10
1969-1970	22	11	12	16	16	20	27	16
1970-1971	10	9	18	22	17	15	10	25
1971-1972	10	23	6	7	7	8	14	4
1972-1973	10	19	12	26	20	18	14	6
1973-1974	10	6	8	8	10	16	20	6
1974-1975	6	8	11	12	6	3	3	9
1975-1976	15	13	15	11	12	11	11	7
1976-1977	11	10	13	7	10	7	5	8
1977-1978	18	29	12	14	11	18	20	14
1978-1979	16	13	14	24	19	28	15	9
1979-1980	10	11	18	12	8	12	9	7
1980-1981	22	18	17	23	21	22	29	24

Зими спостережень	Бобри- нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропив- ницький	Новомир- город	Помічна	Світло- водськ
1981-1982	10	29	11	20	13	18	14	11
1982-1983	6	5	8	19	16	10	15	10
1983-1984	13	27	9	10	8	14	14	7
1984-1985	26	37	22	25	23	27	22	25
1985-1986	24	13	16	24	18	12	9	15
1986-1987	34	26	30	43	28	35	29	40
1987-1988	22	3	17	12	25	10	10	9
1988-1989	11	5	7	8	11	10	9	9
1989-1990	5	6	4	7	13	10	4	6
1990-1991	11	10	4	14	7	9	7	9
1991-1992	5	7	4	6	2	6	4	8
1992-1993	32	14	21	34	29	12	14	16
1993-1994	2	1	3	3	4	8	2	11
1994-1995	12	5	16	13	7	4	5	13
1995-1996	44	34	27	47	70	23	26	31
1996-1997	26	20	21	16	19	15	21	13
1997-1998	11	4	11	11	16	22	19	19
1998-1999	8	25	5	19	18	25	19	9
1999-2000	20	17	19	21	19	25	34	17
2000-2001	15	7	6	15	20	14	11	13
2001-2002	5	13	7	4	6	12	4	6
2002-2003	36	31	23	22	32	21	43	33
2003-2004	32	18	11	20	29	36	23	15
2004-2005	32	8	23	27	28	12	28	17
2005-2006	20	15	12	11	17	20	16	12
2006-2007	4	11	4	11	5	8	7	8
2007-2008	3	6	4	4	7	6	4	2
2008-2009	12	9	11	18	15	8	10	17
2009-2010	42	36	33	52	42	26	27	36
2010-2011	9	18	11	13	17	14	13	9
2011-2012	23	23	26	19	26	31	21	13
2012-2013	6	26	11	13	10	12	10	10
2013-2014	15	20	5	15	12	14	17	8
2014-2015	20	5	19	15	8	10	9	9
2015-2016	28	12	25	31	31	27	23	28
2016-2017	17	21	24	29	15	19	19	27

Аналогічним чином отримані послідовності ваги снігового покриву на восьми метеостанціях Кіровоградської області. Зразок вихідної таблиці результатів снігомірних зйомок представлений на рисунку 2.3. Кожен рядок таблиці містить результати снігомірних зйомок протягом однієї зими. Для кожної з декад зимового періоду (з листопада по березень) в таблиці наведені три числові значення:

- середня по маршруту снігозйомки висота снігового покриву в сантиметрах;
- середня по маршруту снігозйомки густина снігу в г/см³;
- середній запас води в сніговому покриві в міліметрах.

Середній запас води чисельно дорівнює вазі снігового покриву в кг/м². Як і для висоти снігу, з таких таблиць вибрані найбільші протягом кожної зими спостереження значення ваги снігового покриву. У результаті отримані послідовності річних максимумів ваги снігового покриву на кожній з восьми метеостанцій, які перетворені в паскалі та наведені в таблиці 2.4.

Узагальнений опис наявних даних по висоті та вазі снігового покриву зроблено в таблиці 2.3. Протягом 58...72 років спостережень найбільше значення висоти снігового покриву 70 см реалізувалося в Кропивницькому. Найбільша протягом 37 років спостережень вага снігового покриву також спостережена в Кропивницькому і склала 1683 Па.

Таблиця 2.3

Огляд результатів метеорологічних спостережень за сніговим покривом

Метеостанції	Висота снігового покриву		Вага снігового покриву	
	кільк. років	максимум	кільк. років	максимум
Бобринець	70	44	37	1232
Гайворон	67	43	37	972
Долинська	70	42	37	1008
Знамянка	67	52	37	1664
Кропивницький	67	70	37	1683
Новомиргород	71	39	37	1035
Помічна	72	43	37	1204
Світловодськ	58	40	37	1050

AV44

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG	AH	AI	AJ	AK	AL	AM	AN	AO	AP	AQ	AR	AS	AT			
1																																																	
2																																																	
3																																																	
4																																																	
5																																																	
6																																																	
7																																																	
8																																																	
9																																																	
10																																																	
11																																																	
12																																																	
13																																																	
14																																																	
15																																																	
16																																																	
17																																																	
18																																																	
19																																																	
20																																																	
21																																																	
22																																																	
23																																																	
24																																																	
25																																																	
26																																																	

Рис. 2.3 Фрагмент таблиці даних з ваги снігового покриву на метеостанції Кропивницький

Річні максимуми ваги снігового покриву (паскалі)

Зими спостережень	Бобри- нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропив- ницький	Новомир- город	Помічна	Світло- водськ
1980-1981	440	414	425	464	399	462	493	520
1981-1982	340	754	341	500	325	288	294	176
1982-1983	156	100	80	209	304	189	225	210
1983-1984	286	675	204	210	200	364	300	175
1984-1985	520	972	567	675	598	741	704	500
1985-1986	456	234	352	552	468	264	100	345
1986-1987	816	625	990	1290	728	1015	783	960
1987-1988	264	6	238	135	275	189	140	168
1988-1989	165	95	186	120	143	150	171	234
1989-1990	85	66	8	91	169	170	8	96
1990-1991	143	260	8	252	102	153	98	153
1991-1992	10	126	8	60	4	102	8	144
1992-1993	576	238	462	748	696	242	120	288
1993-1994	4	2	6	6	8	176	4	165
1994-1995	24	115	176	182	77	8	100	221
1995-1996	1232	850	495	1189	1683	1035	598	1050
1996-1997	364	400	294	32	228	315	400	156
1997-1998	22	8	22	209	32	44	494	418
1998-1999	216	630	50	304	396	1025	399	216
1999-2000	460	391	513	462	380	650	714	306
2000-2001	270	77	156	255	340	280	198	221
2001-2002	115	312	180	8	114	264	8	78
2002-2003	1152	572	651	528	798	588	1204	625
2003-2004	1088	468	232	540	841	756	644	231
2004-2005	544	168	506	480	650	272	588	299
2005-2006	400	360	350	308	408	520	432	348
2006-2007	8	198	8	143	75	136	70	120
2007-2008	6	210	8	8	175	12	8	4
2008-2009	144	136	126	432	255	160	180	210
2009-2010	924	684	1008	1664	992	600	589	972
2010-2011	140	220	216	280	360	230	180	160
2011-2012	460	200	621	420	620	650	600	230
2012-2013	90	620	180	260	200	180	240	100
2013-2014	315	400	95	300	192	224	289	88
2014-2015	360	70	352	195	136	210	126	99
2015-2016	616	322	624	899	806	513	552	504
2016-2017	238	357	405	561	521	350	342	351

2.3 Температура атмосферного повітря

Первісні дані по температурі атмосферного повітря подані у вигляді 24 таблиць декадних значень, у яких наведено по три показники для кожної з восьми метеостанцій: декадні мінімуми, декадні максимуми та середньодекадні температури повітря. Зразок такої таблиці зі значеннями середньодекадні температури повітря на метеостанції Кропивницький наведено на рисунку 2.4. Таблиці декадних мінімумів та максимумів температури на усіх метеостанціях мають аналогічний вигляд.

Кожна з таблиць вихідних даних містить стовпчик з позначеннями років спостереження та 36 стовпців з мінімальним, максимальним чи середнім значенням температури для кожної з 36 декад року. З цих таблиць вибрані річні мінімуми, річні максимуми та середньорічні значення температури повітря для кожного з років спостереження. Таким чином отримані послідовності річних характеристик температури повітря для кожної з метеостанцій, які й наведені в таблицях 2.6...2.8. Загальні характеристики цих вибірок наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5

Огляд результатів метеорологічних спостережень за сніговим покривом

Метеостанції	Мінімальна річна температура		Максим. річна температура		Середня температура року	
	років	мінім	років	максим	років	серед
Бобринець	65	-31,1	66	40,6	65	8,7
Гайворон	68	-33,2	68	39,9	68	8,4
Долинська	65	-31,5	66	38,7	64	8,3
Знамянка	67	-31,6	67	39,5	67	8,0
Кропивницький	67	-30,7	68	39,4	67	8,2
Новомиргород	68	-32,1	68	40,0	68	7,9
Помічна	67	-31,3	68	38,6	68	8,2
Світловодськ	53	-28,3	53	39,9	54	8,9

З таблиць 2.5...2.8 видно, що протягом 53...68 років спостереження температура повітря на території Кіровоградської області змінювалася від $-32,1^{\circ}\text{C}$ до $+40,6^{\circ}\text{C}$.

Річні мінімуми температури повітря (градуси Цельсія)

Роки спостережень	Бобри-нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропивницький	Новомир-город	Помічна	Світловодськ
1945		-26,9				-28,5		
1946		-23,6		-21,6	-20,9	-22,0	-25,0	
1947		-26,5		-27,0	-27,7	-27,2	-26,1	
1948	-20,5	-24,4	-19,8	-20,7	-20,5	-19,4	-20,5	
1949	-16,2	-20,9	-16,7	-16,8	-17,9	-17,3	-17,6	
1950	-31,1	-30,4	-31,5	-31,6	-30,3	-32,1	-31,3	
1951	-19,8	-22,4	-20,7	-21,1	-20,2	-23,2	-23,4	
1952	-20,1	-24,4	-18,5	-17,3	-21,6	-20,6	-19,2	
1953	-20,1	-24,3	-21,2	-22,2	-21,6	-22,8	-20,3	
1954	-28,2	-31,2	-28,0	-27,6	-30,7	-30,1	-28,1	
1955	-23,1	-17,8	-20,2	-22,3	-23,3	-22,3	-17,2	
1956	-25,4	-23,6	-25,6	-26,3	-26,5	-27,0	-26,5	
1957	-18,0	-20,5	-17,5	-18,5	-17,5	-17,9	-17,6	
1958	-16,1	-16,4	-16,2	-16,6	-18,3	-18,9	-16,6	
1959	-19,2	-17,0	-20,6	-21,4	-19,9	-20,5	-19,0	
1960	-21,5	-23,0	-22,1	-23,4	-26,3	-24,3	-21,8	-22,5
1961	-19,3	-26,2	-19,6	-18,5	-20,0	-20,3	-21,6	-18,2
1962	-15,3	-21,5	-18,1	-17,8	-16,3	-17,0	-16,0	-17,2
1963	-26,0	-33,2	-27,1	-27,2	-29,4	-31,5	-29,7	-28,3
1964	-24,6	-25,3	-21,6	-26,7	-25,2	-27,5	-23,6	-25,8
1965	-24,0	-24,8	-24,7	-24,1	-24,7	-23,0	-25,0	-22,4
1966	-25,0	-21,5	-24,6	-22,2	-23,8	-23,7	-26,8	-18,6
1967	-24,8	-26,7	-25,1	-25,6	-24,9	-26,7	-25,0	-25,6
1968	-24,6	-24,0	-22,3	-25,2	-23,9	-23,2	-22,6	-23,7
1969	-24,7	-26,6	-25,0	-25,3	-25,6	-26,3	-24,9	-24,1
1970	-24,6	-25,9	-23,5	-25,6	-24,9	-27,2	-23,8	-24,2
1971	-17,8	-19,5	-17,0	-19,3	-19,2	-17,8	-16,1	-19,0
1972	-28,4	-32,3	-25,0	-25,7	-27,1	-26,6	-26,2	-24,0
1973	-21,9	-21,6	-22,8	-25,0	-23,0	-23,8	-21,0	-22,9
1974	-21,0	-21,0	-18,1	-17,5	-19,7	-19,4	-17,8	-16,5
1975	-13,8	-11,9	-12,7	-13,8	-13,9	-13,2	-12,8	-14,2
1976	-24,6	-25,4	-25,5	-25,3	-24,7	-25,0	-23,8	-24,1
1977	-18,8	-26,6	-18,7	-20,1	-20,6	-21,1	-20,0	-18,3
1978	-22,1	-27,2	-19,0	-23,4	-27,6	-27,9	-19,8	-25,8

Роки спостережень	Бобри-нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропивницький	Новомир-город	Помічна	Світловодськ
1979	-21,4	-22,5	-19,5	-22,1	-22,2	-22,2	-22,5	-21,5
1980	-21,9	-21,5	-19,8	-21,2	-20,8	-19,7	-20,6	-18,5
1981	-14,4	-19,2	-13,3	-15,9	-17,2	-17,6	-15,4	-16,2
1982	-16,4	-16,3	-17,8	-20,1	-19,0	-17,7	-17,8	-17,9
1983	-18,1	-20,1	-17,1	-20,2	-20,5	-19,3	-20,3	-18,3
1984	-15,3	-20,8	-15,8	-17,7	-18,9	-18,6	-19,2	-16,4
1985	-22,9	-28,3	-24,8	-24,1	-25,7	-27,5	-24,1	-28,2
1986	-22,3	-25,6	-19,9	-20,3	-22,1	-24,9	-20,0	-20,6
1987	-27,0	-28,3	-30,4	-28,1	-26,3	-29,0	-24,9	-27,0
1988	-21,6	-20,7	-22,5	-24,4	-24,2	-23,9	-22,2	-25,0
1989	-16,7	-19,4	-19,0	-17,1	-19,2	-18,8	-18,1	-17,0
1990	-18,3	-16,2	-16,9	-17,0	-17,6	-17,6	-17,3	-13,7
1991	-20,0	-18,5	-20,5	-20,6	-20,8	-21,9	-20,7	-20,0
1992	-15,2	-17,7	-17,2	-16,2	-17,1	-16,6	-16,3	-14,9
1993	-19,9	-20,3	-19,8	-20,7	-20,6	-20,2	-19,6	-20,0
1994	-25,0	-23,7	-25,9	-26,4	-25,8	-27,4	-24,8	-27,2
1995	-21,0	-22,4	-21,4	-20,4	-23,4	-20,7	-18,5	-23,6
1996	-21,6	-25,2	-21,1	-24,0	-22,4	-22,5	-21,9	-22,3
1997	-24,4	-22,7	-25,1	-26,8	-24,0	-25,3	-22,9	-26,0
1998	-20,9	-24,5	-19,7	-24,2	-24,0	-25,7	-22,5	-21,0
1999	-18,1	-18,0	-19,3	-19,4	-21,2	-20,2	-19,2	-17,5
2000	-19,8	-19,4	-23,9	-21,0	-19,0	-20,9	-20,4	-23,8
2001	-19,8	-19,9	-22,2	-20,1	-20,8	-21,2	-20,1	-18,0
2002	-19,5	-18,0	-22,0	-22,4	-20,6	-22,1	-18,1	-20,8
2003	-26,8	-25,0	-23,3	-27,1	-28,7	-27,2	-22,5	-26,1
2004	-16,2	-15,7	-19,3	-19,0	-18,8	-18,5	-16,7	-21,3
2005	-17,4	-20,6	-20,2	-20,9	-21,9	-20,7	-19,4	-17,3
2006	-27,1	-27,6	-27,6	-27,5	-27,8	-26,1	-27,2	-24,4
2007	-16,7	-18,0	-20,0	-19,0	-19,8	-20,1	-17,7	-17,9
2008	-16,5	-18,7	-17,1	-18,6	-17,2	-17,4	-16,7	-16,6
2009	-20,8	-20,2	-21,9	-24,5	-23,2	-23,5	-20,0	-21,7
2010	-26,2	-27,0	-25,2	-25,0	-25,6	-24,2	-25,4	-24,7
2011	-18,8	-16,2	-21,5	-19,2	-18,6	-18,0	-17,4	-16,4
2012	-27,9	-28,4	-28,5	-27,4	-28,6	-29,3	-25,8	-25,4

Річні максимуми температури повітря (градуси Цельсія)

Роки спостережень	Бобри-нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропивницький	Новомир-город	Помічна	Світловодськ
1945		35,0			36,8	33,5	34,0	
1946		38,5		36,8	37,7	40,0	36,8	
1947	35,7	36,1	35,3	36,0	36,2	35,9	34,8	
1948	36,6	34,4	36,0	35,1	36,0	34,2	34,4	
1949	32,0	31,5	31,6	29,8	30,7	30,0	30,7	
1950	32,0	32,7	30,6	31,0	31,9	32,2	34,0	
1951	36,5	37,4	36,2	36,3	36,6	36,8	36,2	
1952	35,2	35,6	35,1	35,1	35,1	35,0	34,3	
1953	35,8	34,6	35,7	34,4	35,4	34,4	34,5	
1954	36,4	36,2	36,0	35,8	35,6	35,6	35,2	
1955	33,2	31,1	34,0	33,3	33,2	32,8	31,6	
1956	36,7	35,4	35,9	35,5	36,1	35,3	36,1	
1957	36,4	36,0	35,5	35,1	36,4	35,9	35,2	
1958	33,3	34,4	32,8	32,9	33,2	32,6	34,0	
1959	36,3	36,3	36,3	36,1	35,8	36,2	35,7	
1960	35,6	34,8	34,5	34,8	35,4	36,1	35,1	35,5
1961	35,3	33,4	34,4	33,5	33,8	33,3	34,3	34,2
1962	33,6	32,9	34,0	33,3	33,3	33,5	33,1	35,4
1963	36,0	36,0	35,5	34,9	35,3	35,2	35,1	36,1
1964	33,3	33,4	0,0	32,5	32,6	32,1	32,7	32,5
1965	34,8	32,4	35,0	31,8	32,8	32,4	32,0	33,0
1966	34,4	34,3	34,8	34,0	34,5	32,5	33,3	35,4
1967	34,3	33,3	33,1	33,4	33,8	33,3	32,9	32,6
1968	36,3	34,8	35,6	34,3	34,6	33,7	34,3	32,3
1969	36,3	32,1	33,8	33,8	32,7	32,1	32,1	33,6
1970	34,1	32,4	34,4	33,5	34,6	33,4	33,2	35,4
1971	35,2	33,3	34,4	33,7	34,3	34,0	34,0	31,9
1972	35,4	32,7	36,0	34,6	35,4	33,8	33,9	34,8
1973	34,5	34,8	33,7	33,3	33,5	33,2	33,8	32,4
1974	32,4	32,3	32,3	31,3	31,4	32,6	32,0	30,0
1975	36,0	32,8	35,4	34,7	34,7	33,9	34,5	34,9
1976	30,4	30,8	30,0	29,8	31,3	29,8	29,6	29,1
1977	31,9	31,7	32,9	30,9	31,9	30,7	31,2	31,5
1978	29,6	28,6	30,0	28,4	29,0	27,9	28,1	29,5

Роки спостережень	Бобри-нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропивницький	Новомир-город	Помічна	Світловодськ
1979	35,1	34,3	34,6	34,2	34,9	34,6	33,7	34,1
1980	32,5	30,8	31,8	31,5	32,5	30,9	31,6	31,5
1981	34,7	34,5	34,0	35,3	35,3	34,2	34,1	34,5
1982	30,7	31,7	30,4	29,1	29,9	32,5	29,9	30,4
1983	31,7	31,7	32,1	32,0	32,0	30,8	29,8	31,5
1984	32,8	30,3	33,1	31,3	32,6	31,3	30,7	33,2
1985	32,9	32,6	32,0	32,3	32,1	31,6	31,3	32,5
1986	35,0	33,6	34,7	33,4	33,6	32,3	32,0	33,5
1987	34,1	34,5	34,7	32,9	34,1	33,0	33,7	33,0
1988	34,9	34,8	33,5	33,3	34,6	33,4	33,6	33,5
1989	35,0	33,7	33,4	35,1	34,5	33,3	34,3	34,5
1990	33,0	33,7	31,9	32,2	32,2	31,7	32,5	32,5
1991	34,5	31,9	33,9	33,6	32,7	33,5	36,4	33,3
1992	35,1	36,5	34,0	34,8	34,7	35,0	35,4	34,8
1993	34,5	34,3	33,7	35,8	34,3	34,8	34,3	35,3
1994	36,0	35,2	34,1	35,1	35,3	35,1	35,7	34,1
1995	32,0	32,6	31,3	32,3	31,5	34,0	31,9	32,7
1996	37,6	35,5	36,8	37,6	36,8	36,6	36,8	36,2
1997	31,0	30,6	30,5	30,1	29,7	29,8	30,0	30,0
1998	39,4	35,4	36,0	34,9	36,3	35,9	35,7	35,8
1999	36,4	36,1	35,1	35,2	36,7	35,7	35,0	35,5
2000	38,1	37,2	36,7	37,4	38,3	36,9	38,0	36,5
2001	36,4	34,9	34,9	37,1	35,0	35,4	35,2	36,7
2002	37,3	36,6	36,7	36,7	37,0	35,3	36,6	36,4
2003	34,2	34,0	34,2	35,4	33,8	32,6	32,4	33,3
2004	32,6	32,0	31,6	32,5	31,8	32,7	30,6	31,2
2005	37,4	35,4	34,0	33,4	33,5	33,9	33,5	33,5
2006	36,5	33,1	33,6	34,5	35,4	34,5	33,5	34,4
2007	39,1	39,9	38,7	38,6	38,3	37,6	38,6	37,6
2008	38,4	37,9	36,5	36,1	37,0	36,9	36,4	36,7
2009	37,3	35,4	35,9	35,5	35,5	34,9	38,2	36,0
2010	40,6	36,3	37,7	39,5	39,4	38,6	38,4	39,9
2011	35,6	33,5	35,2	34,5	34,5	33,0	32,6	34,5
2012	38,3	38,5	37,6	37,5	38,6	36,8	37,0	37,2

Середньорічні температури повітря (градуси Цельсія)

Роки спостережень	Бобри-нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропивницький	Новомир-город	Помічна	Світловодськ
1945		7,1				5,9	6,7	
1946		8,7		7,8	8,2	8,3	8,3	
1947		7,8		7,4	7,9	7,3	7,6	
1948	8,0	8,1	7,9	7,5	8,0	8,1	7,8	
1949	8,6	8,5	8,3	8,0	8,4	8,1	8,2	
1950	8,3	8,4	8,0	7,6	8,2	7,7	8,1	
1951	8,8	8,9	8,4	8,0	8,6	8,2	8,5	
1952	8,4	8,3	8,4	7,9	8,1	7,7	8,1	
1953	7,5	7,7	7,5	7,0	7,3	6,9	7,6	
1954	7,6	7,4	7,5	6,9	7,2	6,9	7,5	
1955	8,3	8,1	8,3	7,8	8,0	7,7	8,0	
1956	6,8	6,9	6,6	6,2	6,5	6,1	6,5	
1957	9,0	8,7	8,7	8,6	8,7	8,4	8,7	
1958	8,3	8,6	7,5	7,7	8,0	7,8	8,1	
1959	8,1	7,8	7,3	7,4	7,8	7,6	7,7	8,1
1960	9,4	8,8	8,3	8,3	8,7	8,3	8,7	9,3
1961	8,9	8,8	8,3	8,3	8,6	8,3	8,5	9,2
1962	8,9	8,5	8,2	8,3	8,6	8,2	8,4	9,2
1963	7,7	7,1	6,9	6,8	7,2	6,8	7,2	7,5
1964	7,8	7,5		7,3	7,5	7,1	7,5	8,1
1965	7,4	7,3	6,7	6,8	7,2	6,7	7,0	7,7
1966	10,1	9,5	9,3	9,4	9,4	9,2	9,5	10,2
1967	8,6	8,5	8,2	8,0	8,4	8,1	8,3	8,7
1968	8,7	8,3	8,3	8,0	8,2	7,8	8,1	8,7
1969	7,3	6,9	6,9	6,7	6,7	6,5	6,8	7,7
1970	8,8	8,5	8,4	8,1	8,2	8,1	8,3	8,9
1971	8,6	8,2	8,2	7,9	8,1	7,9	8,2	8,8
1972	8,7	8,1	8,5	8,1	8,2	8,4	8,3	8,9
1973	7,9	7,8	7,5	7,3	7,4	7,3	7,5	8,2
1974	8,7	8,6	8,3	8,2	8,3	8,1	8,4	8,9
1975	10,2	9,8	9,9	9,6	9,8	9,7	9,8	10,5
1976	6,9	6,9	6,4	6,2	6,5	6,6	6,7	6,9
1977	8,1	8,0	7,7	7,5	7,7	7,4	7,7	8,3
1978	7,6	7,3	7,2	6,9	7,1	6,7	7,1	7,7

Роки спостережень	Бобри-нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропивницький	Новомир-город	Помічна	Світловодськ
1979	8,8	8,3	8,4	8,1	8,3	8,0	8,3	8,9
1980	7,4	6,9	7,0	6,6	6,8	6,4	6,9	7,2
1981	9,1	8,6	8,9	8,5	8,7	8,4	8,6	9,4
1982	8,5	8,5	8,1	8,0	8,0	8,0	8,2	8,7
1983	9,3	9,2	8,9	8,8	8,9	8,7	8,9	9,6
1984	8,2	7,9	7,8	7,6	7,7	7,5	7,7	8,5
1985	6,6	6,4	7,8	6,2	6,1	6,0	6,1	6,8
1986	8,5	8,1	8,3	7,8	8,0	7,7	8,0	8,6
1987	6,5	6,4	6,1	5,6	5,8	5,6	6,0	6,3
1988	8,1	7,9	7,8	7,3	7,6	7,2	7,6	8,1
1989	10,2	9,9	9,7	9,6	9,7	9,3	9,6	10,2
1990	9,8	9,7	9,5	9,2	9,4	9,0	9,3	9,9
1991	8,8	8,4	8,5	8,2	8,4	7,9	8,4	8,9
1992	8,8	8,7	8,3	8,3	8,5	8,1	8,4	9,0
1993	7,7	8,0	7,3	7,2	7,2	7,0	7,4	7,7
1994	9,2	9,3	8,9	8,3	8,7	8,3	8,9	9,1
1995	9,0	8,8	8,7	8,3	8,8	8,3	8,6	9,4
1996	8,1	7,8	8,0	7,3	7,7	7,3	7,6	8,1
1997	7,8	8,0	7,6	7,1	7,3	7,2	7,4	8,0
1998	9,1	8,7	8,8	8,1	8,4	8,0	8,4	9,1
1999	10,0	9,7	9,9	9,2	9,6	9,2	9,5	10,2
2000	9,6	9,7	9,3	8,8	9,1	8,8	9,2	9,6
2001	9,5	9,1	9,3	8,7	8,9	8,8	9,0	9,6
2002	9,7	9,6	9,4	9,1	9,3	9,2	9,4	9,9
2003	8,6	8,5	8,1	7,8	8,1	8,0	8,1	8,6
2004	9,2	9,1	8,9	8,4	8,7	8,6	8,7	9,4
2005	9,5	9,1	9,2	8,7	9,0	8,8	9,1	9,6
2006	8,9	8,8	8,6	8,1	8,4	8,3	8,6	9,0
2007	10,7	10,7	10,4	10,0	10,2	10,0	10,5	10,8
2008	9,9	10,1	9,6	9,1	9,4	9,3	9,7	10,1
2009	10,1	9,8	9,7	9,3	9,5	9,2	9,7	10,0
2010	10,0	9,6	9,9	9,4	9,6	9,2	9,7	10,3
2011	9,2	9,2	9,0	8,6	8,7	8,4	8,9	9,4
2012	10,2	9,9	9,8	9,4	9,7	9,2	9,7	10,3

2.4 Вологість атмосферного повітря

Результати спостережень за відносною вологістю атмосферного повітря на території Кіровоградської області представлені у такому ж вигляді, як і результати спостереження за температурою. Зразок таблиці даних для метеостанції Кропивницький показано на рисунку 2.5. Кожен рядок таблиці містить дані для одного року спостереження і складається з 36 стовпців з середніми значеннями відносної вологості повітря протягом кожної декади року. Для кожного з рядків обчислено середнє значення по цьому рядку, яке є середньорічним значенням відносної вологості повітря в певному році.

Сформовані таким чином випадкові послідовності середньорічних значень відносної вологості повітря на усіх метеостанціях Кіровоградської області наведені в таблиці 2.10. Аналогічно отримані таблиці 2.11 і 2.12, в яких наведені вибірки річних мінімумів та річних максимумів декадних значень відносної вологості повітря.

Таблиця 2.9

Огляд результатів метеорологічних спостережень за сніговим покривом

Метеостанції	Мінімальна річна вологість		Максим. річна вологість		Середня річна вологість	
	років	мінім	років	максим	років	серед
Бобринець	65	37,0	65	97,0	65	73,3
Гайворон	68	25,0	68	98,0	67	75,3
Долинська	66	34,0	66	99,0	66	75,3
Знамянка	68	34,0	68	99,0	68	75,1
Кропивницький	67	39,0	67	97,0	67	75,3
Новомиргород	68	41,0	68	98,0	68	75,7
Помічна	67	34,0	67	98,0	67	75,3
Світловодськ	53	42,0	53	96,0	53	74,1

З таблиць 2.9...2.12 видно, що протягом 53...68 років спостережень середньодекадні значення відносної вологості повітря на території Кіровоградської області змінювалися від 25% до 99%.

Середньорічна відносна вологість повітря (відсотки)

Роки спостережень	Бобри-нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропивницький	Новомир-город	Помічна	Світловодськ
1945				71		74		
1946		69		65	69	76	69	
1947		74	73	69	74	78	73	
1948	72	75	73	75	75	75	75	
1949	73	74	71	76	74	76	76	
1950	75	75	74	75	75	78	77	
1951	72	75	69	75	75	75	74	
1952	76	74	75	77	74	78	77	
1953	73	73	69	76	73	76	74	
1954	72	74	73	71	74	75	74	
1955	75	77	75	75	77	78	77	
1956	74	76	75	75	76	77	76	
1957	71	73	73	72	73	75	73	
1958	76	76	80	76	76	79	76	
1959	70	73	76	72	73	74	72	
1960	74	76	82	76	76	77	75	72
1961	72	74	79	74	74	76	73	73
1962	73	77	78	74	77	76	75	72
1963	69	71	76	72	71	72	72	72
1964	74	75	87	76	75	75	75	75
1965	75	76	81	75	76	76	77	74
1966	86	85	81	85	85	90	89	78
1967	73	74	73	74	74	76	74	74
1968	71	73	74	73	73	74	74	73
1969	73	74	75	73	74	74	74	72
1970	76	77	77	77	77	78	77	75
1971	73	76	76	77	76	76	76	74
1972	69	75	69	71	75	72	73	71
1973	71	73	73	74	73	75	74	73
1974	74	75	74	75	75	75	75	73
1975	67	72	66	69	72	70	71	70
1976	75	76	76	77	76	77	76	78
1977	77	77	78	77	77	78	79	79
1978	76	78	77	76	78	78	79	76

Роки спостережень	Бобри-нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропивницький	Новомир-город	Помічна	Світловодськ
1979	71	75	74	73	75	74	74	72
1980	78	79	79	79	79	80	80	78
1981	76	76	76	76	76	75	76	76
1982	76	76	76	76	76	76	77	76
1983	71	73	70	72	73	73	74	71
1984	76	77	76	76	77	76	76	74
1985	77	76	78	77	76	78	78	77
1986	70	72	72	72	72	72	72	70
1987	74	76	75	76	76	76	76	73
1988	75	79	77	77	79	79	77	76
1989	73	77	76	75	77	76	76	74
1990	73	76	76	77	76	76	76	74
1991	76	80	78	80	80	80	80	76
1992	72	79	76	74	79	75	74	75
1993	73	76	76	77	76	76	75	75
1994	71	74	73	78	74	75	74	74
1995	73	76	76	76	76	75	76	74
1996	72	77	78	76	77	76	77	74
1997	75	76	79	79	76	78	77	76
1998	73	77	75	78	77	76	76	74
1999	73	76	75	76	76	75	76	73
2000	72	76	76	77	76	77	75	76
2001	71	76	74	77	76	73	75	74
2002	72	74	74	75	74	72	73	73
2003	72	74	74	75	74	73	74	73
2004	77	74	78	78	74	77	77	77
2005	72	75	74	75	75	74	75	73
2006	75	76	78	78	76	76	77	77
2007	69	71	72	73	71	71	70	71
2008	74	76	76	78	76	76	75	75
2009	72	75	73	75	75	74	74	74
2010	74	75	75	76	75	75	75	73
2011	71	74	73	75	74	74	73	73
2012	71	73	74	75	73	73	73	74

Таблиця 2.11

Річні мінімуми декадних значень відносної вологості повітря (відсотки)

Роки спостережень	Бобри-нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропивницький	Новомир-город	Помічна	Світловодськ
1945		41		48		58		
1946		40		34	45	55	34	
1947		47	43	46	51	60	50	
1948	40	39	38	44	40	44	43	
1949	37	25	34	38	42	41	39	
1950	48	49	43	44	43	53	53	
1951	39	48	38	44	43	49	44	
1952	45	48	44	48	44	51	50	
1953	48	56	45	51	56	57	50	
1954	39	47	46	44	46	45	47	
1955	50	62	44	52	50	56	54	
1956	51	54	48	48	52	56	53	
1957	43	54	42	46	44	51	42	
1958	40	45	46	41	40	46	46	
1959	37	49	37	40	39	48	39	
1960	38	38	50	44	42	47	40	42
1961	50	51	55	53	53	57	49	55
1962	40	50	42	38	44	42	40	42
1963	38	48	46	45	40	46	44	42
1964	44	49	74	45	43	52	46	51
1965	51	59	56	54	51	62	57	49
1966	58	66	57	62	48	77	69	59
1967	43	42	48	50	44	56	45	49
1968	40	51	46	48	46	49	50	47
1969	52	62	53	53	55	58	55	58
1970	57	63	56	58	55	63	61	53
1971	47	52	48	46	43	47	46	48
1972	45	57	46	50	47	50	53	48
1973	50	58	49	53	50	58	53	54
1974	49	58	47	54	51	57	52	53
1975	41	53	42	43	40	46	45	48
1976	50	54	52	57	54	57	53	62
1977	51	54	50	46	46	51	50	54
1978	51	58	54	52	51	54	56	58

Роки спосте- режень	Бобри- нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропив- ницький	Новомир- город	Помічна	Світло- водськ
1979	40	54	42	43	40	49	46	47
1980	61	62	61	63	65	66	62	67
1981	53	58	51	56	55	56	54	58
1982	48	55	53	52	52	54	50	60
1983	54	54	50	52	52	56	55	56
1984	53	56	51	52	50	52	51	54
1985	55	60	54	58	54	54	56	57
1986	48	52	49	51	47	54	48	49
1987	53	56	53	58	55	55	55	57
1988	54	63	55	58	58	58	56	61
1989	50	60	53	56	55	59	54	55
1990	52	58	52	55	56	57	56	56
1991	55	62	56	55	51	59	61	57
1992	45	64	47	44	42	52	45	53
1993	48	63	48	50	45	50	48	50
1994	46	55	46	55	48	58	52	54
1995	54	60	59	61	57	59	60	57
1996	47	52	54	53	46	50	52	52
1997	47	53	54	52	50	52	48	57
1998	57	61	57	60	58	61	58	55
1999	48	62	51	58	52	57	52	50
2000	44	50	45	47	47	53	42	49
2001	52	62	53	60	59	55	52	60
2002	49	58	48	55	48	51	51	55
2003	44	54	45	46	43	51	44	49
2004	51	53	55	58	53	54	53	60
2005	48	53	51	49	50	51	50	54
2006	54	54	53	52	53	52	49	51
2007	45	52	49	50	48	49	47	54
2008	50	60	49	58	54	55	52	62
2009	41	51	43	40	40	41	40	44
2010	48	57	46	44	45	51	50	48
2011	45	47	44	45	46	45	44	54
2012	46	54	47	53	48	56	48	56

Таблиця 2.12

Річні максимуми декадних значень відносної вологості повітря (відсотки)

Роки спостережень	Бобри-нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропивницький	Новомир-город	Помічна	Світловодськ
1945		94		94		86		
1946		95		96	95	98	96	
1947		94	97	97	96	95	95	
1948	93	97	97	99	92	92	93	
1949	95	96	96	97	94	95	96	
1950	97	95	98	92	95	96	96	
1951	96	94	97	99	94	96	94	
1952	96	98	99	98	97	98	97	
1953	91	90	92	97	90	91	91	
1954	93	95	96	94	93	94	95	
1955	96	96	98	96	96	97	96	
1956	96	96	98	95	96	96	97	
1957	94	91	96	92	94	92	93	
1958	95	95	98	94	95	95	96	
1959	95	94	98	96	96	95	94	
1960	95	94	98	97	96	94	94	94
1961	94	94	97	94	95	93	95	92
1962	94	94	98	94	94	94	95	91
1963	91	89	96	92	93	90	92	96
1964	96	93	96	93	94	90	92	92
1965	94	94	97	93	94	93	96	92
1966	96	96	99	95	96	95	96	95
1967	96	98	98	94	94	90	93	94
1968	97	95	98	94	96	93	97	94
1969	95	92	98	95	93	92	94	92
1970	95	93	98	94	94	97	97	89
1971	94	96	96	95	94	92	96	93
1972	92	92	92	92	92	88	93	88
1973	95	95	94	94	95	92	95	91
1974	96	94	96	95	94	91	96	90
1975	91	87	92	92	91	88	92	90
1976	97	96	96	94	96	96	98	93
1977	96	93	96	95	96	94	96	96
1978	95	95	94	92	94	93	94	95

Роки спосте- режень	Боби- нець	Гайворон	Долинська	Знамянка	Кропив- ницький	Новомир- город	Помічна	Світло- водськ
1979	95	94	95	94	94	92	96	90
1980	94	92	95	92	95	91	95	90
1981	95	91	96	95	95	90	96	94
1982	94	90	92	95	95	91	94	90
1983	92	86	91	89	91	88	90	88
1984	91	86	94	95	96	91	91	93
1985	94	87	92	93	94	90	95	90
1986	94	91	93	92	95	89	95	87
1987	96	96	96	96	96	93	97	92
1988	95	94	96	94	95	92	96	90
1989	90	91	92	91	92	89	92	89
1990	95	93	97	97	95	94	97	92
1991	95	93	97	98	97	95	97	94
1992	91	92	95	95	90	91	95	94
1993	94	92	93	96	93	91	93	94
1994	93	94	92	96	93	91	94	92
1995	89	90	94	91	90	88	92	88
1996	92	92	98	95	94	90	94	89
1997	97	95	98	98	97	95	97	90
1998	91	91	95	95	94	92	93	90
1999	93	94	98	95	95	93	97	93
2000	93	95	95	95	94	93	96	91
2001	91	93	95	94	94	90	95	91
2002	93	95	97	95	95	91	97	93
2003	92	91	95	94	93	91	95	89
2004	90	88	93	91	93	91	93	90
2005	90	90	94	93	92	91	92	90
2006	96	94	98	97	97	95	97	93
2007	90	91	92	95	94	92	92	89
2008	90	88	91	93	92	89	91	87
2009	97	94	97	97	97	93	97	92
2010	91	91	92	97	91	92	93	89
2011	93	93	96	96	96	93	96	89
2012	93	90	93	93	93	89	95	90

2.5 Висновки з розділу

1. На території Кіровоградської області метеорологічні спостереження за стандартними методиками ведуть вісім метеостанцій, які досить рівномірно охоплюють усю територію області. Для аналізу доступні результати більшості вимірювань за період з 1945 року.

2. З наявних результатів декадних спостережень для подальшого аналізу та виявлення трендів тривалих змін вибрані такі кліматичні параметри:

- висота снігового покриву за 58 – 72 роки спостереження;
- вага снігового покриву за 37 років спостереження;
- мінімальні, максимальні та середні протягом року значення температури повітря за 53 – 68 років спостереження;
- мінімальні, максимальні та середні протягом року декадні значення відносної вологості повітря за 53 – 68 років спостереження.

Найменша кількість спостережень виконана на метеостанції Світловодськ, яка на відміну від інших метеостанцій, почала працювати з 1959 року.

3. З первісних таблиць початкових декадних даних сформовані 64 вибірки випадкових величин, які представляють собою послідовності річних значень (найменших, найбільших чи середніх протягом року) обраних для аналізу восьми кліматичних показників.

4. Сформовані вибірки представлені таблицями в середовищі Microsoft Excel, які й утворюють базу кліматичних даних, придатну для подальшого статистичного аналізу.

5. Представлені в базі даних послідовності річних значень параметрів клімату відображають зміни відповідних кліматичних навантажень і впливів на будівлі та будівельні конструкції на протязі 37...72 років, що цілком достатньо для виявлення й математичного подання трендів їх тривалих змін.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Розділ 3

МЕТОДИКА АНАЛІЗУ ТРЕНДІВ КЛІМАТИЧНИХ ДАНИХ

3.1 Метеорологічні дані для аналізу трендів

Для розроблення методики аналізу трендів тривалих змін навантажень і впливів обрані дані метеостанції м. Кропивницький, які вибрані з відповідних таблиць розділу 2. Зведена таблиця 3.1 містить вісім характеристик навантажень і впливів:

- річні максимуми висоти снігового покриву за снігомірними зйомками або за постійною рейкою;
- річні максимуми ваги снігового покриву (запас води в сніговому покриві) за результатами снігомірних зйомок;
- річні мінімуми температури повітря $T_{\min}$;
- річні максимуми температури повітря $T_{\max}$;
- середньорічні значення температури повітря $T_{\text{сер}}$;
- річні мінімуми декадних значень вологості повітря $W_{\min}$;
- річні максимуми декадних значень вологості повітря $W_{\max}$;
- середньорічні значення відносної вологості повітря $W_{\text{сер}}$.

З таблиці 3.1 видно, що дані з висоти снігового покриву наявні з зими 1950-1951 року по зиму 2016-2017 року, а дані з ваги снігового покриву наявні з зими 1980-1981 року по зиму 2016-2017 року. Інформація про температуру та вологість повітря наявна за період з 1946 року по 2012 рік.

Відмітимо, що відсутність даних за 2–3 місяці одного сезону може сильно спотворити підсумкові річні характеристики. Тому до таблиці 3.1, як і до таблиць розділу 2, включені лише роки з результатами спостережень за усю їх тривалість. Загалом тривалість спостережень, результати яких наведені в таблиці 3.1, є цілком достатньою для виявлення та аналізу трендів тривалих змін обраних параметрів клімату.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Річні характеристики навантажень і впливів за даними
метеостанції м. Кропивницький

Роки спостережень	Висота снігу, см	Вага снігу, Па	T _{мін} , град	T _{макс} , град	T _{сер} , град	W _{мін} , %	W _{макс} , %	W _{сер} , %
1946			-20,9	37,7	8,2	45,0	95,0	69,1
1947			-27,7	36,2	7,9	51,0	96,0	74,4
1948			-20,5	36,0	8,0	40,0	92,0	75,4
1949			-17,9	30,7	8,4	42,0	94,0	73,7
1950			-30,3	31,9	8,2	43,0	95,0	75,2
1951	13		-20,2	36,6	8,6	43,0	94,0	75,3
1952	19		-21,6	35,1	8,1	44,0	97,0	74,4
1953	18		-21,6	35,4	7,3	56,0	90,0	73,4
1954	12		-30,7	35,6	7,2	46,0	93,0	73,5
1955	19		-23,3	33,2	8,0	50,0	96,0	77,3
1956	15		-26,5	36,1	6,5	52,0	96,0	75,7
1957	10		-17,5	36,4	8,7	44,0	94,0	72,8
1958	12		-18,3	33,2	8,0	40,0	95,0	75,5
1959	1		-19,9	35,8	7,8	39,0	96,0	72,7
1960	13		-26,3	35,4	8,7	42,0	96,0	76,1
1961	15		-20,0	33,8	8,6	53,0	95,0	74,4
1962	3		-16,3	33,3	8,6	44,0	94,0	76,5
1963	23		-29,4	35,3	7,2	40,0	93,0	71,0
1964	27		-25,2	32,6	7,5	43,0	94,0	75,4
1965	15		-24,7	32,8	7,2	51,0	94,0	75,7
1966	22		-23,8	34,5	9,4	48,0	96,0	84,6
1967	29		-24,9	33,8	8,4	44,0	94,0	74,1
1968	21		-23,9	34,6	8,2	46,0	96,0	73,3
1969	20		-25,6	32,7	6,7	55,0	93,0	74,1
1970	16		-24,9	34,6	8,2	55,0	94,0	77,4
1971	17		-19,2	34,3	8,1	43,0	94,0	76,4
1972	7		-27,1	35,4	8,2	47,0	92,0	75,0
1973	20		-23,0	33,5	7,4	50,0	95,0	72,6
1974	10		-19,7	31,4	8,3	51,0	94,0	75,3
1975	6		-13,9	34,7	9,8	40,0	91,0	72,0
1976	12		-24,7	31,3	6,5	54,0	96,0	76,0
1977	10		-20,6	31,9	7,7	46,0	96,0	77,4
1978	11		-27,6	29,0	7,1	51,0	94,0	78,4
1979	19		-22,2	34,9	8,3	40,0	94,0	75,3
1980	8		-20,8	32,5	6,8	65,0	95,0	79,4

Роки спостережень	Висота снігу, см	Вага снігу, Па	T _{мін} , град	T _{макс} , град	T _{сер} , град	W _{мін} , %	W _{макс} , %	W _{сер} , %
1981	21	399	-17,2	35,3	8,7	55,0	95,0	76,1
1982	13	325	-19,0	29,9	8,0	52,0	95,0	76,1
1983	16	304	-20,5	32,0	8,9	52,0	91,0	72,9
1984	8	200	-18,9	32,6	7,7	50,0	96,0	77,3
1985	23	598	-25,7	32,1	6,1	54,0	94,0	76,2
1986	18	468	-22,1	33,6	8,0	47,0	95,0	71,6
1987	28	728	-26,3	34,1	5,8	55,0	96,0	75,9
1988	25	275	-24,2	34,6	7,6	58,0	95,0	79,2
1989	11	143	-19,2	34,5	9,7	55,0	92,0	76,7
1990	13	169	-17,6	32,2	9,4	56,0	95,0	76,1
1991	7	102	-20,8	32,7	8,4	51,0	97,0	79,9
1992	2	4	-17,1	34,7	8,5	42,0	90,0	78,6
1993	29	696	-20,6	34,3	7,2	45,0	93,0	76,1
1994	4	8	-25,8	35,3	8,7	48,0	93,0	73,5
1995	7	77	-23,4	31,5	8,8	57,0	90,0	75,8
1996	70	1683	-22,4	36,8	7,7	46,0	94,0	76,6
1997	19	228	-24,0	29,7	7,3	50,0	97,0	75,6
1998	16	32	-24,0	36,3	8,4	58,0	94,0	76,5
1999	18	396	-21,2	36,7	9,6	52,0	95,0	76,0
2000	19	380	-19,0	38,3	9,1	47,0	94,0	76,2
2001	20	340	-20,8	35,0	8,9	59,0	94,0	76,1
2002	6	114	-20,6	37,0	9,3	48,0	95,0	73,8
2003	32	798	-28,7	33,8	8,1	43,0	93,0	74,0
2004	29	841	-18,8	31,8	8,7	53,0	93,0	74,1
2005	28	650	-21,9	33,5	9,0	50,0	92,0	74,6
2006	17	408	-27,8	35,4	8,4	53,0	97,0	76,3
2007	5	75	-19,8	38,3	10,2	48,0	94,0	70,5
2008	7	175	-17,2	37,0	9,4	54,0	92,0	75,6
2009	15	255	-23,2	35,5	9,5	40,0	97,0	75,4
2010	42	992	-25,6	39,4	9,6	45,0	91,0	75,4
2011	17	360	-18,6	34,5	8,7	46,0	96,0	73,9
2012	26	620	-28,6	38,6	9,7	48,0	93,0	73,0
2013	10	200						
2014	12	192						
2015	8	136						
2016	31	806						
2017	15	521						

Кожен стовпчик таблиці 3.1 містить послідовність річних значень певного кліматичного параметра. Ці дані є вибірками випадкових величин, для яких обчислені статистичні характеристики за відомими методами і формулами з [2, 25, 32]. Обчислення виконані з використанням вказаних нижче статистичних функцій Microsoft Excel, а їх результати наведені в таблиці 3.2.

Обсяги вибірок (кількість даних) N визначені з використанням функції СЧЁТ(Список), де Список – адреси першої та останньої комірок, які визначають область розміщення даних.

Мінімальне та максимальне значення визначені за функціями МИН(Список) і МАКС(Список).

Середнє значення обчислене з використанням функції СРЗНАЧ(Список), яка реалізує обчислення за відомою формулою з [2, 25, 32]:

$$M = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i, \quad (3.1)$$

де X_i – i -тий елемент вибірки, тобто значення кліматичного параметра для i -того року спостереження.

Стандарт (середнє квадратичне відхилення) визначається за функцією СТАНДОТКЛОН.В(Список), яка реалізує обчислення за формулою

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_i - M)^2}{N - 1}}. \quad (3.2)$$

Коефіцієнт варіації, згідно з [2, 25, 32], дорівнює

$$V = S/M. \quad (3.3)$$

Систематичні зміни кліматичних параметрів у часі описуються лінійними рівняннями виду

$$Y = A \cdot t + B, \quad (3.4)$$

коефіцієнти якого A , B можна отримати в середовищі Microsoft Excel, провівши на графіку лінію тренду, як це показано в наступних підрозділах. Перший коефіцієнт A рівняння (3.4) відображає середню швидкість зростання дослідженого кліматичного параметра і може бути визначений також з

використанням функції НАКЛОН(Функція;Аргумент). Тут словом "Функція" позначена область розміщення даних для дослідженого параметра (адреси першої та останньої комірки). Слово "Аргумент" позначає адреси першої та останньої комірки області розміщення аргументу, тобто років спостереження за дослідженим параметром.

Результати статистичної обробки вибірок усіх досліджених кліматичних параметрів за викладеною методикою наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

**Результати статистичної обробки вибірок річних характеристик
навантажень і впливів на метеостанції м. Кропивницький**

Характеристики	Висота снігу, см	Вага снігу, Па	T _{мін} , град	T _{макс} , град	T _{сер} , град	W _{мін} , %	W _{макс} , %	W _{сер} , %
Кількість, N	67	37	67	67	67	67	67	67
Мінімум	1	4	-30,7	29,0	5,8	39,0	90,0	69,1
Максимум	70	1683	-13,9	39,4	10,2	65,0	97,0	84,6
Середнє, M	16,9	397	-22,4	34,3	8,2	48,7	94,2	75,3
Стандарт, S	10,5	340	3,74	2,18	0,93	5,72	1,77	2,33
Варіація, V	0,623	0,855	-0,167	0,064	0,113	0,118	0,019	0,031
Нахил, A	0,087	3,287	0,015	0,015	0,018	0,084	-0,011	0,013

Конкретні методики виявлення та аналізу трендів зміни висоти і ваги снігового покриву, параметрів температури та вологості повітря розроблені в наступних підрозділах на прикладі наведених вище результатів метеорологічних спостережень на метеостанції м. Кропивницький.

3.2 Тренди температури та вологості повітря

В таблиці 3.1 наведені мінімальні, максимальні та середньорічні значення температури й вологості повітря за даними метеостанції м. Кропивницький. Наявні дані відображають зміни температури й вологості як у середньому, так і зміни їх найнижчих і найвищих значень. Подібний характер даних по температурі та вологості повітря обумовлює однакові підходи до їх аналізу.

На рисунку 3.1 за даними таблиці 3.1 побудовані графіки залежностей мінімальних, максимальних і середньорічних значень температури повітря від року спостереження. З рисунка видно, що мінімальні, максимальні та середні річні значення температури повітря змінюються в часі випадковим чином відносно ліній тренду, проведених на графіках. Найбільша мінливість спостерігається для мінімальної температури, а найменша – для середньої. Такий характер мінливості річних значень температури повітря підтверджується також значеннями стандартів з таблиці 3.2. Коефіцієнти при аргументі X наведених на рисунку 3.1 рівнянь ліній тренду типу (3.4) співпадають з величинами "Нахил" з таблиці 3.2 і є досить близькими між собою. Мінімальна та максимальна температури зростають на $0,015^{\circ}\text{C}$ за рік, а середнє значення температури повітря – на $0,018^{\circ}\text{C}$ за рік. Загалом це узгоджується з відомою тенденцією глобального потепління клімату [1, 18, 34].

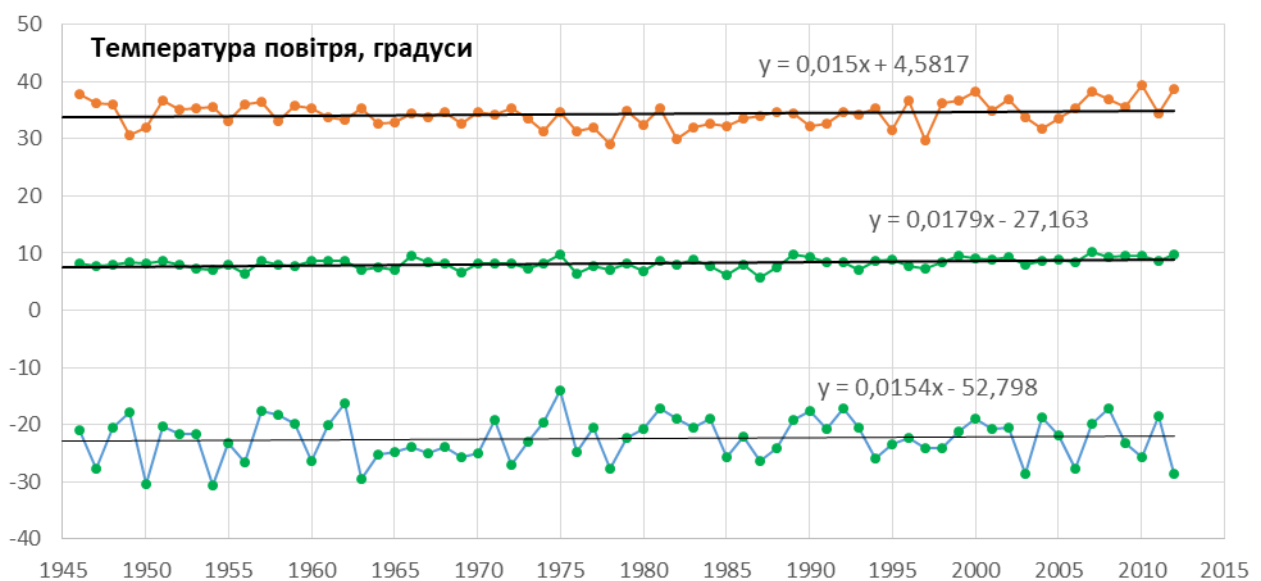


Рис. 3.1 Зміни в часі характеристик температури повітря

Аналіз графіків з рисунка 3.1 дозволяє помітити певну синхронність міжрічних змін температури повітря. Для її перевірки на рисунку 3.2 побудовані графіки залежності мінімальної та максимальної температури від середньорічної. За цими графіками відслідковується дуже слабка тенденція до зростання мінімальної та максимальної температури при збільшенні

середньорічного значення. На рисунках вказані також коефіцієнти кореляції між вказаними випадковими величинами, які дорівнюють $R = 0,394$ та $R = 0,412$. Вони обчислені з використанням функції Excel КОРРЕЛ(Список-1;Список-2), яка реалізує обчислення за відомою формулою з [2, 25, 32].

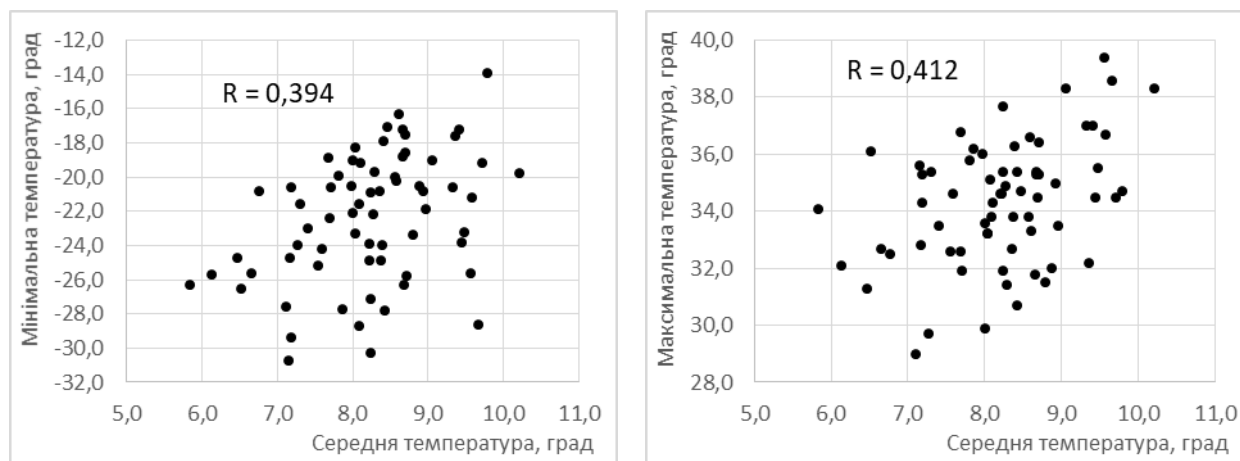


Рис. 3.2 Залежності мінімальної та максимальної температури повітря від середньорічної

Згідно з визначенням [2, 25, 32], коефіцієнти кореляції відображають ступінь тісноти лінійного зв'язку між двома випадковими величинами. При $R = 0$ такий зв'язок відсутній, а при $R = \pm 1$ наявна функціональна лінійна залежність. Наведені на рисунках коефіцієнти кореляції вказують на досить слабкий позитивний зв'язок між дослідженими показниками температури повітря (з ростом середнього значення збільшується мінімальна та максимальна температура повітря). Коефіцієнт кореляції між мінімальним і максимальним значенням температури повітря становить $R = -0,028$ і вказує на практично повну відсутність зв'язку між цими величинами.

Таким чином мінімальні, максимальні та середньорічні значення температури повітря на метеостанції м. Кропивницький загалом синхронно зростають з часом, але при цьому вони практично не зв'язані між собою.

Аналіз тривалих змін вологості атмосферного повітря на метеостанції м. Кропивницький виконаний практично за такою ж методикою, як і для температури повітря.

Побудовані за даними таблиці 3.1 графіки залежностей мінімальних та максимальних декадних, а також середньорічних значень відносної вологості повітря від року спостереження наведені на рисунку 3.3. Як і у випадку температури повітря, мінімальні, максимальні та середні річні значення вологості змінюються в часі випадковим чином відносно зображених на графіках ліній тренду. Найбільша мінливість спостерігається для мінімальної вологості, а найменша для середньої. Такий характер мінливості річних значень вологості повітря підтверджується також значеннями стандартів з таблиці 3.2.

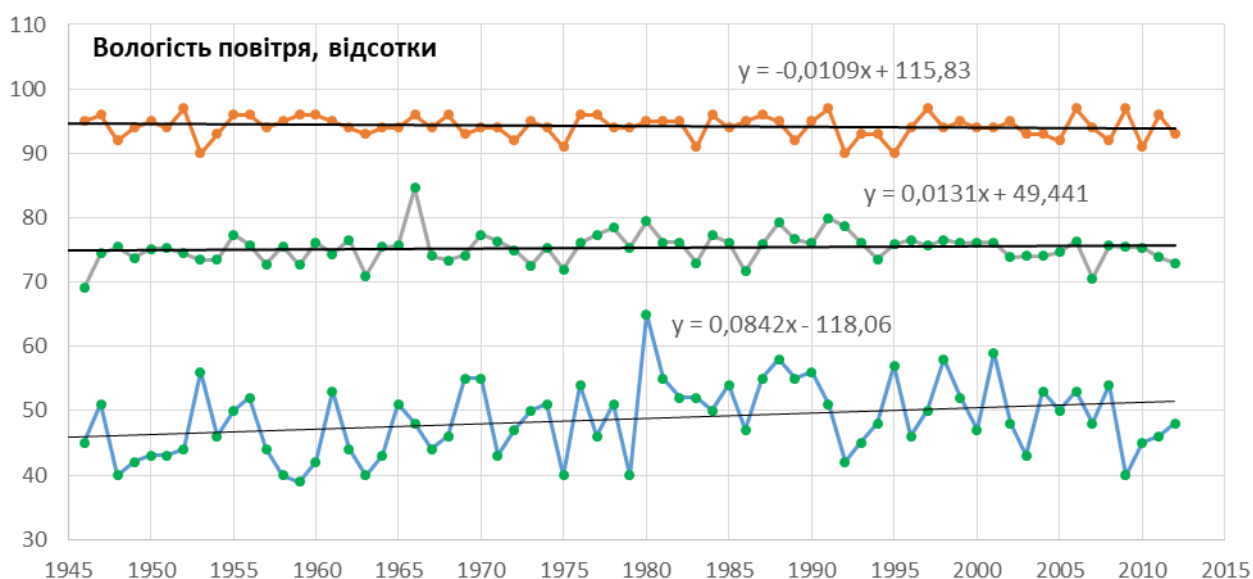


Рис. 3.3 Зміни в часі характеристик відносної вологості повітря

Коефіцієнти при аргументі X наведених на рисунку 3.3 рівнянь ліній тренду типу (3.4) співпадають з величинами "Нахил" з таблиці 3.2. Отримані коефіцієнти помітно відрізняються один від одного: мінімальна вологість зростає на 0,084% за рік, а максимальна вологість щорічно зменшується на 0,011%. Середньорічна вологість протягом року зростає на 0,013%. Отже, розмах вологості повітря зменшується у середньому на 0,095% щорічно.

Зображені на рисунку 3.4 залежності мінімальної та максимальної декадної вологості повітря від середньорічної вказують на практичну відсутність зв'язку між ними. Це підтверджують наведені на графіках

коефіцієнти кореляції $R = 0,320$ та $R = 0,200$, а також коефіцієнт кореляції між мінімальним та максимальним значеннями вологості повітря, рівний $R = 0,004$.

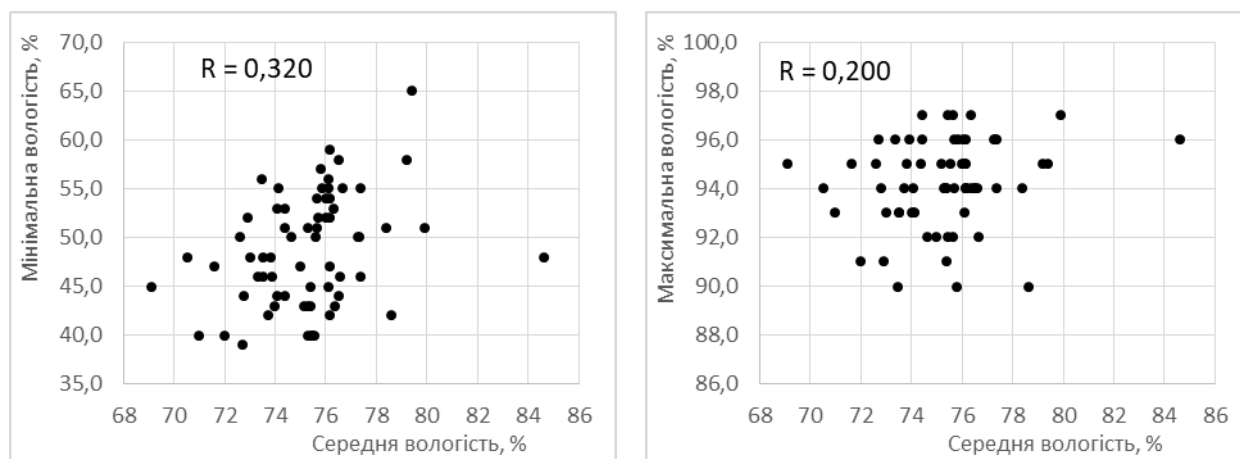


Рис. 3.4 Залежності мінімальної та максимальної декадної вологості повітря від середньорічної відносної вологості

Виконаний аналіз дозволяє стверджувати, що температура повітря на метеостанції м. Кропивницький зростає в середньому на $0,02^{\circ}\text{C}$ щороку, тобто на $0,2^{\circ}\text{C}$ протягом 10 років. З точки зору впливу на будівельні конструкції такі зміни можна вважати неістотними. Відносна вологість повітря у середньому залишається практично незмінною ($0,1\%$ протягом 10 років), але річна амплітуда вологості систематично зменшується на $0,95\%$ протягом 10 років.

3.3 Тренди параметрів снігового навантаження

Відмінність снігового навантаження від температури й вологості полягає в необхідності аналізу змін не лише середніх, а й характеристичних та розрахункових значень ваги снігового покриву, які обчислюються за формулами (1.6) та (1.5) через статистичні характеристики вибірок річних максимумів ваги снігового покриву на поверхні землі.

В таблиці 3.1 наведені результати спостереження за сніговим покривом, які включають 67 значень висоти снігу та 37 значень ваги. У процесі первинної обробки результатів снігомірних зйомок вага снігового покриву (запас води) визначається множенням середньої по маршруту висоти снігу на середнє значення його густини. Тому при порівняно незначній статистичній мінливості густини ці величини повинні бути зв'язаними між собою. Такий зв'язок відображено на рисунку 3.5, побудованому за даними таблиці 3.1.

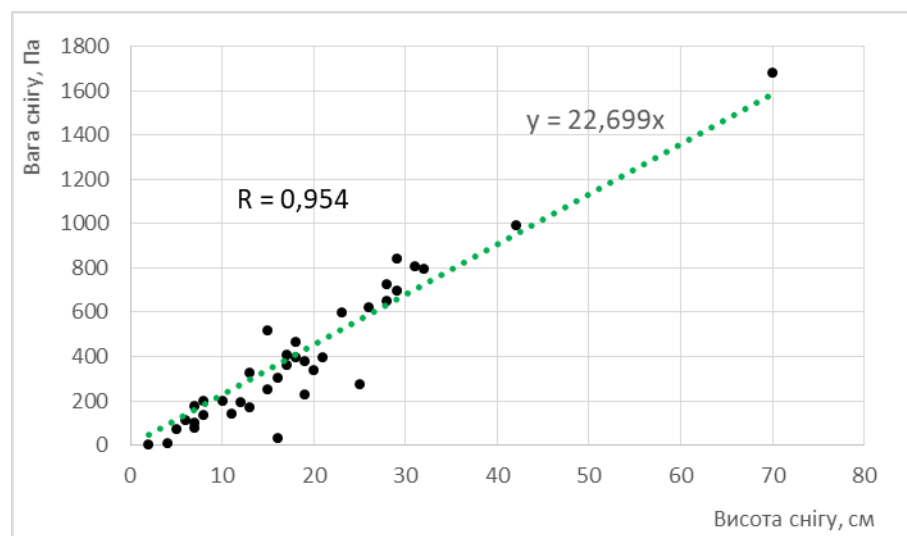


Рис. 3.5 Залежність ваги снігового покриву від його висоти

З наведеного рисунка видно досить тісну залежність річних максимумів ваги снігового покриву Q_i від річних максимумів висоти снігу H_i . Очевидну візуальну залежність підтверджує також великий коефіцієнт кореляції $R = 0,954$. Наведене на рисунку 3.5 рівняння прямої має коефіцієнт 22,7. З урахуванням перетворення грамів у паскалі цей коефіцієнт відповідає звичайним значенням густини снігу $0,2 \dots 0,25 \text{ г/см}^3$.

Виявлений зв'язок дозволяє отримати досить впевнені висновки щодо трендів зміни параметрів снігового навантаження за даними про висоту снігового покриву, які отримані за значно більшим строком спостережень.

На рисунках 3.6 і 3.7 суцільними лініями з маркерами відображені зміни річних максимумів висоти та ваги снігового покриву за роками спостережень.

Наведені графіки вказують на наявність тенденцій до зростання річних максимумів висоти й ваги снігового покриву в часі. Тенденцію до зростання річних максимумів підтверджують також наведені на рисунках 3.6 і 3.7 лінії тренду, зображені на рисунках суцільними чорними лініями. Коефіцієнти при невідомому в формулах лінійних залежностей дорівнюють річному приросту дослідженого показника. З рисунків видно, що висота снігового покриву зростає у середньому на 0,09 см/рік, а вага снігового покриву – на 3,3 Па/рік.

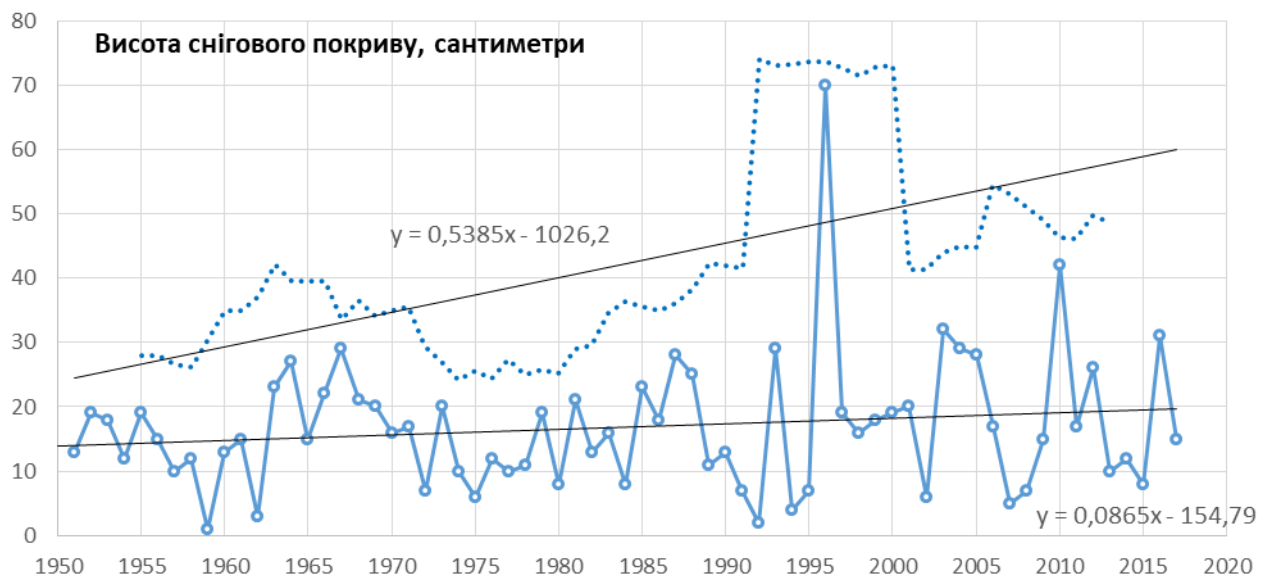


Рис. 3.6 Міжрічні зміни висоти снігового покриву

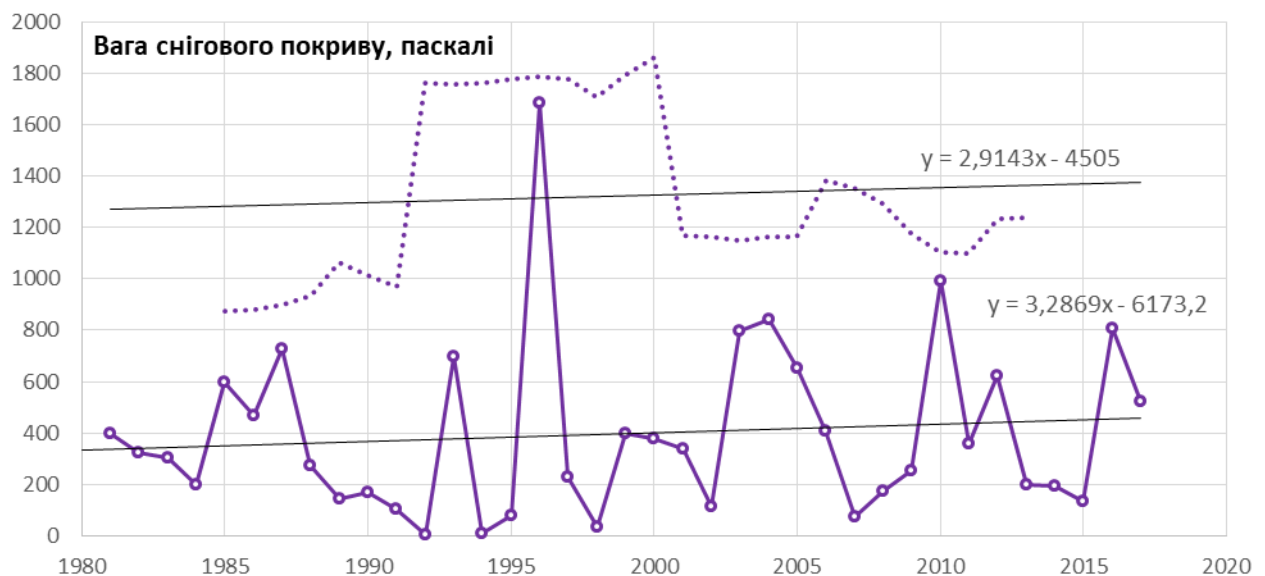


Рис. 3.7 Міжрічні зміни ваги снігового покриву

З рисунків 3.6 і 3.7 видно, що систематичне зростання висоти й ваги снігового покриву відбувається на фоні значної випадкової міжрічної мінливості. Звертають на себе увагу аномально високі показники зими 1995-1996 років, яка позначена на графіках як 1996 рік. Цієї зими спостерігався сніговий покрив з висотою 70 см та вагою 1683 Па, що майже вдвічі перевищує найбільші значення, спостережені протягом інших зим.

Для снігового навантаження необхідно проаналізувати не лише послідовності річних максимумів висоти та ваги снігового покриву, але й характеристичні значення, рівні максимумам, які можуть перевищуватися один раз на 50 років. Характеристичні значення кліматичних навантажень, представлені вибірками річних максимумів, наближено можна обчислити за формулою (1.6) через математичне сподівання й стандарт цих вибірок. За даними таблиці 3.2 з використанням повних вибірок з таблиці 3.1 отримуємо характеристичне значення висоти снігового покриву

$$H_0 = M_H + 2,6 \cdot S_H = 16,9 + 2,6 \cdot 10,5 = 44,2 \text{ см} , \quad (3.5)$$

Характеристичне значення ваги снігового покриву дорівнює

$$Q_0 = M_Q + 2,6 \cdot S_Q = 397 + 2,6 \cdot 340 = 1280 \text{ Па} , \quad (3.6)$$

що близько до встановленого в додатку У ДБН [5] значення 1230 Па.

Для аналізу трендів зміни в часі характеристичних значень висоти та ваги снігового покриву їх необхідно обчислити за різними фрагментами наявних вибірок, що відповідають різним періодам спостережень. Для цього використана процедура, подібна до лінійного згладжування послідовностей максимальних значень, яке було виконане в роботі [24].

Спочатку обчислюються згладжене середнє значення та стандарт висоти та ваги снігу з використанням відповідних функцій Microsoft Excel. При цьому обчислення для і-того року виконуються за вибіркою з 9-ти елементів загальної послідовності (4 значення до і-того року та 4 значення після і-того року). Результати обчислень занесені в таблицю, яка містить послідовності висоти H_i та ваги Q_i снігового покриву, скопійовані з таблиці 3.1, а також результати

обчислень середніх значень M_H , M_Q і стандартів S_H , S_Q для усіх можливих років спостереження. Унаслідок охоплення дев'яти елементів вихідних вибірок при кожному i -тому році спостереження, послідовності середніх значень і стандартів отримані на 8 елементів коротшими, ніж послідовності висоти й ваги снігу. Результати обчислень наведені в таблиці 3.3 та на рисунках 3.8 і 3.9.

Таблиця 3.3

Розрахункові параметри висоти та ваги снігового покриву
на метеостанції м. Кропивницький

Роки спосте- режень	Висота снігового покриву				Вага снігового покриву			
	H_i , см	M_H , см	S_H , см	H_0 , см	Q_i , Па	M_Q , Па	S_Q , Па	Q_0 , Па
1951	13							
1952	19							
1953	18							
1954	12							
1955	19	13,2	5,65	27,9				
1956	15	13,2	5,65	27,9				
1957	10	12,8	5,29	26,5				
1958	12	11,1	5,78	26,1				
1959	1	12,3	7,02	30,6				
1960	13	13,2	8,35	34,9				
1961	15	13,2	8,35	34,9				
1962	3	14,6	8,72	37,2				
1963	23	16,4	9,86	42,1				
1964	27	18,7	8,03	39,5				
1965	15	19,4	7,75	39,6				
1966	22	19,6	7,68	39,5				
1967	29	21,1	4,78	33,5				
1968	21	19,3	6,61	36,5				
1969	20	18,6	5,98	34,1				
1970	16	18,0	6,56	35,0				
1971	17	16,2	7,45	35,6				
1972	7	14,3	5,77	29,3				
1973	20	13,1	5,33	27,0				
1974	10	12,1	4,68	24,3				
1975	6	12,4	5,08	25,6				
1976	12	11,4	4,95	24,3				
1977	10	13,0	5,55	27,4				
1978	11	12,2	4,89	24,9				

Роки спостережень	Висота снігового покриву				Вага снігового покриву			
	H _i , см	M _H , см	S _H , см	H ₀ , см	Q _i , Па	M _Q , Па	S _Q , Па	Q ₀ , Па
1979	19	12,9	4,96	25,8				
1980	8	13,1	4,65	25,2				
1981	21	14,3	5,66	29,0	399			
1982	13	15,2	5,52	29,6	325			
1983	16	17,1	6,68	34,5	304			
1984	8	17,8	7,17	36,4	200			
1985	23	18,1	6,72	35,6	598	382	189	873
1986	18	17,2	6,82	34,9	468	357	201	880
1987	28	16,6	7,54	36,1	728	332	219	901
1988	25	15,0	8,97	38,3	275	299	245	935
1989	11	17,3	9,63	42,4	143	354	274	1066
1990	13	15,2	10,29	42,0	169	288	279	1013
1991	7	14,0	10,57	41,5	102	245	278	967
1992	2	18,7	21,32	74,1	4	351	542	1760
1993	29	18,0	21,20	73,1	696	346	543	1758
1994	4	18,6	21,05	73,3	8	333	549	1762
1995	7	19,1	20,95	73,6	77	358	546	1779
1996	70	20,4	20,46	73,7	1683	389	538	1787
1997	19	22,4	19,28	72,6	228	427	519	1776
1998	16	19,9	19,82	71,4	32	362	517	1707
1999	18	23,0	19,20	72,9	396	450	517	1794
2000	19	25,4	18,29	73,0	380	535	511	1863
2001	20	20,8	7,92	41,4	340	420	288	1168
2002	6	20,6	8,00	41,4	114	440	279	1165
2003	32	19,3	9,49	44,0	798	445	271	1150
2004	29	18,1	10,35	45,0	841	420	286	1163
2005	28	17,7	10,39	44,7	650	406	291	1163
2006	17	20,1	13,21	54,5	408	479	348	1384
2007	5	21,3	12,22	53,1	75	506	325	1350
2008	7	20,7	11,72	51,1	175	486	310	1292
2009	15	18,6	11,74	49,1	255	415	291	1172
2010	42	16,8	11,33	46,2	992	364	285	1105
2011	17	15,8	11,70	46,2	360	334	294	1098
2012	26	18,7	11,92	49,6	620	415	314	1231
2013	10	19,6	11,22	48,7	200	454	302	1238
2014	12	13,2	5,65	27,9	192			
2015	8	13,2	5,65	27,9	136			
2016	31	12,8	5,29	26,5	806			
2017	15	11,1	5,78	26,1	521			

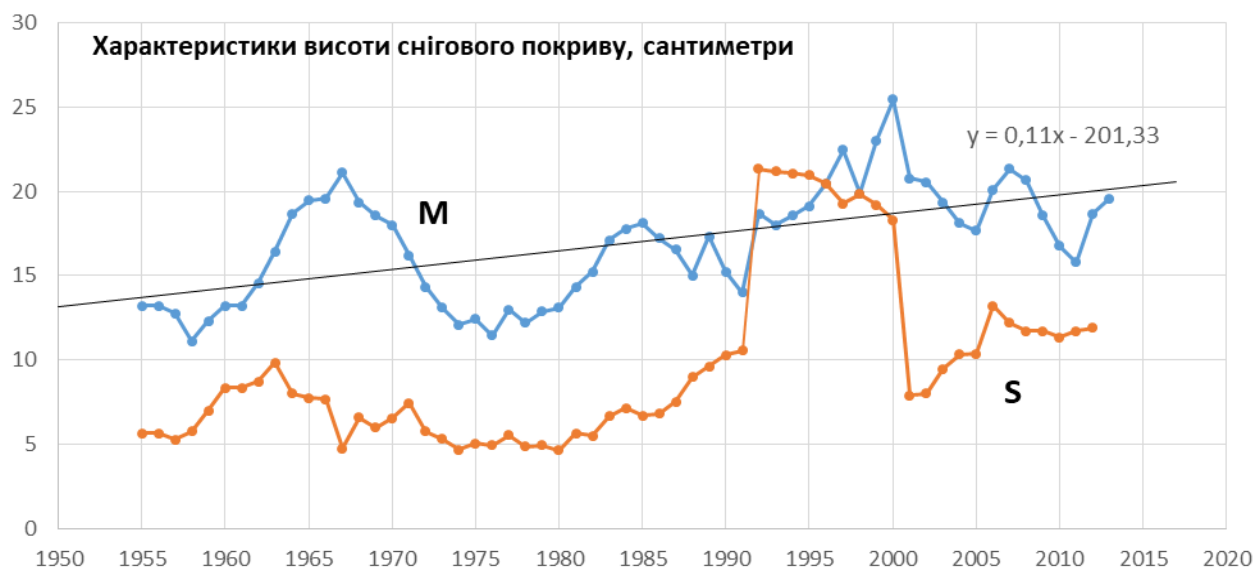


Рис. 3.8 Міжрічні зміни середнього значення й стандарту висоти снігу

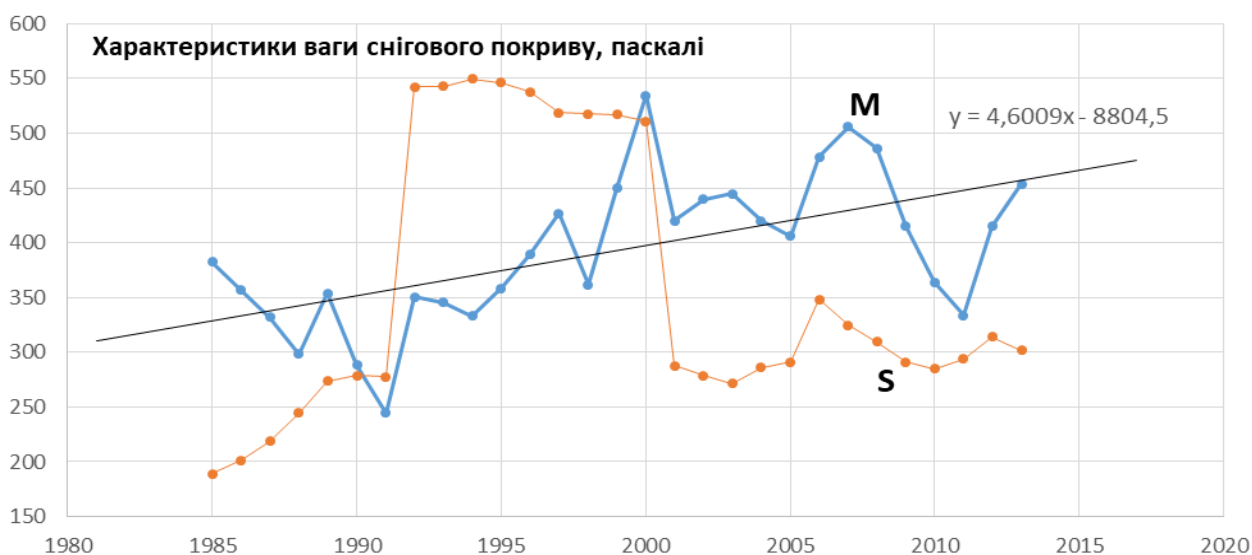


Рис. 3.9 Міжрічні зміни середнього значення й стандарту ваги снігового покриву

З наведених рисунків видно, що згладжені середні значення (сині лінії) та стандарти (оранжеві лінії) висоти й ваги снігового покриву мають виражені тенденції до зростання в часі. Кути нахилу ліній тренду середніх значень отримані загалом близькими до кутів нахилу трендів вихідних послідовностей з рисунків 3.6 і 3.8. Пікові значення зими 1995-1996 років при обчисленні середніх значень істотно згладилися, хоча й залишилися досить помітними.

На графіках зміни стандартів різко виділяються 9 значень в околі 1996 року, які отримані приблизно удвічі більшими від значень для суміжних років. Це пояснюється урахуванням аномальної висоти й ваги снігового покриву зимою 1995-1996 років, яка різко відхиляється від загального рівня даних. Таке відхилення сильно збільшує стандарти, обчислені з урахуванням цих аномальних значень. З цієї причини на рисунках 3.8 і 3.9 не проведені лінії тренду для стандартів. Візуально добре відстежується зростання згладжених стандартів у часі, особливо якщо не звертати уваги на вказані раніше дев'ять завищених значень.

Наявність згладжених значень середнього й стандарту дозволяє оцінити характеристичні значення висоти й ваги снігового покриву за формулою (1.6) для кожного з років спостереження, для яких виконувалося згладжування. Результати цих обчислень наведені в таблиці 3.3 та відображені на рисунках 3.6 і 3.7 пунктирними лініями без маркерів.

Процеси зміни характеристичних значень у часі загалом відображають послідовності річних значень висоти й ваги снігового покриву, але змінюються більш плавно. На фоні випадкових коливань чітко відслідковуються тенденції до зростання характеристичних значень в часі. Судячи з рівнянь ліній тренду, наведених на рисунках 3.6 і 3.7, характеристичне значення висоти снігового покриву зростає в середньому на 0,54 см/рік, а характеристичне значення ваги снігового покриву – на 2,9 Па/рік. Якщо відкинути з розгляду 9 років, у які спостерігається різке завищення характеристичних значень унаслідок аномально великого снігу зимою 1995-1996 років, отримуємо інші кути нахилу ліній тренду. Висота снігового покриву зростає в середньому на 0,34 см/рік, а вага – на 12,6 Па/рік. Ці значення доцільно вважати осередненими інтенсивностями зростання висоти та ваги снігового покриву протягом останніх десятиліть та базуватися на них при оцінюванні впливу глобального потепління на значення снігового навантаження.

3.4 Висновки з розділу

1. Тенденції довготривалих змін температури атмосферного повітря відображаються середньорічними приростами річних мінімумів, річних максимумів та середньорічних значень температури, які дорівнюють кутам нахилі ліній тренду, проведених на відповідних графіках. Дані метеостанції м. Кропивницький вказують на зростання цих характеристик зі швидкістю $0,015...0,018^{\circ}\text{C}/\text{рік}$. Значимий взаємний зв'язок між річними мінімумами, річними максимумами та середньорічними значеннями температури повітря можна вважати відсутнім.

2. Тенденції довготривалих змін відносної вологості атмосферного повітря також відображаються середньорічними приростами річних декадних мінімумів, річних декадних максимумів та середньорічних значень вологості. Дані метеостанції м. Кропивницький вказують на зростання мінімальної вологості зі швидкістю $0,084\%/ \text{рік}$ та на зменшення максимальної вологості повітря зі швидкістю $0,011\%/ \text{рік}$. Середньорічна вологість повітря зростає зі швидкістю $0,013\%/ \text{рік}$. Таким чином, спостерігається зменшення річної амплітуди відносної вологості повітря зі швидкістю $0,095\%/ \text{рік}$. Коефіцієнти кореляції річних декадних мінімумів, річних максимумів та середньорічних значень вологості вказують на незалежність цих характеристик.

3. Тенденції довготривалих змін снігового навантаження аналізуються за значеннями висоти та ваги снігового покриву. На метеостанції м. Кропивницький річні максимуми висоти снігу зростають з середньою швидкістю $0,09 \text{ мм}/\text{рік}$, а середнє зростання річних максимумів ваги снігового покриву становить $3,3 \text{ Па}/\text{рік}$. Виявлено досить тісну лінійну залежність між висотою та вагою снігового покриву, яка дозволяє аналізувати тренди зміни снігового навантаження за результатами більш тривалих спостережень за висотою снігового покриву.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						70
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

4. Розроблена методика побудови послідовностей характеристичних значень висоти і ваги снігового покриву з використанням згладжених значень математичного сподівання та стандарту відповідних послідовностей річних максимумів. Аномально сніжна зима 1995-1996 років обумовила різке збільшення характеристичних значень в околі цієї зими.

5. Без урахування даних аномальної зими встановлено, що на метеостанції м. Кропивницький характеристичне значення висоти снігового покриву зростає в середньому на 0,34 см/рік, а характеристичне значення ваги снігового покриву – на 12,6 Па/рік.

6. Методики, розроблені на прикладі результатів метеорологічних спостережень на метеостанції м. Кропивницький, можна використати для виявлення та аналізу трендів довготривалих змін температури й вологості атмосферного повітря, а також висоти та ваги снігового покриву на інших метеостанціях Кіровоградської області та України.

Розділ 4

ТРЕНДИ ТРИВАЛИХ ЗМІН КЛІМАТИЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ І ВПЛИВІВ НА ТЕРИТОРІЇ КІРОВОГРАДСЬКОЇ ОБЛАСТІ

4.1 Вихідні метеорологічні дані для аналізу трендів зміни кліматичних навантажень і впливів

Аналіз трендів тривалих змін навантажень і впливів виконано за методиками, розробленими в попередньому розділі. Для цього використано дані восьми метеостанцій Кіровоградської області, включені до створеної електронної бази метеорологічних даних та наведені в таких таблицях:

таблиця 2.2 – річні максимуми висоти снігового покриву за снігомірними зйомками або за постійною рейкою;

таблиця 2.2 – річні максимуми ваги снігового покриву (запас води в сніговому покриві) за результатами снігомірних зйомок;

таблиця 2.6 – річні мінімуми температури повітря $T_{\min}$;

таблиця 2.7 – річні максимуми температури повітря $T_{\max}$;

таблиця 2.8 – середньорічні значення температури повітря $T_{\text{сер}}$;

таблиця 2.10 – середньорічні значення відносної вологості повітря $W_{\text{сер}}$;

таблиця 2.11 – річні мінімуми декадних значень вологості повітря $W_{\min}$;

таблиця 2.12 – річні максимуми декадних значень вологості повітря $W_{\max}$.

Усі необхідні розрахунки виконані в середовищі Microsoft Excel, а їх результати наведені в таблицях та на діаграмах цього розділу.

4.2 Тренди змін температури атмосферного повітря

Аналіз змін температури атмосферного повітря на метеостанціях Кіровоградської області виконаний за методикою, розробленою в підрозділі 2.2. Швидкість приростів мінімальної, максимальної та середньорічної температури повітря виражається кутами нахилу відповідних ліній тренду, тобто

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						72
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

коефіцієнтами A в рівняннях типу (3.4). Ці коефіцієнти обчислені в середовищі Microsoft Excel з використанням функції НАКЛОН(Функція;Аргумент). Результати обчислень наведені в таблиці 4.1. Три останні рядки таблиці містять розмахи та середні значення річних приростів температури на території Кіровоградської області.

Таблиця 4.1

Річні прирости параметрів температури повітря, градуси/рік

Метеостанції	$T_{\min}$	$T_{\max}$	$T_{\text{сер}}$
Бобринець	0,022	0,031	0,023
Гайворон	0,059	0,011	0,022
Долинська	-0,006	0,032	0,025
Знамянка	0,007	0,025	0,020
Кропивницький	0,015	0,011	0,018
Новомиргород	0,029	0,010	0,021
Помічна	0,040	0,016	0,021
Світловодськ	0,018	0,052	0,026
Мінімум	-0,006	0,010	0,018
Максимум	0,059	0,052	0,026
Середнє	0,023	0,024	0,022

Порівняльний аналіз отриманих результатів виконано на діаграмі з рисунка 4.1. Для кожної метеостанції наведені річні прирости таких показників (на діаграмі зображені зверху вниз):

- середньорічної температури повітря $T_{\text{сер}}$
- максимальної річної температури повітря $T_{\max}$
- мінімальної річної температури повітря $T_{\min}$

З рисунка 4.1 видно, що практично всі прирости вказаних показників є додатними, що вказує на зростання температури повітря в цілому. Виняток складають річні мінімуми температури на метеостанції Гайворон, які зменшуються в середньому на $0,006^{\circ}\text{C}$ протягом одного року. Цей результат настільки малий, що його можна вважати незначимим та вважати, що усі показників температури атмосферного повітря зростають з часом. Середнє по усіх метеостанціях збільшення температури становить $0,022\dots0,024^{\circ}\text{C}$.

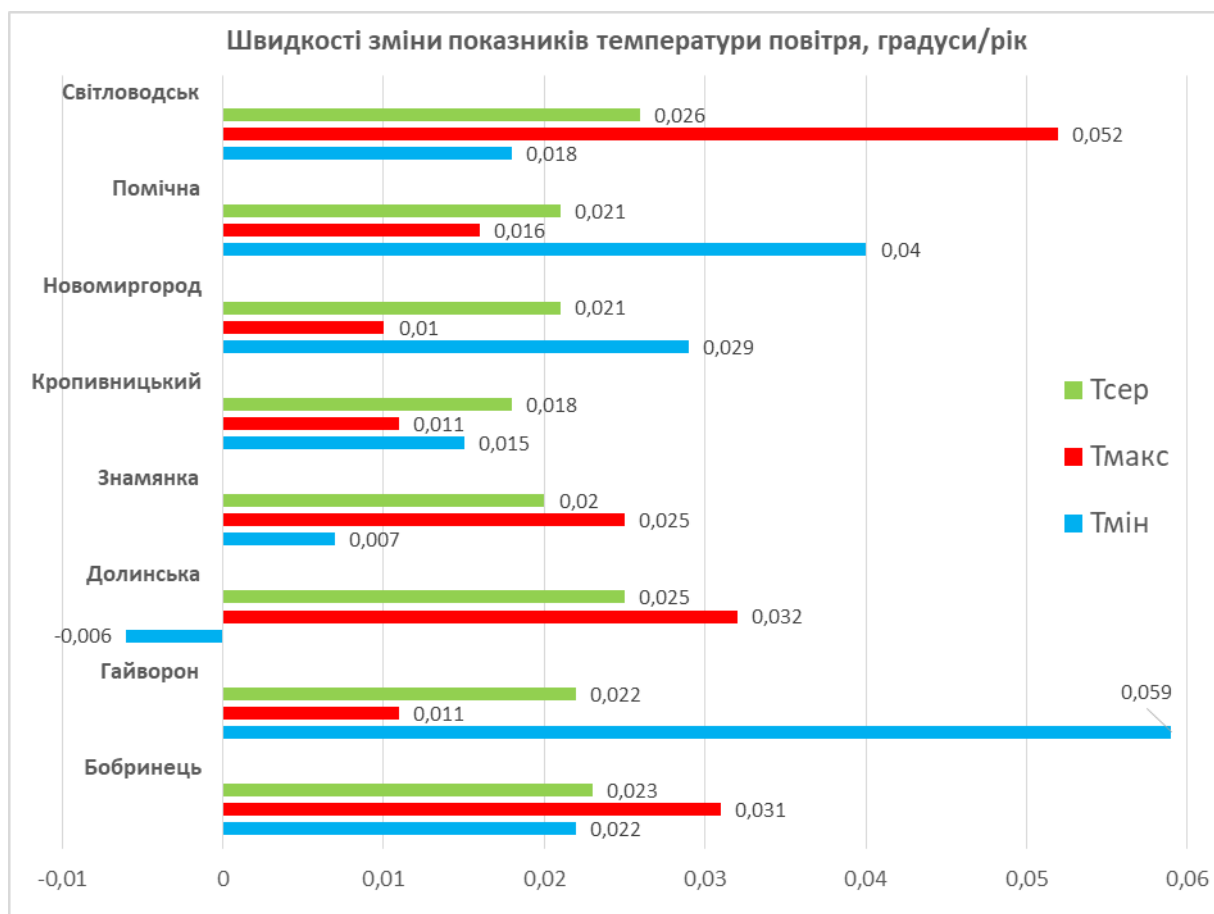


**Рис. 4.1 Річні прирости параметрів температури повітря
на метеостанціях Кіровоградської області**

За даними різних джерел, проаналізованих у розділі 1, швидкість зростання температури на Землі в цілому становить $0,006...0,009^{\circ}\text{C}/\text{рік}$, а на території України – $0,008...0,06^{\circ}\text{C}/\text{рік}$. Наведені в таблиці 4.1 прирости середньорічних значень температури повітря $0,018...0,026^{\circ}\text{C}/\text{рік}$ загалом близькі до даних джерел [2, 10, 18].

Виходячи з даних таблиці 4.1, з урахуванням несприятливого прогнозу на 10 наступних років (строк дії норм до наступного перегляду) при нормуванні розрахункових значень температури повітря в теплий період року їх слід завищувати на $0,5^{\circ}\text{C}$, а в холодний період року – залишати такими, які отримані за результатами статистичної обробки наявних метеорологічних даних. Такий підхід забезпечить запаси надійності норм на наступні 10 років.

4.3 Тренди змін відносної вологості атмосферного повітря

Аналіз змін вологості атмосферного повітря виконаний за методикою, розробленою в підрозділі 2.3, таким же чином як і для температури повітря. Отримані швидкості приростів мінімальної, максимальної та середньорічної вологості повітря наведені в таблиці 4.2 та на рисунку 4.2.

Таблиця 4.2

Річні прирости параметрів вологості повітря

Метеостанції	$W_{\min}, \%$	$W_{\max}, \%$	$W_{\text{сер}}, \%$
Бобринець	0,097	-0,049	-0,019
Гайворон	0,171	-0,056	0,013
Долинська	0,095	-0,049	0,001
Знамянка	0,134	-0,012	0,054
Кропивницький	0,084	-0,011	0,013
Новомиргород	0,010	-0,048	-0,029
Помічна	0,061	-0,006	0,002
Світловодськ	0,082	-0,057	0,008
Мінімум	0,010	-0,057	-0,029
Максимум	0,171	-0,006	0,054
Середнє	0,092	-0,036	0,005

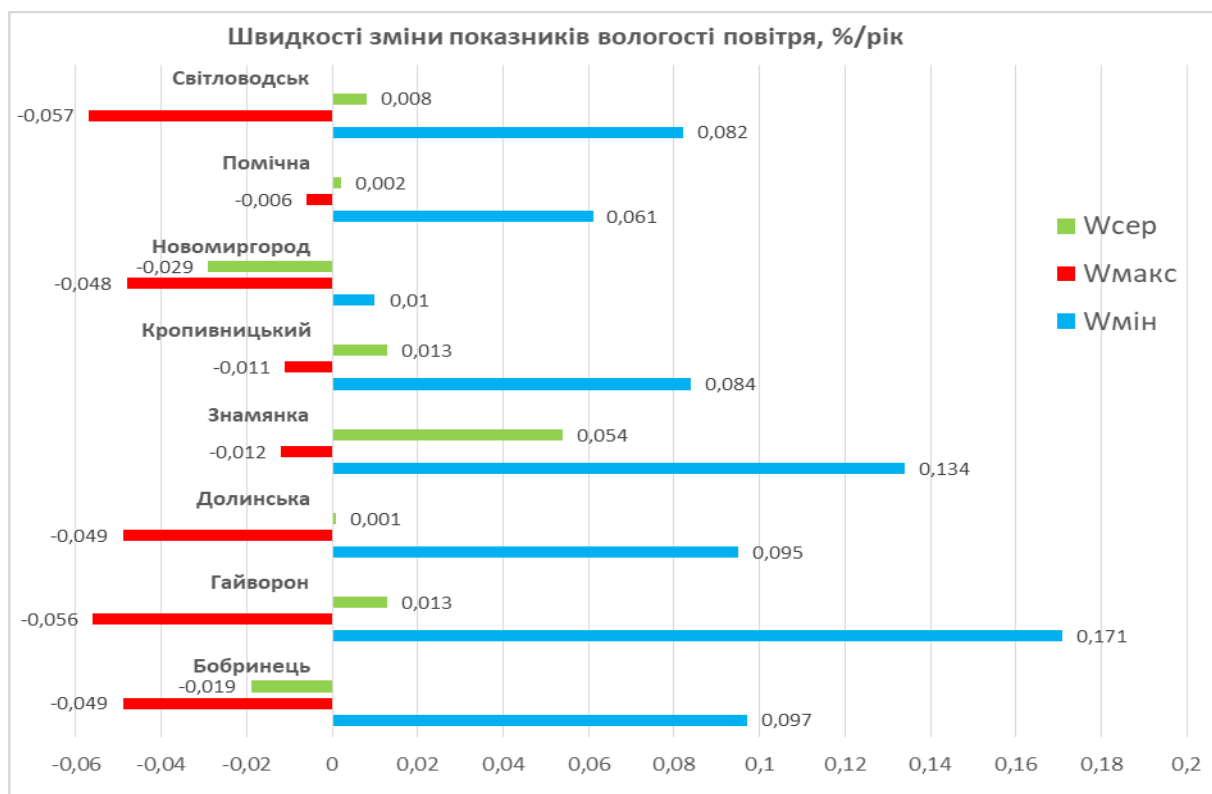


Рис. 4.2 Річні прирости параметрів вологості повітря

З таблиці 4.2 та рисунка 4.2 видно, що на усіх метеостанціях області максимальна вологість зменшується на 0,006...0,057% щорічно (у середньому по області – на 0,036%). Мінімальні значення вологості повітря на усіх метеостанціях зростають на 0,010...0,171% щорічно (у середньому по області – на 0,092%). Середньорічна вологість повітря на різних метеостанціях може зменшуватися на 0,029% або зростати на 0,054% щорічно, але в середньому по області залишається практично незмінною.

Три останні рядки таблиці містять розмахи та середні значення річних приростів відносної вологості повітря на території Кіровоградської області. Оскільки практично на усіх метеостанціях мінімальна вологість зростає, а максимальна зменшується, в запас надійності встановимо такі річні прирости:

- для мінімальної вологості – зростання на 0,17% в рік;
- для максимальної вологості – зменшення на 0,06% в рік.

Вказані прирости відображають найбільше можливе звуження відносної вологості повітря на території Кіровоградської області.

4.4 Тренди зміни параметрів снігового навантаження

Зміни ваги снігового покриву проаналізовані за методикою, розробленою в підрозділі 3.3. На рисунках 4.3...4.10 зображені графіки зміни в часі послідовності річних максимумів ваги снігового покриву (ламана лінія з маркерами) та послідовності згладжених характеристичних значень снігового навантаження (верхня суцільна лінія) для усіх восьми метеостанцій Кіровоградської області. Там же зображені лінії тренду та рівняння, що їм відповідають. Окрім відміченої в підрозділі 3.3 аномально сніжної зими 1995-1996 років у Кропивницькому, така ж багатосніжна зима спостерігається в Знам'янці в 2009-2010 році, а також у Помічній у 2002-2003 році.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						76
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		



Рис. 4.3 Зміни ваги снігового покриву на метеостанції Бобринець

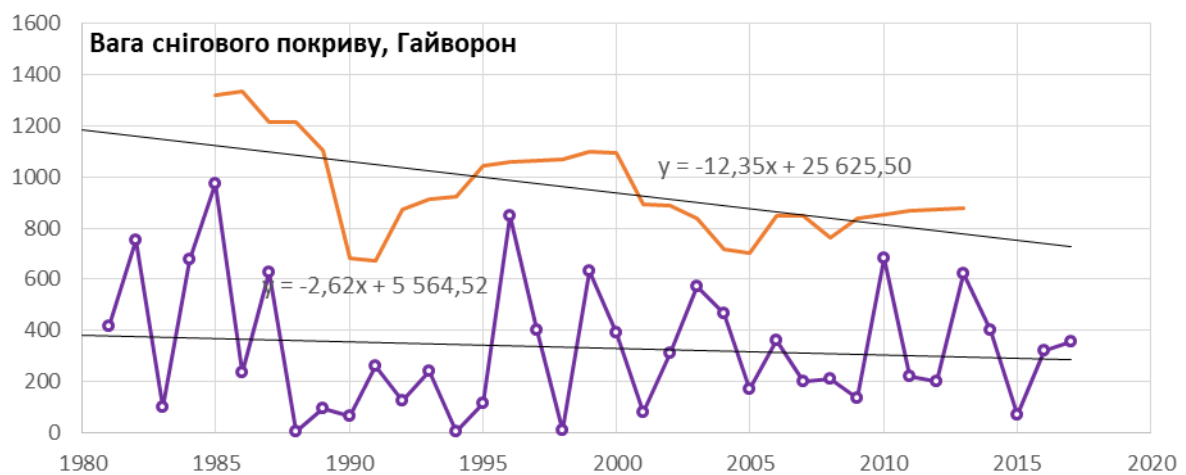


Рис. 4.4 Зміни ваги снігового покриву на метеостанції Гайворон



Рис. 4.5 Зміни ваги снігового покриву на метеостанції Долинська



Рис. 4.6 Зміни ваги снігового покриву на метеостанції Знам'янка



Рис. 4.7 Зміни ваги снігового покриву на метеостанції Кропивницький

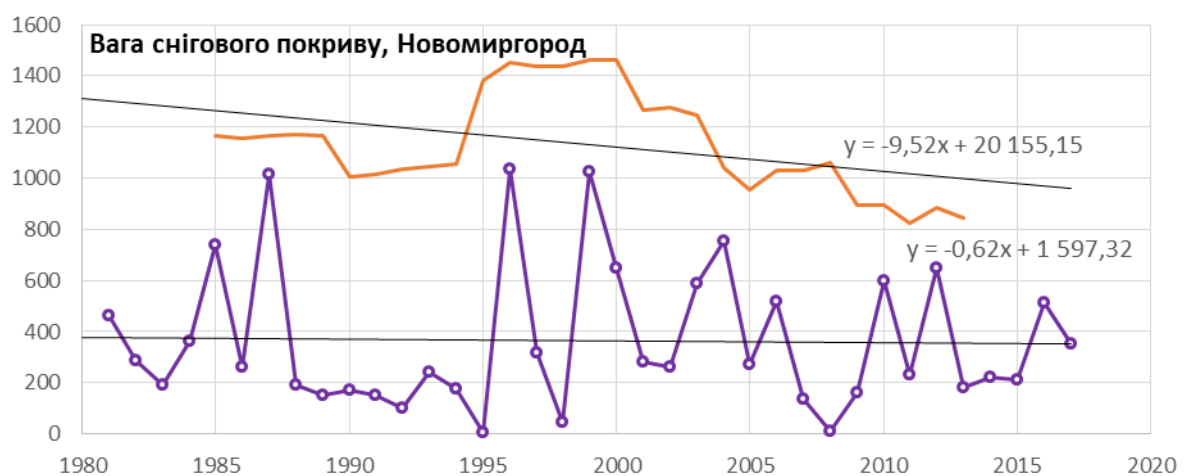


Рис. 4.8 Зміни ваги снігового покриву на метеостанції Новомиргород

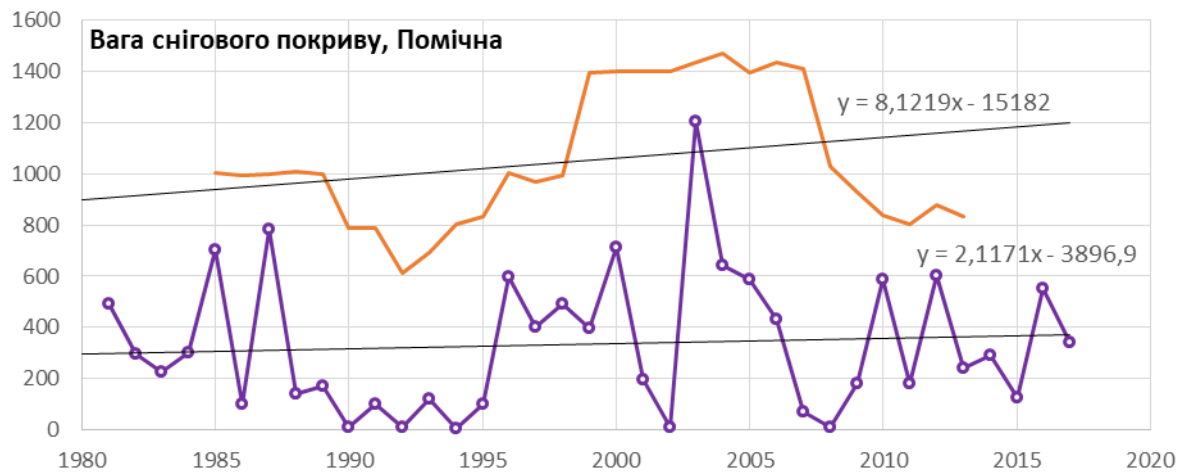


Рис. 4.9 Зміни ваги снігового покриву на метеостанції Помічна

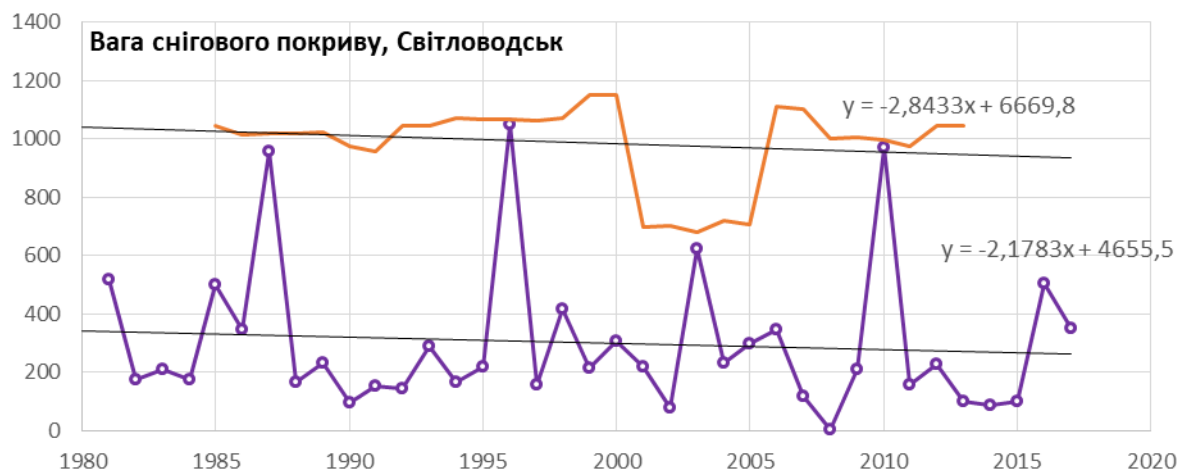


Рис. 4.10 Зміни ваги снігового покриву на метеостанції Світловодськ

Результати визначення осереднених приростів послідовностей річних максимумів та характеристичних значень ваги снігового покриву за кутами нахилу відповідних ліній тренду наведені в таблиці 4.3. Для кожної з метеостанцій області в таблиці наведені:

Q_0 – загальне характеристичне значення ваги снігового покриву, Па;

ΔQ_i – річний приріст послідовності максимумів ваги снігового покриву, Па/рік;

ΔQ_0 – річний приріст послідовності характеристичних значень ваги снігового покриву, Па/рік;

$\Delta Q_{\%}$ – відносний річний приріст послідовності характеристичних значень ваги снігового покриву у відсотках від значення Q_0 , %/рік.

Таблиця 4.3

Річні прирости параметрів ваги снігового покриву

Метеостанції	Q_0 , Па	ΔQ_i , Па/рік	ΔQ_0 , Па/рік	$\Delta Q_{\%}$, %/рік
Бобринець	1216	1,26	11,50	0,95
Гайворон	995	-2,62	-12,35	-1,24
Долинська	979	2,08	6,08	0,62
Знам'янка	1363	2,29	7,22	0,53
Кропивницький	1281	3,29	2,91	0,23
Новомиргород	1094	-0,62	-9,52	-0,87
Помічна	1052	2,12	8,12	0,77
Світловодськ	950	-2,18	-2,84	-0,30
Мінімум	950	-2,62	-12,35	-1,24
Максимум	1363	3,29	11,50	0,95
Середнє	1116	0,70	1,39	0,09

Дані таблиці 4.3 візуалізовані на діаграмі з рисунка 4.11. З рисунка й таблиці видно, що для усіх метеостанцій прирости обох досліджених величин мають однаковий знак. Для трьох метеостанцій спостерігається зменшення снігового навантаження, а для п'яти – зростання. За винятком метеостанції м. Кропивницький, прирости характеристичних значень є 1,3...15,4 рази більшими від приростів річних максимумів ваги снігового покриву. Ця різниця приростів є досить хаотичною і не дозволяє встановити якісь закономірності.

На рисунках 4.12 і 4.13 показані графіки залежності приростів річних максимумів та характеристичних значень ваги снігового покриву від повного характеристичного значення ваги снігового покриву на даній метеостанції, яке обчислене за формулою (1.6) з урахуванням усіх спостережених значень ваги снігового покриву. На рисунку 4.12 прослідковується тенденція до збільшення приростів річних максимумів при зростанні повного характеристичного значення ваги снігового покриву. Рисунок 4.13 вказує на практичну відсутність зв'язку між повним та характеристичним значенням ваги снігового покриву та річним приростом поточних розрахункових значень.

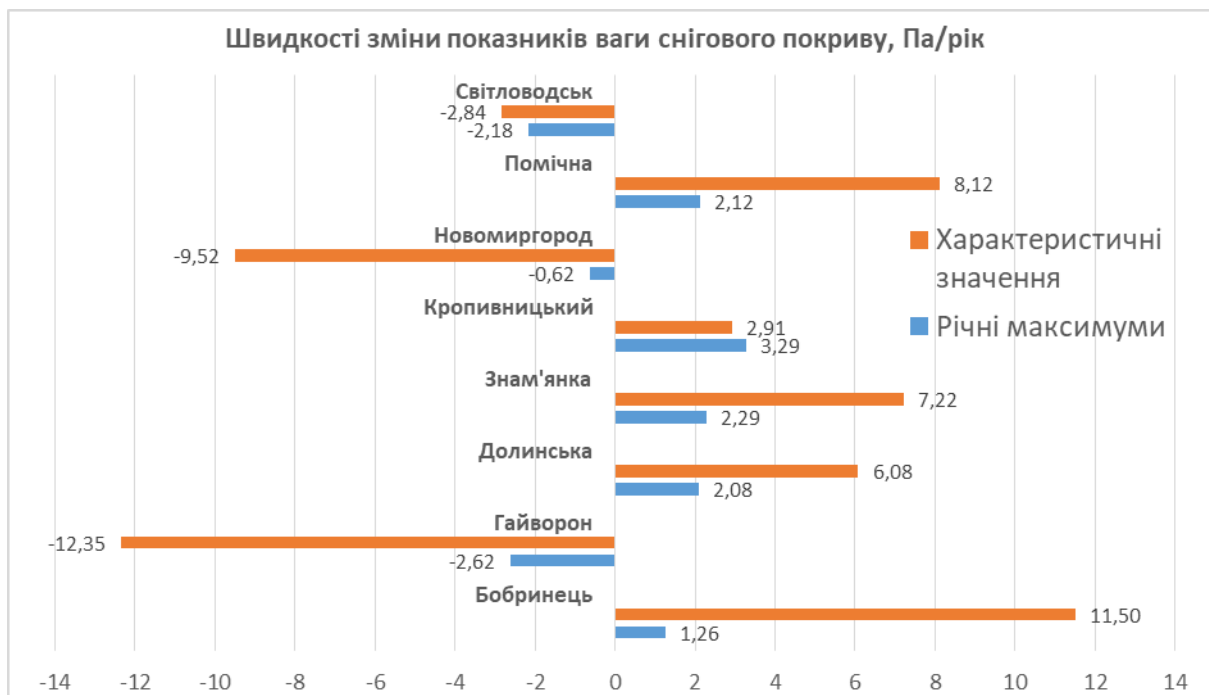


Рис. 4.11 Річні прирости річних максимумів та характеристичних значень ваги снігового покриву

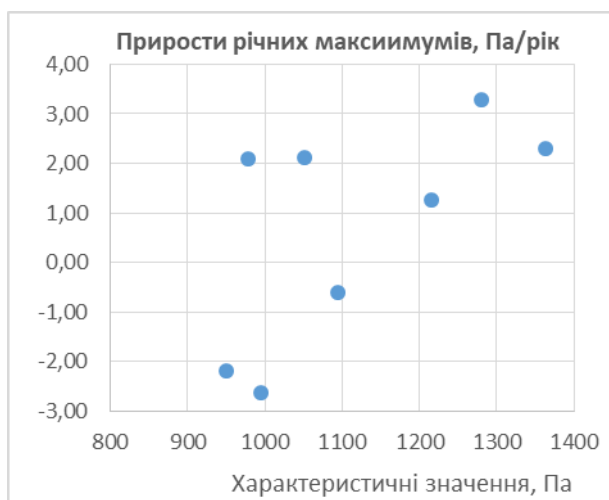


Рис. 4.12 Залежність приростів річних максимумів ваги снігового покриву від повного характеристичного значення

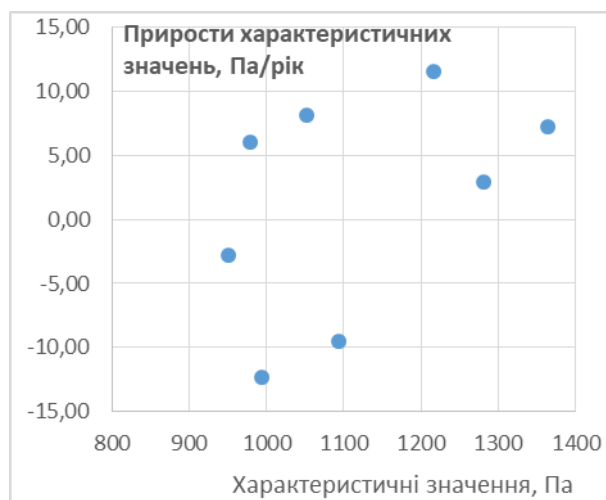


Рис. 4.13 Залежність приростів характеристичних значень ваги снігу від повного характеристичного значення

Спроба виразити річні прирости характеристичних значень ваги снігового покриву, зроблена в останньому стовпці таблиці 4.3, не поліпшила їх залежність від повного характеристичного значення. Аналіз рисунків 4.3...4.10 дозволяє прийти до висновку, що виявлена хаотичність зміни приростів

характеристичних значень викликана різкими скачками ваги снігового покриву в окремі роки спостережень, як це було виявлено вище при аналізі даних метеостанції м. Кропивницький.

Аналіз даних таблиці 4.3, а також рисунків 4.11 і 4.13 дозволяє в запас надійності встановити єдине для території області округлене значення річного приросту характеристичних значень ваги снігового покриву, рівне 10 Па/рік.

4.5 Рекомендації щодо урахування трендів довготривалих змін при нормуванні кліматичних навантажень і впливів

Виконаний аналіз річних приростів характеристичних значень ваги снігового покриву, а також параметрів температури й вологості атмосферного повітря дозволяє розробити узагальнені рекомендації викладені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

Прирости параметрів кліматичних навантажень і впливів

Розрахункові параметри кліматичних навантажень і впливів	Прирости параметрів	
	річні	за 10 років
Характеристичні значення ваги снігового покриву	+10 Па/рік	+100 Па
Мінімальна температура повітря	0°C	0°C
Максимальна температура повітря	0,05°C	0,5°C
Мінімальна вологість повітря	+0,17%	1,7%
Максимальна вологість повітря	-0,06%	-0,6%

Оскільки Кіровоградська область знаходиться в центральній Україні і відображає кліматичні умови для значної території держави, наведені в таблиці прирости навантажень і впливів можна рекомендувати для використання при чергових переглядах норм навантажень, які повинні здійснюватися кожні 10 років. Для цього потрібно відомими методами [20, 24, 32] визначити характеристичні значення снігового навантаження та розрахункові значення

температури повітря з урахуванням усіх метеорологічних даних, наявних на момент перегляду норм. Додавши до отриманих характеристичних та розрахункових значень відповідні десятирічні прирости, вказані в таблиці 4.4, отримаємо характеристичні та розрахункові значення ваги снігового покриву, мінімальної та максимальної температури повітря з урахуванням їх імовірних змін протягом наступних десяти років використання норм до їх чергового перегляду.

Наведені в таблиці 4.4 рекомендації показують, що зростання максимальної температури повітря на $0,5^{\circ}\text{C}$ протягом 10 років та збільшення мінімальної вологості повітря на 1,7% протягом 10 років можна вважати неістотними. Зростання ваги снігового покриву на 100 Па протягом 10 років становить 7,3...10,5% від повних характеристичних значень, а тому потребує урахування при перегляді норм навантажень.

4.6 Висновки з розділу

1. Методика визначення імовірних приростів кліматичних навантажень і впливів базується на описі послідовностей річних характеристик (мінімумів, максимумів чи характеристичних значень) лінійними залежностями, нахил яких відображає осереднений річний приріст обраної характеристики навантаження.

2. Для аналізу трендів довготривалих змін ваги снігового покриву, температури та вологості повітря використані результати метеорологічних спостережень, які виконувалися на восьми метеостанціях Кіровоградської області протягом 37...68 років.

3. На території Кіровоградської області мінімальні температури повітря щорічно зростають на $0...0,06^{\circ}\text{C}/\text{рік}$, максимальні на $0,01...0,05^{\circ}\text{C}/\text{рік}$, а середньорічні температури збільшуються на $0,02...0,03^{\circ}\text{C}/\text{рік}$.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						83
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

4. На метеостанціях Кіровоградської області найменші протягом року середньодекадні значення вологості повітря зростають на 0,01...0,17%/рік, а найбільші зменшуються на 0,01...0,06%/рік. Прирости середньорічної вологості повітря коливаються в межах $-0,03...+0,05\%$ /рік.

5. Характеристичні значення ваги снігового покриву на трьох метеостанціях Кіровоградської області щорічно зменшуються на 3...12 Па/рік, а на інших п'яти метеостанціях зростають на 3...11 Па/рік. Виявлена нестабільність приростів характеристичних значень ваги снігового покриву, обумовлена наявністю екстремально сніжних зим в окремі роки спостережень.

6. За результатами досліджень розроблені рекомендації щодо прогнозування змін ваги снігового покриву, мінімальних і максимальних значень температури й вологості повітря протягом 10 років, що відповідає періодичності перегляду норм навантажень і впливів. Обчислені за результатами наявних метеорологічних спостережень характеристичні значення ваги снігового покриву рекомендовано збільшувати на 100 Па, максимальну температуру повітря збільшувати на $0,5^{\circ}\text{C}$, а мінімальну температуру повітря залишати незмінною.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						84
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Виконані в магістерській роботі дослідження впливу глобального потепління на тренди зміни кліматичних навантажень і впливів та доцільність урахування цих змін при розробленні й перегляді норм навантажень і впливів на будівельні конструкції дозволили зробити такі висновки:

1. Аналіз наукових публікацій показав, що достатньою мірою розроблена методологія нормування кліматичних навантажень і впливів на будівельні конструкції, але питання впливу глобального потепління на інші кліматичні параметри та способи урахування трендів тривалих змін при нормуванні кліматичних навантажень і впливів розглянуті лише в окремих роботах.
2. Метеорологічні спостереження за стандартними методиками ведуть вісім метеостанцій Кіровоградської області, які досить рівномірно охоплюють територію області. Для подальшого аналізу обрані: висота і вага снігового покриву, мінімальні, максимальні та середні протягом року значення температури повітря, мінімальні, максимальні та середні протягом року декадні значення відносної вологості повітря. Для аналізу доступні результати більшості вимірювань за період з 1945 року.
3. З таблиць декадних даних сформовані 64 вибірки випадкових величин, які є послідовностями річних значень (найменших, найбільших чи середніх протягом року) обраних для аналізу восьми кліматичних показників. Вибірки обсягом 37...68 років утворюють базу кліматичних даних у середовищі Microsoft Excel, придатну для виявлення й математичного подання трендів тривалих змін обраних кліматичних показників.
4. На прикладі даних метеостанції м. Кропивницький розроблені методики статистичного аналізу, які дозволяють виявити та описати тренди тривалих змін мінімальних, максимальних і середніх протягом року значень температури й вологості повітря. Виявлені тренди відображаються середньорічними приростами показників, які дають змогу урахувати їх при нормуванні відповідних кліматичних впливів.

					MP 19220190 ПЗ	Аркуш
						85
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

5. Тенденції довготривалих змін снігового навантаження аналізуються за значеннями висоти та ваги снігового покриву. Розроблена методика побудови послідовностей характеристичних значень висоти і ваги снігового покриву з використанням згладжених значень математичного сподівання та стандарту відповідних послідовностей річних максимумів. Опис отриманих послідовностей лінійними рівняннями дозволяє оцінити середні річні прирости висоти та ваги снігового покриву.
6. За розробленими методиками виконано статистичний аналіз довготривалих змін ваги снігового покриву, температури та вологості повітря за результатами метеорологічних спостережень, які виконувалися на восьми метеостанціях Кіровоградської області протягом 37...68 років.
7. Встановлено, що мінімальні температури повітря щорічно зростають на $0...0,06^{\circ}\text{C}/\text{рік}$, максимальні на $0,01...0,05^{\circ}\text{C}/\text{рік}$, а середньорічні температури збільшуються на $0,02...0,03^{\circ}\text{C}/\text{рік}$. Найменші протягом року середньодекадні значення вологості повітря зростають на $0,01...0,17\%/ \text{рік}$, найбільші зменшуються на $0,01...0,06\%/ \text{рік}$, а прирости середньорічної вологості повітря коливаються в межах $-0,03...+0,05\%/ \text{рік}$.
8. Характеристичні значення ваги снігового покриву на трьох метеостанціях Кіровоградської області щорічно зменшуються на $3...12 \text{ Па}/\text{рік}$, а на інших п'яти метеостанціях зростають на $3...11 \text{ Па}/\text{рік}$. Виявлена нестабільність приростів характеристичних значень ваги снігового покриву, обумовлена наявністю екстремально сніжних зим в окремі роки спостережень.
9. За результатами досліджень розроблені рекомендації щодо прогнозування змін ваги снігового покриву, мінімальних і максимальних значень температури й вологості повітря протягом 10 років, що відповідає періодичності перегляду норм навантажень і впливів. Обчислені за результатами наявних метеорологічних спостережень характеристичні значення ваги снігового покриву рекомендовано збільшувати на 100 Па , максимальну температуру повітря збільшувати на $0,5^{\circ}\text{C}$, а мінімальну температуру повітря залишати незмінною.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						86
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

CONCLUSIONS RESULTS OF RESEARCH

The researches of influence of global warming on trends of change of climatic loadings and influences executed in the master's work and expediency of the account of these changes at development and revision of norms of loadings and influences on building designs have allowed to draw the following conclusions:

1. Analysis of scientific publications showed that the methodology of normalization of climatic loads and impacts on building structures is sufficiently developed, but the impact of global warming on other climatic parameters and ways to take into account trends of long-term changes in normalization of climatic loads and impacts are considered only in some works.

2. Meteorological observations according to standard methods are conducted by eight meteorological stations of Kirovohrad region, which cover the territory of the region quite evenly. For further analysis are selected: height and weight of snow cover, minimum, maximum and average during the year values of air temperature, minimum, maximum and average during the year decadal values of relative humidity. The results of most measurements for the period since 1945 are available for analysis.

3. From the tables of decadal data, 64 samples of random variables are formed, which are sequences of annual values (smallest, largest or average during the year) selected for the analysis of eight climatic indicators. Samples of 37... 68 years form a database of climate data in Microsoft Excel, suitable for identifying and mathematically presenting trends of long-term changes in selected climatic indicators.

4. On the example of the data of the meteorological station of Kropyvnytskyi the methods of statistical analysis are developed, which allow to reveal and describe the trends of long-term changes of the minimum, maximum and average values of temperature and humidity during the year. The identified trends are reflected in the average annual growth of indicators, which allow to take them into account when normalizing the relevant climatic influences.

					MP 19220190 ПЗ	Аркуш
						87
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

5. Trends in long-term changes in snow load are analyzed by the values of height and weight of snow cover. The technique of construction of sequences of characteristic values of height and weight of a snow cover with use of the smoothed values of mathematical expectation and the standard of the corresponding sequences of annual maxima is developed. The description of the obtained sequences by linear equations allows to estimate the average annual increments of height and weight of snow cover.

6. According to the developed methods the statistical analysis of long-term changes of weight of a snow cover, temperature and humidity of air on results of meteorological supervision which were carried out at eight meteorological stations of the Kirovograd area within 37... 68 years is executed.

7. It is established that the minimum air temperatures increase annually by $0...0.06^{\circ}\text{C}/\text{year}$, the maximum by $0.01...0.05^{\circ}\text{C}/\text{year}$, and the average annual temperatures increase by $0.02...0.03^{\circ}\text{C}/\text{year}$. The lowest during the year average decadal values of humidity increase by $0.01...0.17\%/ \text{year}$, the largest decrease by $0.01...0.06\%/ \text{year}$, and the increase in average annual humidity varies between $-0.03...+0,05\%/ \text{year}$.

8. Characteristic values of snow cover weight at three meteorological stations of Kirovohrad region annually decrease by $3...12 \text{ Pa}/\text{year}$, and at other five meteorological stations increase by $3...11 \text{ Pa}/\text{year}$. The instability of increments of characteristic values of weight of a snow cover caused by existence of extremely snowy winters in separate years of supervision is revealed.

9. Based on the results of research, recommendations have been developed for forecasting changes in the weight of snow cover, minimum and maximum values of temperature and humidity for 10 years, which corresponds to the periodicity of revision of the norms of loads and impacts. It is recommended to increase the characteristic values of the snow cover weight calculated by the results of available meteorological observations by 100 Pa , to increase the maximum air temperature by 0.5°C , and to leave the minimum air temperature unchanged.

					MP 19220190 ПЗ	Аркуш
						88
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Глобальне потепління. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Глобальне_потепління
2. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа, 1977.- 640 с
3. ДБН А.3.2.2-2:2009 Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 64 с.
4. ДБН В.1.2-14:2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. К.. Мінрегіон України 2018.
5. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. К.: Мінбуд України, 2007. – 60 с.
6. ДСТУ-Н Б В.1.1 – 27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К., 2011. – 101 с.
7. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці: Підручник .- Львів: Афіша. – 2002. 320 с.
8. Заварина М.В. Строительная климатология / М.В. Заварина. – Л.: Гидрометеиздат, 1976. – 312 с.
9. Зміна клімату: наслідки та заходи адаптації. Аналітична доповідь.. К.: Національний інститут стратегічних досліджень, 2020. – 110 с. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2020-10/dop-climate-final-5_sait.pdf
10. Карюк А.М. Закономірності міжрічної мінливості температури атмосферного повітря / А. М. Карюк // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. - 2013. - Вип. 27. - С. 321-326.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						89
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

11. Кінаш Р.І. Снігове навантаження в Україні / Р.І. Кінаш, О.М. Бурнаєв - Львів : Вид-во науково-технічної літератури, 1997. - 848 с.
12. Кінаш Р.І. Температурний режим повітря і ґрунту в Україні / Р. І. Кінаш, О. М. Бурнаєв. – Львів, 2001. – 799 с.
13. Магістерська робота : методичні рекомендації для здобувачів освіти спеціальностей :192 - Будівництво та цивільна інженерія, 133 - Галузеве машинобудування / [уклад. : В. А. Пашинський, В. А. Настоящий] ; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. будівельних, дорожніх машин і будівництва. - Кропивницький : ЦНТУ, 2021. - 33 с.
14. МакКіббен, Білл. Глобальне потепління: жахлива математика, //«Rolling stone». – 19.06.2012. [Електронний ресурс]. Режим доступу <http://www.climateinfo.org.ua/content/globalne-poteplinnya-zhakhлива-matematika>
15. Метеорологический ежегодник. Наблюдения гидрометеорологических станций и постов над снежным покровом (снегосъемки). - Л.: Гидрометеоиздат. - 1980 - 2000.
16. Метеорологический ежемесячник. Часть II. Вып. 10.- Л.: Гидрометеоиздат, -1961-1991.
17. 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.
18. Наслідки глобального потепління. Матеріал з Вікіпедії. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://uk.wikipedia.org/wiki/Наслідки_глобального_потепління
19. Настанова гідрометеорологічним станціям і постам. Випуск 3. Частина 1. Метеорологічні спостереження на станціях. : Видання офіційне – К.: Державна гідрометеорологічна служба, 2011. – 280 с.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						90
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

20. Пашинський В. А. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції для території України. – К., 1999. – 185 с.
21. Пашинський В.А. Імовірнісна модель вологості повітря для проектування забудови поселень. // Збірник наукових праць. Серія: галузеве машинобудування, будівництво.- Вип. 18.- Полтава: ПолтНТУ.- 2006.- с. 158-166.
22. Пашинський В.А. Методика визначення кліматичних навантажень в заданій географічній точці / В.А. Пашинський, С.О. Карпушин, М.В. Пашинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2018. – Вип. № 71. – С. 68-72.
23. Пашинський В.А. Методологія нормування кліматичних навантажень і впливів на будівельні конструкції. // Надежность строительных конструкций. Работа научной школы проф. Пичугина С.Ф. : Сборник научных трудов. – Полтава: ООО "АСМИ", 2010. – с. 37 – 53.
24. Пашинський В.А. Можливості короткострокового прогнозування снігового навантаження / В.А. Пашинський, О.І. Юрченко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури, 2017. – Вип. № 68. – С. 45-50.
25. Пашинський В.А. Основи теорії надійності будівель і споруд. Навчальний посібник для студентів будівельних спеціальностей усіх форм навчання. – Кропивницький: ЦНТУ, 2016. – 155 с.
26. Пашинський В.А. Розрахункові значення температури повітря для областей України / В.А. Пашинський, М.В. Пашинський, І.І. Гриньова // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди : Збірник наукових праць.– Рівне, 2021. – Випуск 39. – С. 188–196.
27. Пашинський В.А. Способи територіального районування кліматичних навантажень / В.А. Пашинський, М.В. Пашинський, В.В. Пашинський // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури.– Одеса: Атлант, 2016. – Випуск № 64. – С. 103-109.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						91
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

28. Пашинський В.А., Філімоніхін Г.Б., Пашинський М.В. Районування характеристичних значень кліматичних навантажень на території України. Збірник наукових праць Українського інституту сталевих конструкцій імені В. М. Шимановського. – К. : Вид-во «Сталь», 2018. – Вип. 19 – С. 88-100.
29. Семко В.О., Пашинський В.А., Джирма С.О., Пашинський М.В. Температурний режим експлуатації будівель на території Кіровоградської області // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Вип. 1(32). Кропивницький: ЦНТУ. 2019. – С 235-243.
30. Сідей В.М., Пашинський В.А. Прогнозування температурно-вологісного режиму цегди за метеорологічними даними / В. М.Сідей, В.А. Пашинський // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник (за галузями знань "Машинобудування та металообробка", "Інженерна механіка", "Металургія та матеріалознавство". Випуск 46 (травень-червень). – Луцьк: ЛНТУ, 2014. – С. 491–496.
31. Солонина Є. Зими більше не буде: як вплинуть на Україну та українців глобальні зміни клімату. [Електронний ресурс]. Режим доступу : <https://www.radiosvoboda.org/a/30461594.html>
32. Статистичні методи в інженерних дослідженнях. Навчальний посібник для здобувачів вищої освіти з інженерних спеціальностей. / В.А. Пашинський: – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – 106 с.
33. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель: монографія / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк / – Одеса, 2012. –180 с.
34. Трипольська Г. Як проявляється зміна клімату в Україні? [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ua.boell.org/uk/2020/06/09/yak-proyavlyaetsya-zmina-klimatu-v-ukraini> ++

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						92
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Додатки

Додаток А

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

ПРИ СПОРУДЖЕННІ ВИРОБНИЧИХ БУДІВЕЛЬ

При будівництві виробничих цехів потрібно дотримуватись вимог безпеки при виконанні будівельно – монтажних робіт, застосовувати при виконанні будівельно – монтажних робіт машини, устаткування і технологічне оснащення відповідно до їх технічних характеристик, що відповідають вимогам безпечного виконання робіт.

Під час зведення виробничих будівель на робітників може діяти запиленість повітряного середовища при проведенні робіт «нульового» циклу та при використанні сипучих матеріалів, можливе ураження струмом при користуванні електроінструментами, можливе падіння з висоти при монтажі конструкцій.

При будівництві об'єктів слід дотримуватись усіх вимог чинних ДБН А.3.2 - 2 – 2009 [13], які висуваються при виконанні робіт, щоб запобігти випадків травматизму на будівельному майданчику. Нижче наведені заходи з охорони праці при виконанні робіт, складені на підставі [].

А.1 Вантажно – розвантажувальні роботи

Вантажно – розвантажувальні роботи при будівництві виробничих цехів треба проводити механізованим способом відповідно до вимог ДБН [] та «Правил безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів». Коли виконуються вантажно – розвантажувальні роботи, пов'язані з використанням засобів залізничного чи автомобільного транспорту, потрібно також дотримуватись «Правил техніки безпеки і виробничої санітарії при вантажно – розвантажувальних роботах на залізничному транспорті» і «Правил техніки безпеки для підприємств автомобільного транспорту».

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						93
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

У відповідних місцях будівельного майданчика необхідно встановити написи: «В'їзд», «Виїзд», «Розворот» та інші вказівники. Всі вантажопідйомні машини та пристрої, які застосовуються на вантажно – розвантажувальних роботах, повинні відповідати вимогам державних стандартів чи технічних умов на них. Стропування вантажів потрібно виконувати інвентарними стропами та спеціальними вантажозахватними пристроями, виготовленими по проекту. Способи стропування повинні виключати можливість падіння чи ковзання застропованого вантажу. Забороняється стропувати вантаж, який знаходиться в хиткому положенні.

Вантажно – розвантажувальні операції з пилоподібними матеріалами (цемент, вапно, гіпс та інші) необхідно виконувати механізованим способом. Ручні роботи з розвантаження цементу дозволяється проводити при його температурі не вище 40⁰С.

Механізований спосіб вантажно – розвантажувальних робіт обов'язковий для вантажів більше 30 кг, а також при переміщенні вантажу на висоту понад 2 м. Дозволяється ручне переміщення вантажу для чоловіків старше 18 років – вантажі масою 30 кг і менше на відстань до 25 м і на висоту до 3 м; для жінок – вантажі масою 15 кг і менше.

Відстань між автомобілями, які одночасно знаходяться під навантаженням або розташовані один за одним, повинна бути не менше 1 м, а між автомобілями, розташованими по фронту робіт – не менше 1,5 м.

Наближення автомобілів до елементів будівель і штабелів конструкцій дозволяється на відстань не менше 0,5 м. Складування матеріалів і конструкцій на відкритих складах здійснюється за розробленими схемами, які повинні забезпечувати стійкість штабелів конструкцій, можливість їх механізованого розбирання, вентиляцію штабелів і вільний під'їзд пожежної техніки. Порядок складування визначає ДБН []:

- плити перекриття – штабелі висотою до 2,5 м з прокладками і підкладками;
- цегла в пакетах і на піддонах у 2 яруси, у контейнерах – 1 ярус, без контейнерів – штабелі висотою не більше 1,7 м;

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						94
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- сипучі матеріали зберігають з ухилом, що дорівнює куту природного відкосу, а пиловидні – в силосах і бункерах.

При влаштуванні складських майданчиків необхідно дотримуватись наступних відстаней:

- відстань між штабелями конструкцій повинна бути не менше 1 м;
- складування має здійснюватися за межами призми обвалення ґрунту і на відстані не менше 1 м.

Особливі вимоги безпеки ставляться до складування токсичних речовин. Ці речовини зберігаються в закритих, добре провітрюваних приміщеннях, віддалених від житла та побутових приміщень. Якщо в одному приміщенні знаходиться кілька речовин, то тара повинна мати бірки різного кольору, а склади для зберігання кислот оснащуються нейтралізаторами [55].

А.2 Земляні роботи

При проведенні земляних робіт необхідно дотримуватись вимог ДБН [], СНиП 3.02.01-87, чинних стандартів та інструкцій з експлуатації будівельних машин.

Для попередження травматизму потрібно забезпечити кваліфіковане навчання інженерно – технічного персоналу і механізаторів безпечним методам ведення робіт у різних умовах, а також періодичне проведення з ними інструктажів та перевірки знань з техніки безпеки. Так, машиністів і водіїв допускають до роботи тільки після попереднього навчання і здачі іспиту з видачею кваліфікаційного свідоцтва.

Основні вимоги до проведення земляних робіт:

- при роботі землерийних машин не допускається перебування людей у зоні їх дії, шляхи пересування землерийних машин повинні бути позначені і при необхідності огорожені інвентарними щитами;
- вийнятий із котлованів ґрунт розміщують не ближче 0,5 м від бровки;

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						95
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- земляні роботи в зоні розташування підземних комунікацій виконують після письмового дозволу організацій, відповідальних за їх експлуатацію;
- при наближенні до лінії підземних комунікацій розробку ґрунту проводять вручну лопатами;
- з метою контролю роботи машин поблизу виїмок (котлованів, траншей) незакріплені укоси котлованів оглядаються перед початком кожної зміни майстром з метою оцінки їх стійкості;
- переміщення машин і їх робота в зоні ліній електропередачі виконується під наглядом інженерно – технічного робітника із дотриманням необхідних безпечних відстаней.

Техніка безпеки при роботі екскаватора:

- забороняється стороннім особам перебувати на відстані ближче 5 м від зони дії екскаватора;
- під час перерви в роботі екскаватор повинен бути відведений від краю розробленої виїмки на відстань не менше 2 м, а ківш приспущений на ґрунт; при переміщенні екскаватора ківш встановлюється по ходу руху і підіймається на висоту 0,5 – 0,7 м;
- для запобігання ковзання екскаватора необхідно використовувати тільки інвентарні упори;
- в місцях переходу робітників через виїмки глибиною більше 1 м влаштовують пішохідні містки шириною 60 см з перилами висотою 1,1 м;
- до початку розробки ґрунту проводять усі заходи із водопониження та відведення поверхневих вод [55].

А.3 Бетонні роботи

Опалубку для зведення монолітних залізобетонних конструкцій необхідно виготовляти і застосовувати відповідно до проекту проведення робіт, затвердженого у встановленому порядку.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						96
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

При встановленні елементів опалубки в кілька ярусів кожен наступний ярус треба встановлювати тільки після закріплення нижнього ярусу. Розміщення на опалубці устаткування і матеріалів, не передбачених проектом проведення робіт, а також перебування людей, що безпосередньо не беруть участь у проведенні робіт, на настилі опалубки не допускається.

Розбирання опалубки повинне відбуватися (після досягнення бетоном заданої міцності) з дозволу виконавця робіт, а особливо відповідальних конструкцій (по переліку, установленому проектом) – з дозволу головного інженера.

Заготівля й обробка арматури повинні виконуватися у спеціально призначених для цього і відповідно обладнаних місцях.

При виконанні робіт із заготівлі арматури необхідно:

- огорожувати місця, призначені для розмотування бухт (мотків) і виправлення арматури;
- при різанні верстатами стрижнів арматури на відрізки довжиною менш 0,3 м застосовувати пристосування, що попереджають їх розліт;
- огорожувати робоче місце при обробці стрижнів арматури, що виступають за габарити верстата, а в двосторонніх верстатах, крім цього, розділяти верстат поздовжньою металевою запобіжною сіткою висотою 1 м;
- складати заготовлену арматуру в спеціально відведені для цього місця;
- закривати щитами торцеві частини стрижнів арматури в місцях загальних проходів, що мають ширину менше 1 м.

Приготування й укладання бетонної суміші:

При застосуванні пари для підігріву інертних матеріалів, що знаходяться в бункерах чи інших ємкостях, слід вжити заходів проти проникнення пари в робочі приміщення. Паропровід слід періодично перевіряти на герметичність і цілісність теплоізоляції. Вентилі паропроводів слід розташовувати в місцях зі зручними підходами до них. Спуск робітників у камери, що обігріваються парою, допускається після відключення подачі пари, а також охолодження камери і матеріалів, що знаходяться в ній, і виробів до 40⁰С.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						97
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

При готуванні бетонної суміші з використанням хімічних добавок необхідно вжити заходів для попередження опіків шкіри й ушкодження очей працюючих. Бункери (бадді) для бетонної суміші повинні задовольняти ГОСТ 21807-76. Переміщення завантаженого чи порожнього бункеру дозволяється тільки при закритому затворі. Монтаж, демонтаж і ремонт бетоноводів, а також видалення з них бетону, що затримався (пробок) допускається тільки після зниження тиску до атмосферного. Під час прочищення (випробування, продувки) бетоноводів стисненим повітрям робітники, не зайняті безпосередньо виконанням цих операцій, повинні бути віддалені від бетоновода на відстань не менше 10 м.

Щодня перед початком укладання бетону в опалубку необхідно перевіряти стан тари, опалубки і засобів підмоцвання. Виявлені несправності слід негайно усувати. Перед початком укладання бетонної суміші віброхоботом необхідно перевіряти справність і надійність кріплення всіх ланок віброхобота між собою і до страхувального каната.

При укладанні бетону з бадей чи бункера відстань між нижньою крайкою бадді бункера і поверхнею, на яку укладається бетон, повинна бути не більше 1 м, якщо інші відстані не передбачені проектом виконання робіт.

При ущільненні бетонної суміші електровібраторами переміщувати вібратор за струмоведучі шланги не допускається, а при перервах у роботі і при переході з одного місця на інше електровібратори необхідно вимикати і відключати від електричної мережі.

Естакади для подачі бетонної суміші автосамоскидами повинні бути обладнані відбійними брусами. Між відбійним брусом і огороженням повинні бути передбачені проходи шириною не менше 0,6 м. На тупикових естакадах потрібно встановити поперечні відбійні бруси.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						98
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

А.4 Монтажні роботи

На ділянці будівництва під час ведення монтажних робіт не допускається виконання інших робіт та знаходження сторонніх в зоні монтажу.

Способи стропування елементів конструкцій та обладнання повинні забезпечувати їх подачу до місця встановлення у положенні, близькому до проектного. Стропування конструкцій та обладнання потрібно виконувати вантажозахватними приладами, забезпечуючи можливість дистанційного роз стропування із робочого горизонту у випадках, коли висота до замка вантажозахватного пристрою перевищує 2 м. Кути відхилення від вертикалі вантажних канатів та поліспастів вантажопідйомних приладів в процесі монтажу не повинні перевищувати величину, вказану в паспорті вантажопідйомного механізму, затвердженому проекті або в технічних вимогах на це вантажопідйомне приладдя. Потрібно очистити монтажні елементи від забруднення та намерзання снігу й льоду до їх підймання.

Монтаж безкаркасних арочних та інших подібних конструкцій здійснюється секціями по 3 – 5 арочних елементів у секції. Монтаж арок повинен виконуватися спеціальним вантажозахватним обладнанням для монтажу арок. Не допускається виконувати роботи з монтажу конструкцій з великою парусністю при швидкості вітру 10 м/с та більше, при ожеледиці, граді або тумані, що ускладнює видимість у межах фронту робіт.

Не допускається перебування людей на елементах конструкції та обладнання під час їх підймання та переміщення. Не дозволяється знаходження людей під елементами, що монтуються до встановлення їх у проектне положення та закріплення. При необхідності знаходження працюючих під конструкціями, що монтуються, повинні виконуватися спеціальні заходи, що забезпечують безпеку працюючих.

Незалежно від характеру виконуваних робіт усі робітники, які беруть участь у монтажних роботах повинні носити каски [55].

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						99
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

A.5 Електромонтажні роботи

При монтажі електроустаткування необхідно виконувати вимоги ГОСТ 12.1.013-78 і загальні вимоги до монтажних робіт.

Не допускається використовувати не прийняті в експлуатацію у встановленому порядку електричні мережі, розподільчі пристрої, щити, панелі та їх окремі відгалуження і приєднувати їх у якості тимчасових електричних мереж і установок, а також виконувати електромонтажні роботи на змонтованій і переданій під налагодження електроустановці без дозволу налагоджувальної організації.

Особи, зайняті на електромонтажних роботах, не повинні виконувати роботи, що відносяться до експлуатації електрогосподарства замовника і генерального підрядника.

При проведенні робіт по регулюванню вимикачів і роз'єднувачів, з'єднаних із проводами, повинні бути прийняті заходи, що попереджають можливість непередбаченого включення чи відключення.

Запобіжники ланцюгів керування апарата, що монтується, повинні бути зняті на весь час монтажу. При необхідності подачі струму для випробування електричних ланцюгів і апаратів на них слід встановити попереджувальні плакати, знаки чи написи. Роботи, не пов'язані з випробуванням, повинні бути припинені, а люди, зайняті на цих роботах, виведені з зони робіт.

Правила безпеки при виконанні електромонтажних робіт:

- 1) Перед початком будь-яких електромонтажних робіт слід повністю знеструмити електричний ланцюг, у якому будуть проводитися роботи;
- 2) працюючи з електричними приладами, не забувати виймати штекер із розетки;
- 3) інструмент, який використовується під час роботи з електрикою, повинен бути з ізольованими ручками. На ручках повинні стояти оцінка «1000У»;
- 4) на коробці з електрощитом слід повісити попереджувальну табличку, щоб хто – небудь випадково не увімкнув запобіжник під час роботи;

					MP 19220190 ПЗ	Аркуш
						100
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

- 5) перед початком роботи з електрикою за допомогою спеціальних приладів треба переконатися, що напруга в мережі дійсно відключена;
- 6) роботу із розподільчими пристроями, запобіжниками, лічильниками, вхідною напругою і заземленням виконують винятково електрики найвищого розряду;
- 7) ушкоджені штекери, сполучені муфти й кабелі лагодити не можна, їх просто необхідно міняти.

Робота на повітряних електролініях забороняється:

- під час грози та при її наближенні;
- при швидкості вітру більше 15 м/с;
- при снігопаді та при бурані.

До електромонтажних робіт допускаються робітники, що мають кваліфікаційну групу з електробезпеки не нижче третьої.

А.6 Опоряджувальні роботи

Засоби підмоцнування для штукатурних чи малярних робіт у місцях, під якими ведуться інші роботи чи є прохід, повинні мати настил без зазорів. Для просушування приміщень спорудженої будівлі при неможливості використання систем опалення застосовують повітронагрівачі. При їхньому встановленні слід виконувати вимоги «Правил пожежної безпеки при проведенні будівельно-монтажних робіт». Заборонено обігрівати і сушити приміщення жаровнями й іншими пристроями, що виділяють у приміщення продукти згоряння палива.

При проведенні лакофарбових робіт заборонені роботи із застосуванням вогню чи іскроутворюючих інструментів і матеріалів з метою запобігання вибуху. Електропроводка в цих місцях повинна бути знеструмлена. Тару з вибухонебезпечними матеріалами (лаки, нітрофарби) під час перерв у роботі слід закривати пробками чи кришками і відкривати інструментом, що не викликає іскроутворення.

					МР 19220190 ПЗ	Аркуш
						101
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Забороняється застосовувати бензол і етилований бензин в якості розчинників. Пневматичні фарбувальні апарати і шланги до початку роботи слід перевірити і випробувати на тиск, що перевищує робочий у 1,5 рази. Для фарбування й покриття виробів можна застосовувати масляні та емалеві фарби, масляні та спиртові лаки.

При внутрішніх малярних роботах із застосуванням пневматичних апаратів, а також швидковисихаючих лакофарбових матеріалів, що містять розчинники, робітники забезпечуються респіраторами та захисними окулярами. Робітники, зайняті в процесах, де застосовуються шкідливі або отруйні речовини, через кожні 3 місяці проходять медичний огляд.

					MP 19220190 ПЗ	Аркуш
						102
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		