

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

Магістерська робота

на тему: **ДОСЛІДЖЕННЯ І НОРМУВАННЯ
СНІГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ
В ГІРСЬКИХ МІСЦЕВОСТЯХ**

Допустити до захисту

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

В.А. Настоящий

" ____ " _____ 2022 р.

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

М.В. Пашинський

" ____ " _____ 2022 р.

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

В.В. Дарієнко

" ____ " _____ 2022 р.

Виконав студент 6 курсу спеціальності

192 – Будівництво та цивільна інженерія

Є.В. Манько

" ____ " _____ 2022 р.

Кропивницький – 2022 рік

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Робота присвячена уточненню коефіцієнтів географічної висоти для снігового навантаження за результатами аналізу даних метеостанцій, розміщених в гірській місцевості Українських Карпат.

Показано, що в частині визначення снігових навантажень в гірській місцевості чинні норми навантажень України істотно відрізняються від норм країн Євросоюзу. Для досліджень створена база метеорологічних даних, до якої увійшли результати снігомірних зйомок на 130 метеорологічних станціях, розміщених в Карпатах. Розрахункові значення снігового навантаження обчислені з використанням двох імовірнісних моделей, а саме розподілу Гумбеля для послідовності річних максимумів та розподілу Вейбулла для поточних значень ваги снігового покриву. Для визначення коефіцієнтів географічної висоти використані середні результати, отримані за обома моделями.

Коефіцієнти географічної висоти визначені як відношення розрахункових значень ваги снігового покриву на високогірній метеостанції та найближче розташованих рівнинних станцій. Встановлено, що експозиція схилу (північно-східна чи південно-західна) мало впливає на значення коефіцієнта географічної висоти, що дозволило не враховувати експозицію схилу при визначенні снігового навантаження.

Залежність коефіцієнта географічної висоти від висоти розміщення об'єкта над рівнем моря описана аналітичним виразом, який створює більший запас надійності при визначенні снігового навантаження, порівняно з чинними ДБН В.1.2-2:2006 "Навантаження і впливи". На прикладі проектування балок покрівлі одноповерхової громадської будівлі показано, що запропонована в роботі методика визначення снігового навантаження у гірській місцевості забезпечує більшу надійність несучих конструкцій покриття при порівняно невеликому збільшенні витрат сталі.

S U M M A R Y

The work is devoted to specifying the coefficients of geographic height for snow load based on the results of the analysis of data from weather stations located in the mountainous area of the Ukrainian Carpathians.

It is shown that in terms of determining snow loads in mountainous areas, the current load standards of Ukraine differ significantly from the standards of the European Union countries. A meteorological data base was created for research, which included the results of snow measurement surveys at 130 meteorological stations located in the Carpathians. Snow load estimates are calculated using two probabilistic models, namely the Gumbel distribution for the sequence of annual maxima and the Weibull distribution for current values of snowpack weight. To determine the coefficients of geographic height, the average of the results obtained by both models was used.

The coefficients of geographic height are defined as the ratio of the calculated values of the weight of the snow cover at the high-altitude weather station and the nearest lowland stations. It was established that the exposure of the slope (north-east or south-west) has little effect on the value of the geographic height coefficient, which allowed to ignore the exposure of the slope when determining the snow load.

The dependence of the geographic height coefficient on the height of the object above sea level is described by an analytical expression that creates a greater margin of reliability when determining the snow load, compared to the current DBN B.1.2-2:2006 "Loads and influences". On the example of the design of the beams of the roof of a one-story public building, it is shown that the method of determining the snow load in the mountainous area proposed in the work provides greater reliability of the load-bearing structures of the coating with a relatively small increase in steel consumption.

ЗМІСТ

Розділ 1. МЕТОДИ НОРМУВАННЯ СНІГОВОГО

НАВАНТАЖЕННЯ	7
1.1 Метеорологічні спостереження за сніговим покривом.....	7
1.2 Імовірнісні моделі та методи визначення розрахункових значень снігового навантаження	10
1.3 Снігові навантаження у вітчизняних та зарубіжних нормах проектування	14
1.4 Дослідження й нормування снігових навантажень у гірській місцевості.....	16
1.5 Висновки за результатами аналізу літератури та завдання дослідження	21

Розділ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ СНІГОВИХ

НАВАНТАЖЕНЬ У ГІРСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ	22
2.1 Результати спостережень за сніговим покривом та формування бази метеорологічних даних	22
2.2 Обчислення розрахункових значень снігового навантаження за послідовністю річних максимумів.....	25
2.3 Обчислення розрахункових значень снігового навантаження за функцією розподілу результатів снігозйомок	27
2.4 Методика аналізу впливу висоти над рівнем моря на величину снігового навантаження	35
2.5 Висновки з розділу.....	38

					КМР 2119209 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Манько Є.В.				Дослідження і нормування снігового навантаження в гірських місцевостях	Стадія	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Пашинський М.В.					Д	2	101
						ЦНТУ гр. БІ-21М		
Н. контр.	Дарієнко В. В.							
Затв.	Настоящий В. А.							

Розділ 3. ДОСЛІДЖЕННЯ СНІГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ В	
КАРПАТАХ.....	39
3.1 База метеорологічних даних по сніговому покриву.....	39
3.2 Статистичні характеристики і розрахункові значення	
снігового навантаження	46
3.3 Порівняльний аналіз розрахункових значень, обчислених	
різними методами	54
3.4 Розрахункові значення снігового навантаження в	
Карпатському регіоні.....	59
3.5 Висновки з розділу.....	63
Розділ 4. ОБГРУНТУВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ	
РОЗРАХУНКОВИХ ЗНАЧЕНЬ СНІГОВОГО	
НАВАНТАЖЕННЯ ВІД ВИСОТИ НАД РІВНЕМ МОРЯ.....	64
4.1 Залежності снігового навантаження від висоти над рівнем	
моря	64
4.2 Визначення й аналіз коефіцієнта географічної висоти	70
4.3 Вплив експозиції схилу на величину снігового навантаження.....	76
4.4 Рекомендації щодо урахування географічної висоти при	
визначенні снігового навантаження.....	79
4.5 Рекомендації щодо врахування географічної висоти при	
розрахунку покрівлі	81
4.6 Висновки з розділу.....	88
Висновки і рекомендації за результатами роботи	89
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	91
Додаток А. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	94

ВСТУП

Актуальність теми. Проблема дослідження й нормування снігового навантаження на будівлі завжди є актуальною. Адекватне урахування навантажень від снігу при проєктуванні будівельних конструкцій, має велике практичне й економічне значення, особливо для гірської місцевості. Сучасні будівельні норми ДБН В.1.2-2:2006 «Навантаження і впливи» враховують зростання снігового навантаження зі збільшенням висоти над рівнем моря коефіцієнтом географічної висоти, але він є досить неточним встановлений за малим обсягом метеорологічних даних і потребує уточнення.

Зв'язок роботи з дослідницькими програмами та планами. Тема магістерської роботи відповідає науково-дослідницькій тематиці кафедри Будівельних, дорожніх машин і будівництва Центральноукраїнського національного технічного університету.

Мета дослідження: на підставі аналізу метеорологічних даних уточнити коефіцієнти географічної висоти для снігового навантаження.

Для досягнення поставленої мети слід вирішити такі **задачі**:

- 1) розробити методику статистичної обробки метеорологічних даних з ваги снігового покриву та визначити розрахункові значення навантаження від снігу на покрівлі;
- 2) розробити методику аналізу метеорологічних даних, що забезпечують визначення коефіцієнту географічної висоти залежно від висоти над рівнем моря;
- 3) сформувати електронну базу даних з результатів метеорологічних спостережень за снігом у гірській місцевості Карпат;
- 4) виконати статистичну обробку метеорологічних даних і проаналізувати отримані характеристики;
- 5) визначити розрахункові значення за даними станцій, розміщених у гірській місцевості;
- 6) встановити залежність коефіцієнта географічної висоти від висоти розміщення метеостанцій;

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
						4
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

7) розробити рекомендації по розрахунку снігового навантаження в гірській місцевості.

Об'єкт дослідження: вплив висоти над рівнем моря на величину снігового навантаження на будівлі та споруди.

Предметом дослідження є залежність розрахункових значень ваги снігового покриву від висоти над рівнем моря.

Методи дослідження засновані на статистичній обробці результатів метеорологічних спостережень за сніговим покривом на метеостанціях.

Наукова та технічна новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- 1) розвинута методика обчислення розрахункових значень ваги снігового покриву за результатами снігомірних зйомок;
- 2) вперше встановлена незалежність снігового навантаження в горах від експозиції схилу;
- 3) уточнена залежність коефіцієнта географічної висоти від висоти розміщення будівельного об'єкта над рівнем моря.

Практичне значення отриманих результатів:

- 1) сформована комп'ютерна база метеорологічних даних з результатів снігомірних зйомок у гірській місцевості та виконана статистична обробка цих даних;
- 2) отримана аналітична залежність для коефіцієнта географічної висоти, яка рекомендується для впровадження в нормативні документи.

Особистий внесок автора:

- 1) сформована база метеорологічних даних за результатами снігомірних зйомок у гірській місцевості;
- 2) виконано статистичний аналіз метеоданих по сніговому покриву;
- 3) розроблено методику визначення коефіцієнту географічної висоти для снігового навантаження та встановлено його залежність від висоти над рівнем моря.

Апробація та публікація результатів роботи. Основні положення магістерської роботи представлені на Міжнародній науково-технічній on-line конференції “Автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві” (м. Кропивницький, листопад, 2022 року).

Результати досліджень опубліковані в тезах доповіді:

Манько Є.В. Аналіз впливу географічної висоти над рівнем моря на снігове навантаження на будівлі // Тези Міжнародної науково-технічної online конференції “Автоматика, комп'ютерно-інтегровані технології та проблеми енергоефективності в промисловості і сільському господарстві”. – Кропивницький: ЦНТУ, 2022. – 3 с. [Електронний ресурс]

Структура роботи. Робота складається з 22 слайдів мультимедійної презентації, альбому документів на 101 сторінці, у тому числі 23 таблиць, 26 рисунків, списку з 24 використаних джерел, додатків на 9 сторінках. Текст пояснювальної записки містить вступ, 4 розділи, висновки і рекомендації за результатами роботи.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

Розділ 1

МЕТОДИ НОРМУВАННЯ СНІГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ

1.1 Метеорологічні спостереження за сніговим покривом

На території України працює близько 650 метеостанцій на метеопостів, на яких проводяться снігозйомки. Переважну більшість складають рівнинні метеостанції та метеопости. Їх розміщення по території України досить рівномірне, за виключенням гірських районів: у районі Карпат та Кримських гір мережа метеостанцій та метеопостів дещо густіша, що цілком виправдано збільшенням територіальної мінливості снігового покриву внаслідок впливу складного гірського рельєфу.

Найбільш точні дані для дослідження снігового навантаження дають результати снігомірних зйомок, які проводяться на території України. Снігомірні зйомки проводяться систематично багатьма метеорологічними станціями та постами на полях, у лісі, а також у балках (ярах). Вони проводяться протягом періоду, коли сніговий покрив займає не менше половини площі видимої частини ділянки снігозйомки.

Снігомірні зйомки проводяться раз у п'ять діб. Результати снігозйомок частково публікуються у метеорологічних щомісячниках [1], щорічниках [2] та у деяких довідниках [3], де наведені дані про запас води в снігу, його густину та товщину снігового покриву.

Найбільші значення снігових навантажень, що виділяються із загальної картини снігозйомок, отримані для високогірних метеостанцій чи метеопостів. Цікаво, що в гірських районах Кримських гір та Карпат великі значення снігового навантаження отримані навіть для метеостанцій чи метеопостів, які розташовані на невеликій висоті над рівнем моря. Це пояснюється особливостями клімату гірських районів та збільшенням відкладень снігу в долинах, які захищені від дії вітру оточуючими їх гірськими масивами.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

Здійснюються такі спостереження за сніговим покривом [4]: щоденні за постійною рейкою, ландшафтно-маршрутні та спеціальні снігомірні зйомки.

На кожній метеорологічній станції чи метеорологічному пості встановлюються свої маршрути снігових зйомок. Снігомірні маршрути не розміщують на більше ніж на 5 км від метеостанції. Бажано, щоб снігомірні маршрути були прямими. Як виняток, допускаються маршрути у формі ламаної лінії з тупими кутами. Снігомірні маршрути закріплюють на місцевості віхами, стовпами чи зарубками на деревах та виконують окомірну зйомку плану та описи маршрутів з околицями у радіусі до 5 км.

У лісостепових районах з горбистим рельєфом та великими відкритими ділянками прокладають снігомірні маршрути довжиною 2000 м. У лісових районах з рівнинним рельєфом, наприклад, на полянах серед лісів, прокладають маршрут довжиною 1000 м. Довжину лісового маршруту приймають рівною 500 м. У балках та ярах снігомірні зйомки проводять лише за окремим спеціальним завданням.

Снігомірні зйомки в полі та лісі проводять в період, коли снігом покрито не менше 50% видимої околиці. Снігозйомки в балках припиняють з початком сніготанення. Спостереження за сніговим покривом ведуть від часу його утворення до повного зникнення снігу. Ступінь покриття поверхні землі снігом, структуру та характер залягання снігу визначають візуальним оглядом околиць метеостанції зі підвищення поблизу метеомайданчика.

Зазвичай снігомірні зйомки на станціях вони проводяться щодавно. У період максимальних запасів снігу та інтенсивного сніготанення снігозйомки проводять один раз у 5 днів. При дуже сильному снігопаді, густому тумані чи дуже низькій температурі з сильним вітром снігозйомки переносяться на наступний день. Починають виконувати снігозйомку вранці, щоб зимою встигнути закінчити її при денному світлі, а навесні – закінчити до початку інтенсивного танення снігу в середині дня.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

Висоту снігового покриву вимірюють за допомогою снігомірних рейок, густину снігу – снігоміром. Запас води в сніговому покриві обчислюють або вимірюють спеціальним приладом. Інші спостереження проводять візуально.

Окрім вимірювання висоти снігового покриву, беруться проби для визначення густини снігу. Густина не визначається в балках та ярах, а також при висоті снігового покриву менше 5 см.

Методика снігомірних зйомок описана в [5]. Результатом кожної снігозйомки є середні по площадці значення висоти, густини та запасу води в сніговому покриві. Запас води, виражений у міліметрах, чисельно дорівнює масі снігу на поверхні землі, вираженому в кг/м^2 .

За результатами снігомірних зйомок обчислюють: середню по маршруту снігозйомок висоту снігового покриву та середню густину снігу, а також запас води в міліметрах у снігу та в шарі талої води під снігом, а також загальний запас води в сніговому покриві, виражений у міліметрах.

1.2 Імовірнісні моделі та методи визначення розрахункових значень снігового навантаження

Результати систематичних снігомірних зйомок дозволяють проаналізувати зміни величини снігового навантаження на поверхні землі. Зимові реалізації випадкового процесу зміни ваги снігового покриву мають вигляд несиметричних випуклих кривих, близьких одна до одної. За кліматичними умовами України видно, що сніг може випадати та розтавати декілька разів протягом зими.

Вага снігового покриву на поверхні землі (запас води в сніговому покриві) змінюється у часі випадковим чином як протягом зими, так і від зими до зими, що обумовлено впливом кліматичних факторів. Тому природною формою опису снігового навантаження у певній географічній точці є імовірнісна модель випадкового процесу.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		9

Аналіз даних та результати досліджень, які наведені у [6], показують, що при нормуванні снігового навантаження доцільно використовувати дві імовірнісні моделі:

- квазістаціонарний диференційований випадковий процес – для обчислення всіх розрахункових значень;
- послідовність річних максимумів – для обчислення граничного розрахункового значення.

Найбільш повна імовірнісна модель дозволяє адекватно представити процеси зміни атмосферних навантажень та обчислити їх розрахункові значення всіх видів (граничні, експлуатаційні, квазіпостійні, циклічні). Атмосферні впливи представляють у формі квазістаціонарного випадкового процесу зі стаціонарною частотною структурою та з річним періодом нестационарності закону розподілу ординати [7]. Така модель є досить загальною, враховує сезонні зміни кліматичних параметрів, а також характерні особливості різних атмосферних впливів.

Для опису випадкового процесу зміни снігового навантаження на поверхні землі необхідно задати постійні у часі значення коефіцієнта варіації, коефіцієнта асиметрії, а також функцію математичного сподівання (можливо, у вигляді алгебраїчного поліному третього ступеня) [6]:

$$M(t) = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + a_3 t^3, \quad (1.1)$$

Ці числові характеристики дають можливість встановити змінний у часі закон розподілу ординати з інтегральною функцією $F(q,t)$ та густиною $f(q,t)$. Для снігового навантаження, значення якого у літній період дорівнює нулю, необхідно також визначити час початку та закінчення зими.

Розподіл ординати випадкового процесу ваги снігового покриву має досить складний характер і не може бути описаний поширеними імовірнісними законами розподілу. Із використанням досить великого обсягу метеорологічних даних була обґрунтована можливість застосування поліномо-експоненціального закону розподілу [7], густина якого дорівнює:

$$f(x) = \exp(a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + a_3 x^3), \quad (1.2)$$

де $a_0...a_3$ – змінні у часі параметри, визначені за значеннями математичного сподівання, стандарту та коефіцієнта асиметрії у відповідний момент часу.

Залежно від параметрів $a_0...a_3$, густина розподілу (1.2) може приймати досить складні та різноманітні форми. Це дозволяє застосовувати його при імовірнісному поданні різних процесів навантаження. При деяких наборах параметрів поліномо-експоненціальний розподіл перетворюється у часткові випадки (нормальний, експоненціальний, гама-розподіл тощо).

Універсальність розподілу (1.2) дозволяє використовувати його для опису снігового навантаження у різних географічних районах.

Статичні характеристики описаної імовірнісної моделі снігового навантаження обчислені в [6] за даними більш ніж 100 метеостанцій. Завдяки достатній інформаційній забезпеченості імовірнісна модель квазістаціонарного випадкового процесу знайшла широке застосування як при нормуванні снігового навантаження, так і при вирішенні задач при сумісній дії інших навантажень і впливів на будівельні конструкції.

При нормуванні снігового навантаження традиційно використовується імовірнісна модель послідовності річних максимумів ваги снігового покриву. Вона спрощує розрахункову процедуру, перейшовши від операцій із випадковими процесами до операцій із випадковими величинами, та забезпечує нормування в запас надійності. Цей підхід є нескладним і забезпечує досить точне визначення розрахункових значень, що відповідають необхідному періоду повторюваності.

Така методика імовірнісного опису снігового навантаження не потребує великої кількості даних та дозволяє спростити розрахунки.

Імовірнісна модель послідовності максимальних значень часто використовується для відображення змінних навантажень. Для її розробки реалізація процесу навантаження розділяється на рівні відрізки, довжина яких повинна відповідати характерному для даного навантаження інтервалу часу (рік, місяць, доба) та забезпечувати незалежність ординат на цьому

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		11

інтервалі. На кожному інтервалі обирається максимальне значення ординати і таким чином формується послідовність максимумів, яку можна вважати вибіркою незалежних даних. Завдяки рівномірності поділу на інтервали, послідовність максимальних значень несе інформацію про частотну структуру вихідного процесу. Така імовірнісна модель дозволяє за схемою незалежних випробувань визначати розрахункові значення змінних короткочасних навантажень з урахуванням заданої забезпеченості та строку служби конструкції.

Результати досліджень свідчать про можливість опису таких послідовностей подвійним експоненціальним законом розподілу Гумбеля, який названий розподілом максимумів першого типу, із густиною [7]:

$$f(x) = \frac{1}{\beta} \exp \left[\frac{\alpha - x}{\beta} - \exp \left(\frac{\alpha - x}{\beta} \right) \right], \quad (1.3)$$

та інтегральною функцією розподілу [6]:

$$F(x) = \exp \left[- \exp \left(\frac{\alpha - x}{\beta} \right) \right], \quad (1.4)$$

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

Параметри розподілу Гумбеля (1.4) визначаються через вибірку максимумів за формулами [7]:

$$\alpha = M - k_a \cdot S; \quad \beta = k_b \cdot S. \quad (1.5)$$

де M та S – математичне сподівання і стандарт наявної вибірки максимальних значень;

k_a і k_b – перехідні коефіцієнти, що залежать від наступних факторів:

- виду вихідного розподілу, з якого вибиралися максимуми;
- обсягу екстремальної вибірки (кількості незалежних даних, з яких вибирається один максимум);
- обсягу отриманої вибірки максимумів N .

У граничному випадку великого обсягу вибірки максимумів, перехідні коефіцієнти можна наближено приймати рівними $k_a = 0,45$ і $k_b = 0,78$ [7].

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

При невідомому обсязі екстремальної вибірки та виді розподілу, з якого вибрані максимуми, перехідні коефіцієнти доцільно визначати з урахуванням обсягу вибірки екстремумів N за таблицею Е. Гумбеля з [8]. Для зручності використання табличні дані перетворені у перехідні коефіцієнти k_α і k_β та апроксимовані виразами [6]:

$$k_\alpha = 0,45 + 0,34 \cdot N^{-0,69}; \quad k_\beta = 0,78 + 1,54 \cdot N^{-0,75}. \quad (1.6)$$

Формули (1.6) можуть застосовуватися при оцінюванні параметрів (1.5) розподілу Гумбеля при обробці вибірок максимальних значень навантажень, коли невідомі ні обсяг екстремальних значень, ні вихідний розподіл, з якого вибиралися максимуми.

Досить проста імовірнісна модель – зміна снігового навантаження протягом зими як центрований нормальний стаціонарний випадковий процес, модульований прямокутною імпульсною функцією. Характеристики цієї моделі визначені в [9] за даними 25 метеостанцій, розташованих у різних географічних районах колишнього СРСР. На жаль, такі моделі не можуть бути застосовані в умовах України внаслідок відмінності розподілу ординати від нормального та наявності декількох реалізацій навантаження протягом однієї зими, що не дозволяє застосовувати прості моделюючі функції.

Пропонувалися також інші імовірнісні моделі снігового навантаження, які відрізняються можливостями визначення розрахункових значень, рівнями складності математичного апарату та обсягами необхідних метеорологічних даних. Виконаний в [6] порівняльний аналіз імовірнісних моделей змінних навантажень не дає конкретних рекомендацій щодо вибору моделі снігового навантаження. Отже, проблема вибору оптимальної імовірнісної моделі для нормування необхідних розрахункових значень снігового навантаження залишається актуальною і потребує розв'язання.

Порівняльний аналіз імовірнісних моделей [9] показав, що граничні розрахункові значення снігового навантаження доцільно обчислювати через послідовності річних максимумів ваги снігового покриву, а експлуатаційні та квазіпостійні – за моделлю квазістаціонарного випадкового процесу.

1.3 Снігові навантаження у вітчизняних та зарубіжних нормах проєктування

За ДБН [10] снігове навантаження є змінним, для якого встановлено три розрахункові значення: граничне, експлуатаційне та квазіпостійне.

Граничне розрахункове значення навантаження від ваги снігового покриву обчислюється за формулою:

$$S_m = \gamma_{fm} S_0 C, \quad (1.7)$$

де γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним значенням ваги снігу;

S_0 – характеристичне значення ваги снігового покриву, Па;

C – сукупність коефіцієнтів:

$$C = \mu \cdot C_e \cdot C_{alt}, \quad (1.8)$$

де μ – забезпечує перехід від ваги снігу на поверхні землі до снігового навантаження на покрівлю;

C_e – враховує режим експлуатації покрівлі;

C_{alt} – враховує географічну висоту.

Експлуатаційне розрахункове значення дорівнює:

$$S_e = \gamma_{fe} S_0 C, \quad (1.9)$$

де γ_{fe} – коефіцієнт надійності за експлуатаційним значенням ваги снігу.

Квазіпостійне розрахункове значення:

$$S_p = (0,4 S_0 - 160) \cdot C. \quad (1.10)$$

У минулому, згідно СНиП [11] повне нормативне снігове навантаження на покрівлю визначалося за формулою:

$$S = S_g \cdot \mu, \quad (1.11)$$

де S_g – нормативна вага снігового покриву на 1 м² поверхні землі, кПа;

μ – забезпечує перехід від ваги снігового покриву на землі до снігового навантаження на покрівлю.

Розрахункове снігове навантаження на покрівлю обчислювалося за формулою, котра в СНиП [11] записана у словесній формі:

$$S_{ef} = \gamma_f \cdot k \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot S = \gamma_f \cdot \mu \cdot k \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot S_g, \quad (1.12)$$

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
						14
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

де γ_f – коефіцієнт надійності за навантаженням, що забезпечує перехід від середнього річного максимуму до максимального значення ваги снігу;

k і k_1 – коефіцієнти, що враховують здування снігу з покриття;

k_2 – коефіцієнт, який враховує підтавання снігу на не утеплених покриттях цехів із підвищеним тепловиділенням.

За діючими нормами Європейського Союзу Єврокод-1 [12] снігові навантаження визначаються на ґрунт та покриття. При виконанні розрахунків слід приймати дві наступні основні схеми прикладення навантажень:

- снігове навантаження на покрівлю без урахування заносів;
- снігове навантаження від снігу на покрівлю з урахуванням заносів.

Снігові навантаження на покрівля слід визначати наступним чином:

а) для постійних і перехідних розрахункових ситуацій

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k, \quad (1.13)$$

де μ_i – коефіцієнт форми снігових навантажень;

C_e – коефіцієнт оточуючого середовища;

C_t – температурний коефіцієнт;

S_k – характеристичне значення ваги снігу на ґрунті для певної місцевості, кН/м²;

б) для особливих розрахункових ситуацій, у котрих надзвичайне снігове навантаження є особливим впливом

$$S = \mu_i \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_{Ad}, \quad (1.14)$$

де S_{Ad} – розрахункове значення надзвичайних снігових навантажень на ґрунт для певної місцевості, кН/м²;

в) для особливих розрахункових ситуацій, у котрих снігові замети є особливим впливом, дорівнює

$$S = \mu_i \cdot S_k, \quad (1.15)$$

Величини формули (1.15) позначені вище.

1.4 Дослідження й нормування снігових навантажень у гірській місцевості

Снігове навантаження в гірських районах визначається за ДБН [10] за тією ж схемою, що і снігове навантаження на рівнинній місцевості. Коефіцієнт C_{alt} , що входить до складу формули (1.5), враховує висоту будівельного об'єкта над рівнем моря та дорівнює

$$C_{alt} = 1,4 \cdot H + 0,3 \quad (\text{при } H \geq 500\text{м}), \quad (1.16)$$

$$C_{alt} = 1 \quad (\text{при } H < 500\text{м}), \quad (1.17)$$

де H – висота об'єкта над рівнем моря, км.

Формули (1.16), (1.17) дають наближене значення C_{alt} , в запас надійності та застосовуються при проектуванні об'єктів у гірській місцевості.

Снігове навантаження за СНиП [11] у гірській місцевості, а також у пунктах будівництва із висотою над рівнем моря понад 1500 м та у місцях зі складним рельєфом, розрахункові значення снігового навантаження встановлювалося на основі даних Росгідромету. При цьому в якості розрахункового значення ваги снігового покриву приймалося значення, що перевищує в середньому один раз на 25 років щорічний максимум ваги снігового покриву, який визначався на основі даних маршрутних снігозйомок про запаси води за період не менше 20 років.

За діючими нормами Єврокод-1 [12] залежності між сніговим навантаженням та висотним положенням місцевості для кожного регіону Євросоюзу визначаються за різними формулами:

– Альпійський регіон

$$S_k = (0,642 \cdot Z + 0,009) \cdot \left[1 + \left(\frac{A}{728} \right)^2 \right], \quad (1.18)$$

– центральний схід

$$S_k = (0,264 \cdot Z - 0,002) \cdot \left[1 + \left(\frac{A}{256} \right)^2 \right], \quad (1.19)$$

– Греція

$$S_k = (0,420 \cdot Z - 0,030) \cdot \left[1 + \left(\frac{A}{917} \right)^2 \right], \quad (1.20)$$

– іспанський півострів

$$S_k = (0,190 \cdot Z - 0,095) \cdot \left[1 + \left(\frac{A}{524} \right)^2 \right], \quad (1.21)$$

– середземноморський регіон

$$S_k = (0,498 \cdot Z - 0,209) \cdot \left[1 + \left(\frac{A}{452} \right)^2 \right], \quad (1.22)$$

– центральний захід

$$S_k = 0,164 \cdot Z - 0,082 + \frac{A}{966}, \quad (1.23)$$

– Швеція, Фінляндія

$$S_k = 0,790 \cdot Z + 0,375 + \frac{A}{336}, \quad (1.24)$$

– Великобританія, Ірландія

$$S_k = 0,140 \cdot Z - 0,1 + \frac{A}{501}, \quad (1.25)$$

де S_k – характеристичне значення ваги снігу на ґрунті, кН/м²;

A – висота місцевості над рівнем моря, м;

Z – номер зони на карті районування території.

Снігове навантаження у Польщі визначають за Єврокод-1 [12] залежно від розташування будівлі над рівнем моря за формулами з табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Залежність між сніговим навантаженням та висотним положенням місцевості Польщі

Зона	S_k , кН/м ²
1	$S_k = 0,007 \cdot A - 1,4; S_k \geq 0,7$
2	0,9
3	$S_k = 0,006 \cdot A - 0,6; S_k \geq 1,2$
4	1,6
5	$S_k = 0,93 \cdot \exp(0,00134 \cdot A); S_k \geq 2,0$

де S_k – характеристичне значення ваги снігу на ґрунті, кН/м²;

A – висотне розташування споруди над рівнем моря, м.

За формулами залежності снігового навантаження та висотним положенням за Єврокод-1 [12] визначено коефіцієнт географічної висоти C_{alt} для кожного регіону Євросоюзу, а також для України згідно ДБН [10]. Результати обчислень наведені в таблиці 1.2. За отриманими даними табл. 1.2 на рисунку 1.1 побудований графік змін коефіцієнтів географічної висоти C_{alt} в різних регіонах залежно від висоти над рівнем моря.

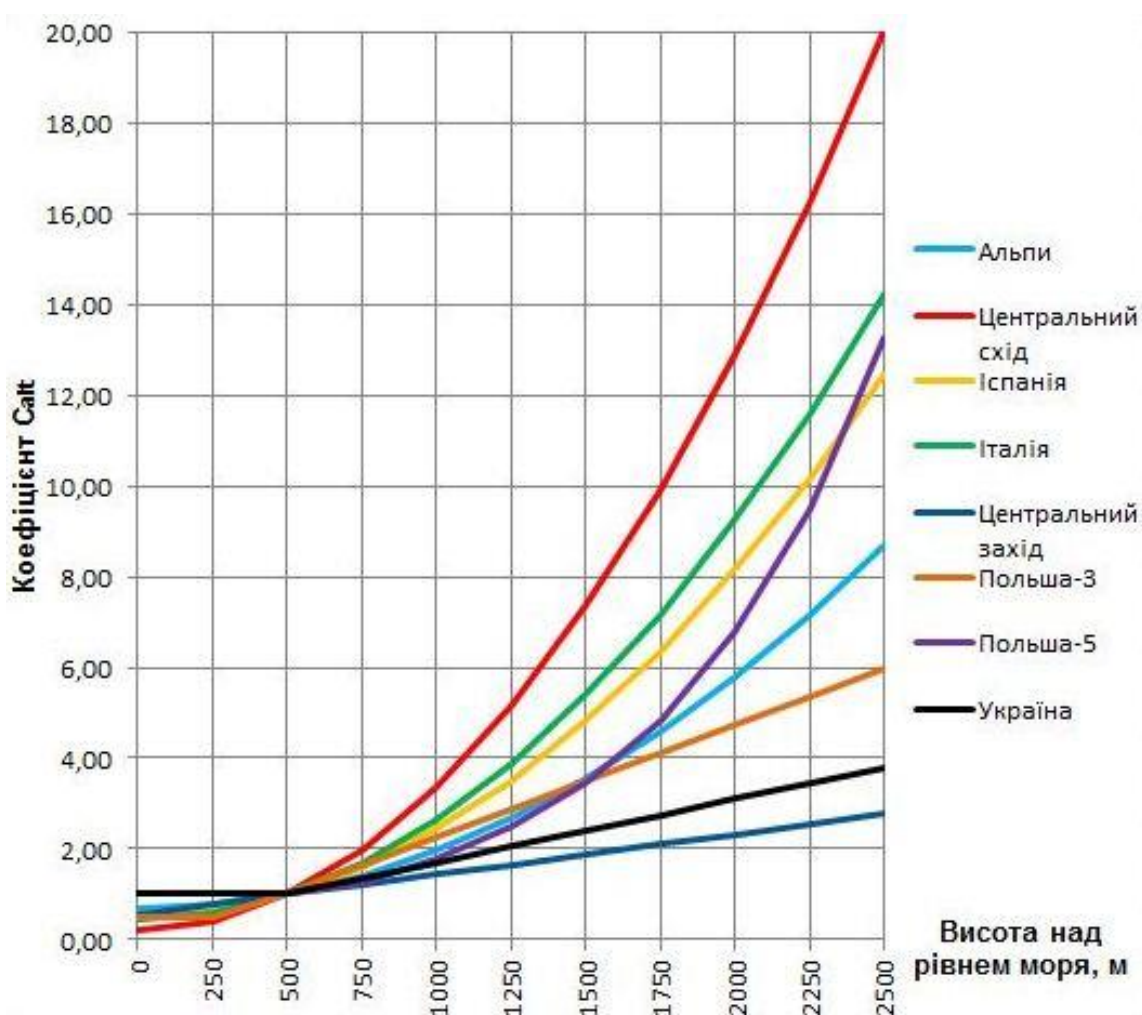


Рис. 1.1 – Графік зміни коефіцієнту C_{alt} залежно від висоти над рівнем моря в країнах Європи

Таблиця 1.2

Значення коефіцієнтів C_{alt} для різних висот у країнах Європи

Країна	Район	Висота над рівнем моря, м										
		0	250	500	750	1000	1250	1500	1750	2000	2250	2500
Альпи	2	0,68	0,76	1,00	1,40	1,96	2,68	3,56	4,61	5,81	7,17	8,69
Центральний схід	1	0,21	0,41	1,00	1,99	3,38	5,16	7,34	9,91	12,88	16,25	20,02
Іспанія	4	0,52	0,64	1,00	1,60	2,43	3,50	4,81	6,36	8,15	10,17	12,44
Італія	2	0,45	0,59	1,00	1,69	2,65	3,89	5,40	7,19	9,25	11,59	14,21
Центральний захід	4,5	0,56	0,78	1,00	1,22	1,44	1,66	1,88	2,10	2,32	2,54	2,76
Польща	3	0,50	0,50	1,00	1,63	2,25	2,88	3,50	4,13	4,75	5,38	6,00
	5	1,00	1,00	1,00	1,27	1,78	2,48	3,47	4,85	6,78	9,48	13,25
Україна	5	1,00	1,00	1,00	1,35	1,70	2,05	2,40	2,75	3,10	3,45	3,80

Із графіків, які зображені на рис. 1.1, видно, що зі збільшенням висоти над рівнем моря коефіцієнт географічної висоти C_{alt} збільшується. Це викликано тим, що зі збільшенням висоти збільшується також і снігове навантаження.

Як видно з рис. 1.1 країни Європейського Союзу мають досить великі значення коефіцієнтів географічної висоти C_{alt} . Україна ж має майже найменші значення цього коефіцієнту (менші значення має лише регіон центрального заходу). Отже, в українських нормах проектування ДБН [10] коефіцієнт C_{alt} є приблизним та потребує подальшого уточнення.

1.5 Висновки за результатами аналізу літератури та завдання дослідження

Результати аналізу літературних джерел дозволяють зробити такі основні **висновки**:

1. Проаналізовани методика проведення метеорологічних спостережень за сніговим покривом та їх результати.

2. Розглянуто ряд імовірнісних моделей розрахунку снігового навантаження та обрано достатньо точний і простий метод визначення розрахункових значень ваги снігового покриву за послідовністю річних максимальних значень ваги снігового покриву.

3. Проведено порівняння методів визначення снігового навантаження в Україні та в різних країнах Європи, у тому числі в гірських місцевостях з великою висотою над рівнем моря.

4. Викладена в ДБН В. 1.2-2:2006 "Навантаження і впливи" методика визначення снігового навантаження у гірській місцевості за даними порівняння є досить приблизною й потребує подальшого уточнення, а відповідний розділ ДБН В. 1.2-2:2006 потребує оновлення.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
						20
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Виходячи з наведених результатів аналізу літератури, отримані такі завдання досліджень:

1. Розробити методику статистичної обробки метеорологічних даних по вазі снігового покриву та визначити розрахункові значення снігового навантаження.
2. Розробити методику аналізу метеорологічних даних, що забезпечують визначення коефіцієнту географічної висоти залежно від висоти над рівнем моря.
3. Сформувати електронну базу даних за результатами метеорологічних спостережень за снігом у гірській місцевості Карпат.
4. Виконати статистичну обробку метеорологічних даних і проаналізувати отримані характеристики.
5. Визначити розрахункові значення за даними станцій, розміщених у гірській місцевості.
6. Визначити коефіцієнт географічної висоти залежно від висоти розміщення метеостанцій.
7. Розробити рекомендації по розрахунку снігового навантаження на будівельні об'єкти в гірській місцевості.

Розділ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ СНІГОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ У ГІРСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ

2.1 Результати спостережень за сніговим покривом та формування бази метеорологічних даних

На території України працюють близько 200 метеорологічних станцій та 450 метеорологічних постів, значна частина яких знаходиться у районі Кримських гір та Карпат. Найбільш достовірні дані для досліджень дають снігомірні зйомки. Методика проведення таких снігомірних зйомок наведена у розділі 1.

Для дослідження снігового навантаження у гірській місцевості були використані дані снігозйомок на 130 метеорологічних станціях та постах у межах Карпат. За даними довідника [3], де опубліковані довідкові дані про снігове навантаження в українських Карпатах за 1979-1990 роки, була створена база метеорологічних даних. Матеріали довідника ґрунтуються на спостереженнях за сніговим покривом, тобто на снігомірних зйомках.

Згідно довідника [3], номери пунктів спостереження є загальними по Україні, а назва пунктів взята у відповідності до записів у збірниках Держкомгидромету. У довіднику [3] наведені географічні координати пункту спостереження, показано захищена площа від вітру (лісом) чи ні, приведена також повна кількість спостережень за весь період проведення снігозйомок, результати яких включені до [3], та висота пункту над рівнем моря, визначена службами Держкомгидромету.

Для кожного пункту спостереження у довіднику наведені гістограми розподілу снігового навантаження та густини снігу, графіки середньорічного снігового навантаження та середнього снігового навантаження по місяцях. Також наведений графік функції розподілу снігового навантаження, що побудований методом числового інтегрування на основі виключно

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		22

експериментальних даних. Приклади подання цієї інформації для високогірної метеостанції Плай наведені на рис. 2.1-2.4.

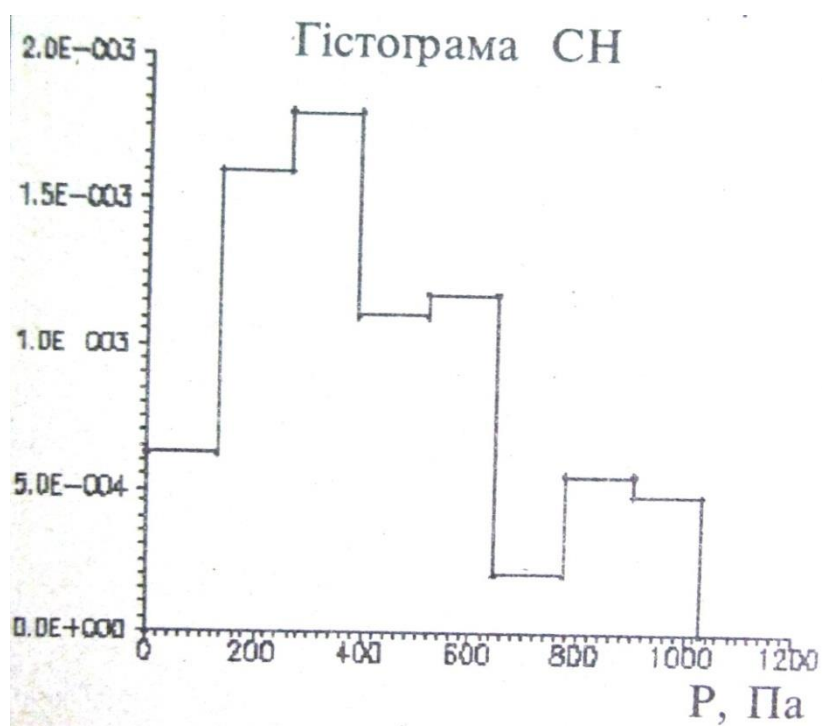


Рис. 2.1 – Гістограма снігового навантаження



Рис. 2.2 – Гістограма густини снігу

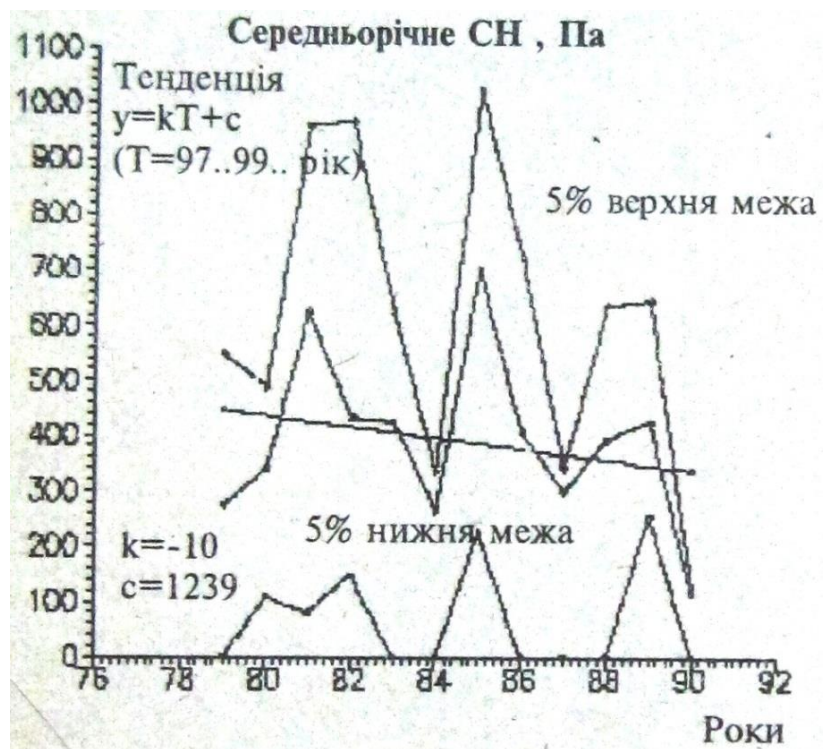


Рис. 2.3 – Середньорічне снігове навантаження

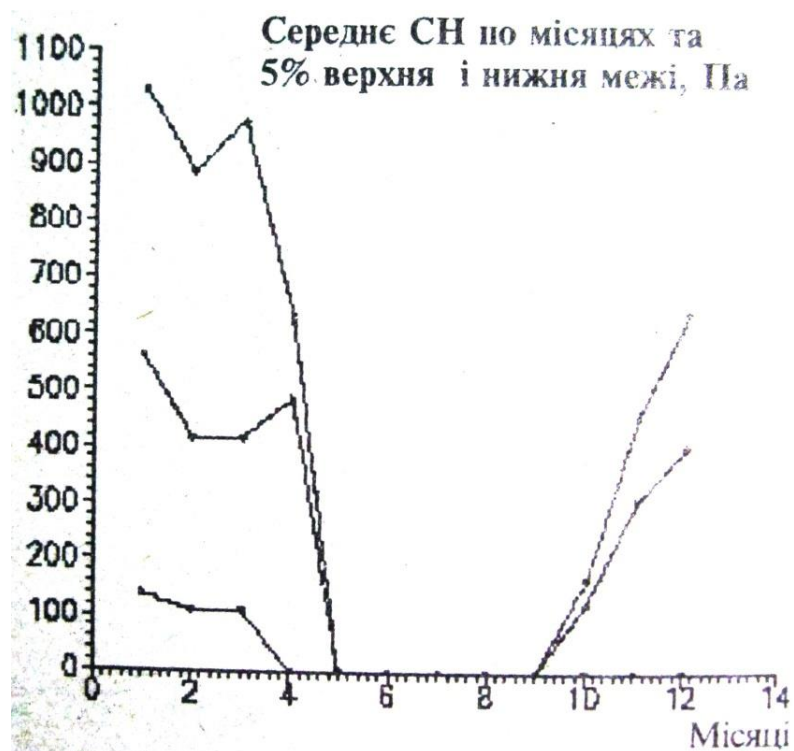


Рис. 2.4 – Середнє снігове навантаження по місяцях

База метеорологічних даних формується у вигляді таблиці в середовищі Microsoft Excel. До електронної бази метеорологічних даних заносяться дані метеостанцій, які розташовані в районі Карпатських гір. Це дасть змогу шляхом статистичної обробки даних встановити залежність розрахункових характеристик снігового навантаження від висоти будівельного об'єкта над рівнем моря. У табл. 2.1 наведено приклад бази даних для високогірної станції №37 Плай, що знаходиться на висоті 1330 м над рівнем моря.

Таблиця 2.1

Метеорологічна база даних для станції Плай

№ ст.	Назва	Область	Координати		Висота над рівнем моря, м	Кількість спостережень	Снігове навант., Па			Густина, кг/м ³			Сторона схилу
			пн. ш.	сх. д.			сер.	C _{var}	макс.	сер.	C _{var}	макс.	
37	Плай	закарпатська	48,7°	23,2°	1330	244	833	0,6	2048	280	0,26	480	пд.-зх.

2.2 Обчислення розрахункових значень снігового навантаження за послідовністю річних максимумів

Снігове навантаження на покрівлю створюється вагою твердих зимових опадів. Реальні значення снігового навантаження на покрівлі будівель та споруд залежать від великої кількості кліматологічних, містобудівельних, конструктивних та інших факторів, а тому їх слід вважати випадковими. Непередбачуваність реальних навантажень привела до необхідності врахування при проектуванні покриттів максимально можливих значень ваги снігового покриву, встановлених на основі натурних спостережень.

Розрахункові значення навантаження від снігу обчислюються за послідовностями річних максимумів ваги снігового покриву. Методика їх обчислення описана у розділі 1. Імовірнісна модель послідовності максимальних значень базується на використанні розподілу Гумбеля. Параметри розподілу Гумбеля визначаються через числові характеристики вибірок річних максимумів: обсяг вибірки N , середнє значення M та стандарт S . Числові характеристики розподілу Гумбеля визначаються за вибіркою річних максимумів снігового навантаження (рис. 2.3) та наводяться у формі таблиці (табл. 2.2).

Середнє значення M , яке визначає положення центра розподілу випадкової величини, визначається за формулою з [13]:

$$M = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N X_i, \quad (2.1)$$

де N – обсяг вибірки;

X_i – i -ий елемент вибірки.

Стандарт S , який ще називають середнім квадратичним відхиленням, характеризує розкид значень випадкової величини відносно середнього значення та обчислюється за формулою з [13]:

$$S = \sqrt{\frac{1}{N-1} \cdot \sum_{i=1}^N (X_i - M)^2}. \quad (2.2)$$

За даними довідника [3] для кожної станції обчислюється середнє значення M та стандарт S . Так як розрахунки ведуться у програмному середовищі Microsoft Excel, то для визначення необхідних числових параметрів використовуються такі функції: *СРЗНАЧ* – для середнього значення M , *СТАНДОТКЛОН* – для стандарту S .

Обчислені числові характеристики необхідні для визначення розрахункових значень снігового навантаження для різних періодів повторюваності.

Граничне розрахункове значення ваги снігового покриву для періодів повторюваності 10, 50 та 200 років обчислюється за наближеною формулою, що наведена в [6]:

$$S_m(T) = M + S \cdot (0,78 \cdot \ln T - 0,45), \quad (2.3)$$

де T – період повторюваності.

Розрахунки за формулами (2.1), (2.2), (2.3) виконуються для кожної станції чи поста. Отримані значення числових характеристик та граничних розрахункових значень для станцій зводяться у таблицю. У табл. 2.2 наведено приклад оформлення розрахованих даних для високогірної станції Плай.

Таблиця 2.2

Розрахункові значення снігового навантаження за послідовністю
річних максимумів

№ ст.	Назва	Річні максимуми снігового навантаження, Па											M, Па	S, Па	S _m (T)			
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989			1990	10	50	200
37	Плай	1650	915	1420	1275	1060	1580	1465	1975	1435	1500	1555	525	1363	379	1873	2349	2769

2.3 Обчислення розрахункових значень снігового навантаження за функцією розподілу результатів снігозйомок

У довіднику [3] для кожного метеорологічного поста чи станції наведено графік функції розподілу снігового навантаження (рис. 2.5). Графік побудований методом числового інтегрування на основі виключно експериментальних даних. Цей графік дозволяє вибирати проектну величину снігового навантаження в залежності від необхідного рівня забезпечення надійності конструкції.

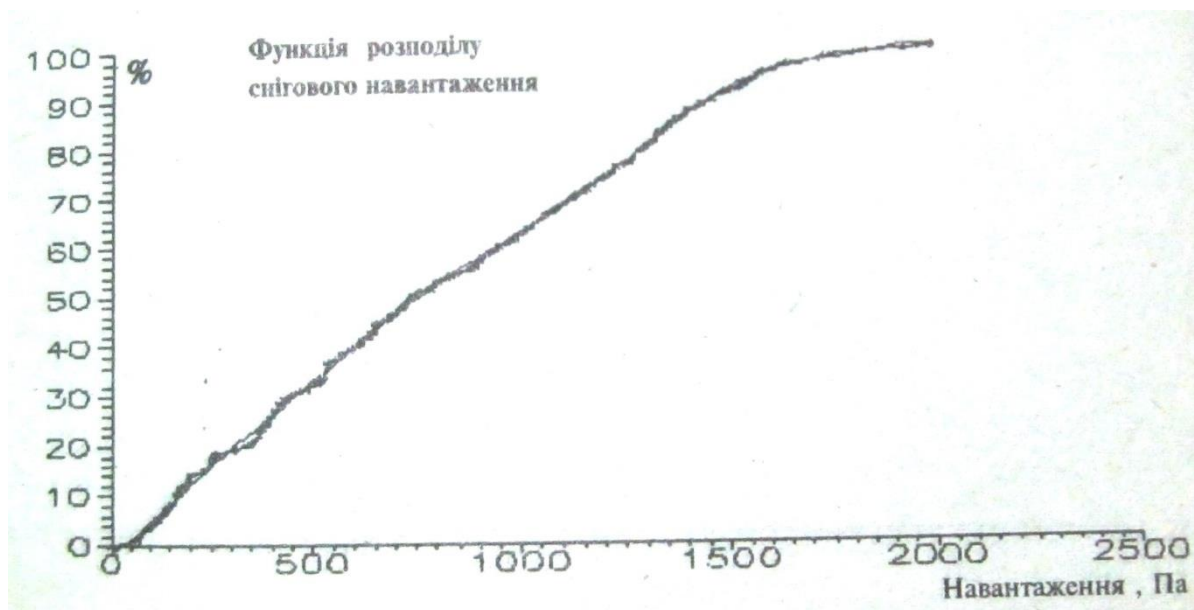


Рисунок 2.5 – Графік функції розподілу снігового навантаження для станції Плай

За даними графіка функції розподілу снігового навантаження визначається величина навантаження й імовірність реалізації цього навантаження та заносяться до таблиці. У табл. 2.3 наведено приклад оформлення значень, знайдених по функції розподілу снігового навантаження, для високігріної станції Плай.

Таблиця 2.3

Імовірність реалізації навантаження для станції Плай

№ ст	Назва	Навантаження, Па																
		0	125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000
37	Плай	0	0,06	0,175	0,24	0,32	0,41	0,49	0,55	0,615	0,69	0,76	0,85	0,9	0,955	0,975	0,98	0,99

За даними табл. 2.3 будується графік імовірності реалізації навантажень (рис. 2.6) із метою перевірки достовірності введених даних. Порівнюючи між собою рис. 2.5 та рис. 2.6 видно, що графіки майже однакові, тобто дані введено вірно.



Рисунок 2.6 – Ймовірність реалізації навантажень для станції Плай

За даними функції розподілу снігового навантаження необхідно визначити числові характеристики вибірки: середнє значення M , стандарт S , а також коефіцієнт варіації вибірки V .

Числові характеристики визначаються через функцію розподілу, задану значеннями середин інтервалів X_j та частот P_j , рівних ймовірностям попадання випадкової величини до цих інтервалів. Тоді середнє значення M і середнє квадратичне відхилення S визначають за формулами з [13]:

$$M = \sum_{j=1}^L P_j X_j; \quad S = \sqrt{\sum_{j=1}^L P_j (X_j - M)^2}, \quad (2.4)$$

де X_j – середина інтервалу:

$$X_j = \frac{(C_j - C_{j-1})}{2}; \quad (2.5)$$

C_j – межі інтервалів;

$j = 1 \dots L$ – кількість елементів у вибірці.

Так як розрахунки ведуться у програмному середовищі Microsoft Excel, то для визначення необхідних числових параметрів використовуються такі функції: *СУММПРОИЗВ* – для середнього значення M , *КОРЕНЬ(СУММПРОИЗВ)* – для стандарту S .

Обчислення за формулами (2.4) та (2.5) легко реалізуються в програмному середовищі Microsoft Excel у вигляді таблиці з таким набором стовпців: середини інтервалів X_j , частоти P_j , значень $(X_j - M)^2$.

Коефіцієнт варіації V обчислюється за формулою, приведеною у [13]:

$$V = \frac{S}{M}. \quad (2.6)$$

Для побудови гістограми по густині розподілу необхідно скористатися формулою з [13]:

$$f_j = \frac{P_j}{d_j} = \frac{P_j}{(C_j - C_{j-1})}, \quad (2.7)$$

де d_j – довжина інтервалу.

Результати розрахунків заносяться до таблиці, приклад якої наведений у табл. 2.4. За даними табл. 2.4 побудована гістограма розподілу снігового навантаження (рис. 2.7).

Числові характеристики для станції Плай, отримані за формулами (2.4), (2.6):

- середнє значення $M=797$ Па;
- стандарт $S=484$ Па;
- коефіцієнт варіації $V=0,608=60,8\%$.

Снігове навантаження також може бути розподілене за законом розподілу Вейбулла, що підтверджується пагорбоподібним асиметричним виглядом гістограми, яка наведена на рис. 2.7

Таблиця 2.4

Розрахункові дані за функцією розподілу для станції Плай

Навантаження, Па	0	125	250	375	500	625	750	875	1000	1125	1250	1375	1500	1625	1750	1875	2000
Середина інтервалу X_j		62,5	187,5	312,5	437,5	562,5	687,5	812,5	937,5	1062,5	1187,5	1312,5	1437,5	1562,5	1687,5	1812,5	1937,5
Імовірність реалізації	0	0,06	0,175	0,24	0,32	0,41	0,49	0,55	0,615	0,69	0,76	0,85	0,9	0,955	0,975	0,98	0,98
Частота P_j		0,06	0,115	0,065	0,08	0,09	0,08	0,06	0,065	0,075	0,07	0,09	0,05	0,055	0,02	0,005	0,01
$(X_j - M)^2$		539307	371338	234619	129150	54932	11963	244	19775	70557	152588	265869	410400	586182	793213	1031494	1301025
Густина розподілу f_j		0,00048	0,00092	0,00052	0,00064	0,00072	0,00064	0,00048	0,00052	0,0006	0,00056	0,00012	0,0004	0,00044	0,00016	0,0004	8E-05
Густина розподілу за законом Вейбулла $f(x)$	0,0003	0,0006	0,00077	0,00086	0,00087	0,00083	0,00076	0,00066	0,00056	0,00046	0,00036	0,00028	0,00021	0,00016	0,00011	0,00008	

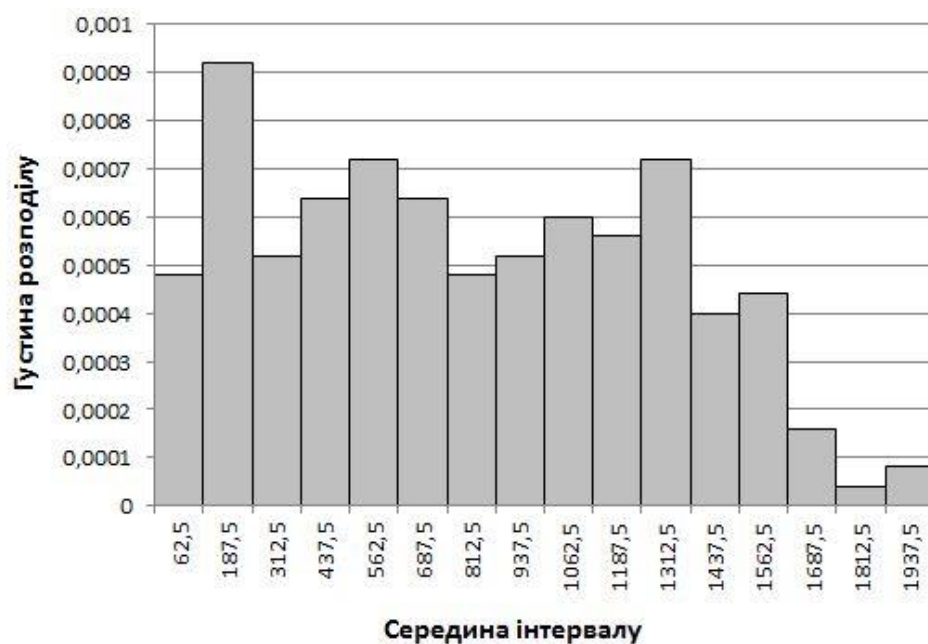


Рисунок 2.7 – Гістограма розподілу для станції Плай

Результати обробки даних інших метеостанцій показали, що їх дані також можуть бути описані за законом розподілу Вейбулла.

Закон розподілу Вейбулла отримано як розподіл мінімального елемента з вибірки випадкової величини, що визначена в області додатних чисел. Він використовується в дослідженнях втомлюваності матеріалів, для опису метеорологічних факторів та ряду інших явищ. Розподіл Вейбулла існує в області додатних дійсних чисел, а вигляд його густини залежить від значення параметра α .

Параметр α визначається чисельно, як розв'язок трансцендентного рівняння з [6]:

$$\Gamma\left(1 + \frac{2}{\alpha}\right) = (V^2 + 1) \cdot \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right)\right]^2, \quad (2.8)$$

де $\Gamma(-)$ – гамма-функція.

Параметр β обчислюється через параметр α та середнє значення M за формулою з [6]:

$$\beta = \left[\Gamma\left(1 + \frac{1}{\alpha}\right) / M\right]^\alpha. \quad (2.9)$$

Розв'язання рівняння (2.8) реалізовано у програмному середовищі Microsoft Excel за допомогою надбудови «Поиск решения», яка реалізує такі операції: знаходить оптимальне значення формули (мінімум, максимум), змінюючи при цьому значення заданого параметру формули.

Для побудови на гістограмі апроксимуючої кривої доцільно використати густину розподілу за законом Вейбулла, що наведена в [6]:

$$f(x) = \alpha \cdot \beta \cdot X_j^{\alpha-1} \cdot \exp(-\beta \cdot X_j^\alpha), \quad (2.10)$$

Числові параметри для станції Плай, обчислені за формулами (2.8) та (2.9) у програмному середовищі Microsoft Excel:

- $\alpha=1,6931$;
- $\beta=0,0000101$.

Останній рядок табл. 2.4 містить обчислені за формулою (2.10) значення густини розподілу за законом Вейбулла, за якими збудована відповідна апроксимуюча крива (рис. 2.8). Візуальне порівняння густини розподілу за законом Вейбулла свідчить про її відповідність до дослідної гістограми.

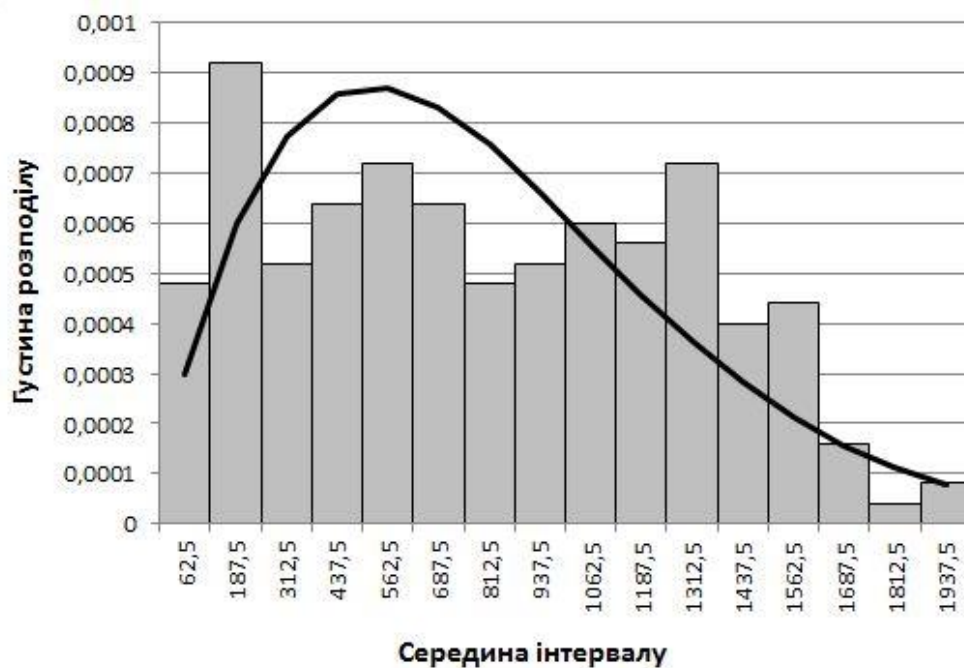


Рисунок 2.8 – Гістограма розподілу разом із апроксимуючою кривою для станції Плай

Порівняємо числові характеристики M та V для високогірної станції Плай, наведені у довіднику [3], зі значеннями цих же характеристик, обчислених за формулами (2.4) та (2.6). Дані для порівняння наведені у формі таблиці (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Значення числових характеристик для станції Плай

	За даними довідника [3]	За формулами (2.4) та (2.6)
M , Па	833	797
V	0,6	0,608

Із табл. 2.5 видно, що відмінності значень числових характеристик M та V для станції Плай досить невеликі (не перевищують 5%), тому для подальших розрахунків можна використовувати дані довідника [3].

Наведені вище числові характеристики необхідні для визначення розрахункових значень ваги снігового покриву для заданих періодів повторюваності.

Граничне розрахункове значення ваги снігового покриву за законом Вейбулла для періодів повторюваності 10, 50 та 200 років обчислюється за наближеною формулою з [6]:

$$S_m(T) = \left[-\frac{\ln(\mu)}{\beta} \right]^{\frac{1}{\alpha}}, \quad (2.11)$$

де T – період повторюваності, роки;

μ – частка строку служби конструкції, протягом якої снігове навантаження може перевищуватись:

$$\mu = 1 - F(S_m) = \frac{1}{T \cdot N_p}, \quad (2.12)$$

де $F(S_m)$ – інтегральна функція розподілу ординати випадкового процесу навантаження;

N_p – середня кількість даних протягом року.

Розрахунки за формулами (2.8), (2.9), (2.11), (2.12) виконуються для кожної станції чи поста у програмному середовищі Microsoft Excel, що значно спрощує процес проведення розрахунків.

Таблиця 2.6

Розрахункові значення снігового навантаження за законом Вейбулла
для станції Плай

№ ст	Назва	Кількість спостережень за рік	M, Па	V	α	β	$S_m(T)$, Па		
							10	50	200
37	Плай	20,3	833	0,6	1,717	0,00001	2482	2883	3206

Отримані значення числових характеристик та граничні розрахункові значення для станцій зводяться у таблицю. У табл. 2.6 наведено приклад оформлення розрахованих даних для високогірної станції Плай.

2.4 Методика аналізу впливу висоти над рівнем моря на величину снігового навантаження

Оскільки величина снігового навантаження зростає при збільшенні висоти над рівнем моря, в українських нормах проектування [10] для гірської місцевості вводиться коефіцієнт географічної висоти C_{alt} – поправка, що враховує висоту розміщення будівельного об'єкта H над рівнем моря при визначенні снігового навантаження. У нормах проектування Євросоюзу [12] для гірської місцевості виведені формули снігового навантаження, які залежать від висоти будівельного об'єкта над рівнем моря.

Із метою встановлення залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря у гірській місцевості, тобто уточнення коефіцієнта географічної висоти C_{alt} з діючих норм проектування ДБН [10], необхідно створити електронна база метеорологічних даних за результатами снігомірних зйомок у гірській місцевості, результати яких опубліковані у довіднику [3], та провести статистичну обробку отриманих даних.

За значеннями з електронної бази метеорологічних даних для кожної станції обчислюється снігове навантаження для різних років повторюваності (10, 50 та 200 років). Розрахунки виконуються за двома законами розподілу: Гумбеля та Вейбулла. Усі обчислення виконуються у програмному середовищі Microsoft Excel, що має необхідні функції для обчислення та зберігання даних. Так як значення снігового навантаження за законами розподілу Гумбеля та Вейбулла дещо відрізняються, необхідно визначити остаточні значення, за допомогою яких буде отримана залежність снігового навантаження від висоти над рівнем моря.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		35

У районі Карпат досить великими значення відрізняються не тільки високогірні метеостанції. У гірських районах отримані великі снігові навантаження навіть для метеостанцій чи постів, що розташовані на невеликій висоті над рівнем моря. Це обумовлено особливостями клімату гірських районів.

Для встановлення залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря остаточно приймається навантаження з нормативним періодом повторюваності 50 років.

Після проведення всіх розрахунків, що описані вище, за отриманими розрахунковими значеннями будуються графіки залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря, а також проводиться уточнення коефіцієнту географічної висоти C_{alt} .

Із метою визначення поправки на висоту C_{alt} для отриманих із довідника [3] даних скористаємося наступною методикою. Спочатку необхідно визначити гірські метеостанції: гірськими будуть вважатися метеостанції, що розташовані на висоті понад 500 м над рівнем моря; а, отже, рівнинними будуть станції з висотою над рівнем моря менше 500 м.

Для кожної гірської метеостанції необхідно визначити деяку кількість рівнинних метеостанцій (не менше 2), що її оточують та розташовані найближче. Наприклад, для гірської метеостанції №263 Ружанка, яка розташована на висоті 564 м над рівнем моря, найближчими рівнинними є такі станції (рис. 2.9): №40 Міжгір'я (456 м), №258 Сколе (443 м), №260 Святослав (476 м), №298 Тисів (420 м), №299 Гошів (375 м).

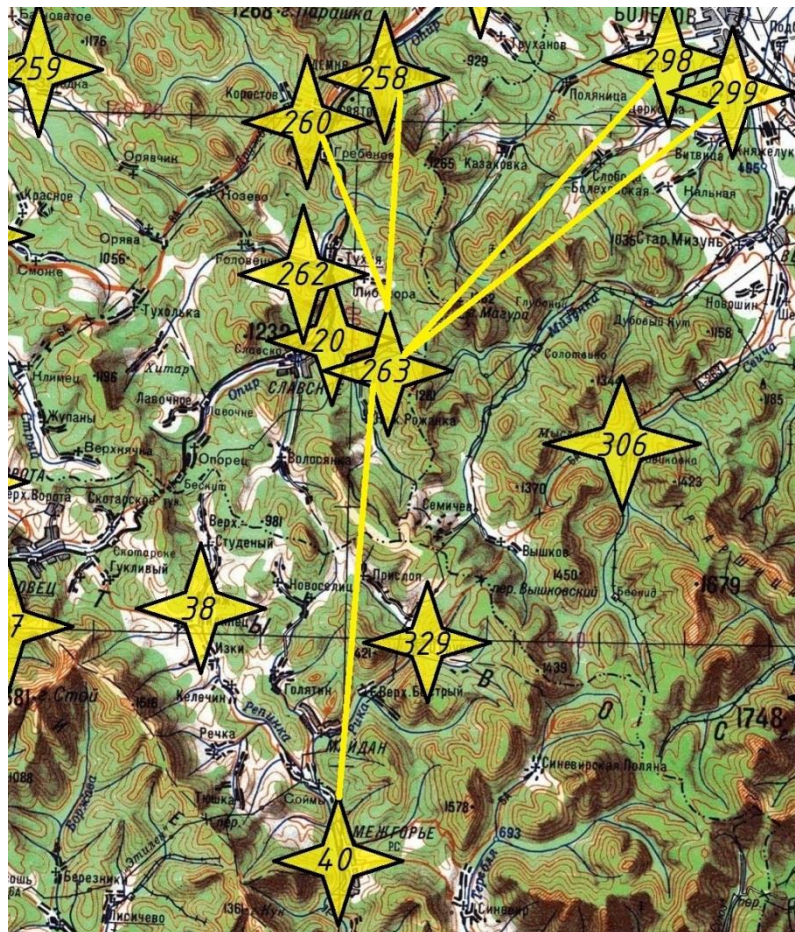


Рисунок 2.9 – Схема розміщення рівнинних станцій для гірської станції Ружанка

Для отриманих рівнинних метеостанцій необхідно розрахувати середнє значення снігового навантаження за формулою:

$$S_{m\text{ сер}} = \frac{\sum S_m^{\text{рівн}}}{n}, \quad (2.13)$$

де $S_m^{\text{рівн}}$ – розрахункове значення снігового навантаження на окремій рівнинній метеостанції, Па;

n – кількість рівнинних метеостанцій.

Поправка на висоту C_{alt} обчислюється за формулою:

$$C_{alt} = \frac{S_m^{\text{гір}}}{S_m^{\text{єр}}}, \quad (2.14)$$

де $S_m^{\text{гір}}$ – розрахункове значення снігового навантаження на обраній гірській метеостанції, Па.

Таблиця 2.7

Поправка на висоту C_{alt} для гірської станції Ружанка

Гірська метеостанція	Рівнинна метеостанція	Висота над рівнем моря, м	$S_m(50)$, Па	$S_{m\text{сер}}$, Па	C_{alt}
263. Ружанка		564	1343,9		1,22
	40. Міжгір'я	456	1530,5	1101,1	
	258. Сколе	443	745,8		
	260. Святослав	476	1231,4		
	299. Гошів	375	896,6		

Розрахунки за формулами (2.13) і (2.14) виконуються для кожної гірської метеостанції. За отриманими розрахунками будується графік залежності коефіцієнту географічної висоти C_{alt} від висоти над рівнем моря.

2.5 Висновки з розділу

Дослідження, що виконані в даному розділі, дозволяють зробити такі висновки:

1. За даними метеорологічних спостережень за сніговим покривом у гірському районі України створена електронна база метеорологічних даних у середовищі Microsoft Excel.
2. З використанням отриманої бази даних розроблена методика обчислення розрахункових значень снігового навантаження за послідовністю річних максимумів та функцією розподілу результатів снігозйомок.
3. Розроблена методика обчислення поправки на висоту – коефіцієнту географічної висоти C_{alt} для гірської місцевості.

Розділ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ СНІГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ В КАРПАТАХ

3.1 База метеорологічних даних по сніговому покриву

База метеорологічних даних формується у вигляді таблиці в програмному середовищі Microsoft Excel. До електронної бази метеорологічних даних заносяться основні дані метеостанцій, такі як: область, висота над рівнем моря, координати тощо. Для створення електронної таблиці були використані дані, наведені у довіднику [3], а саме: середньорічне снігове навантаження та функція розподілу снігового навантаження. Для розрахунків використовуються дані по результатам метеорологічних спостережень за 1979-1990 роки. Методика розрахунку даних наведена у розділі 2.

Із метою дослідження залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря були використані метеостанції, розташовані у гірській місцевості України – Карпатських горах. Для встановлення цієї залежності були відібрані 130 метеостанцій, перелік та основні характеристики яких наведено у табл. 3.1.

Розміщення метеорологічних станцій та постів на території Карпат зображено на топографічній карті (рис. 3.1).

За гістограмою розподілу метеостанцій по висоті над рівнем моря, яка зображена на рис. 3.2 видно, що досить велика частина метеостанцій розташовані на висоті 500 м над рівнем моря та більше. Це дозволить встановити залежність розрахункових значень ваги снігового покриву від висоти розташування об'єкта над рівнем моря.

Таблиця 3.1

Метеорологічна база даних

№ ст.	Назва	Область	Координати		Висота над рівнем моря, м	Кількість спостережень	Снігове навантаження, Па			Густина, кг/м3			Сторона схилу
			пн. ш.	сх. д.			сер.	C _{var}	макс.	сер.	C _{var}	макс.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
10	Рава-Руська	Львівська	50° 15'	23° 38'	252	99	265	0,69	951	230	29	450	рівн
11	Кам'янка-Бузька		50° 06'	24° 21'	212	74	206	0,52	490	210	32	370	рівн
12	Броди		50° 06'	25° 09'	227	96	353	1,38		260	45	600	рівн
13	Яворів		49° 01'	22° 56'	809	106	255	0,56	911	220	38	680	пн-сх
14	Мостиська		49° 48'	23° 09'	232	93	235	0,54	598	230	51	900	рівн
15	Львів АСМГ		49° 50'	24° 01'	319	29	245	0,71	647	190	18	280	рівн
16	Самбір		49° 31'	23° 12'	284	62	225	0,61	735	240	56	900	рівн
17	Дрогобич АСМГ		49° 21'	23° 31'	275	27	196	0,38	402	200	30	330	рівн
18	Стрий		49° 15'	23° 51'	291	70	206	0,52	519	200	31	360	рівн
19	Турка		49° 09'	23° 02'	594	133	265	0,6	921	230	39	800	пд-зх
20	Славськ		48° 51'	23° 27'	592	167	461	0,66	1401	250	43	800	пд-зх
30	Долина	Івано-Франківська	48° 58'	24° 01'	470	106	333	0,74	1029	210	29	470	пд-зх
31	Івано-Франківськ АСМГ		48° 55'	24° 43'	270	36	216	0,45	372	210	49	700	рівн
32	Яремча		48° 27'	24° 33'	531	13	167	0,5	353	210	19	260	пн-сх
33	Коломия		48° 32'	25° 02'	295	105	284	0,75	823	220	35	430	рівн
34	Пожежевська	Закарпатська	48° 09'	24° 32'	1451	195	1715	0,67	5008	310	37	900	пн-сх
35	Великий Березний		48° 54'	22° 28'	205	138	951	0,95	3734	260	34	460	пд-зх
36	Нижні Ворота		48° 46'	23° 06'	496	140	500	0,98	4773	260	50	900	пд-зх
37	Плай		48° 40'	23° 10'	1330	244	833	0,6	2048	280	26	480	пд-зх
38	Нижній Студений		48° 42'	23° 22'	615	209	647	0,98	5998	270	37	900	пд-зх

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
39	Ужгород АСМГ	Черні- вецька	48° 37'	22° 18'	115	45	470	0,5	1039	230	36	430	рівн
40	Міжгір'я		48° 32'	23° 30'	456	146	421	0,68	1421	260	50	900	пд-зх
41	Берегове		48° 13'	22° 38'	113	80	412	0,8	1352	230	37	600	рівн
42	Хуст		48° 11'	23° 18'	164	102	461	0,62	1813	240	46	900	рівн
43	Рахів		48° 03'	24° 12'	430	26	588	0,52	1156	190	32	300	рівн
44	Новодністровськ		48° 35'	27° 26'	241	53	353	0,52	715	270	29	440	рівн
45	Чернівці АСМГ	Львівська	48° 16'	25° 58'	239	29	343	0,56	686	210	27	360	рівн
46	Селятин		47° 52'	25° 13'	762	172	480	0,63	2087	240	49	900	пд-зх
227	Сокаль		50° 29'	24° 17'	196	62	265	0,6	627	230	30	400	рівн
228	Червоноград		50° 23'	24° 14'	191	46	265	1,78	3361	210	23	350	рівн
229	Межиріччя		50° 20'	24° 13'	187	83	284	0,66	902	230	25	400	рівн
230	Щуровці		50° 16'	25° 02'	204	88	225	0,54	666	210	32	440	рівн
231	Лугове		50°	24° 58'	202	85	235	0,45	539	210	23	350	рівн
232	Волиця		50° 14'	23° 50'	206	152	245	0,48	539	220	43	800	рівн
233	Троїця		50° 09'	24° 46'	207	163	255	0,98	3146	210	36	800	рівн
234	Нестерів (Жовква)		50° 03'	23° 58'	227	120	274	0,52	794	230	43	900	рівн
235	Буськ		49° 58'	24° 36'	220	87	196	0,53	451	220	58	900	рівн
236	Яворів		49° 55'	23° 24'	254	45	206	0,6	637	250	64	900	рівн
237	Сасів		49° 53'	24° 57'	271	203	333	1,56	4890	230	47	900	рівн
238	Верхобуж		49° 50'	25° 08'	317	153	372	0,66	1098	220	27	510	пд-зх
239	Твіржа		49° 48'	23° 14'	209	102	314	0,68	1019	240	47	900	рівн
240	Золочів		49° 48'	24° 54'	266	53	206	0,45	441	220	23	370	рівн
241	Оброшино		49° 47'	23° 52'	314	118	225	0,6	774	230	29	420	пн-сх
242	Щирець		49° 39'	23° 52'	259	44	255	0,53	774	220	22	350	рівн
243	Луки		49° 37'	23° 23'	263	58	284	0,61	1166	220	22	320	пд-зх
244	Комарно		49° 38'	23° 41'	257	107	323	1,15	2029	240	54	900	рівн
246	Хирів		49° 32'	22° 52'	339	70	167	0,7	764	310	86	900	пн-сх
247	Озими́на		49° 28'	23° 23'	274	57	284	0,77	902	230	71	900	рівн

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
248	Розділ	Івано-Франківська	49° 26'	24° 04'	244	85	186	0,56	588	230	46	900	пд-зх
249	Стрілки		49° 20'	22° 59'	406	101	225	0,57	637	220	58	900	пн-сх
250	Журавно		49° 16'	24° 17'	232	76	206	0,62	715	240	81	900	рівн
251	Новий-Кропивник		49° 13'	23° 18'	528	74	294	0,73	1156	210	51	900	пд-зх
252	Ясениця		49° 12'	23° 16'	569	74	314	0,66	892	230	50	900	пд-зх
253	Рибник		49° 11'	23° 18'	539	91	441	0,66	2087	220	41	900	пн-сх
254	Майдан		49° 09'	23° 17'	611	83	245	0,77	853	260	73	900	пд-зх
255	Зарічне		49° 10'	24° 05'	279	122	294	0,7	1225	240	67	900	пн-сх
256	Сопот		49° 09'	23° 25'	520	75	304	0,57	617	250	72	900	пн-сх
257	Верхнє Синьовидне		49° 06'	23° 36'	370	71	323	0,77	1196	240	67	900	рівн
258	Сколе		49° 02'	23° 31'	443	103	245	0,6	686	230	47	800	рівн
259	Риків		49° 01'	23° 10'	662	130	451	0,88	1686	240	49	900	пд-зх
260	Святослав		49°	23° 27'	476	138	431	0,54	1009	230	44	900	пд-зх
261	Матків		48° 55'	23° 06'	703	178	549	0,65	1891	260	35	700	пн-сх
262	Тухля		48° 54'	23° 28'	544	176	480	0,58	1490	240	51	900	пд-зх
263	Ружанка		48° 52'	23° 29'	564	132	470	0,54	1058	240	59	900	пн-сх
292	Рогатин	Івано-Франківська	49° 24'	24° 30'	237	68	245	0,87	1695	210	50	800	рівн
293	Букачівці		49° 15'	24° 30'	225	99	225	0,58	872	220	51	900	пн-сх
294	Большовці		49° 11'	24° 44'	216	106	216	0,49	657	220	36	500	рівн
295	Томашівці		49° 08'	24° 26'	253	96	265	0,5	745	220	28	370	рівн
296	Галич		49° 07'	24° 43'	211	71	245	0,5	568	240	61	900	рівн
297	Перевозець		49° 05'	24° 33'	236	52	284	0,61	745	180	33	400	рівн
298	Тисів		49° 03'	23° 48'	420	61	382	0,9	1441	290	64	900	рівн
299	Гошів		49° 01'	23° 53'	375	69	314	0,6	843	270	57	900	рівн
300	Боднарів		49° 01'	24° 33'	282	91	314	1,15	3156	200	32	490	рівн
301	Ямниця		49°	24° 44'	221	89	294	0,64	970	230	46	900	рівн
302	Нижній		48° 58'	25° 06'	190	84	284	0,66	970	210	36	340	рівн
303	Тисмениця		48° 54'	24° 51'	239	104	265	0,6	764	240	57	900	рівн

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
304	Спас	Закарпатська	48° 53'	24° 04'	420	88	314	0,67	951	220	42	800	рівн
305	Черніїв		48° 51'	24° 42'	273	53	225	0,44	510	210	42	550	рівн
306	Мислівка		48° 47'	23° 46'	777	85	382	0,6	911	200	35	500	пд-зх
307	Осмолода		48° 38'	24° 01'	762	182	284	0,92	3058	230	59	900	пд-зх
308	Гута		48° 38'	24° 13'	636	189	294	0,96	1617	250	76	900	пд-зх
309	Пасічна		48° 34'	24° 27'	576	140	304	0,75	1166	210	70	900	пн-сх
310	Любківці		48° 29'	25° 22'	225	52	255	0,64	617	220	84	900	рівн
311	Дора		48° 28'	24° 35'	482	85	333	0,78	1156	210	46	800	пн-сх
312	Потік		49° 25'	24° 35'	249	27	245	0,66	755	190	66	800	пн-сх
313	Буяський		48° 27'	24° 33'	478	26	235	0,51	500	240	67	800	пн-сх
314	Кременці		48° 22'	24° 33'	637	98	343	0,83	1029	220	51	900	пд-зх
315	Ворохта		48° 18'	24° 35'	912	45	294	0,58	882	200	57	800	пд-зх
316	Кути		48° 15'	25° 12'	335	38	392	0,55	823	250	49	800	рівн
317	Ясені		48° 10'	24° 58'	604	40	333	0,6	843	240	52	900	пд-зх
318	Ільці		48° 09'	24° 46'	718	65	304	0,52	627	240	59	900	пн-сх
319	Верховина		48° 09'	24° 50'	658	121	412	0,79	3146	260	59	800	пн-сх
320	Устерики		48° 07'	25° 01'	533	33	323	0,45	647	210	68	900	пд-зх
322	Жорнава	Закарпатська	48° 59'	22° 38'	372	123	519	0,67	1558	270	32	520	пд-зх
323	Чорноголово		48° 51'	22° 37'	255	209	382	0,69	1450	240	43	900	пд-зх
324	Зарічево		48° 46'	22° 30'	155	115	421	0,66	1274	240	56	900	пн-сх
325	Верхня Грабівниця		48° 45'	23°	465	210	519	0,71	1607	260	42	900	пн-сх
326	Підполоззя		48° 45'	23° 01'	422	173	500	0,64	1705	250	43	900	пд-зх
327	Сімер		48° 44'	22° 21'	151	106	392	0,68	1431	230	44	900	рівн
328	Турья Поляна		48° 42'	22° 50'	348	86	412	0,6	1039	220	33	520	пд-зх
329	Торунь		48° 40'	23° 35'	685	79	676	0,61	1519	260	40	900	пн-сх
330	Поляна		48° 37'	22° 58'	293	96	490	0,63	1470	240	35	510	пн-сх
331	Свалява		48° 33'	22° 59'	190	103	353	0,71	1176	210	38	400	рівн
332	Зняцево		48° 29'	22° 31'	105	109	421	0,65	1392	230	34	600	рівн

Продовження таблиці 3.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
333	Чоп	Чернівцька	48° 25'	22° 11'	97	72	372	0,73	1196	230	34	600	рівн
334	Колочава		48° 25'	23° 41'	578	183	725	0,7	2097	270	43	900	пд-зх
335	Довге		48° 22'	23° 17'	168	152	578	1,14	7477	280	51	900	рівн
336	Лопухів		48° 22'	23° 58'	718	38	461	0,77	1411	240	47	500	рівн
337	Нижній Бистрий		48° 21'	23° 32'	397	90	480	0,61	1401	230	45	800	пн-сх
338	Руська Мокра		48° 21'	23° 54'	691	92	1137	0,59	2607	280	44	960	пд-зх
339	Іршава		48° 19'	23° 02'	134	57	549	0,83	2156	260	42	550	рівн
340	Усть-Чорна		48° 19'	23° 56'	632	114	951	0,59	2136	280	38	650	пд-зх
341	Ясиня		48° 16'	24° 21'	731	112	451	0,58	1029	250	43	800	пн-сх
342	Шаланки		48° 14'	22° 53'	121	22	441	0,7	1215	220	44	800	рівн
343	Красна		48° 14'	23° 56'	510	14	784	1,18	3812	240	32	400	пн-сх
344	Дубове		48° 11'	23° 53'	382	84	735	0,74	2695	280	47	900	рівн
345	Нересниця		48° 07'	23° 46'	341	180	578	0,81	2793	250	41	700	пд-зх
346	Білин		48° 07'	24° 16'	499	29	892	0,98	3489	220	24	320	пн-сх
347	Вилок		48° 06'	22° 50'	115	49	294	0,67	1058	220	13	340	рівн
348	Ростоки		48° 04'	24° 17'	653	35	470	0,61	1078	230	30	370	пн-сх
349	Луги		48° 04'	24° 26'	782	127	823	0,84	5900	260	39	900	пд-зх
350	Кобилецька Поляна		48° 03'	24° 04'	457	21	372	0,74	980	250	43	380	пд-зх
351	Тячів		48° 01'	23° 35'	209	52	412	0,64	1274	240	36	440	рівн
352	Косівська Поляна		48° 01'	24° 07'	528	16	529	0,61	1098	260	68	900	пд-зх
353	Великий Бичків		47° 58'	24°	295	69	519	0,62	1480	260	40	900	рівн
354	Ділове		47° 56'	24° 11'	430	20	686	0,98	3146	210	33	350	рівн
356	Грушівці		48° 37'	26° 56'	236	5	529	0,32	666	210	16	250	рівн
357	Сторожинець		48° 09'	25° 44'	355	59	470	0,64	1088	250	35	500	пн-сх
358	Лопушна		48° 04'	25° 17'	553	61	568	0,87	1676	220	47	580	пн-сх
359	Путила		48°	25° 05'	648	21	392	0,87	1147	180	97	900	пн-сх



Рисунок 3.1 – Карта розміщення метеостанцій у гірській місцевості (Карпати) на території України

У районі Карпатських гір мережа метеорологічних станцій значно густіша, ніж на рівнинній території України. Це обумовлено збільшенням територіальної мінливості снігового покриву внаслідок впливу складного гірського рельєфу.



Рисунок 3.2 – Гістограма розподілу метеостанцій за висотою над рівнем моря

3.2 Статистичні характеристики і розрахункові значення снігового навантаження

Із метою встановлення залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря у гірській місцевості були вибрані дані по станціям Карпатських гір, що наведені у довіднику [3]. За даними графіків середньорічного снігового навантаження (довідник [3]), шляхом вимірювання, були визначені річні максимуми снігового навантаження за 1979-1990 роки.

Аналіз та обчислення даних, отриманих із графіків середньорічного снігового навантаження, проводиться за послідовністю річних максимумів. Методика цих розрахунків описана у розділі 2. Для спрощення процесу обчислень розрахунки виконуються у програмному середовищі Microsoft Excel.

Дані графіків середньорічного снігового навантаження разом із подальшими розрахунками наведені у формі таблиці (табл. 3.2).

Таблиця 3.2

Розрахункові значення снігового навантаження за послідовністю річних максимумів

№ ст.	Назва	Річні максимуми снігового навантаження, Па												M	S	S _m (T), Па		
		1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989	1990			10	50	200
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
10	Рава-Руська	650	260	250	470	160	140	355	205	715	320	240	100	322	196	586	832	1044
11	Кам'янка-Бузька	455	265	365	335	70	210	255	220	490	280			295	123	460	615	748
12	Броди	790	705	355	400	170	305	670	220	410	200	170	105	375	231	686	976	1226
13	Яворів	800	330	345	525		160	360	280	500	330	235	110	361	192	619	860	1067
14	Мостиська	470	230	225	595	70	115	240	255	340	135	150	140	247	154	455	649	816
16	Самбір	740	280	255	560	145	490	260	230	270	515			375	189	629	866	1071
18	Стрий	500	205	235	295	130	525	285	255	245			220	290	126	459	618	754
19	Турка	530	250	680	460	330	470	470	320	765	470	380	255	448	158	661	859	1030
20	Славськ	730	380	1190	680	415	830	1040	605	1230	960	1155	315	794	325	1232	1640	1992
30	Долина	500	310	290	485	285	1030	625	215	570	415	105	60	408	263	762	1093	1378
31	Івано-Франківськ АСМГ	360	180			240		350		290				284	76	386	481	563
33	Коломия	395	300	235	245	140	810	360	220	285	460	100	295	320	184	568	799	998
34	Пожежевська	3940	3840	3150	4230	365	2975	2445	2880	2160	1615	1790	1265	2555	1172	4132	5603	6871
35	Великий Березний	450	310	1900	2980	2415	490	2370	1300	1855	3400	1925	185	1632	1085	3093	4455	5629
36	Нижні Ворота	275	430	940	325	195	510	1240	730	1360	625	835	230	641	390	1166	1656	2078
37	Плай	1650	915	1420	1275	1060	1580	1465	1975	1435	1500	1555	525	1363	379	1873	2349	2759
38	Нижній Студений	1740	575	1255	785	2230	665	1155	530	1130	795	760	300	993	549	1732	2422	3015
39	Ужгород АСМГ			910	180	690		565	515	1045	55			566	360	1050	1501	1890
40	Міжгір'я	260	385	795	285	275	535	680	640	1360	680	875	215	582	333	1031	1449	1809
41	Берегове	205		1355	370	400	390	595	285	1205	385	280	115	508	402	1049	1554	1989
42	Хуст	135	410	685	490	335	605	1060	825	1020	450	610	135	563	302	970	1349	1675
44	Новодністровськ	610		665				660	300	450	440	75	160	420	226	724	1007	1251

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
46	Селятин	585	310	985	965	515	1010		440	170	620	855	250	610	306	1022	1406	1738
227	Сокаль	630	315	240			160	475	225	280	350			334	152	539	730	895
228	Червоноград					15	220	435	245	410	295	220	80	240	145	435	617	774
229	Межиріччя	855	245	195	200	95	250	340	180	375	275	160		288	204	563	819	1040
230	Щуровці	610	370	195	285	125	220	505	225	525	240	130	100	294	170	524	738	922
231	Лугове			170			215	390	150	430	430			298	133	477	644	787
232	Волиця	535	280	220		70	210	395	315	485	435	195		314	147	512	696	854
233	Троїця	520	315	170	350	150	305	380	330	505	355	120		318	131	495	659	801
234	Нестерів (Жовква)	550	385	175	335		255	340	380	490	320	125		336	130	510	673	813
235	Буськ	430	225	130	60	150	315	385	200	375	405	215		263	126	432	589	725
236	Яворів			185		80	85	300	230	570	115			224	173	456	673	860
237	Сасів	585	480	315			465	820	280	575	415	210	130	428	204	702	959	1179
238	Верхобуж			260		55	880	860	355	950	625			569	350	1040	1480	1858
239	Твіржа	610	260	310	315	110	175	560	380	940	465	255		398	236	716	1012	1267
240	Золочів				445	215	295	385	285	305	90			289	115	443	587	711
241	Оброшино	575	365	235	375		325	545	250	575	295			393	137	578	750	898
242	Щирець	510		215	280	65	265	275	260	770	350	110		310	202	583	837	1056
243	Луки	375	405	345	490		215	490	205	575	80	160	130	315	166	539	748	928
244	Комарно	350	220	1005	475	430	170	725	255	1500	280	140		505	419	1069	1596	2049
246	Хирів	760	295	295	330	80	250	275	410	320	115			313	185	562	795	995
247	Озимина	555	585	890	560	445	120	235	230	455	95			417	248	751	1062	1330
248	Розділ	550	295	185	335	135	255	330	220	375	235			292	117	449	595	721
249	Стрілки	80	230	345	450	280	425	365	390	615	320	255	170	327	140	516	692	843
250	Журавно	380	200	290	385	350	360	290	335	765	305			366	150	569	757	920
251	Новий-Кропивник	340	405	445	315	300	955	180		325	130			377	238	698	996	1254
252	Ясениця			385	260	330	825	490	410	730	590	235	310	457	201	726	978	1195
253	Рибник	845	930	855	605	800	490	390	405	680	450			645	205	920	1177	1399
254	Майдан		30	860	715	655	745	630	300	430	575	210	200	486	268	848	1185	1475
255	Зарічне		645	710	360		990	565	180	420	460	635		552	233	865	1157	1409

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
256	Сопот			110	175	160	570	610	350	355	220	215	190	296	174	529	747	935
257	Верхнє Синьовидне	390	385	975	295	160	750	235	105	490	215	160	205	364	263	717	1047	1331
258	Сколе	340	390	525	300	185	610	390	215	365	475	215	200	351	137	535	707	855
259	Риків	145	250	475	255	285	770	965	535	1025	825	1680	280	624	450	1229	1794	2280
260	Святослав	560	475	610	605	300	975	730	310	950	530	625	195	572	240	895	1195	1455
261	Матків	485	690	1635	765	570	785	750	565	1215	835	1285	305	824	377	1332	1806	2214
262	Тухля	415	465	1115	670	630	955	805	385	1115	590	835	255	686	284	1069	1425	1733
263	Ружанка	470	425	945	630	345	925	865	450	965	590			661	242	987	1290	1552
292	Рогатин	355	360	335	180	160	245	505	200	395	90			283	128	455	615	753
293	Букачівці	370	345	250	305	155	540	315	175	415	870	215	255	351	195	614	859	1071
294	Большовці	450	335	260	305	145	385	320	165	305	195	220	205	274	92	398	514	614
295	Томашівці	405	445	285	255		650	360	215	340	355			368	128	540	701	839
296	Галич	405	365	215	245		565	490	195	360	175			335	137	520	692	841
297	Перевозець	355	405	290	320		660		135	360	485			376	152	581	773	938
298	Тисів	570	515	300	320	275	1235		205	245	195			429	329	872	1286	1642
299	Гошів	465	390	380	300	145	690	610	235	195	155		260	348	181	591	818	1013
300	Боднарів	600	395	380	275	185	1145	420	180	230	260	195		388	282	767	1121	1426
301	Ямниця	310	500	270	210		805		240	460	130			366	216	657	929	1163
302	Нижній	510	180	215	475		945	415	95	370	210			379	256	724	1045	1322
303	Тисмениця	710	355	470	195		640	445	210	405	200	120	270	365	191	622	861	1067
304	Спас	435	440	355	950	240	765	440	180	360	320	265		432	230	742	1031	1281
305	Черніїв		80	430	185	165		340	255	405	340	180		264	120	427	578	708
306	Мислівка	410	310	770	565	340	790	705	455	700	660	680		580	174	814	1032	1220
307	Осмолода	3040	300	590	565	380	500	525	200	540	485	400	150	640	769	1675	2641	3473
308	Гута	510	625	500	550	245	1475	450	260	480	400	375	110	498	340	956	1383	1751
309	Пасічна		515	410	505	380	1115	570	320	235	410	540	120	465	255	808	1128	1404
310	Любківці		110	610	430	180	75	550	205	320	305			309	189	564	801	1005
311	Дора	515	820	265	365	240	1075	475	250	415	340	270	80	426	275	796	1142	1440
314	Кременці	645	345	900	380	360	1020		275	450	360	335	215	480	262	833	1162	1445
315	Ворохта		200	880	440	230	265	580	180	425	365			396	224	698	979	1221

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
317	Ясені				235		150	370	575	820	355			418	244	746	1052	1316
318	Ільці	155	295	615			570	450	490	75	450	590		410	194	671	914	1123
319	Верховина	960	370	700	355	230	640	680	405	380	810	255		526	242	852	1156	1418
322	Жорнава	390	155	1100	500	310	520	850	650	1485	280	1115	335	641	411	1194	1710	2155
323	Чорноголово	250	290	675	480	280	355	750	665	1265	340			535	315	960	1356	1697
324	Зарічево	380	175	605	450	150	485	560	670	1225	195	775	100	481	322	914	1318	1666
325	Верхня Грабівниця	325	435	1075	440	425	580	1050	910	1485	250			698	407	1246	1758	2198
326	Підполоззя	575	345	875	440	280	720	685	840	1590	490	650	225	643	365	1134	1591	1985
327	Сімер	365	410	485	290	155	405	470	850	1260	450	440	465	504	287	890	1251	1561
328	Турья Поляна	310	465	670	415	255	470	965	525	1025	460			556	258	903	1226	1505
329	Торунь	90	375	790		105		530	835	1505	1010	1385	360	699	496	1366	1989	2526
330	Поляна	415	490	825	440	250	675	600	665	1230	595	235		584	280	960	1311	1614
331	Свалява	240	265	435	285	135	540	1045	810	1170	555	640	245	530	334	980	1399	1760
332	Зняцево	170	320	480	415	225	530	630	610	1250	420	615	140	484	296	882	1253	1573
333	Чоп	210	200	200	295	270	335	665	760	1165	260	295	30	390	316	816	1213	1555
334	Колочава	695	620	1360	505	700	770	1315	1520	1975	1250	1570	395	1056	504	1734	2367	2911
335	Довге	120	385	1120	515	1230	540	1105	800	1580	610	920	195	760	444	1358	1915	2395
337	Нижній Бистрий	200	380	970	395	400	500	785	850	1390	360		355	599	357	1079	1528	1914
338	Руська Мокра	115	740	1255	230	445		905	1835	2410	1410	2260	515	1102	799	2178	3181	4045
339	Іршава	255	285	650	490	300	485	855	975	2150	620	1165		748	550	1488	2178	2773
340	Усть-Чорна		2105		1180	510	590	1920	2065	1375	1250	1675	390	1306	644	2173	2982	3679
341	Ясиня	555	485	965	975	630	330	1035	725	340	635	650	120	620	280	998	1350	1653
344	Дубове	470	665	1330	555	325	560	1485	1975	1150	530			905	546	1640	2326	2917
345	Нересниця	220	360	675	540	445	500	1090	1400	2645	665	925	340	817	669	1717	2557	3280
347	Вилок	175	235	180	415		285	640	290	1065	430	415		413	269	775	1113	1403
349	Луги	485	410	1055	850	405	540	1155	1450	1910	1180	1525	275	937	526	1645	2305	2874
351	Тячів	180	325	475	430		370	550	890	1265	345	400		523	320	954	1357	1703
353	Великий Бичків	320	295	490	400		350	1085	680	1470	540	885	115	603	401	1142	1645	2078
357	Сторожинець			305			1085		435	410	450			537	312	956	1347	1684
358	Лопушна						1675		265	240	385			641	692	1573	2442	3190

Іншим джерелом даних для встановлення залежності величини снігового навантаження від висоти над рівнем моря у гірській місцевості були вибрані графіки функції розподілу снігового навантаження, що наведені у довіднику [3] для кожної станції. Дані вводяться шляхом візуального вимірювання.

Аналіз та обробка даних графіків проводиться за законом розподілу Вейбулла (методика описана у розділі 2). Результати обчислень для усіх метеостанцій наведено в табл. 3.3.

Так як значення числових характеристик M та V для деяких станцій мають досить великі розбіжності, їх необхідно уточнити, обчисливши значення M та V через функцію розподілу за методикою з розділу 2.

Вихідні дані з графіків, уточнені значення числових характеристик M та V й подальші розрахунки по цим даним наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Розрахункові значення снігового навантаження за законом Вейбулла

№ ст.	Назва	Кількість спостережень за рік	M , Па	V	α	β	$S_m(T)$, Па		
							10	50	200
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
10	Рава-Руська	8,3	265	0,69	1,474	0,0002	802	990	1140
11	Кам'янка-Бузька	7,4	206	0,52	2,012	0,0000	480	562	624
12	Броди	8,0	353	0,587	1,759	0,0000	918	1097	1235
13	Яворів	9,6	255	0,56	1,853	0,0000	652	767	856
14	Мостиська	7,8	235	0,54	1,929	0,0000	568	668	745
15	Львів АСМГ	2,4	245	0,71	1,429	0,0003	606	807	964
16	Самбір	6,2	225	0,61	1,686	0,0001	584	710	807
17	Дрогобич АСМГ	2,3	196	0,38	2,855	0,0000	327	379	415
18	Стрий	7,0	206	0,52	2,012	0,0000	477	560	622
19	Турка	11,1	265	0,6	1,717	0,0001	733	870	976
20	Славськ	13,9	461	0,66	1,547	0,0001	1438	1726	1955
30	Долина	8,8	333	0,74	1,367	0,0003	1090	1365	1585
31	Івано-Франківськ АСМГ	7,2	216	0,45	2,363	0,0000	451	516	564

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
32	Яремча	1,1	167	0,5	2,101	0,0000	285	364	420
33	Коломия	8,8	284	0,75	1,348	0,0004	941	1182	1377
34	Пожежевська	16,3	1715	0,67	1,522	0,0000	5545	6641	7515
35	Великий Березний	11,5	951	0,95	1,053	0,0007	4258	5620	6778
36	Нижні Ворота	11,7	500	0,721	1,406	0,0001	1665	2049	2357
37	Плай	20,3	833	0,6	1,717	0,0000	2472	2883	3206
38	Нижній Студений	17,4	647	0,934	1,071	0,0009	3074	3960	4713
39	Ужгород АСМГ	6,4	470	0,5	2,101	0,0000	1046	1222	1354
40	Міжгір'я	12,2	421	0,68	1,498	0,0001	1329	1612	1838
41	Берегове	7,3	412	0,8	1,258	0,0005	1409	1815	2146
42	Хуст	8,5	461	0,62	1,656	0,0000	1269	1529	1732
43	Рахів	2,2	588	0,52	2,012	0,0000	1160	1430	1627
44	Новодністровськ	6,6	353	0,52	2,012	0,0000	812	955	1062
45	Чернівці АСМГ	2,4	343	0,56	1,853	0,0000	722	900	1032
46	Селятин	15,6	480	0,63	1,628	0,0000	1451	1719	1931
227	Сокаль	7,8	265	0,6	1,717	0,0001	700	840	949
228	Червоноград	5,8	265	0,486	2,169	0,0000	570	665	736
229	Межиріччя	7,5	284	0,66	1,547	0,0001	813	998	1143
230	Щуровці	7,3	225	0,54	1,929	0,0000	540	637	710
231	Лугове	14,2	235	0,45	2,363	0,0000	522	588	637
232	Волиця	15,2	245	0,48	2,199	0,0000	576	654	713
233	Троїця	14,8	255	0,503	2,087	0,0000	622	711	779
234	Нестерів (Жовква)	12,0	274	0,52	2,012	0,0000	673	778	858
235	Буськ	7,9	196	0,53	1,970	0,0000	468	548	609
236	Яворів	6,4	206	0,6	1,717	0,0001	530	641	727
237	Сасів	20,3	333	0,651	1,570	0,0001	1074	1271	1428
238	Верхобуж	21,9	372	0,66	1,547	0,0001	1228	1454	1635
239	Твіржа	9,3	314	0,68	1,498	0,0002	954	1168	1338
240	Золочів	7,6	206	0,45	2,363	0,0000	432	494	540
241	Оброшино	13,1	225	0,6	1,717	0,0001	635	750	839
242	Щирець	4,4	255	0,53	1,970	0,0000	565	677	760
243	Луки	5,3	284	0,61	1,686	0,0001	720	881	1005
244	Комарно	9,7	323	0,901	1,112	0,0016	1320	1731	2076
246	Хирів	7,0	167	0,7	1,451	0,0005	499	623	721
247	Озими́на	5,7	284	0,77	1,310	0,0005	894	1155	1366
248	Розділ	8,5	186	0,56	1,853	0,0001	468	553	619
249	Стрілки	8,4	225	0,57	1,817	0,0000	574	681	763
250	Журавно	7,6	206	0,62	1,656	0,0001	558	676	767
251	Новий-Кропивник	8,2	294	0,73	1,387	0,0003	939	1175	1364
252	Ясениця	7,4	314	0,66	1,547	0,0001	897	1101	1262
253	Рибник	9,1	441	0,66	1,547	0,0001	1298	1581	1804
254	Майдан	7,5	245	0,77	1,310	0,0007	812	1034	1214
255	Зарічне	13,6	294	0,7	1,451	0,0002	971	1180	1348
256	Сопот	7,5	304	0,57	1,817	0,0000	765	911	1022
257	Верхнє Синьовидне	5,9	323	0,77	1,310	0,0005	1024	1320	1559

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
258	Сколе	8,6	245	0,6	1,717	0,0001	656	785	885
259	Риків	10,8	451	0,858	1,169	0,0007	1784	2296	2723
260	Святослав	11,5	431	0,54	1,929	0,0000	1089	1267	1404
261	Матків	14,8	549	0,65	1,573	0,0000	1701	2031	2292
262	Тухля	14,7	480	0,58	1,782	0,0000	1329	1555	1730
263	Ружанка	13,2	470	0,54	1,929	0,0000	1206	1397	1545
292	Рогатин	6,8	245	0,548	1,898	0,0000	590	699	782
293	Букачівці	8,3	225	0,58	1,782	0,0001	582	692	778
294	Большовці	8,8	216	0,49	2,149	0,0000	490	565	622
295	Томашівці	10,7	265	0,5	2,101	0,0000	623	717	789
296	Галич	7,9	245	0,5	2,101	0,0000	558	648	715
297	Перевозець	6,5	284	0,61	1,686	0,0001	742	901	1023
298	Тисів	6,8	382	0,9	1,113	0,0013	1448	1936	2346
299	Гошів	6,3	314	0,6	1,717	0,0000	805	975	1106
300	Боднарів	8,3	314	0,711	1,427	0,0002	978	1216	1406
301	Ямниця	11,1	294	0,64	1,600	0,0001	864	1038	1175
302	Нижній	9,3	284	0,66	1,547	0,0001	839	1021	1165
303	Тисмениця	9,5	265	0,6	1,717	0,0001	718	857	964
304	Спас	8,0	314	0,67	1,522	0,0001	920	1130	1295
305	Чернів	5,9	225	0,44	2,423	0,0000	453	520	569
306	Мислівка	7,7	382	0,6	1,717	0,0000	1008	1211	1368
307	Осмолода	15,2	284	0,593	1,739	0,0000	806	946	1055
308	Гута	15,8	294	0,85	1,181	0,0011	1229	1552	1822
309	Пасічна	12,7	304	0,75	1,348	0,0004	1069	1323	1528
310	Любківці	5,8	255	0,64	1,600	0,0001	683	841	964
311	Дора	7,1	333	0,78	1,292	0,0005	1105	1416	1669
312	Потік	2,3	245	0,66	1,547	0,0002	568	743	877
313	Буярський	2,2	235	0,51	2,056	0,0000	458	562	638
314	Кременці	8,9	343	0,81	1,242	0,0007	1232	1577	1860
315	Ворохта	5,0	294	0,58	1,782	0,0000	710	862	977
316	Кути	3,2	392	0,55	1,890	0,0000	851	1042	1184
317	Ясені	6,7	333	0,6	1,717	0,0000	861	1041	1179
318	Ільці	7,2	304	0,52	2,012	0,0000	707	828	920
319	Верховина	11,0	412	0,535	1,949	0,0000	1028	1196	1324
320	Устерики	2,8	323	0,45	2,363	0,0000	605	715	795
322	Жорнава	10,3	519	0,67	1,522	0,0001	1576	1918	2188
323	Чорноголово	20,9	382	0,69	1,474	0,0001	1316	1573	1780
324	Зарічево	9,6	421	0,66	1,547	0,0001	1248	1518	1730
325	Верхня Грабівниця	21,0	519	0,71	1,429	0,0001	1846	2219	2520
326	Підполоззя	14,4	500	0,64	1,600	0,0000	1520	1811	2041
327	Сімер	8,8	392	0,68	1,498	0,0001	1182	1451	1664
328	Турья Поляна	8,6	412	0,6	1,717	0,0000	1103	1320	1488
329	Торунь	7,9	676	0,61	1,686	0,0000	1816	2187	2475
330	Поляна	8,7	490	0,63	1,628	0,0000	1373	1659	1882
331	Свалява	8,6	353	0,71	1,429	0,0002	1105	1371	1583

Продовження таблиці 3.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
332	Зняцево	9,1	421	0,65	1,573	0,0001	1221	1483	1689
333	Чоп	6,0	372	0,73	1,387	0,0002	1126	1430	1673
334	Колочава	15,3	725	0,691	1,472	0,0001	2400	2899	3298
335	Довге	12,7	578	0,643	1,592	0,0000	1736	2079	2349
336	Лопухів	3,2	461	0,77	1,310	0,0003	1288	1724	2074
337	Нижній Бистрий	8,2	480	0,61	1,686	0,0000	1295	1558	1762
338	Руська Мокра	8,4	1137	0,59	1,749	0,0000	2988	3568	4016
339	Іршава	5,2	549	0,739	1,369	0,0002	1636	2101	2472
340	Усть-Чорна	11,4	951	0,59	1,749	0,0000	2598	3071	3438
341	Ясиня	9,3	451	0,58	1,782	0,0000	1184	1404	1574
342	Шаланки	9,3	441	0,7	1,451	0,0001	1379	1700	1955
343	Красна	1,8	784	1,18	0,851	0,0037	2529	4243	5810
344	Дубове	8,4	735	0,74	1,367	0,0001	2387	2994	3482
345	Нересниця	15,0	578	0,81	1,242	0,0003	2268	2839	3308
346	Білин	2,4	892	0,98	1,020	0,0010	2799	4179	5360
347	Вилок	4,9	294	0,67	1,522	0,0001	797	1000	1159
348	Ростоки	2,9	470	0,61	1,686	0,0000	1083	1365	1578
349	Луги	10,6	739	0,683	1,490	0,0000	2298	2804	3206
350	Кобилецька Поляна	1,8	372	0,74	1,367	0,0003	877	1216	1482
351	Тячів	5,2	412	0,64	1,600	0,0001	1085	1343	1544
352	Косівська Поляна	1,3	529	0,61	1,686	0,0000	1042	1388	1644
353	Великий Бичків	6,3	519	0,62	1,656	0,0000	1369	1669	1901
354	Ділове	1,7	686	0,98	1,020	0,0013	1906	2970	3879
356	Грушівці	0,4	529	0,32	3,457	0,0000	652	811	904
357	Сторожинець	11,8	470	0,64	1,600	0,0000	1392	1670	1888
358	Лопушна	15,3	568	0,87	1,152	0,0006	2425	3085	3637
359	Путила	1,8	392	0,87	1,152	0,0010	1026	1512	1911

3.3 Порівняльний аналіз розрахункових значень, обчислених різними методами

Значення снігового навантаження, визначені за законами розподілу Гумбеля (табл. 3.2) та Вейбулла (табл. 3.3), необхідно порівняти з метою виявлення значних відхилень та отримання остаточних розрахункових значень. Для цього отримані дані по обом законам розподілу зводяться до однієї таблиці (табл. 3.4).

Також необхідним є обчислення похибки розрахунків за різними законами розподілу. Похибка визначається для кожної станції та кожного періоду повторюваності, тобто для 10, 50 та 200 років окремо.

Похибка обчислюється за формулою:

$$\Delta = \frac{S_m^B - S_m^{\Gamma}}{S_m^B} \cdot 100\%, \quad (3.1)$$

де Δ – похибка, %;

S_m^B – розрахункове значення ваги снігового покриву, обчислене за законом Вейбулла, Па;

S_m^{Γ} – розрахункове значення ваги снігового покриву, обчислене за законом Гумбеля, Па.

Таблиця 3.4

Порівняльний аналіз законів розподілу

№ ст.	Назва	Розподіл Гумбеля			Розподіл Вейбулла			Δ , %		
		10	50	200	10	50	200	10	50	200
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
10	Рава-Руська	586	832	1044	802	990	1140	26,9	15,9	8,4
11	Кам'янка-Бузька	460	615	748	480	562	624	4,2	-9,3	-19,7
12	Броди	686	976	1226	918	1097	1235	25,3	11,0	0,7
13	Яворів	619	860	1067	652	767	856	5,0	-12,1	-24,7
14	Мостиська	455	649	816	568	668	745	19,9	2,9	-9,5
16	Самбір	629	866	1071	584	710	807	-7,7	-22,0	-32,6
18	Стрий	459	618	754	477	560	622	3,7	-10,4	-21,2
19	Турка	661	859	1030	733	870	976	9,8	1,2	-5,5
20	Славськ	1232	1640	1992	1438	1726	1955	14,3	5,0	-1,9
30	Долина	762	1093	1378	1090	1365	1585	30,1	19,9	13,1
31	Івано-Франківськ АСМГ	386	481	563	451	516	564	14,4	6,8	0,3
33	Коломия	568	799	998	941	1182	1377	39,6	32,4	27,5
34	Пожежевська	4132	5603	6871	5545	6641	7515	25,5	15,6	8,6
35	Великий Березний	3093	4455	5629	4258	5620	6778	27,4	20,7	16,9
36	Нижні Ворота	1166	1656	2078	1665	2049	2357	30,0	19,2	11,8
37	Плай	1873	2349	2759	2472	2883	3206	24,2	18,5	14,0
38	Нижній Студений	1732	2422	3015	3074	3960	4713	43,6	38,9	36,0
39	Ужгород АСМГ	1050	1501	1890	1046	1222	1354	-0,3	-22,8	-39,6
40	Міжгір'я	1031	1449	1809	1329	1612	1838	22,5	10,1	1,6

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
41	Берегове	1049	1554	1989	1409	1815	2146	25,5	14,4	7,3
42	Хуст	970	1349	1675	1269	1529	1732	23,6	11,8	3,3
44	Новодністровськ	724	1007	1251	812	955	1062	10,9	-5,4	-17,8
46	Селятин	1022	1406	1738	1451	1719	1931	29,6	18,2	10,0
227	Сокаль	539	730	895	700	840	949	22,9	13,1	5,8
228	Червоноград	435	617	774	570	665	736	23,7	7,3	-5,1
229	Межиріччя	563	819	1040	813	998	1143	30,8	17,9	9,0
230	Щуровці	524	738	922	540	637	710	3,0	-15,8	-29,8
231	Лугове	477	644	787	522	588	637	8,7	-9,5	-23,5
232	Волиця	512	696	854	576	654	713	11,3	-6,4	-19,8
233	Троїця	495	659	801	622	711	779	20,5	7,4	-2,7
234	Нестерів (Жовква)	510	673	813	673	778	858	24,3	13,5	5,2
235	Буськ	432	589	725	468	548	609	7,7	-7,5	-19,0
236	Яворів	456	673	860	530	641	727	14,0	-4,9	-18,2
237	Сасів	702	959	1179	1074	1271	1428	34,6	24,6	17,4
238	Верхобуж	1040	1480	1858	1228	1454	1635	15,3	-1,8	-13,7
239	Твіржа	716	1012	1267	954	1168	1338	24,9	13,4	5,3
240	Золочів	443	587	711	432	494	540	-2,5	-18,8	-31,7
241	Оброшино	578	750	898	635	750	839	9,0	0,0	-7,0
242	Щирець	583	837	1056	565	677	760	-3,0	-23,6	-38,9
243	Луки	539	748	928	720	881	1005	25,1	15,1	7,7
244	Комарно	1069	1596	2049	1320	1731	2076	19,0	7,8	1,3
246	Хирів	562	795	995	499	623	721	-12,7	-27,7	-38,1
247	Озими́на	751	1062	1330	894	1155	1366	16,1	8,0	2,6
248	Розділ	449	595	721	468	553	619	4,2	-7,6	-16,6
249	Стрілки	516	692	843	574	681	763	10,2	-1,5	-10,5
250	Журавно	569	757	920	558	676	767	-1,8	-12,1	-20,0
251	Новий-Кропивник	698	996	1254	939	1175	1364	25,7	15,2	8,1
252	Ясениця	726	978	1195	897	1101	1262	19,0	11,2	5,3
253	Рибник	920	1177	1399	1298	1581	1804	29,1	25,5	22,5
254	Майдан	848	1185	1475	812	1034	1214	-4,4	-14,6	-21,5
255	Зарічне	865	1157	1409	971	1180	1348	10,9	1,9	-4,5
256	Сопот	529	747	935	765	911	1022	30,8	17,9	8,5
257	Верхнє Синьовидне	717	1047	1331	1024	1320	1559	30,0	20,7	14,7
258	Сколе	535	707	855	656	785	885	18,4	9,9	3,4
259	Риків	1229	1794	2280	1784	2296	2723	31,1	21,9	16,3
260	Святослав	895	1195	1455	1089	1267	1404	17,9	5,7	-3,6
261	Матків	1332	1806	2214	1701	2031	2292	21,7	11,1	3,4
262	Тухля	1069	1425	1733	1329	1555	1730	19,6	8,3	-0,1
263	Ружанка	987	1290	1552	1206	1397	1545	18,2	7,7	-0,5
292	Рогатин	455	615	753	590	699	782	22,9	12,0	3,7
293	Букачівці	614	859	1071	582	692	778	-5,6	-24,1	-37,7

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
294	Большовці	398	514	614	490	565	622	18,7	9,0	1,3
295	Томашівці	540	701	839	623	717	789	13,3	2,3	-6,4
296	Галич	520	692	841	558	648	715	6,8	-6,9	-17,6
297	Перевозець	581	773	938	742	901	1023	21,7	14,2	8,4
298	Тисів	872	1286	1642	1448	1936	2346	39,8	33,6	30,0
299	Гошів	591	818	1013	805	975	1106	26,6	16,1	8,4
300	Боднарів	767	1121	1426	978	1216	1406	21,6	7,8	-1,4
301	Ямниця	657	929	1163	864	1038	1175	24,0	10,6	1,1
302	Нижній	724	1045	1322	839	1021	1165	13,7	-2,4	-13,5
303	Тисмениця	622	861	1067	718	857	964	13,4	-0,5	-10,7
304	Спас	742	1031	1281	920	1130	1295	19,3	8,7	1,1
305	Чернів	427	578	708	453	520	569	5,9	-11,1	-24,5
306	Мислівка	814	1032	1220	1008	1211	1368	19,2	14,8	10,8
307	Осмолода	623	810	972	806	946	1055	22,8	14,3	7,8
308	Гута	956	1383	1751	1229	1552	1822	22,2	10,9	3,9
309	Пасічна	808	1128	1404	1069	1323	1528	24,4	14,7	8,1
310	Любківці	564	801	1005	683	841	964	17,4	4,8	-4,2
311	Дора	796	1142	1440	1105	1416	1669	28,0	19,4	13,7
314	Кременці	833	1162	1445	1232	1577	1860	32,4	26,3	22,3
315	Ворохта	698	979	1221	710	862	977	1,8	-13,6	-25,0
317	Ясені	746	1052	1316	861	1041	1179	13,4	-1,1	-11,7
318	Ільці	671	914	1123	707	828	920	5,1	-10,3	-22,1
319	Верховина	852	1156	1418	1028	1196	1324	17,1	3,3	-7,1
322	Жорнава	1194	1710	2155	1576	1918	2188	24,3	10,8	1,5
323	Чорноголово	960	1356	1697	1316	1573	1780	27,1	13,8	4,7
324	Зарічево	914	1318	1666	1248	1518	1730	26,8	13,2	3,7
325	Верхня Грабівниця	1246	1758	2198	1846	2219	2520	32,5	20,8	12,8
326	Підполоззя	1134	1591	1985	1520	1811	2041	25,4	12,1	2,7
327	Сімер	890	1251	1561	1182	1451	1664	24,7	13,8	6,2
328	Турья Поляна	903	1226	1505	1103	1320	1488	18,2	7,1	-1,1
329	Торунь	1366	1989	2526	1816	2187	2475	24,7	9,0	-2,1
330	Поляна	960	1311	1614	1373	1659	1882	30,1	21,0	14,3
331	Свалява	980	1399	1760	1105	1371	1583	11,3	-2,1	-11,2
332	Зняцево	882	1253	1573	1221	1483	1689	27,8	15,5	6,8
333	Чоп	816	1213	1555	1126	1430	1673	27,5	15,2	7,0
334	Колочава	1734	2367	2911	2400	2899	3298	27,8	18,4	11,7
335	Довге	1358	1915	2395	1736	2079	2349	21,8	7,9	-2,0
337	Нижній Бистрий	1079	1528	1914	1295	1558	1762	16,7	1,9	-8,6
338	Руська Мокра	2178	3181	4045	2988	3568	4016	27,1	10,8	-0,7
339	Іршава	1488	2178	2773	1636	2101	2472	9,1	-3,7	-12,2
340	Усть-Чорна	2173	2982	3679	2598	3071	3438	16,3	2,9	-7,0
341	Ясиня	998	1350	1653	1184	1404	1574	15,7	3,9	-5,0

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
344	Дубове	1640	2326	2917	2387	2994	3482	31,3	22,3	16,2
345	Нересниця	1717	2557	3280	2268	2839	3308	24,3	9,9	0,9
347	Вилок	775	1113	1403	797	1000	1159	2,7	-11,2	-21,1
349	Луги	1645	2305	2874	2298	2804	3206	28,4	17,8	10,3
351	Тячів	954	1357	1703	1085	1343	1544	12,0	-1,0	-10,3
353	Великий Бичків	1142	1645	2078	1369	1669	1901	16,6	1,4	-9,3
357	Сторожинець	956	1347	1684	1392	1670	1888	31,3	19,3	10,8
358	Лопушна	1573	2442	3190	2425	3085	3637	35,1	20,9	12,3

Із табл. 3. 4 видно, що максимальне значення похибки Δ не перевищує 45%, мінімальне значення – не перевищує -40%.

Як показує табл. 3.4, снігове навантаження, обчислене за законом розподілу Вейбулла, у більшості випадків дає більші розрахункові значення для періодів повторюваності 10, 50 і 200 років, ніж значення, обчислені за законом розподілу Гумбеля.

Для визначення забезпеченості отриманих даних у 95% для кожного року повторюваності необхідно визначити математичне сподівання M та стандарт S за формулами (2.1) і (2.2).

Для визначення забезпеченості похибок у 95% можна скористатися нормальним законом розподілу за [6]:

$$\Delta_{\max (\min)} = M \pm t \cdot S, \quad (3.2)$$

де t – квантиль нормованого нормального розподілу ($t=1,64$ відповідає забезпеченості 95%).

Результати розрахунків наведені у табл. 3.5

Таблиця 3.5

Аналіз похибок розрахунків законів розподілу

T	M_{Δ}	S_{Δ}	$\Delta_{\max}$	$\Delta_{\min}$
10	18,8	10,9	36,7	0,9
50	6,7	13,1	28,2	-14,8
200	-2,1	15,2	22,8	-27,0

Так як відхилення невеликі та лежать у межах 40%, отримані значення законів розподілу можна використовувати для визначення залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря. Осереднення отриманих значень зменшить імовірні похибки приблизно до 20%.

3.4 Розрахункові значення снігового навантаження в Карпатському регіоні

Для аналізу даних необхідно визначити остаточні розрахункові значення снігового навантаження. Для встановлення залежності розрахункових значень ваги снігового покриву від висоти розташування над рівнем моря можна використовувати не зовсім точні дані, тобто необхідно лише встановити залежність між даними метеостанцій, розміщених на різних висотах. Отже, для визначення залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря можна використовувати наближені значення.

Наближені розрахункові значення снігового навантаження обчислюються як середнє арифметичне зі значень двох розподілів:

$$S_m = \frac{S_m^{\Gamma} + S_m^B}{2}, \quad (3.2)$$

де S_m – наближене розрахункове значення ваги снігового покриву, Па;

S_m^{Γ} – розрахункове значення ваги снігового покриву, обчислене за законом Гумбеля, Па;

S_m^B – розрахункове значення ваги снігового покриву, обчислене за законом Вейбулла, Па.

Наближені значення обчислюються для кожної станції та всіх років повторюваності. Отримані розраховані значення наводяться у вигляді таблиці (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Наближені розрахункові значення снігового навантаження

№ ст.	Назва	$S_m(T)$, Па		
		10	50	200
1	2	3	4	5
10	Рава-Руська	694,0	911,2	1092,0
11	Кам'янка-Бузька	470,2	588,5	686,1
12	Броди	802,1	1036,5	1230,3
13	Яворів	635,5	813,4	961,2
14	Мостиська	511,4	658,7	780,5
15	Львів АСМГ	606	807	964
16	Самбір	606,6	788,3	939,2
17	Дрогобич АСМГ	327	379	415
18	Стрий	468,3	588,8	688,2
19	Турка	696,7	864,2	1002,8
20	Славськ	1335,2	1683,3	1973,3
30	Долина	926,2	1228,7	1481,6
31	Івано-Франківськ АСМГ	418,3	498,5	563,5
32	Яремча	285	364	420
33	Коломия	754,5	990,6	1187,5
34	Пожежевська	4838,3	6122,4	7192,8
35	Великий Березний	3675,6	5037,5	6203,5
36	Нижні Ворота	1415,9	1852,5	2217,5
37	Плай	2172,4	2616,1	2982,8
38	Нижній Студений	2403,1	3190,9	3863,8
39	Ужгород АСМГ	1048,0	1361,7	1622,0
40	Міжгір'я	1179,9	1530,5	1823,2
41	Берегове	1228,9	1684,5	2067,9
42	Хуст	1119,3	1439,1	1703,7
43	Рахів	1160	1430	1627
44	Новодністровськ	768,0	980,7	1156,3
45	Чернівці АСМГ	722	900	1032
46	Селятин	1236,2	1562,9	1834,4
227	Сокаль	619,4	785,3	922,0
228	Червоноград	502,7	641,2	754,9
229	Межиріччя	688,2	908,7	1091,6
230	Щуровці	531,8	687,2	816,2
231	Лугове	499,2	615,7	712,5
232	Волиця	543,9	674,9	783,7
233	Троїця	558,4	685,2	790,0
234	Нестерів (Жовква)	591,7	725,2	835,1
235	Буськ	449,6	568,7	667,2
236	Яворів	493,1	657,1	793,3
237	Сасів	888,2	1114,9	1303,6

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5
238	Верхобуж	1134,3	1467,1	1746,5
239	Твіржа	834,7	1090,1	1302,7
240	Золочів	437,5	540,4	625,4
241	Оброшино	606,3	749,6	868,5
242	Щирець	573,9	756,7	907,9
243	Луки	629,8	814,9	966,9
244	Комарно	1194,4	1663,1	2062,5
246	Хирів	530,8	708,9	858,2
247	Озими́на	822,7	1108,7	1348,0
248	Розділ	458,5	574,3	670,0
249	Стрілки	545,0	686,4	803,1
250	Журавно	563,4	716,6	843,6
251	Новий-Кропивник	818,1	1085,6	1308,9
252	Ясениця	811,6	1039,7	1228,4
253	Рибник	1109,3	1379,3	1601,5
254	Майдан	829,9	1109,3	1344,2
255	Зарічне	917,9	1168,7	1378,5
256	Сопот	647,1	828,9	978,7
257	Верхнє Синьовидне	870,8	1183,6	1445,1
258	Сколе	595,4	745,8	869,8
259	Риків	1506,6	2045,0	2501,1
260	Святослав	991,9	1231,4	1429,2
261	Матків	1516,3	1918,3	2253,1
262	Тухля	1198,9	1490,1	1731,5
263	Ружанка	1096,1	1343,9	1548,5
292	Рогатин	522,0	656,9	767,6
293	Букачівці	597,8	775,9	924,2
294	Большовці	444,3	539,8	618,0
295	Томашівці	581,5	708,9	813,8
296	Галич	538,9	670,1	778,2
297	Перевозець	661,9	836,8	980,4
298	Тисів	1160,1	1611,0	1993,8
299	Гошів	698,2	896,6	1059,7
300	Боднарів	872,7	1168,7	1416,1
301	Ямниця	760,5	983,4	1168,9
302	Нижній	781,5	1033,1	1243,2
303	Тисмениця	670,0	858,9	1015,6
304	Спас	831,0	1080,6	1288,1
305	Черніїв	439,8	548,8	638,4
306	Мислівка	911,3	1121,8	1294,2
307	Осмолода	714,4	878,1	1013,5
308	Гута	1092,3	1467,7	1786,2
309	Пасічна	938,8	1225,5	1466,0

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5
310	Любківці	623,1	820,9	984,6
311	Дора	950,8	1279,1	1554,2
312	Потік	568	743	877
313	Буярський	458	562	638
314	Кременці	1032,7	1369,5	1652,5
315	Ворохта	704,0	920,4	1099,2
316	Кути	851	1042	1184
317	Ясені	803,7	1046,5	1247,5
318	Ільці	688,7	871,1	1021,7
319	Верховина	939,9	1175,8	1370,8
320	Устерики	605	715	795
322	Жорнава	1385,3	1814,0	2171,4
323	Чорноголово	1137,8	1464,4	1738,3
324	Зарічево	1081,2	1417,8	1697,9
325	Верхня Грабівниця	1546,0	1988,4	2359,2
326	Підполоззя	1326,6	1701,0	2013,0
327	Сімер	1036,1	1350,7	1612,4
328	Турья Поляна	1002,8	1273,0	1496,3
329	Торунь	1591,0	2088,0	2500,2
330	Поляна	1166,7	1485,1	1747,9
331	Свалява	1042,3	1385,0	1671,8
332	Зняцево	1051,7	1368,2	1630,9
333	Чоп	971,0	1321,4	1613,8
334	Колочава	2067,3	2632,7	3104,4
335	Довге	1546,8	1997,1	2372,4
336	Лопухів	1288	1724	2074
337	Нижній Бистрий	1187,4	1543,0	1838,0
338	Руська Мокра	2582,9	3374,4	4030,4
339	Іршава	1562,2	2139,4	2622,2
340	Усть-Чорна	2385,6	3026,5	3558,5
341	Ясиня	1090,9	1376,8	1613,2
342	Шаланки	1379	1700	1955
343	Красна	2529	4243	5810
344	Дубове	2013,3	2659,9	3199,5
345	Нересниця	1992,8	2697,8	3294,1
346	Білин	2799	4179	5360
347	Вилок	785,9	1056,4	1281,4
348	Ростоки	1083	1365	1578
349	Луги	1971,3	2554,5	3039,9
350	Кобилецька Поляна	877	1216	1482
351	Тячів	1019,5	1349,8	1623,3
352	Косівська Поляна	1042	1388	1644
353	Великий Бичків	1255,3	1656,8	1989,6

Продовження таблиці 3.6

1	2	3	4	5
354	Ділове	1906	2970	3879
356	Грушівці	652	811	904
357	Сторожинець	1174,2	1508,5	1786,1
358	Лопушна	1998,7	2763,5	3413,7
359	Путила	1026	1512	1911

3.5 Висновки з розділу

Отримані результати досліджень снігового навантаження дозволяють зробити наступні висновки:

1. Сформована за результатами снігомірних зйомок база метеорологічних даних дозволяє отримати розрахункові значення ваги снігового покриву для гірської місцевості України за двома різними законами розподілу.

2. Розрахункові значення ваги снігового покриву обчислені двома способами: за послідовністю річних максимумів із розподілом Гумбеля та за результатами всіх снігозйомок, описаними законом розподілу Вейбулла. Порівняння цих значень показало, що найбільші відхилення між ними не перевищують 40%.

3. Із метою уточнення результатів для кожної з проаналізованих метеостанцій обчислені середні з двох результатів розрахункові значення ваги снігового покриву, які наведені в табл. 3.6 і будуть використані для встановлення коефіцієнта географічної висоти.

Розділ 4

**ОБГРУНТУВАННЯ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ РОЗРАХУНКОВИХ
ЗНАЧЕНЬ СНІГОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ВІД
ВИСОТИ НАД РІВНЕМ МОРЯ**

4.1 Залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря

Із метою визначення залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря були виконані розрахунки снігового навантаження у гірській місцевості за даними снігозйомок 130 метеостанцій, розташованих у районі Карпат. Розрахунки проводились за двома імовірнісними моделями: послідовністю річних максимумів та законом розподілу Вейбулла. Методика обчислень за вказаними вище імовірнісними моделями описана у розділі 2. За даними обчислень і порівнянь законів розподілу Гумбеля та Вейбулла були встановлені наближені розрахункові значення снігового навантаження.

Залежність ваги снігового покриву від висоти над рівнем моря встановлюється за отриманими розрахунковими значеннями снігового навантаження для періоду повторюваності 50 років (розділ 3).

За даними табл. 3.6 будується графік залежності значень снігового навантаження від висоти над рівнем моря (рис. 4.1), який враховує дані всіх метеостанцій.

Як видно з рис. 4.1, побудована залежність снігового навантаження Q_m від висоти над рівнем моря H дуже розмита. Тому для подальшого аналізу прийнято рішення розділити метеостанції на зони у відповідності до ДБН [10] (табл. 4.1) та побудувати графіки залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря для кожної зони окремо.

Для цього метеостанції були розділені на райони у відповідності до ДБН [10]. Карта районування снігового навантаження для гірської місцевості (Карпати) за ДБН [10] показана на рис. 4.1. Згідно рис. 4.1 гірська місцевість України охоплює 4, 5 та 6 снігові райони.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
						64
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

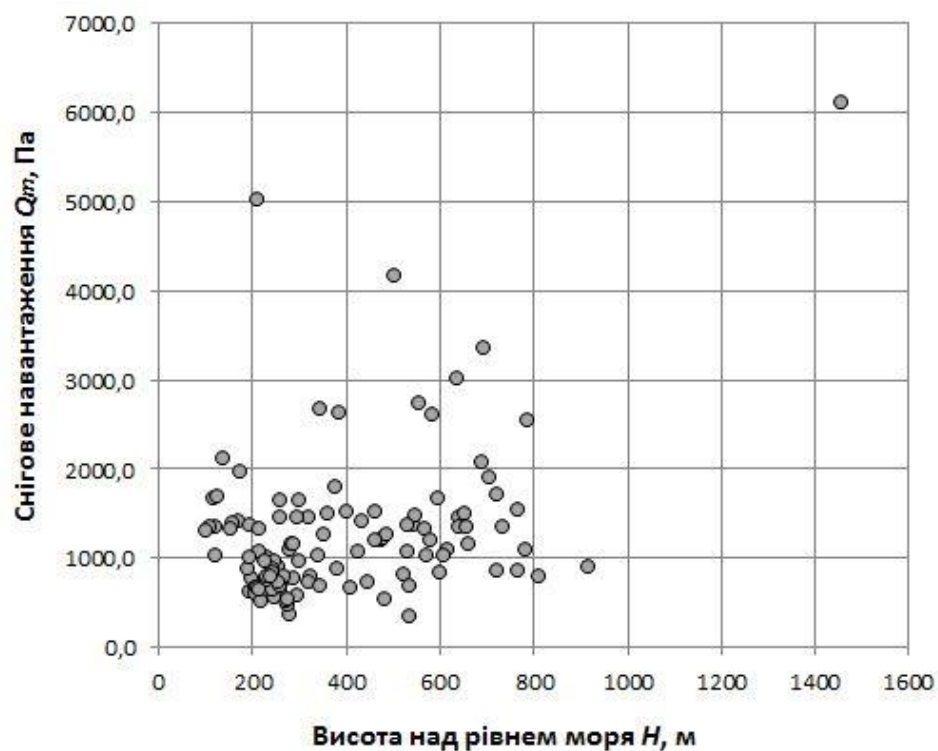


Рисунок 4.1 – Залежність снігового навантаження від висоти над рівнем моря

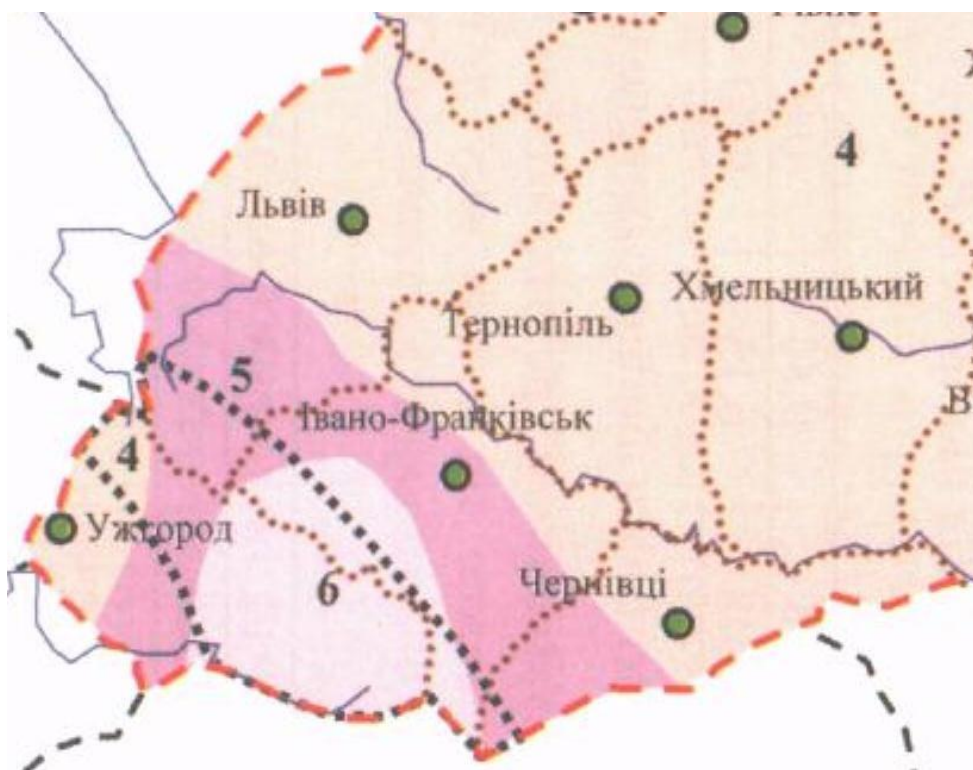


Рисунок 4.2 – Карта районування території України за характеристичними значеннями ваги снігового покриву (фрагмент)

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КМР 2119209 ПЗ

Лист

65

Таблиця 4.1

Вихідні дані для визначення залежності снігового
навантаження від висоти над рівнем моря

№ ст.	Назва	Висота над рівнем моря, м	$Q_m(50)$, Па	Сторона схилу
1	2	3	4	5
Район 4				
10	Рава-Руська	252	911,2	рівн
11	Кам'янка-Бузька	212	588,5	рівн
12	Броди	227	1036,5	рівн
14	Мостиська	232	658,7	рівн
15	Львів АСМГ	319	807	рівн
35	Великий Березний	205	5037,5	пд-зх
39	Ужгород АСМГ	115	1361,7	рівн
44	Новодністровськ	241	980,7	рівн
45	Чернівці АСМГ	239	900	рівн
227	Сокаль	196	785,3	рівн
228	Червоноград	191	641,2	рівн
229	Межиріччя	187	908,7	рівн
230	Щуровці	204	687,2	рівн
231	Лугове	202	615,7	рівн
232	Волиця	206	674,9	рівн
233	Троїця	207	685,2	рівн
234	Нестерів (Жовква)	227	725,2	рівн
235	Буськ	220	568,7	рівн
236	Яворів	254	657,1	рівн
238	Верхобуж	317	1467,1	пд-зх
239	Твіржа	209	1090,1	рівн
240	Золочів	266	540,4	рівн
241	Оброшино	314	749,6	пн-сх
242	Щирець	259	756,7	рівн
244	Комарно	257	1663,1	рівн
248	Розділ	244	574,3	пд-зх
250	Журавно	232	716,6	рівн
292	Рогатин	237	656,9	рівн
293	Букачівці	225	775,9	пн-сх
294	Большовці	216	539,8	рівн
295	Томашівці	253	708,9	рівн
296	Галич	211	670,1	рівн
302	Нижній	190	1033,1	рівн
312	Потік	249	743	пн-сх

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
322	Жорнава	372	1814,0	пд-зх
323	Чорноголово	255	1464,4	пд-зх
324	Зарічево	155	1417,8	пн-сх
327	Сімер	151	1350,7	рівн
328	Турья Поляна	348	1273,0	пд-зх
332	Зняцево	105	1368,2	рівн
333	Чоп	97	1321,4	рівн
356	Грушівці	236	811	рівн
Район 5				
13	Яворів	809	813,4	пн-сх
16	Самбір	284	788,3	рівн
17	Дрогобич АСМГ	275	379	рівн
18	Стрий	291	588,8	рівн
19	Турка	594	864,2	пд-зх
20	Славськ	592	1683,3	пд-зх
30	Долина	470	1228,7	пд-зх
31	Івано-Франківськ АСМГ	270	498,5	рівн
32	Яремча	531	364	пн-сх
33	Коломия	295	990,6	рівн
41	Берегове	113	1684,5	рівн
46	Селятин	762	1562,9	пд-зх
243	Луки	263	814,9	пд-зх
246	Хирів	339	708,9	пн-сх
247	Озими́на	274	1108,7	рівн
249	Стрілки	406	686,4	пн-сх
251	Новий-Кропивник	528	1085,6	пд-зх
252	Ясениця	569	1039,7	пд-зх
253	Рибник	539	1379,3	пн-сх
254	Майдан	611	1109,3	пд-зх
255	Зарічне	279	1168,7	пн-сх
256	Сопот	520	828,9	пн-сх
258	Сколе	443	745,8	рівн
260	Святослав	476	1231,4	пд-зх
261	Матків	703	1918,3	пн-сх
262	Тухля	544	1490,1	пд-зх
263	Ружанка	564	1343,9	пн-сх
297	Перевозець	236	836,8	рівн
299	Гошів	375	896,6	рівн
300	Боднарів	282	1168,7	рівн
301	Ямниця	221	983,4	рівн
303	Тисмениця	239	858,9	рівн
304	Спас	420	1080,6	рівн

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
305	Чернігів	273	548,8	рівн
310	Любківці	225	820,9	рівн
316	Кути	335	1042	рівн
317	Ясені	604	1046,5	пд-зх
320	Устерики	533	715	пд-зх
330	Поляна	293	1485,1	пн-сх
331	Свалява	190	1385,0	рівн
339	Іршава	134	2139,4	рівн
342	Шаланки	121	1700	рівн
347	Вилок	115	1056,4	рівн
357	Сторожинець	355	1508,5	пн-сх
358	Лопушна	553	2763,5	пн-сх
359	Путила	648	1512	пн-сх
Район 6				
34	Пожежевська	1451	6122,4	пн-сх
40	Міжгір'я	456	1530,5	пд-зх
42	Хуст	164	1439,1	рівн
43	Рахів	430	1430	рівн
306	Мислівка	777	1121,8	пд-зх
307	Осмолода	762	878,1	пд-зх
308	Гута	636	1467,7	пд-зх
309	Пасічна	576	1225,5	пн-сх
311	Дора	482	1279,1	пн-сх
313	Буярський	478	562	пн-сх
314	Кременці	637	1369,5	пд-зх
315	Ворохта	912	920,4	пд-зх
318	Ільці	718	871,1	пн-сх
319	Верховина	658	1175,8	пн-сх
329	Торунь	685	2088,0	пн-сх
334	Колочава	578	2632,7	пд-зх
335	Довге	168	1997,1	рівн
336	Лопухів	718	1724	рівн
337	Нижній Бистрий	397	1543,0	пн-сх
338	Руська Мокра	691	3374,4	пд-зх
340	Усть-Чорна	632	3026,5	пд-зх
341	Ясиня	731	1376,8	пн-сх
344	Дубове	382	2659,9	рівн
345	Нересниця	341	2697,8	пд-зх
346	Білин	499	4179	пн-сх
348	Ростоки	653	1365	пн-сх
349	Луги	782	2554,5	пд-зх
350	Кобилецька Поляна	457	1216	пд-зх

Продовження таблиці 4.1

1	2	3	4	5
351	Тячів	209	1349,8	рівн
352	Косівська Поляна	528	1388	пд-зх
353	Великий Бичків	295	1656,8	рівн

За даними табл. 4.1 збудовані графіки залежностей розрахункових значень снігового навантаження $Q_m(50)$ для кожного району окремо. Графіки наведено на рис. 4.3 – 4.5.

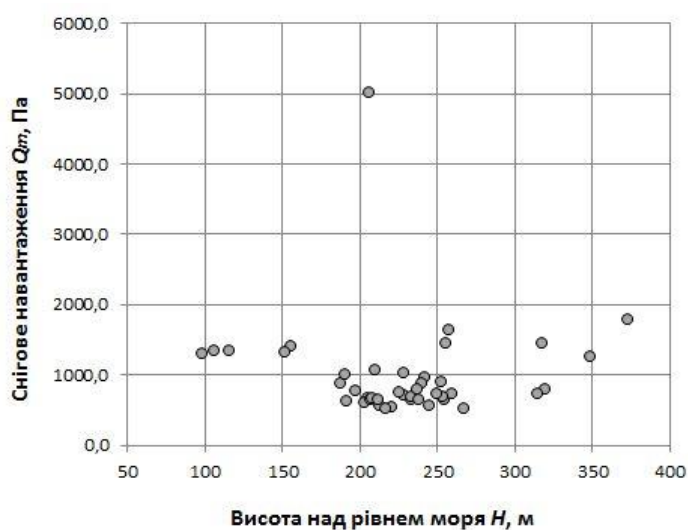


Рисунок 4.3 – Залежність значень снігового навантаження від висоти над рівнем моря для метеостанцій, що розташовані у 4 районі

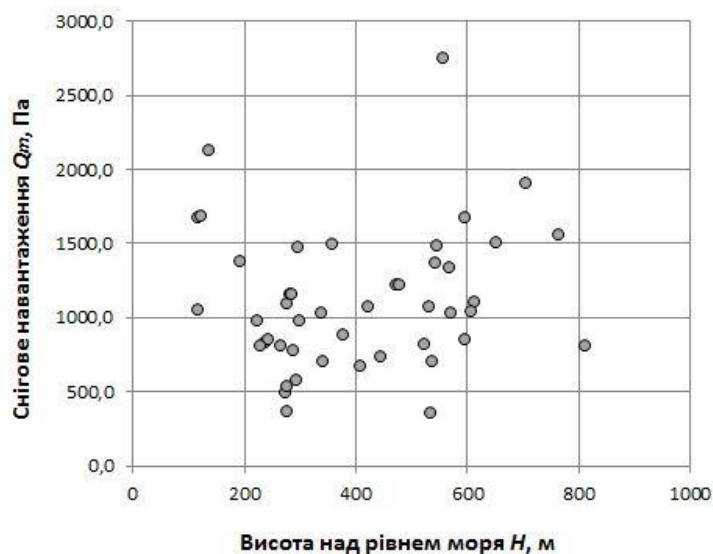


Рисунок 4.4 – Залежність значень снігового навантаження від висоти над рівнем моря для метеостанцій, що розташовані у 5 районі

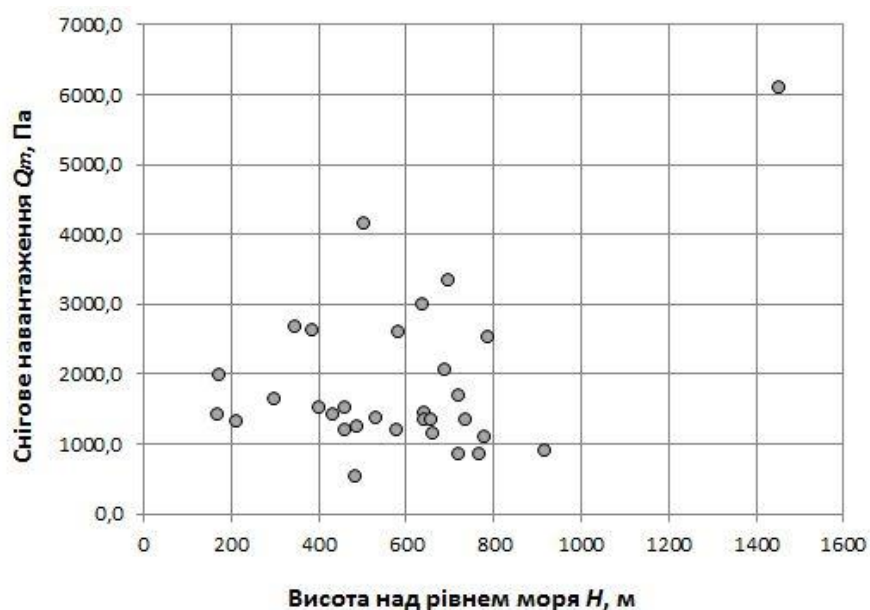


Рисунок 4.5 – Залежність значень снігового навантаження від висоти над рівнем моря для метеостанцій, що розташовані у 6 районі

Із наведених графіків, особливо з рис. 4.5, прослідковується загальна тенденція до збільшення снігового навантаження з ростом висоти над рівнем моря. Але побудовані графіки залежності, що зображені на рис. 4.3, 4.4 та 4.5, є досить розмитими, тому за ними не можливо визначити досліджувану залежність.

4.2 Визначення й аналіз коефіцієнта географічної висоти

Отже, для подальшого аналізу необхідно використати методику визначення залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря, що описана у розділі 2. Відповідно до цієї методики за даними табл. 4.1 відібрані гірські метеостанції з висотою розташування над рівнем моря понад 500 м. Для кожної гірської метеостанції вибрано ряд рівнинних метеостанцій (не менше двох), що лежать найближче до обраної гірської станції.

Наприклад, для гірської метеостанції №19 Турка (висота над рівнем моря – 594 м) найближчими рівнинними є такі станції (рис. 4.6): №16 Самбір

(284 м); №17 Дрогобич АСМГ (275 м); №246 Хирів (339 м); №247 Озимина (274 м); №249 Стрілки (406 м); №322 Жорнава (372 м).

Так як у районі Карпат можна відстежити невеликі скупчення гірських станцій, то оточуючі їх рівнинні метеостанції будуть однаковими для кожної гірської станції з такого скупчення (рис. 4.7).

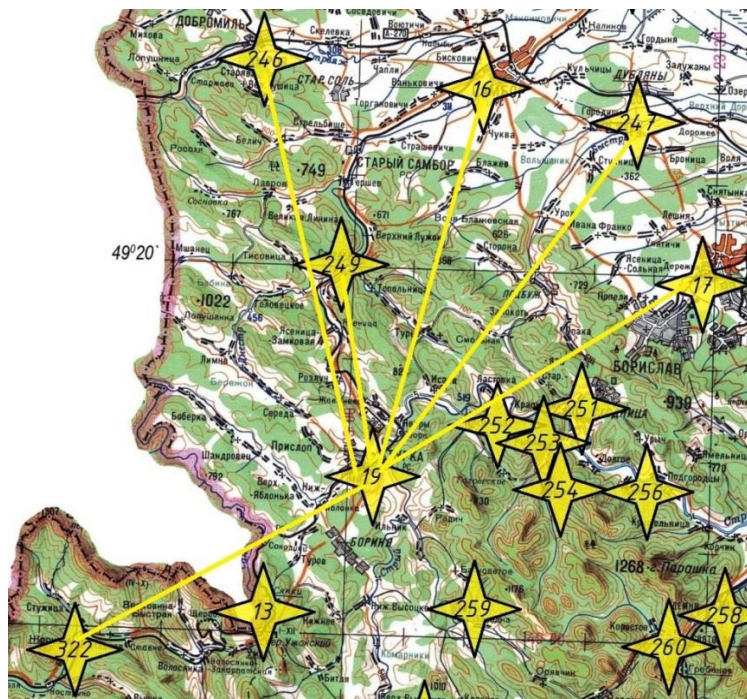


Рисунок 4.6 – Розташування найближчих рівнинних станцій для метеостанції Турка

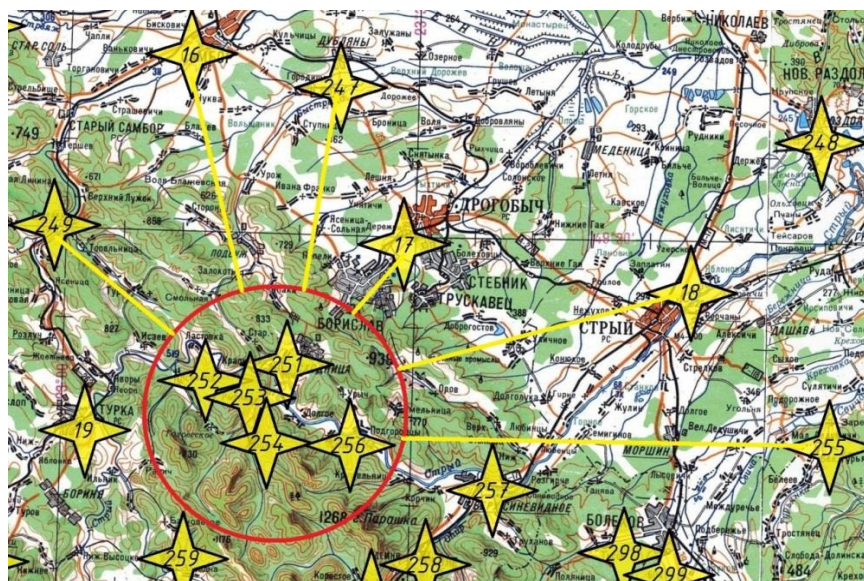


Рисунок 4.7 – Розташування найближчих рівнинних станцій для скупчення гірських метеостанцій

За такою ж методикою знаходяться найближчі рівнинні метеостанції для кожної гірської станції з розташуванням понад 500 м над рівнем моря. Отримані дані наводяться у вигляді таблиці (табл. 4.2).

За даними табл. 4.2 для кожної гірської метеостанції визначається коефіцієнт географічної висоти C_{alt} , методика розрахунку якого описана у розділі 2. Усі розрахунки ведуться у програмному середовищі Microsoft Excel.

Таблиця 4.2

Поправка на висоту C_{alt} для гірських метеостанцій

Гірська метеостанція	Рівнинна метеостанція	Висота над рівнем моря, м	$Q_m(50)$, Па	$Q_{m\text{сер}}$, Па	C_{alt}
1	2	3	4	5	6
13. Яворів		809	813,4		0,29
	35. Великий Березний	205	5037,5	2772,0	
	322. Жорнава	372	1814,0		
	323. Черноголово	255	1464,4		
19. Турка		594	864,2		0,95
	16. Самбір	284	788,3	914	
	17. Дрогобич АСМГ	275	379		
	246. Хирів	339	708,9		
	247. Озимина	274	1108,7		
	249. Стрілки	406	686,4		
	322. Жорнава	372	1814,0		
20. Славськ		592	1683,3		1,53
262. Тухля		544	1490,1		1,35
263. Ружанка		564	1343,9		1,22
306. Мислівка		777	1121,8		1,02
	40. Міжгір'я	456	1530,5	1101,1	
	258. Сколе	443	745,8		
	260. Святослав	476	1231,4		
	299. Гошів	375	896,6		
32. Яремча		531	364		0,26
307. Осмолода		762	878,1		0,62
308. Гута		636	1467,7		1,04
309. Пасічна		576	1225,5		0,87
314. Кременці		637	1369,5		0,97

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
315. Ворохта		912	920,4		0,65
336. Лопухів		718	1724		1,23
338. Руська Мокра		691	3374,4		2,40
340. Усть-Чорна		632	3026,5		2,15
341. Ясиня		731	1376,8		0,98
	31. Івано-Франківськ АСМГ	270	498,5	1406,4	
	33. Коломия	295	990,6		
	303. Тисмениця	239	858,9		
	304. Спас	420	1080,6		
	305. Черніїв	273	548,8		
	311. Дора	482	1279,1		
	313. БуяРСький	478	562		
	344. Дубове	382	2659,9		
	346. Білин	499	4179,0		
34. Пожежевська		1451	6122,4		3,94
317. Ясені		604	1046,5		0,67
318. Ільці		718	871,1		0,56
319. Верховина		658	1175,8		0,76
320. Устерики		533	715		0,46
348. Ростоки		653	1365		0,88
349. Луги		782	2554,5		1,64
352. Косівська Поляна		528	1388		0,89
359. Путила		648	1512		0,97
	43. Рахів	430	1430	1555,3	
	311. Дора	482	1279,1		
	313. БуяРСький	478	562		
	316. Кути	335	1042		
	344. Дубове	382	2659,9		
	345. Нересниця	341	2697,8		
	350. Кобилецька Поляна	457	1216		
329. Торунь		685	2088,0		1,15
	35. Великий Березний	205	5037,5	1808,9	
	39. Ужгород АСМГ	115	1361,7		
	40. Міжгір'я	456	1530,5		
	322. Жорнава	372	1814,0		
	323. Чорноголово	255	1464,4		
	324. Зарічево	155	1417,8		
	327. Сімер	151	1350,7		
	3228. Турья Поляна	348	1273,0		
	330. Поляна	293	1485,1		
	331. Свалява	190	1385,0		

Продовження таблиці 4.2

1	2	3	4	5	6
	332. Зняцево	105	1368,2		
	335. Довге	168	1997,1		
	339. Іршава	134	2139,4		
	342. Шаланки	121	1700		
46. Селятин		762	1562,9		1,23
358. Лопушна		553	2763,5		2,17
	316. Кути	335	1042	1275,2	
	357. Сторожинець	355	1508,5		
251. Новий-Кропивник		528	1085,6		1,23
252. Ясениця		569	1039,7		1,18
253. Рибник		539	1379,3		1,56
254. Майдан		611	1109,3		1,26
256. Сопот		520	828,9		0,94
261. Матків		703	1918,3		2,17
	16. Самбір	284	788,3		
	17. Дрогобич АСМГ	275	379		
	18. Стрий	291	588,8		
	30. Долина	470	1228,7		
	247. Озими́на	274	1108,7		
	249. Стрілки	406	686,4	882	
	255. Зарічне	279	1168,7		
	258. Сколе	443	745,8		
	260. Святослав	476	1231,4		
	299. Гошів	375	896,6		
334. Колочава		578	2614,4		1,48
	335. Довге	168	1997,1	1770,0	
	337. Нижній Бистрий	397	1543,0		

За даними табл. 4.2 будується графік залежності коефіцієнта географічної висоти C_{alt} від висоти над рівнем моря (рис. 4.8).

Із табл. 4.2 та рис. 4.8 видно, що для значної кількості гірських метеостанцій отримано $C_{alt} < 1$. Це вказує на те, що в гірській місцевості снігове навантаження приймає великі значення навіть для метеостанцій, розміщених на висотах до 500 м над рівнем моря. Після аналізу залежності, що зображена на рис. 4.8, було прийнято рішення описати сукупність точок кривою, що проходить по верхній межі дослідних даних.

Криву на графіку залежності значень снігового навантаження Q_m від висоти над рівнем моря H , м, можна описати за допомогою такої формули коефіцієнта C_{alt} :

$$C_{alt} = 0,1 \cdot \sqrt{H - 500} + 1. \quad (4.1)$$

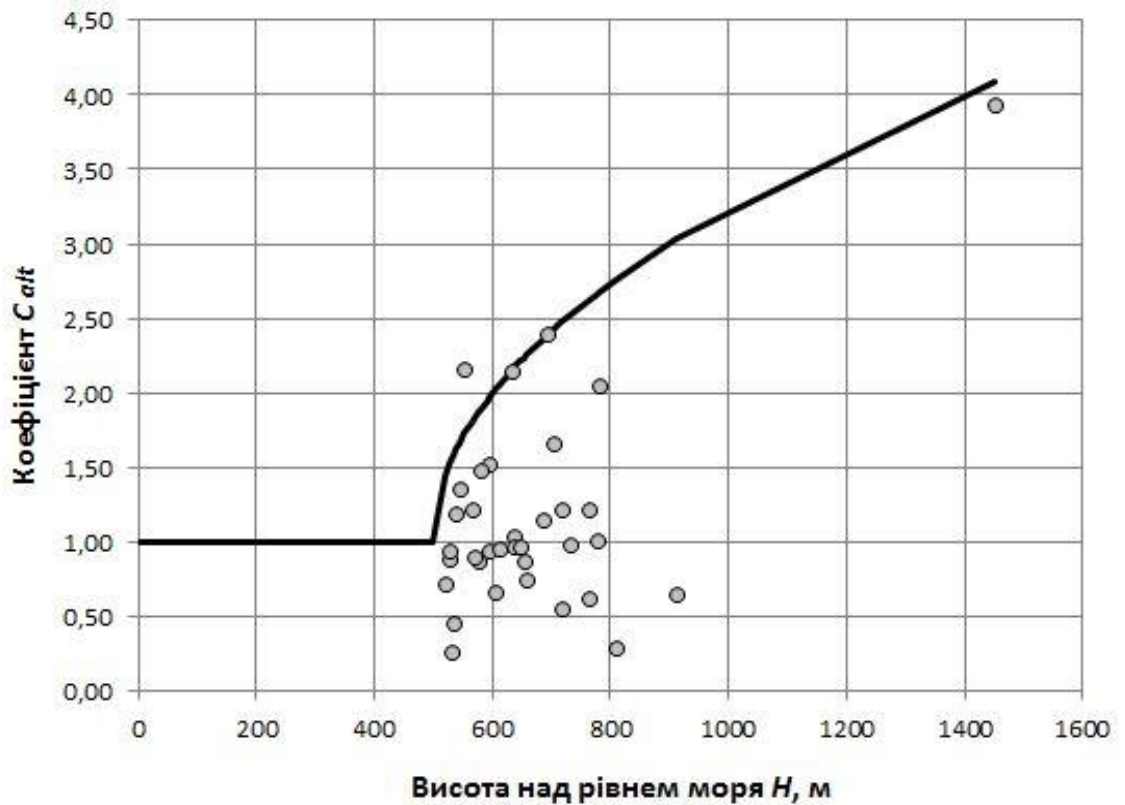


Рисунок 4.8 – Графік залежності коефіцієнта C_{alt} від висоти над рівнем моря

Формула (4.1) забезпечує $C_{alt}=1$ при $H=500$ м та проходить по верхній межі.

Отже, при визначенні снігового навантаження у гірській місцевості України при врахуванні висоти розміщення будівельного об'єкта над рівнем моря доцільно використовувати формулу (4.1), яка створює достатній запас надійності дослідних точок. Лише одна метеостанція № 358 Лопушна з 35 гірських має фактичний коефіцієнт висоти, дещо більший за (4.1).

4.3 Вплив експозиції схилу на величину снігового навантаження

У гірській місцевості на величину снігового навантаження, окрім висоти над рівнем моря, певною мірою може впливати також сторона схилу, на якій розташований цей об'єкт. Із метою встановлення впливу експозиції схилу на величину снігового навантаження за даними табл. 4.2 всі гірські станції розбиваються на дві групи відносно сторони схилу (табл. 4.3): північно-східну та південно-західну, як це зроблено в Європейських нормах температурних впливів.

Таблиця 4.3

Розташування гірських метеостанцій за експозицією схилу

№ ст.	Назва	Висота над рівнем моря, м	C_{alt}
1	2	3	4
Північно-східна сторона схилу			
13	Яворів	809	0,29
32	Яремча	531	0,26
34	Пожежевська	1451	3,94
253	Рибник	539	1,56
256	Сопот	520	0,94
261	Матків	703	2,17
263	Ружанка	564	1,22
309	Пасічна	576	0,87
318	Ільці	718	0,56
319	Верховина	658	0,76
329	Торунь	685	1,15
341	Ясиня	731	0,98
348	Ростоки	653	0,88
358	Лопушна	553	2,17
359	Путила	648	0,97
Південно-західна сторона схилу			
19	Турка	594	0,95
20	Славськ	592	1,53
46	Селятин	762	1,23
251	Новий-Кропивник	528	1,23
252	Ясениця	569	1,18

Продовження таблиці 4.3

1	2	3	4
254	Майдан	611	1,26
262	Тухля	544	1,35
306	Мислівка	777	1,02
307	Осмолода	762	0,62
308	Гута	636	1,04
314	Кременці	637	0,97
315	Ворохта	912	0,65
317	Ясені	604	0,67
320	Устерики	533	0,46
334	Колочава	578	2,05
338	Руська Мокра	691	2,40
340	Усть-Чорна	632	2,15
349	Луги	782	1,64
352	Косівська Поляна	528	0,89

Згідно табл. 4.3 будуються графіки залежності коефіцієнта географічної висоти C_{alt} від висоти над рівнем моря H для обох сторін схилу (рис. 4.9, 4.10).

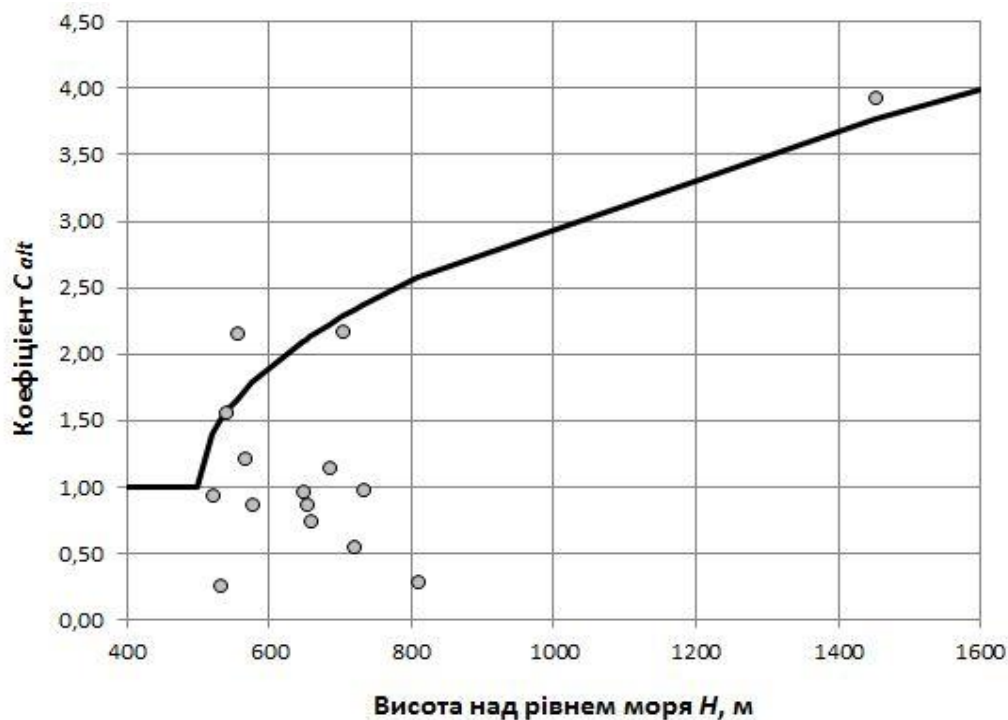


Рисунок 4.9 – Графік залежності коефіцієнта C_{alt} від висоти над рівнем моря для північно-східної сторони схилу

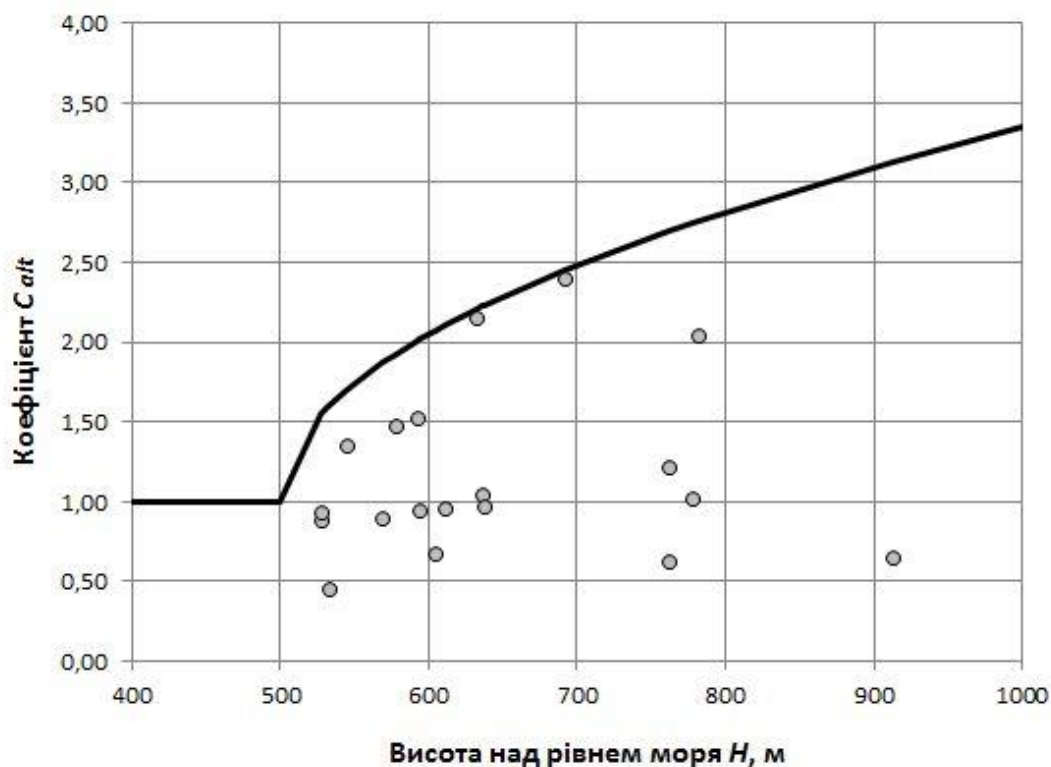


Рисунок 4.10 – Графік залежності коефіцієнта C_{alt} від висоти над рівнем моря для південно-західної сторони схилу

Графік залежності коефіцієнта C_{alt} від висоти над рівнем моря для північно-східної сторони схилу (рис. 4.9) описує крива, яка побудована за значеннями формули:

$$C_{alt} = 0,09 \cdot \sqrt{H - 500} + 1, \quad (4.2)$$

де H – висота над рівнем моря, м.

Графік залежності для південно-західної сторони схилу (рис. 4.10) описується кривою, що побудована згідно наступної формули:

$$C_{alt} = 0,105 \cdot \sqrt{H - 500} + 1. \quad (4.3)$$

Із рис. 4.9 та 4.10 видно, що криві коефіцієнта C_{alt} від висоти над рівнем моря для обох сторін схилу майже не відрізняються. Так як південно-західна сторона схилу має не на багато більші значення коефіцієнта C_{alt} , у подальшому можна вважати, що значення однакові та використовувати формулу (4.1).

4.4 Рекомендації щодо урахування географічної висоти при визначенні снігового навантаження

Коефіцієнт географічної висоти C_{alt} , наведений в українських нормах проектування [10], дещо відрізняється від аналогічних коефіцієнтів із норм Євросоюзу [12]. Це обумовило необхідність уточнення коефіцієнта C_{alt} для гірської місцевості України.

Після аналізу вихідних даних та проведення розрахунків була отримана залежність коефіцієнтів C_{alt} від висоти над рівнем моря, яка забезпечує деякий запас надійності. Результати цих розрахунків наведені в табл. 4.4 разом зі значеннями коефіцієнтів C_{alt} із діючих норм України [10], а також європейських норм для Альпійського регіону та частини Польщі, що розташовані приблизно на тій же географічній широті, що й гірська територія Українських Карпат.

Таблиця 4.4

Значення коефіцієнтів C_{alt} для різних висот над рівнем моря

Висота над рівнем моря, м	Альпи	Польща	Україна	Пропозиція
1	2	3	4	5
0	0,68	0,50	1,00	1,00
100	0,69	0,50	1,00	1,00
200	0,73	0,50	1,00	1,00
300	0,79	0,50	1,00	1,00
400	0,88	0,75	1,00	1,00
500	1,00	1,00	1,00	1,00
600	1,14	1,25	1,14	2,00
700	1,31	1,50	1,28	2,41
800	1,50	1,75	1,42	2,73
900	1,72	2,00	1,56	3,00
1000	1,96	2,25	1,70	3,24
1100	2,23	2,50	1,84	3,45
1200	2,53	2,75	1,98	3,65

Продовження таблиці 4.4

1	2	3	4	5
1300	2,85	3,00	2,12	3,83
1400	3,19	3,25	2,26	4,00
1500	3,56	3,50	2,40	4,16
1600	3,96	3,75	2,54	4,32
1700	4,38	4,00	2,68	4,46
1800	4,83	4,25	2,82	4,61
1900	5,31	4,50	2,96	4,74
2000	5,81	4,75	3,10	4,87

За даними табл. 4.4 побудований графік залежності коефіцієнту C_{alt} для країн Європи, що знаходяться на одній географічній широті (рис. 4.11).

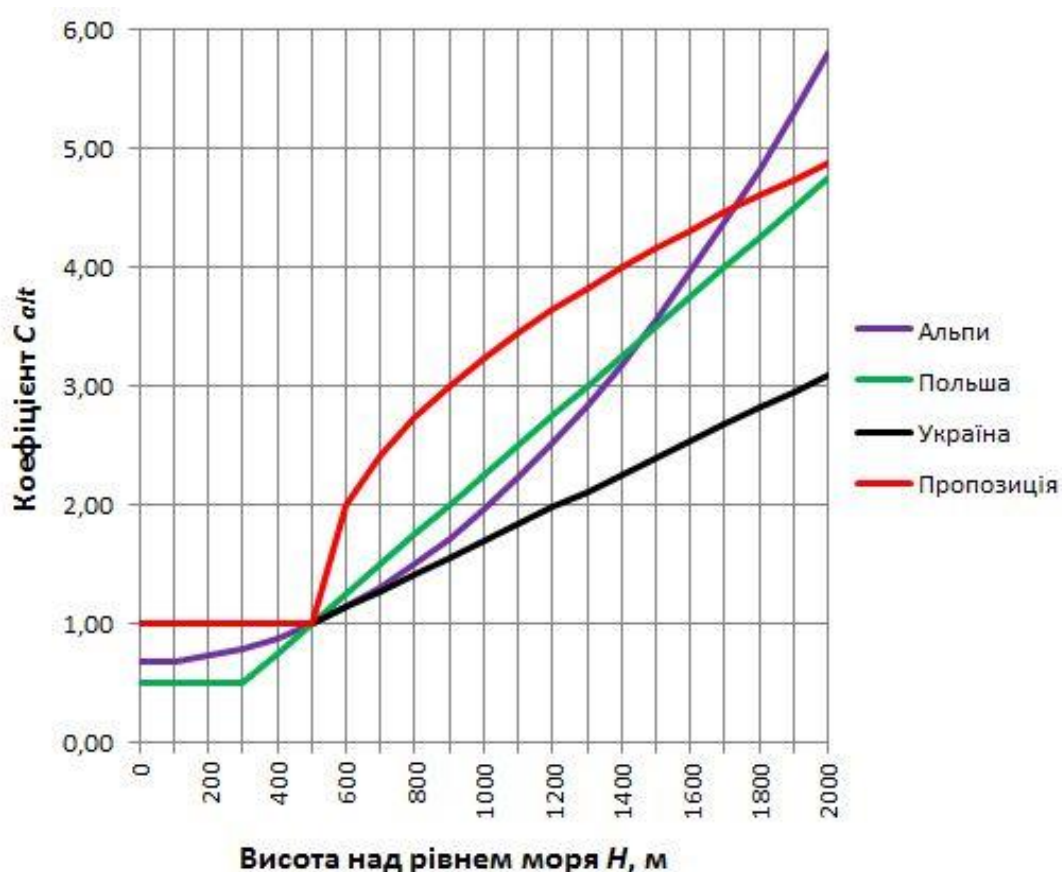


Рисунок 4.11 – Графік залежності коефіцієнту C_{alt} для різних країн

Як видно з рис. 4.11 при розрахунку за діючими нормами Україна має найменші значення коефіцієнта C_{alt} , порівняно з нормами Євросоюзу.

Значення, отримані за допомогою формули (4.1), дають більший запас надійності у порівнянні зі значеннями за формулою з діючих норм [10]. Також, як видно з рис. 4.11, запропонована формула дає значення, ближчі до значень із європейських норм.

Отже, в подальшому доцільно для обчислення коефіцієнту географічної висоти C_{alt} використовувати запропоновану формулу (4.1) для гірської місцевості України (Карпатські гори).

4.5 Рекомендації щодо врахування географічної висоти при розрахунку покрівлі

Запропонована формула (4.1) для визначення коефіцієнта географічної висоти C_{alt} при розрахунку снігового навантаження приводить до його зростання. Тому необхідно проаналізувати зміну снігового навантаження, розрахованого за допомогою запропонованого коефіцієнта C_{alt} , на прикладі експериментального проектування балок покриття для об'єктів, розташованих у гірській місцевості.

Балка проектується для двох варіантів: у першому варіанті снігове навантаження визначається з урахуванням коефіцієнта географічної висоти за діючими будівельними нормами [10], у другому – з урахуванням рекомендованої формули (4.1).

Для того, щоб оцінити як зміниться матеріаломісткість об'єкта доцільно запроектувати покрівлю зі сендвіч-панелей. Покрівля проектується для висоти 500, 1000, 1500 та 2000 м над рівнем моря.

Вихідними даними для проектування є:

- район будівництва – смт Ясиня: характеристичне значення снігового покриву – 1800 Па (6 сніговий район);
- одноповерхова громадська будівля каркасного типу, що має розміри в плані 9×12 м із кроком колон 3 м. Висота будівлі – 5 м;

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		81

- конструкція покрівлі: гравійна посипка, гідроізоляція з 3 шарів гідроізолау, сендвіч-панель зі сердечником із ламельних мінераловатних плит і сталевими обшивками товщиною 100 мм;
- матеріал балки – сталь С245.

Збір навантажень на поперечну раму.

На поперечну раму одноповерхової будівлі можуть діяти навантаження від несучих й огорожувальних конструкцій покрівлі та стін, снігове та вітрове навантаження, технологічні навантаження від вантажопідйомних механізмів, трубопроводів та іншого обладнання, прикріпленого до конструкцій каркасу. При експериментальному проектуванні балки враховуються навантаження від маси покрівлі та снігу.

За конструкцією покрівлі та вказівками, що наведені в [10], визначається характеристичне, експлуатаційне та граничне розрахункове значення постійного навантаження. Для цього за вказаним типом покрівлі формується перелік конструкцій покрівлі разом із їх характеристиками. Навантаження від маси балки при прольоті 9 м можна орієнтовно приймається рівним 215 Па.

Результати розрахунку наведені у табл. 5.1.

Таблиця 4.5

Постійне навантаження від маси покрівлі

Склад покрівлі	Q_0 , Па	γ_m	Q_m , Па
Гравійна посипка	50	1,3	65
Гідроізоляція з 3 шарів гідроізолау	150	1,3	195
Сендвіч-панель із сердечником з ламельних мінераловатних плит і сталевими обшивками	200	1,2	240
Прогони	70	1,05	73,5
Ферма	215	1,05	225,7 5
Усього	685	–	800

Граничне розрахункове значення рівномірно розподіленого постійного навантаження на ригель поперечної рами визначається за формулою з [14], кН/м:

$$q_{ном} = \frac{Q_m \cdot B}{1000}, \quad (4.4)$$

де Q_m – постійне навантаження від покрівлі, Па;

B – крок поперечних рам, м.

Снігове навантаження на покрівлю визначається за вказівками з [10]. Термін експлуатації будівлі $T_{ef}=100$ років.

Граничне розрахункове значення снігового навантаження на горизонтальну проекцію покриття обчислюємо за формулою з [10]:

$$S_m = \gamma_{fm} S_0 C \gamma_n, \quad (4.5)$$

де γ_{fm} – коефіцієнт надійності за граничним розрахунковим значенням снігового навантаженням;

γ_n – коефіцієнт надійності за відповідальністю будівлі.

S_0 – характеристичне значення снігового навантаження, Па;

C – сукупність коефіцієнтів:

$$C = \mu \cdot C_e \cdot C_{alt}, \quad (4.6)$$

де μ – коефіцієнт переходу від ваги снігового покриву на поверхні ґрунту до снігового навантаження на покрівлю;

C_e – коефіцієнт, що враховує режим експлуатації покрівлі;

C_{alt} – коефіцієнт географічної висоти:

$$C_{alt} = 1,4 \cdot H + 0,3 \quad (\text{при } H \geq 500 \text{ м}), \quad (4.7)$$

$$C_{alt} = 1 \quad (\text{при } H < 500 \text{ м}), \quad (4.8)$$

де H – висота об'єкта над рівнем моря, км.

Граничне розрахункове значення снігового навантаження, рівномірно розподіленого вздовж ригеля рами, визначається за формулою з [14], кН/м:

$$q_c = \frac{S_m \cdot B}{1000}. \quad (4.9)$$

Загальне розрахункове навантаження визначається як сума дії всіх навантажень:

$$q_{заг} = q_{ном} + q_c \cdot \quad (4.10)$$

Завданням статичного розрахунку є визначення внутрішніх зусиль в конструкції від кожного з навантажень, що діють на будівлю. Розрахункова схема балки одноповерхової однопролітної будівлі зображена на рис. 4.12.

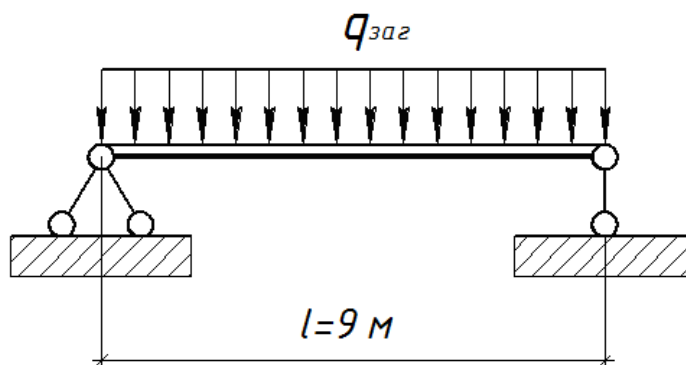


Рисунок 4.12 – Розрахункова схема балки

Розрахункові зусилля визначаються за формулою з [15]:

$$M = \frac{q_{заг} \cdot l^2}{8}, \quad (4.11)$$

де l – довжина прольоту, м.

Підбір перерізу балки здійснюється з урахуванням допустимості пластичних деформацій для балок, які несуть статичне навантаження.

Рекомендований момент опору перерізу балки обчислюється за формулою з [15]:

$$W_{\min} = \frac{M}{R_{yn} \cdot \gamma_c}, \quad (4.12)$$

де R_{yn} – розрахунковий опір сталі, МПа;

$\gamma_c = 1,0$ – коефіцієнт умов роботи за ДБН [16].

За отриманим значенням $W_{\min}$ за даними сортаменту встановлюють найближчий номер профілю, момент опору якого не менший за потрібний.

Згідно з [16] визначають розрахункові параметри, необхідні для перевірки міцності та стійкості балки:

а) перевірка міцності

Нормальне напруження:

$$\sigma = \frac{M_{\text{пвк}}}{W_y} < R_y \gamma_c, \quad (4.13)$$

де W_y – момент опору перерізу, м^3 ;

R_y – розрахунковий опір прокату за межею текучості, МПа:

$$R_y = \frac{R_{yn}}{\gamma_m}, \quad (4.14)$$

$\gamma_m=1,025$ – коефіцієнт надійності за матеріалом.

Максимальне дотичне напруження:

$$\tau_{\text{пвк}} = \frac{Q_{\text{пвк}} \cdot S_y}{I_y \cdot t_w} < R_s \cdot \gamma_c, \quad (4.15)$$

де Q_{max} – найбільша поперечна сила, кН/м :

$$Q_{\text{max}} = \frac{q_{\text{заг}} \cdot l}{2}; \quad (4.16)$$

S_y – статичний момент половини перерізу, м^3 ;

I_y – момент інерції перерізу, м^4 ;

t_w – товщина стінки, м ;

R_s – розрахунковий опір прокату на зсув, МПа:

$$R_s = 0,58 \cdot \frac{R_{yn}}{\gamma_m}. \quad (4.17)$$

б) перевірка стійкості

Загальна стійкість балки забезпечується розкріпленням стиснутого пояса настилом. Місцева стійкість елементів балки забезпечується конструктивними параметрами прокатного фасону.

Із метою спрощення розрахунки виконуються в програмному середовищі Microsoft Excel для двох варіантів. Результати розрахунків зведені у таблиці (табл. 4.6, 4.7).

Таблиця 4.6

Розрахунок балки (коефіцієнт C_{alt} за ДБН)

Розрахункові характеристики	Висота над рівнем моря, м			
	500	1000	1500	2000
$q_{пост}$, кН/м	2,4	2,4	2,4	2,4
q_c , кН/м	7,7	13,1	18,5	23,9
$q_{заг}$, кН/м	10,1	15,5	20,9	26,3
M , кН·м	102,2	156,8	211,3	265,8
W_{min} , см ³	425,9	653,1	880,4	1107,6
Профіль	30Б2	40Б1	40Б2	45Б2
W_y , см ³	487,8	803,6	935,7	1291,9
S_y , см ³	273,8	456	529,7	732,9
I_y , см ⁴	7293	15750	18530	28870
t_w , мм	6	7	7,5	8,4
Нормальне напруження, МПа	209,5	195,1	225,8	205,8
R_y , МПа	234,1	234,1	234,1	234,1
Q_{max} , кН/м	45,4	69,7	93,9	118,1
Дотичне напруження, МПа	28,4	28,8	35,8	35,7
R_s , МПа	135,8	135,8	135,8	135,8

Таблиця 4.7

Розрахунок балки (рекомендований коефіцієнт C_{alt})

Розрахункові характеристики	Висота над рівнем моря, м			
	500	1000	1500	2000
$q_{пост}$, кН/м	2,4	2,4	2,4	2,4
q_c , кН/м	7,7	24,9	32,0	37,5
$q_{заг}$, кН/м	10,1	27,3	34,4	39,9
M , кН·м	102,2	276,7	348,4	403,7
W_{min} , см ³	425,9	1153,1	1451,7	1682,2
Профіль	30Б2	45Б2	50Б1	55Б1
W_y , см ³	487,8	1291,9	1511	2051
S_y , см ³	273,8	732,9	860,4	1165
I_y , см ⁴	7293	28870	37160	55680
t_w , см	6	8,4	8,8	9,5
Нормальне напруження, МПа	209,5	214,2	230,6	196,8
R_y , МПа	234,1	234,1	234,1	234,1
Q_{max} , кН/м	45,4	123,0	154,9	179,4
Дотичне напруження, МПа	28,4	37,2	40,7	39,5
R_s , МПа	135,8	135,8	135,8	135,8

За даними таблиць 4.6 та 4.7 виконується порівняння матеріалоемності балок (табл. 4.8), запроєктованих за значеннями коефіцієнта географічної висоти за ДБН [10] та формулою (4.1).

Таблиця 4.8

Порівняння матеріалоемності та вартості балок

Розрахункові характеристики		Висота над рівнем моря, м			
		500	1000	1500	2000
Профіль	ДБН	30Б2	40Б1	40Б2	45Б2
	Реком.	30Б2	45Б2	50Б1	55Б1
Витрата сталі, кг	ДБН	329,4	432,9	492,3	607,5
	Реком.	329,4	607,5	657	801
Різниця, кг		0	174,6	164,7	193,5
Різниця, %		0	40	33	32

Згідно табл. 4.8 на рис. 4.13 побудовані графіки зміни матеріалоемності балок залежно від висоти над рівнем моря.

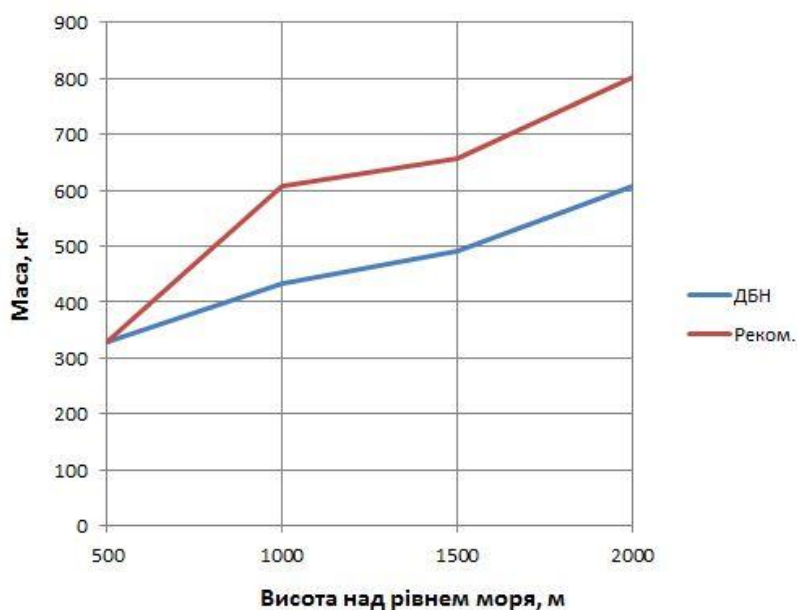


Рисунок 4.13 – Матеріалоемність балок за ДБН та рекомендацією

Із рис. 4.13 видно, що матеріалоемність балок, запроєктованих з урахуванням рекомендованої формули (4.1), більша ніж за ДБН. Це пояснюється тим, що формула (4.1) дає більший запас надійності для снігового навантаження.

4.6 Висновки з розділу

Отримані результати дослідження залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря дозволяють зробити такі висновки:

1. Виконаний аналіз вказує на тенденцію зростання розрахункових значень снігового навантаження при збільшенні висоти над рівнем моря.
2. Залежності снігового навантаження від висоти над рівнем моря є занадто розмитими і не дозволяють описати їх аналітично.
3. Експозиція схилу (південно-західна чи північно-східна) практично не впливає на значення снігового навантаження.
4. За даними гірських метеостанцій та найближчих рівнинних метеостанцій визначені коефіцієнти географічної висоти; їх залежність від висоти над рівнем моря в запас надійності можна описати аналітичним виразом (4.1), який рекомендується використовувати при проектуванні будівель і споруд.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
						88
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки і рекомендації за результатами роботи

Підсумовуючи результати досліджень, можна стверджувати, що були уточнені значення коефіцієнта географічної висоти, необхідного для визначення снігового навантаження у гірській місцевості. Отримані значення цього коефіцієнта забезпечують вищий рівень надійності при проектуванні та будівництві об'єктів у гірській місцевості. Таким чином, поставлену мету досліджень можна вважати досягнутою.

Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити наступні висновки:

1. Чинні норми проектування не забезпечують достатню точність при визначенні снігового навантаження у гірській місцевості та істотно відрізняються від норм країн Євросоюзу.
2. Статистична обробка метеорологічних даних із спостережень за сніговим покривом дозволила створити метеорологічну базу даних для дослідження снігового навантаження у гірській місцевості, до якої увійшли дані 130 метеорологічних станцій.
3. Шляхом аналізу результатів снігомірних зйомок, що наведені у базі даних, обрані оптимальні імовірнісні моделі для визначення розрахункових значень: послідовність річних максимумів та закон розподілу Вейбулла.
4. За обраними імовірнісними моделями обчислені розрахункові значення снігового навантаження. Остаточні розрахункові значення снігового навантаження, за якими визначена залежність коефіцієнту географічної висоти від висоти над рівнем моря, прийняті рівними середнім із двох вказаних моделей.
5. Розроблена методика аналізу метеорологічних даних, яка забезпечує визначення коефіцієнту географічної висоти залежно від висоти над рівнем моря. Згідно цієї методики, для кожної гірської станції визначаються найближче розташовані рівнинні станції, а через них – і коефіцієнт географічної висоти.

6. Аналіз впливу експозиції схилу (північно-східної чи південно-західної) показав, що значення коефіцієнта географічної висоти залишаються майже незмінними, а тому при визначенні снігового навантаження експозицію схилу можна не враховувати.
7. Отримана формула для визначення коефіцієнта географічної висоти є більш точною, ніж у чинних нормах ДБН В.1.2-2:2006, та дає більший запас надійності при експлуатації об'єкту.
8. На прикладі проектування балок покрівлі для одноповерхової громадської будівлі показано, що запропонована в роботі методика визначення снігового навантаження у гірській місцевості забезпечує більшу надійність несучих конструкцій покриття при порівняно невеликому збільшенню витрат сталі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Метеорологический ежемесячник. Часть II. Выпуск 10. – Л.: Гидрометеиздат. – 1961-1991.
2. Метеорологический ежегодник. Наблюдения гидрометеорологических станций и постов над снежным покровом (снегосъемки). – Вып.10. – Л.: Гидрометеиздат. – 1951-1978.
3. Кінаш Р.І. Снігове навантаження в українських Карпатах. Довідник. / Р.І. Кінаш, О.М. Бурнаєв. – Л.: Львівська політехніка, 1996. – 139 с.
4. Клеєвська В.Л. Приземні метеорологічні спостереження: навч. посіб. / В.Л. Клеєвська, О.О. Поліщук. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т “Харк. авіац. ін-т”, 2010. – 52 с.
5. Наставление гидрометеорологическим станциям и постам. Выпуск 3, часть 1. Метеорологические наблюдения на станциях. – Л.: Гидрометеиздат, 1963. – 308 с.
6. Атмосферні навантаження на будівельні конструкції для території України.: Монографія / Пашинський В.А. – К., 1999. – 185 с.
7. Гордеев В.Н. Нагрузки и воздействия на здания и сооружения / В.Н. Гордеев, А.И. Лантух-Лященко, В.А. Пашинский, А.В. Перельмутер, С.Ф. Пичугин; Под общей ред. А.В. Перельмутера. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2006. – 482 с.
8. Гумбель Э. Статистика экстремальных значений. / Э. Гумбель. – М.: Мир, 1965. – 450 с.
9. Окулов П.Д. Анализ совместного воздействия нагрузок от подвесных кранов и снега на металлические конструкции покрытия промышленного здания: Автореферат дис. канд. техн. наук: 05.23.01 / МИСИ. – М., 1984. 16 с.
10. Навантаження і впливи: ДБН В. 1.2-2:2006. – К.: Мінбуд України, 2006. – 61 с. (Державні будівельні норми України).
11. Нагрузки и воздействия: СНиП 2.01.07-85*. – М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986. – 36 с. (Строительные нормы и правила).

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КМР 2119209 ПЗ

Лист

91

12. Eurocode 1: Actions on Structures. Part 1-3: General actions. Snow loads. EN 1991-1-3. – CEN, 2003. – 56 p.
13. Пашинський В.А. Основи теорії надійності будівель і споруд. Методичні вказівки до практичних занять для студентів спеціальності "Промислове та цивільне будівництво" усіх форм навчання. – Кіровоград: КНТУ, 2012. – 37 с.
14. Пашинський В.А. Металеві конструкції. Методичні вказівки до виконання курсової роботи "Проектування сталевих каркасів одноповерхової будівлі" для студентів спеціальності "Промислове та цивільне будівництво" усіх форм навчання. – Кіровоград: КНТУ, 2011. – 65 с.
15. Клименко Ф.Є. Металеві конструкції: Підручник / Ф.Є. Клименко, В.М. Барабаш, Л.І. Стороженко; за ред. Ф.Є. Клименка. – Львів: Світ, 2002. – 312 с.: 320 іл.
16. Сталеві конструкції. Норми проектування, виготовлення і монтажу. Том 1: Вимоги проектування.: ДБН В.2.6-163:2010. – К.: Мінгрегiонбуд України, 2010. – 83 с. (Державні будівельні норми України).
17. Закон України "Про охорону праці" / Верховна Рада України; Закон від 14.10.1992 № 2694-XII.
18. Положення про порядок забезпечення працівників спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту: НПАОН 0.00-4.01-8.
19. Ярошевська В.М. Охорона праці в будівельній галузі: Навч. Посібник / В.М. Ярошевська, В.Й. Чабан. – Рівне: НУВГП, 2005. – 313 с.
20. Кодекс законів про працю України. / Верховна Рада УРСР; від 10.12.1971 № 322-VIII, ред. від 12.06.2013.
21. Батлук В.А. Охорона праці у будівельній галузі: Навчальний посібник / В.А. Батлук, Г.Г. Гогіташвілі. – К.: Знання, 2006. – 550 с.
22. Кодекс цивільного захисту України. / Верховна Рада України; Кодекс України, Закон, Кодекс від 02.10.2012 № 5403-VI

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		92

23. Стеблюк М.І. Цивільна оборона та цивільний захист: Підручник. 2-ге вид., переробл. / Стеблюк М.І. – К.: Знання, 2010. – 487 с.
24. Шоботов В.М. Цивільна оборона: Навчальний посібник: Вид. 2-ге, перероб. / Шоботов В.М. – К.: Центр навч. літератури, 2006. – 438 с.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		93

Додаток А

ОХОРОНА ПРАЦІ

Заходи захисту працівників у зимовий час на будівельному майданчику

Будівельні виробництва відрізняються низкою характерних особливостей, адже робітникам-будівельникам доводиться працювати як в умовах високих, так і низьких температур, а також при інтенсивному впливі негативних атмосферних явищ (вітер, дощ тощо) і сонячної радіації. Тому велика увага приділяється питанням охорони праці, техніки безпеки, тобто заходам, що захищають людину від впливу на його організм шкідливих умов, пов'язаних із виробничим процесом і умовами праці.

Умови праці – сукупність чинників виробничого середовища та трудового процесу, які впливають на здоров'я та працездатність людини у процесі її професійної діяльності.

За більш повним визначенням умови праці – це складне суспільне явище, яке формується в процесі праці під впливом соціально-економічних, технічних, організаційних і природних чинників, які впливають на здоров'я, працездатність, ставлення до праці, ефективність праці, рівень життя і розвиток людини як головної сили суспільства.

Умови праці характеризують технічні, санітарно-технічні, естетичні та організаційні показники.

Самопочуття людини і продуктивність її праці на будівельних роботах багато в чому залежать від довкілля, зміни температури, вологості, тиску і швидкості руху повітря.

Значний вплив на працездатність і фізичний стан людей мають низька температура навколишнього повітря, тривалі та сильні вітри. Зазвичай у холодну пору року навантаження на будівельників вище, ніж у теплу – це збільшує тепловіддачу робітника. Нормальна ж працездатність зберігається лише в тому випадку, коли теплоутворення перевищує тепловіддачу й, отже,

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата

КМР 2119209 ПЗ

Лист

94

температура тіла не знижується. Теплоутворення залежить від швидкості поглинання кисню, характеру і кількості окислення їжі тощо.

У результаті працездатність людини знижується, вона швидше втомлюється, зменшується її уважність. Це, а також і незручність роботи в теплому одязі, може призвести до більшої кількості нещасних випадків, ніж у більш сприятливих теплих умовах.

Мікрокліматичні параметри, а саме робота у зимовий період, належать до санітарно-гігієнічних показників умов праці.

На будівельних об'єктах у зимовий час підприємства мають свою специфіку щодо умов праці, яка пов'язана з особливостями технологічного процесу. Ця специфіка характеризує вибір оптимальних режимів праці й відпочинку, стан виробничих і побутових приміщень, забезпечення працюючих засобами захисту тощо.

До нещасних випадків, викликаним дією чинників зимових умов, відноситься обмороження.

Отже, можна зробити висновок, що необхідно звертати особливу увагу на техніку безпеки при експлуатації будівельних машин, виконанні земляних робіт чи інших будівельних робіт у зимових умовах. При цьому слід керуватися низкою документів:

- будівельними нормами і правилами з техніки безпеки в будівництві;
- санітарно-гігієнічними нормами;
- правилами техніки безпеки для підприємств автомобільного транспорту;
- правилами техніки безпеки і виробничої санітарії при електрозварювальних роботах;
- правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів;
- інструкцією щодо заземлення пересувних будівельних механізмів й електрифікованого інструменту.

Повинні враховуватися також постанови про тривалість робочого дня і перерви в роботі для обігріву робітників при низьких температурах.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
						95
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Небезпека переохолодження найбільш часто виникає при виконанні будівельних робіт у холодну пору року в умовах понижених температур і сильного вітру. Тому існуючим трудовим законодавством роботи на відкритому повітрі при сильному вітрі та в умовах низьких температур заборонені.

Згідно Закону України “Про охорону праці” [20], стаття 8: “На роботах зі шкідливими і небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами, працівникам видаються безоплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також мийні та знешкоджувальні засоби.

Роботодавець зобов'язаний забезпечити за свій рахунок придбання, комплектування, видачу та утримання засобів індивідуального захисту відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці та колективного договору.

У разі передчасного зношення цих засобів не з вини працівника роботодавець зобов'язаний замінити їх за свій рахунок. У разі придбання працівником спецодягу, інших засобів індивідуального захисту, мийних та знешкоджувальних засобів за свої кошти роботодавець зобов'язаний компенсувати всі витрати на умовах, передбачених колективним договором.

Згідно з колективним договором роботодавець може додатково, понад встановлені норми, видавати працівникові певні засоби індивідуального захисту, якщо фактичні умови праці цього працівника вимагають їх застосування”.

При роботі на холоді, необхідно, з однієї сторони, попередити сильне переохолодження організму працюючих, з іншого – забезпечити його швидке зігрівання з метою своєчасної нормалізації фізіологічних зрушень, що настали внаслідок охолодження.

Для забезпечення безпечних умов роботи у зимовий період необхідно:

- під'їзні шляхи й пішохідні доріжки своєчасно очищати від снігу і посипати їх піском, шлаком або золою;
- місця складування будівельних матеріалів необхідно повністю очищати від снігу та льоду, інакше штабелі конструкцій при підтаванні можуть обвалитися і викликати нещасний випадок;
- періодично видаляти крижані бурульки, які утворилися над входами в будівлі, тротуарами, місцями проходів і проїздів;
- щоб уникнути обвалення покрівель від снігового навантаження дахи необхідно очищати від снігу та льоду, заздалегідь захистивши небезпечну зону скидання снігу;
- для захисту робітників від несприятливих метеорологічних умов необхідно передбачити приміщення для обігріву працюючих розмірами, визначеними з розрахунку 0,1 м² на одну людину в найчисленнішій зміні, але не менше 8 м². Температура повітря в цих приміщеннях повинне бути не нижча за +22°C.

Велике значення для безпеки людей, що працюють взимку, має одяг.

Захист робітників від переохолодження досягається шляхом забезпечення їх теплим робочим одягом та взуттям, встановленням режиму праці з періодичними перервами для обігріву в спеціальних приміщеннях.

Теплий одяг запобігає надмірному охолодженню організму. Фізичні властивості спецодягу, крім теплозахисних властивостей, мають забезпечувати випаровування поту з поверхні шкіри, тому що затримка випаровування призведе до зволоження одягу і збільшення силових витрат організмом.

За НПАОП 0.00-4.01-8 [21] “Теплий спеціальний одяг і спеціальне взуття (костюми на утепленій прокладці, штани на утепленій прокладці, куртки для захисту від понижених температур, козухи, козушки, валянки, шапки-вушанки тощо) видаються працівникам із настанням холодної пори року. Порядок їх зберігання з настанням теплої пори року визначається роботодавцем з урахуванням інструкції з їх експлуатації”.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		97

Зимовий робочий одяг повинен бути просторим, зшитим із натуральної (не синтетичної) тканини, на ваті.

Інколи навіть застосовуються робочі костюми з електропідігрівом. Вони володіють всіма необхідними якостями, зручні, легкі і забезпечують надійну теплозахист, але основний їх недолік – значна вартість.

Теплий одяг обов’язково повинен бути доповнений теплим взуттям та рукавичками. В якості взуття можуть застосовуватися валянки або краще гумові пористі формові чоботи, які володіють хорошими тепло- й гідроізоляційними властивостями. Існує також взуття з електропідігрівом.

Для захисту валянок від промокання можна скористатися простим засобом із [22]. На 1-2 секунди занурити низ валянка у воду, після чого обваляти змочений місце в пухкому снігу. Таку операцію слід повторити 7-8 разів до тих пір, поки на валянках не утворюється щільна крижана кірка.

Рукавички або рукавиці повинні бути найкраще шкіряні на хутрі. Працювати без рукавичок металевим інструментом не можна.

У холодний період року (температура зовнішнього повітря нижче 10°C) режим праці й відпочинку залежить від температури і швидкості вітру. Збільшення швидкості вітру на 1 м/с відповідає зниженню температури повітря на 2° С.

У статті 168 Кодексу законів про працю України [20] сказано: “Працівникам, що працюють у холодну пору року на відкритому повітрі або в закритих неопалюваних приміщеннях, вантажникам та деяким іншим категоріям працівників у випадках, передбачених законодавством, надаються спеціальні перерви для обігрівання і відпочинку, які включаються у робочий час. Власник або уповноважений ним орган, зобов’язаний обладнувати приміщення для обігрівання і відпочинку працівників”.

Під час роботи на будівельному майданчику у холодний період року надаються перерви у 10 хв. для обігріву та відпочинку у спеціальних теплих приміщеннях. Температура повітря в цих приміщеннях має бути не менше +23° С.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		98

Для зовнішніх робіт несприятливими метеорологічними умовами, за яких надаються обов'язкові перерви для обігрівання, згідно [23] вважаються: температура повітря від 0 до -10°C при швидкості вітру 4...5 м/с; температура повітря від -10 до -15°C при швидкості вітру 2 м/с; температура повітря від -15 до -20°C при швидкості вітру до 2 м/с; у безвітряну погоду при температурі -20°C і нижче. Припинення роботи на відкритому повітрі при низьких температурах проводиться на підставі спеціальних рішень.

При температурі повітря нижче -45°C і швидкості руху повітря більше 12 м/с будівельні роботи поза населеними пунктами забороняються.

При I категорії (температура до -25°C) передбачаються перерви на відпочинок та обігрів на 10 хв. через кожну годину роботи. При II категорії (температура $-15...-25^{\circ}\text{C}$) передбачаються перерви у 10 хв. через 1 годину від початку роботи та через кожні наступні 50 хв. роботи. При III категорії (температура $-13...-19^{\circ}\text{C}$) передбачаються перерви на 15хв. через 1 годину від початку зміни, а після обіду через кожні 45 хв. роботи. При температурі $-25...-30^{\circ}\text{C}$, крім надання додаткових перерв, робочий день скорочується на 1 годину, а при температурі нижче -30°C працювати забороняється.

На будівельних об'єктах набули поширення і засоби колективного захисту. Вони представляють собою легкі укриття каркасного, тентового чи пневматичного типів. Такі укриття захищають окремі робочі місця або об'єкт будівництва в цілому. Ці засоби колективного захисту використовуються з підведенням тепла або без нього. Навіть без підведення тепла температура в таких укриттях у зимовий час буде на $10...15^{\circ}\text{C}$ вище температури навколишнього середовища за рахунок знаходження людей, роботи механізмів, сонячної радіації та інших показників. Таким чином забезпечується поліпшення метеорологічних умов праці.

Також при роботі на холоді використовують пристрої місцевого променевого обігріву.

У холодну пору року калорійність їжі повинна бути найвищою. Зв'язок між калорійністю і температурою майже лінійна. Якщо при температурі

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		99

+10°C людині потрібно приблизно 3500 калорій на добу, то при температурі -40° С це число зростає до 4500...5000 калорій на добу. Обов'язковим є вживання гарячої їжі (хоча б гарячого чаю або кави).

Не слід забувати, що світловий день взимку відрізняється від літнього: взимку світловий день зазвичай більш короткий. Тому будівництво у зимовий період передбачає організоване штучне освітлення. Воно буде служити єдиним джерелом світла в темний час доби і дозволить виконувати більший обсяг роботи.

Також під час виконання робіт на будівельному майданчику у зимовий період необхідно дотримуватись особливих правил із техніки безпеки.

На будівельному майданчику при виконанні робіт повинні використовуватись надійне обладнання й електроінструменти. Вони повинні легко витримувати навантаження, пов'язані з роботою в сніг і мороз.

Взимку умови згоряння палива в двигунах погіршуються – велика кількість палива згоряє не повністю, тому ймовірність отруєння окисом вуглецю більше, ніж влітку. Крім того, взимку двигуни часто прогріваються на відкритих і навіть закритих стоянках, що також сприяє отруєнню.

Щоб уникнути отруєння не допускається використовувати двигуни як індивідуальне опалення, а також їх прогрів понад 5 хв. у закритих приміщеннях. На стоянках машини слід розташовувати таким чином, щоб при прогріванні двигунів відпрацьовані гази не задувались вітром в кабінку машиніста.

При використанні паяльних ламп, жаровень, обігрівальних печей, а також факелів і багать необхідно дотримуватися достатньої відстань для того, щоб полум'я або іскри, що переносяться вітром, не потрапляли на легкозаймисті предмети або матеріали. У таких умовах працювати в одязі, забрудненому маслом, забороняється.

При застосуванні опалювальних та обігрівальних пристроїв, а також при роботі з відкритим полум'ям слід мати наготові справний вогнегасник, сухий пісок та інші засоби пожежогасіння.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
						100
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		

Обмороження й опіки частин тіла – це специфічні ураження, що часто зустрічаються взимку та можуть призвести до тяжких наслідків.

Для захисту від обмороження потрібно, перш за все, мати хороший теплий одяг. При тривалому перебуванні на повітрі в морозні дні доцільно відкриті ділянки тіла змащувати будь-яким несолоним жиром.

Щоб уникнути «контактного» обмороження не можна чіпати вологими (наприклад, після зняття теплих рукавиць) руками металеві поверхні, охолоджені до температури -20°C і нижче. Рекомендується ті частини інструменту, до яких торкаються руки робітників, покривати пластиком, текстилем тощо.

Особливо небезпечне потрапляння палива на відкриті частини тіла. Це може викликати швидке обмороження, наслідки якого найбільш важкі, особливо тоді, коли паливо надходить під тиском.

Отже, під час робіт на будівельному майданчику у зимовий період робітники потребують специфічних засобів захисту. З метою запобігання нещасних випадків необхідно приділяти більшу увагу правилам техніки безпеки та захисту робітників.

					КМР 2119209 ПЗ	Лист
						101
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		