

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

О.О.ВРУБЛЕВСЬКА, Г.П.КАТЕРУША, Н.К.МИРОТВОРСЬКА

КЛІМАТОЛОГІЧНА ОБРОБКА  
ОКРЕМИХ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ ВЕЛИЧИН

Затверджено Міністерством  
освіти і науки України  
як навчальний посібник  
для студентів  
гідрометеорологічного  
напрямку навчання

Одеса "ТЕС" 2004

**ББК 26.234.7**  
**В83**  
**УДК 551.58+551.501**

О.О. Врублевська, Г.П. Катеруша, Н.К. Миротворська. Кліматологічна обробка окремих метеорологічних величин. Навчальний посібник - Одеса,,  
2004. - 150 с.

В навчальному посібнику представлена основна інформація щодо атмосферного озону: його утворення, руйнування, географічного розподілу та часових коливань.

Велику увагу приділено проблемі зміни стану озоносфери в останнє десятиріччя (починаючи приблизно з 60-х років) під дією природних атмосферних процесів і причин антропогенного походження. Наведена коротка інформація про міжнародне співробітництво в області захисту озонового шару Землі.

Посібник розраховано на студентів, магістрів, аспірантів гідрометеорологічного профілю, а також екологів, які спеціалізуються в області кліматології, курортології та медичної екології. Він може бути вельми корисним і для наукових робітників, які займаються дослідженнями фізики атмосфери і прикладних питань екології.

Рецензенти:

В.Г.Каретников, зав. кафедри астрономії Одеського державного університету доктор фізико-математичних наук, професор

В.І.Мединець, керівник центру моніторингу навколишнього природного середовища Одеського державного університету, кандидат фізико-математичних наук, член-кореспондент УЕАН

## Зміст

|   |           |
|---|-----------|
| Передмова.....  | 5         |
| <b>1 Загальні питання кліматичної обробки.....</b>  | <b>7</b>  |
| 1.1 Принципи формування кліматологічних рядів.....  | 7         |
| 1.2 Основні джерела метеорологічної інформації.....   | 8         |
| 1.3 Основні кліматологічні показники метеорологічних величин.....   | 9         |
| 1.4 Методи визначення ймовірнісних характеристик клімату.....   | 15        |
| 1.5 Аналіз однорідності рядів метеорологічних спостережень.....   | 26        |
| 1.5.1 Критерії Вілкоксона.....  | 28        |
| 1.5.2 Ранговий критерій Крускала-Уоліса.....  | 32        |
| 1.5.3 Критерій Колмогорова.....   | 34        |
| 1.5.4 Кліматологічні методи.....  | 35        |
| 1.6 Питання для самоперевірки і завдання.....   | 36        |
| <b>2 Кліматологічна обробка температури повітря і ґрунту.....</b>   | <b>39</b> |
| 2.1 Загальні зауваження.....  | 39        |
| 2.2 Аналіз однорідності вихідних рядів температури.....   | 40        |
| 2.3 Непрямі методи розрахунку багаторічної середньої місячної температури повітря на короткорядній станції..... | 43        |
| 2.4 Крива річного ходу температури повітря як характеристика температурного режиму.....                         | 46        |
| 2.5 Розрахунок дат першого і останнього морозу.....   | 49        |
| 2.6 Мінімальні і максимальні температури повітря.....   | 54        |
| 2.7 Обробка температури ґрунту.....   | 56        |
| 2.8 Питання для самоперевірки і завдання.....   | 57        |
| <b>3 Кліматологічна обробка опадів і снігового покриву.....</b>   | <b>59</b> |
| 3.1 Обробка опадів.....   | 60        |
| 3.1.1 Аналіз однорідності кліматологічних рядів опадів.....   | 60        |
| 3.1.2 Основні кліматичні показники кількості опадів.....  | 66        |
| 3.1.2.1 Непрямі методи розрахунку кліматичних показників.....   | 67        |
| 3.1.2.2 Розрахунок багаторічних значень місячних сум опадів на короткорядній станції.....                       | 68        |
| 3.1.2.3 Обробка добової кількості опадів.....   | 69        |
| 3.1.2.4 Обробка числа днів з різною кількістю опадів.....   | 70        |
| 3.1.2.5 Кліматичні показники тривалості та інтенсивності опадів.....  | 71        |
| 3.2 Обробка даних зі снігового покриву.....   | 72        |
| 3.2.1 Висота снігового покриву.....   | 73        |
| 3.2.2 Періоди з різним станом снігового покриву.....  | 75        |
| 3.3 Питання для самоперевірки і завдання.....   | 76        |
| <b>4 Кліматологічна обробка вітру.....</b>  | <b>77</b> |
| 4.1 Загальні положення.....   | 77        |
| 4.2 Повторюваність напрямків вітру і штилів.....  | 77        |

|   |           |
|---|-----------|
| 4.3 Переважний напрямок вітру і методика його розрахунку..... | 81        |
| 4.4 Тривалість вітру одного напрямку в годинах.....           | 84        |
| 4.5 Активно-діючі вітри на інженерні споруди.....             | 85        |
| 4.6 Середня місячна і річна швидкість вітру.....              | 86        |
| 4.6.1 Повторюваність швидкостей вітру різної величини.....    | 86        |
| 4.6.2 Максимальна швидкість вітру.....                        | 87        |
| 4.7 Спільна обробка напрямку і швидкості вітру.....           | 92        |
| 4.8 Питання для самоперевірки і завдання.....                 | 94        |
| <b>5 Кліматичні довідники і робота з ними.....</b>            | <b>96</b> |
| Література.....   | 106       |
| Додаток А.....  | 107       |
| Додаток Б.....  | 122       |
| Додаток В.....  | 124       |
| Додаток Г.....  | 140       |
| Додаток Д.....  | 144       |

## Передмова

Об'єктом дослідження кліматології як науки є клімат. Під кліматом розуміють багаторічний режим погоди, що формується в умовах підстильної поверхні того або іншого району земної кулі під впливом кліматоутворюючих чинників, а саме, сонячної радіації і циркуляційних процесів, характерних для даної місцевості.

Для дослідження багаторічного режиму погоди необхідні відомості за достатньо великий період років про стан атмосфери, тобто дані з температури повітря, опадів, вологості, вітру т.ін. Цю інформацію дістають в результаті певним чином організованих спостережень на метеорологічних станціях, узагальнення яких дозволяє використати її для наукових та практичних цілей.

Сукупність процедур і методів такого узагальнення носить назву *кліматологічна обробка*.

Метеорологічну інформацію, здобуту за будь-який по тривалості період років, називають рядами метеорологічних спостережень або *метеорологічними рядами*. Нарівні з цим чвсто використовують термін *кліматологічний ряд*, члени якого, зазвичай, являють собою попередньо узагальнені дані (у вигляді середніх або сумарних значень) за визначений інтервал часу (пентаду, декаду, місяць, рік). Оскільки ці ряди можна розглядати як ряди випадкових величин, то для вивчення закономірностей їх розподілу, здобуття необхідних і достеменних кількісних показників метеорологічних величин широко використовуються методи математичної статистики. Що до гідрометеорологічної інформації основні положення цього розділу математики викладаються в курсі "Методи обробки та аналізу інформації" і узагальнені в підручнику "Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації". Тому в даному учбовому посібнику розглядаються тільки загальні принципи стиснення інформації та стандартні форми їх надання у виді середніх і екстремальних значень, імовірності величин в різних межах т.ін.

Проте, в процесі багаторічної кліматологічної практики обробки даних спостережень розроблені єдині по змісту показники, здобуття яких у деяких випадках носить специфічний характер. Наприклад, багаторічні дати початку кліматичних сезонів або розрахунок сум активних і ефективних температур вище деяких границь визначають, як правило, на основі кривої річного ходу температури повітря, принцип побудування якої теж має свої особливості; розрахунок багаторічних місячних сум опадів або декадних висот снігового покриву на короткорядній станції – з використанням карт ізомір; розрахунок переважного і результуючого вітру т.ін.

Тому, поряд з методами обробки, що основані на принципах математичної статистики, необхідно знати прийоми кліматологічної обробки і вміти спільно їх використовувати.

У даному посібнику надано методичні вказівки з кліматологічної обробки основних метеорологічних величин (температури повітря і ґрунту, опадів і снігового покриву, вітру), питання для самоконтролю, завдання для обов'язкового виконання і вихідні дані для них, допоміжні таблиці та рисунки, а також питання для роботи з кліматичними довідниками, які мають бути враховані при складанні кліматичної справки.

Дані методичні вказівки передбачають прищепити студентам вміння розв'язувати практичні задачі кліматологічної обробки метеорологічної інформації на основі вихідних сукупностей спостережень і розрахування кількісних показників клімату з використанням кліматичних довідників.

## 1 Загальні питання кліматологічної обробки

### 1.1 Принципи формування кліматологічних рядів

Основою кліматологічних досліджень є ряди метеорологічних спостережень. Вони, по суті, являють собою ряди випадкових величин і мають задовольняти наступним вимогам:

- бути випадково вилученими з генеральної сукупності;
- складатись з однорідних членів;
- у них мають бути відсутніми зв'язки між сусідніми членами вибірки;
- бути репрезентативними, тобто мати такий об'єм вибірки, який дає можливість достатньо повно відбити всі властивості генеральної сукупності і дістати достовірні висновки.

Зазначимо, що кліматологічні ряди не завжди відповідають цим вимогам: вони не випадково вибрані, а прив'язані до періодів спостережень на метеорологічних станціях; значення метеорологічних величин, що являють собою вихідний ряд, строго говорячи, не складають однорідних сукупностей; члени метеорологічного ряду зв'язані між собою як всередині одного ряду, так і в різних рядах. Питання ж репрезентативності, котре визначається об'ємом вибірки, вирішується на рівні Всесвітньої Метеорологічної Організації (ВМО): за її рекомендацією достатнім для достовірних висновків є період у 30 років. Проте, об'єм вибірки, на основі якої розраховуються параметри для кожної метеорологічної величини, може бути різним в залежності від ступеня її мінливості. Так, наприклад, для обробки середньої місячної температури повітря достатньо, щоб вибірка мала тривалість 30 – 40 років; для річних її значень, які мають найбільшу стабільність, об'єм вибірки може бути менш ніж 30 років; для визначення екстремальних значень температури довжина ряду має бути максимально можливою, тобто необхідно використовувати всі роки спостережень на станції. Таким чином, чим більше часове розділення мають величини, що складають кліматологічний ряд, тим менший об'єм вибірки потрібний для розрахування характеристик із достатньою точністю.

Розглянута специфіка кліматологічних рядів заздалегідь не гарантує можливість використання загальних статистичних прийомів. Тому спеціаліст-гідрометеоролог і еколог має володіти не тільки методами математичної статистики, але й спеціальними методиками пристосування статистичного апарату до кліматологічних рядів.

Одним з основних етапів обробки даних метеорологічних спостережень є формування рядів, членами яких можуть бути або результати безпосередніх спостережень, або узагальнені дані спостережень за деякий інтервал часу конкретного року. Тому ряди розрізняються *часовим розділенням* членів ряду. Вони можуть мати "строкове", "добове", "декадне", "місячне", "річне"

розділення. Узагальнення виражається, зазвичай, у виді осереднення, сумування, вибору екстремальних значень т.ін.

Другою ознакою відмінності рядів є *інтервал дискретності*. Наприклад, ряд може бути складений тільки в один певний строк спостереження або за всі строки разом; членами ряду можуть бути середні значення за один певний місяць або в ряд об'єднуються всі місяці підряд. У такому разі можна говорити відповідно про добову дискретність, дискретність у три або шість годин, річну або місячну.

Третьою властивістю кліматологічних рядів є *довжина реалізації*, тобто довжина одного або декількох періодів в межах одного року. Реалізація може мати довжину в один строк (декілька строків), добу (декілька діб), місяць (декілька місяців), рік.

Ще однією властивістю ряду, яка визначає його вид, є характеристика метеорологічної величини, що досліджується. Характеристиками можуть бути самі значення метеорологічної величини, число днів і тривалість періоду з деякими її значеннями метеорологічної величини, дати переходу через деякі її значення т.ін..

Вихідні кліматологічні ряди, зазвичай, надають у виді простої статистичної сукупності, тобто хронологічного ряду метеорологічних даних, і у виді згрупованого ряду (ряду статистичного розподілу).

## 1.2 Основні джерела метеорологічної інформації

Джерелами інформації для формування метеорологічних (кліматологічних) рядів, які використовуються в подальшому для одержання різноманітних характеристик клімату, є спостереження, які проводяться на метеорологічних станціях і постах у певні строки з різною дискретністю. Так, до 1936 року основні метеорологічні спостереження проводились 3 рази на добу (7, 13 і 21 год.), з 1936 року - 4 рази на добу (1, 7, 13 і 19 год.), з 1966 року - 8 разів на добу (0, 3, 6, 9, 12, 15, 18 і 21 год.), тобто в останніх двох випадках мають місце спостереження з дискретністю відповідно в 6 і 3 години.

У найбільш повному вигляді ці дані надаються в таблицях місячної звітності ТМ - 1 (всі метеорологічні величини, крім сонячної радіації і температури ґрунту), ТМ - 3 (температура ґрунту), ТМ - 11, ТМ - 12 (радіація) і в таблицях різних самописців. Усі вони знаходяться в фондах Держдепартаменту по гідротеслужбі при Міністерстві з екології і раціонального використання природних ресурсів України. Вони також зберігаються на технічних носіях.

Значна частина цієї інформації надана в надрукованому вигляді. Так, з початку спостережень на станціях і до 1965 року вона надрукована в різних частинах і випусках "Справочника по климату СССР" в розділі "Данные за отдельные годы". Їх, зазвичай, називають "Щорічниками". Уся територія



України висвітлена у випуску 10. Дані з температури повітря наведені в частині 1, з опадів - в частині 111, з вітру - в частині 1V та інш.

У цих довідниках по температурі повітря можна знайти дані за період з 1881 по 1965 рр. з наступних показників: середня місячна і річна температури, середній і абсолютний мінімуми, середній і абсолютний максимуми, середня температура повітря в 13 годин, максимум температури по строкових спостереженнях, дати першого і останнього морозу, тривалість безморозного періоду.

По атмосферних опадах у цих випусках наведені дані з 1891 по 1965рр. з кількості опадів за місяць, теплий та холодний періоди, рік; найбільша добова кількість опадів; число днів з опадами різної величини.

Дані з вітру визначені з рядів спостережень різної тривалості в межах періоду з 1936 по 1960 роки.

Починаючи з 1961 року вся вихідна інформація метеорологічних спостережень згідно структури таблиці ТМ-1 друкується в "Щомісячниках".

### **1.3 Основні кліматичні показники метеорологічних величин**

Головна задача кліматологічної обробки метеорологічних спостережень полягає в одержанні кліматичних показників, які характеризують багаторічний режим метеорологічних величин, що відбивають особливості клімату району дослідження. Адекватність кліматичних характеристик клімату є головною вимогою, якій має задовольняти кожна з цих характеристик.

Для оцінки режиму метеорологічних величин и атмосферних явищ використовують наступні види кліматичних показників:

- показники окремих метеорологічних величин та явищ;
- комплексні показники;
- показники часової структури метеорологічних величин та їх комплексів.

Нижче будуть розглянуті показники окремих метеорологічних величин, котрі являють собою одномірні статистичні характеристики, зазвичай, це -

- повторюваність і накопичена повторюваність різних значень метеорологічних величин;
- середні значення;
- крайні значення (максимальні і мінімальні);
- показники мінливості;
- показники асиметрії і крутості (ексцесивності) кривої розподілу.

П о в т о р ю в а н і с т ь значень метеорологічної величини у даній градації (диференціальна повторюваність) - це відносна частота  $p_i$  відповідного інтервалу в ряді статистичного розподілу. Вона визначається в частках одиниці або у відсотках  $p_i = m_i / n$ , де  $m_i$  - частота градації,  $n$  - об'єм вибірки. Якщо повторюваність розрахована на основі довгого ряду

спостережень, то її ототожнюють з імовірністю. Тому в кліматології повторюваність тих чи інших величин або їх значень в градаціях, що здобута для довгого ряду років називають *імовірністю*.

Повторюваністю називають також середнє значення абсолютної частоти. Сама по собі абсолютна частота не може використовуватись як кліматичний показник, тому що залежить від кількості років спостережень, що входять до ряду. Тому, щоб здобути кліматичну характеристику, яка не залежить від довжини ряду, обчислюють її середнє значення, тобто відношення частоти даної градації до кількості років спостережень. У цьому разі повторюваність визначається у днях. Розглянемо приклад. Нехай в результаті обробки середньої добової температури повітря у березні за 100 років дістали, що в інтервалі 10 - 15°C середня частота  $\bar{m}_i = 9.0$ . Це означає, що в цьому місяці така температура спостерігалась щ о р о к у в середньому 9 днів. Якщо повторюваність наведено в десятих або в сотих частках дня, то така температура спостерігалась не щорічно, а декілька разів за 10 або 100 років. Наприклад, повторюваність становила 0.3 або 0.03 дні. Це означає, що відповідне значення температури в цьому місяці спостерігалось в середньому 3 дні за 10 або 100 років відповідно. Можна також сказати, в першому випадку, що така температура в березні можлива 1 день в 3 – 4 роки, в другому – 1 день в 30 – 35 років.

Скласти уявлення про частоту значень метеорологічних величин, які перебільшують (або не перебільшують) задану границю, можна на основі накопиченої (сумарної) повторюваності. Її дістають послідовним додаванням частот відповідних інтервалів в ряді статистичного розподілу (в згрупованому ряді). Якщо сумарна повторюваність здобута по матеріалах спостережень за достатньо довгий ряд років, то її називають *інтегральною ймовірністю* або *забезпеченістю*  $F(x) = p(X < x_i)$ .

З накопиченою повторюваністю тісно пов'язане поняття *квантиль* розподілу. Квантиль  $x_p$  - деяке значення метеорологічної величини  $x_i$ , імовірність неперебільшення якого дорівнює накопиченій (сумарній) повторюваності  $p(X < x_i)$ . Якщо, наприклад, 30- відсоткова квантиль ( $x_{30}$ ) становить 10°C ( $x_{30} = 10^\circ\text{C}$ ), то це означає, що в даному статистичному розподілі ймовірність температури, що не перебільшує (або нижча) 10°C дорівнює 30%.

Значення метеорологічних величин заданої ймовірності або забезпеченості називають *імовірнісними* характеристиками клімату, методи визначення яких будуть розглянуті нижче.

Середні значення метеорологічних величин, характеристики їх мінливості, стійкості та інші кліматичні показники можуть бути розраховані через початкові і центральні моменти розподілу.

С е р е д н і значення найбільш важливі для кліматологічних досліджень. У якості середнього використовується середнє арифметичне, яке у виді одного числа виражає найбільш важливу інформацію про режим

метеорологічних величин і дуже зручне для співставлення цих величин у часі та просторі. Крім того, середнє арифметичне є оцінкою параметрів багатьох теоретичних розподілів і використовується при різних математичних розрахунках.

У залежності від виду надання кліматологічного ряду оцінка початкового моменту першого порядку або середнього виконується за наступними формулами

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1.1)$$

у разі простої статистичної сукупності, або

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k \tilde{x}_i \cdot m_i \quad \text{і} \quad \bar{x} = \sum_{i=1}^k \tilde{x}_i \cdot p_i \quad (1.2)$$

у разі згрупованого ряду. Тут  $x_i$  - будь-яке значення ряду;  $\tilde{x}_i$  - середина градації;  $m_i$  - частота градації;  $p_i$  - відносна частота (імовірність);  $k$  - кількість градацій,  $k = 5 \lg n$ ,  $n$  - об'єм вибірки.

Іноді (при асиметричних розподілах), як доповнення до середньої, розраховують моду  $Mo$  і медіану  $Me$ . *Мода* - це те значення метеорологічної величини в ряду, якому відповідає найбільша частота. Визначити моду можна за наближеною формулою

$$Mo \approx x_0 + c \frac{m_i - m_{i-1}}{2m_i - m_{i-1} - m_{i+1}}, \quad (1.3)$$

де  $x_0$  - початок модального інтервалу;  $c$  - довжина інтервалу (градації);  $m_i$  - частота модального інтервалу;  $m_{i-1}$  - частота інтервалу, який є попереднім відносно модального;  $m_{i+1}$  - частота інтервалу, наступного за модальним.

*Медіаною* називають середнє значення в ряду значень простої ранжированої статистичної сукупності. Медіану можна розрахувати за інтерполяційною формулою

$$Me = x_i + \frac{c \left( \frac{n}{2} - m_{\leq x_i} \right)}{m_i}, \quad (1.4)$$

де  $x_i$  - початок медіанного інтервалу,  $c$  - довжина інтервалу (градації),  $m_{\leq x_i}$  - накопичена частота до медіанного інтервалу,  $m_i$  - частота медіанного

інтервалу. Медіанний інтервал - перший інтервал, накопичена частота якого  $> n/2$ .

З достатнім ступенем точності  $Me$  визначається графічно по інтегральній кривій розподілу як  $x_{50}$  - квантиль, тобто значення метеорологічної величини, накопичена повторюваність якої становить 0.5.

Середнє арифметичне значення метеорологічної величини, розраховане за багаторічний період, часто називають нормальною середньою або *нормою*.

К р а й н і значення характеризують ті межі, в яких знаходяться значення метеорологічної величини, що спостерігались на станції за певний період часу (період спостереження на станції). Розрізняють абсолютний максимум і мінімум, середнє з абсолютних максимумів і мінімумів, середній максимум і мінімум.

*Абсолютний максимум (мінімум)* - це найвище (найнижче) значення величини, яке спостерігалось хоча б 1 раз протягом періоду, що розглядається.

Величини, які близькі до абсолютного максимуму або мінімуму, спостерігаються рідко і, щоб дістати уявлення про більш імовірні високі і низькі значення метеорологічних величин, які можливі кожного року, розраховують середні з абсолютних максимумів і мінімумів.

Середній максимум і мінімум метеорологічної величини розраховують як середнє зі щоденних максимальних і мінімальних її значень.

Різниця між максимальним і мінімальним значеннями метеорологічної величини дає уявлення про *амплітуду* коливань метеорологічної величини. Якщо різниця розраховується між абсолютним максимумом і абсолютними мінімумом, вона називається *абсолютною амплітудою*. Різниця між найвищим і найнижчим середніми місячними багаторічними значеннями метеорологічної величини називається *амплітудою річного ходу*.

Для оцінки того, на скільки значення метеорологічної величини даного року відхиляється від норми, використовують поняття *аномалії*. Часто розраховують *аномалію середнього місячного* значення метеорологічної величини, як різницю між середнім місячними значенням метеорологічної величини даного року і нормою того ж місяця. Аналогічно можна дістати аномалії для декадних, пентадних і навіть щоденних характеристик метеорологічної величини.

П о к а з н и к а м и м і н л и в о с т і або розсіювання значень метеорологічної величини відносно середнього є середній квадратичний відхил, середній абсолютний відхил, коефіцієнт варіації.

Середній квадратичний відхил  $S_x$  розраховується за формулою

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}. \quad (1.5)$$

У разі згрупованого ряду використовується формула

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^k (\tilde{x}_i - \bar{x})^2 m_i}{n-1}}. \quad (1.6)$$

Середній квадратичний відхил також являє собою параметр багатьох теоретичних розподілів.

Квадрат середнього квадратичного відхилення називається *дисперсією*.

Середній абсолютний відхил  $v$  (варіація), який є середнім значенням абсолютних відхилів кожної величини ряду від його середнього арифметичного, тепер використовується рідко. Проте, із-за простоти розрахування і зрозумілого фізичного сенсу раніш воно було основною характеристикою змінювання в кліматології. У разі розподілу, близького до нормального, середній квадратичний відхил  $S_x$  з достатньою точністю можна здобути за виразом

$$S_x = 1.25 v_x. \quad (1.7)$$

У тому разі, коли ряди, які порівнюються, мають різні одиниці вимірювання або помітно відрізняються за своїми середніми значеннями, розглядається, як показник їх мінливості, коефіцієнт варіації  $C_v$

$$C_v = \frac{S_x}{\bar{x}}. \quad (1.8)$$

Середнє арифметичне значення і середній квадратичний відхил достатньо повно характеризують нормальний розподіл. Мірою різниці розподілу метеорологічної величини від нормального є коефіцієнт асиметрії  $As$  і ексцесу  $E$ , що дозволяють скласти уявлення про скіс і крутість даного розподілу.

Коефіцієнт асиметрії  $As$  чисельно дорівнює відношенню середнього куба відхилення величини  $x_i$  від середнього арифметичного до кубу середнього квадратичного відхилення за умови простої статистичної сукупності

$$As = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^3}{n S_x^3} \quad (1.9)$$

або для статистичного розподілу (згрупованого ряду)

$$As = \frac{\sum_{i=1}^k (\tilde{x}_i - \bar{x})^3 m_i}{n S_x^3}. \quad (1.10)$$

За умови симетричного розподілу  $As = 0$ . Якщо асиметрія є правосторонньою, то подовженою є права частина кривої розподілу і середня даного ряду перебільшує модальне значення, тобто на осі  $x$  вона знаходиться правіше моди. У цьому разі сума кубів додатних відхилень більша суми кубів від'ємних відхилів і має місце додатна асиметрія ( $As > 0$ ). У разі лівосторонньої асиметрії ( $As < 0$ ) сума кубів від'ємних відхилень більша за суму кубів додатних відхилень (середнє даного ряду менше моди).

Прийнято вважати асиметрію малою, якщо  $|As| \leq 0.25$ , помірною - за умови  $0.25 < |As| \leq 0.50$  і великою -  $|As| > 0.50$ .

Коефіцієнт ексцесу  $E$ , як показник крутості або гостровершинності розподілу, розраховується за наступною формулою

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{n S_x^4} - 3 \quad (1.11)$$

для простого статистичного ряду і

$$E = \frac{\sum_{i=1}^k (\tilde{x}_i - \bar{x})^4 m_i}{n S_x^4} - 3 \quad (1.12)$$

для згрупованого ряду.

Значення коефіцієнту ексцесу коливаються від  $-2$  до  $\infty$ . Для нормального розподілу  $E = 0$ . Якщо  $E$  близьке до  $-2$ , то це вказує на те, що крива розподілу вдавнена і має тенденцію перетворення її в двохвершинну криву. Якщо  $E = -2$ , то крива розподілу розпадається на дві окремі криві.

Обов'язковим етапом обробки метеорологічних даних є оцінка точності отриманих показників клімату, яка залежить від мінливості величин, що склали даний ряд, та його довжини.

Точність (або похибка) кліматичних показників оцінюється як середніми похибками так і граничними (довірчими інтервалами) похибками на заданому рівні значущості. Точність оцінюється за допомогою середніх квадратичних відхилів  $\delta$  відповідного показника по відношенню до генеральних значень показників.

Розрахунок середньої похибки середнього значення ( $\delta_{\bar{x}}$ ), середнього квадратичного відхилення ( $\delta_S$ ), коефіцієнта асиметрії ( $\delta_{As}$ ) і коефіцієнта ексцесу ( $\delta_E$ ) виконується згідно формул

$$\delta_{\bar{x}} = \frac{S_x}{\sqrt{n}}, \quad \delta_S = \frac{S_x}{\sqrt{2n-1}}, \quad \delta_{As} \approx \sqrt{\frac{6}{n}}, \quad \delta_E \approx \sqrt{\frac{24}{n}}, \quad (1.13)$$

де  $S_x$  – середній квадратичний відхил членів ряду,  $n$  – довжина ряду.

На основі цих формул можна визначити довжину ряду, яка потрібна, щоб дістати ці показники з необхідною точністю. Так, для середньої арифметичної для заданої  $\delta_{\bar{x}}$  довжина ряду  $n$  має дорівнювати

$$n = \left[ \frac{S_x}{\delta_{\bar{x}}} \right]^2. \quad (1.14)$$

Оцінка граничних похибок кліматичних показників виконується за допомогою співвідношення

$$\delta_{ap} = \pm \tau_p \delta_a, \quad (1.15)$$

де  $\delta_{ap}$  – гранична похибка показника на рівні значущості  $\alpha$  ( $\alpha = 1 - p$ ), а  $\tau_p$  – нормований відхил,  $\delta_a$  – середня похибка показника.

Якщо  $n > 30$ , то прийнято вважати, що розподіл всіх показників підпорядковується нормальному закону і  $\tau_p = 1.96$  (для  $\alpha = 0.05$ ). Якщо  $n < 30$ , то розподіл середніх значень підпорядковується закону Стьюдента, а середніх квадратичних відхилів – закону Пірсона і  $\tau_p$  потрібно брати з відповідних таблиць.

#### 1.4 Методи визначення ймовірнісних характеристик клімату

Середня, як найбільш поширена характеристика режиму будь-якої метеорологічної величини, у разі нормального розподілу відбиває найбільш імовірні її значення. Якщо розподіл відрізняється від нормального, середнє може бути більшим або меншим в порівнянні з її модальними значеннями, про що вже згадувалось.

З іншого боку, вимоги практики в області кліматології, зокрема прикладної кліматології, виходять далеко за рамки середніх і екстремальних значень величин. Все частіше і настійливіше надходять запити від різних господарських організацій та установ про задоволення їх не тільки середніми кліматичними показниками, але і, головним чином, можливими відхиленнями цих показників за часом та у просторі. Іншими словами, все більш підвищується попит на ймовірнісні характеристики клімату.

Знаходження ймовірнісних значень метеорологічної величини можна здійснити аналітично на основі функції її розподілу, тобто задача обчислення ймовірнісних характеристик зводиться до встановлення закону розподілу метеорологічної величини, що досліджується.

На практиці цю задачу вирішують за допомогою емпіричної кривої інтегрального розподілу, для побудови якої розроблено різні методи. Найбільш поширеними в кліматології є гістограмний і розрахунковий методи.

**Г і с т о г р а м н и й м е т о д.** У цьому разі вихідна статистична сукупність має бути надана у вигляді статистичного розподілу. Для побудування кривої інтегрального розподілу потрібно розрахувати інтегральні повторюваності величин вище (або нижче) заданої межі шляхом послідовного додавання диференціальних повторюваностей значень метеорологічної величини в окремих градаціях. При цьому треба пам'ятати, що кількість градацій  $k$  не повинно перевищувати  $5 \lg n$ , а розмір градацій  $c$  розраховують за формулою  $c = (x_{max} - x_{min}) / k$ . Схему виконання цієї роботи на прикладі середньої місячної температури повітря січня в м. Одесі надано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Приклад обчислення інтегральної повторюваності

| Градації, °С  | $m_i$ | $p_i, \%$ | $p(X \leq x_i)$ | $p(X > x_i)$ |
|---------------|-------|-----------|-----------------|--------------|
| - 9.9 – - 8.0 | 4     | 5         | 5               | 100          |
| - 7.9 – - 6.0 | 5     | 7         | 12              | 95           |
| - 5.9 – - 4.0 | 12    | 16        | 28              | 88           |
| - 3.9 – - 2.0 | 17    | 23        | 51              | 72           |
| - 1.9 – - 0.0 | 16    | 22        | 73              | 49           |
| 0.1 – 2.0     | 14    | 20        | 93              | 27           |
| 2.1 – 4.0     | 5     | 7         | 100             | 7            |
| Сума          | 73    | 100       | –               | –            |

Тут

$$p(X \leq x_i) = \sum_{i=1}^k p_i \quad (1.16)$$

$$p(X > x_i) = \sum_{i=1}^k p_i \quad (1.17)$$

– інтегральні повторюваності значень метеорологічної величини нижче (1.13) і вище (1.14) заданих границь.

Графічно статистичний розподіл можна надати у вигляді гістограми



інтегрального розподілу, де основою прямокутників є інтервали (градації), а висотою – накопичені частоти (частоти), а також кривої інтегрального розподілу, проведеної через праву границю інтервалу для випадку (а) або ліву – для випадку (б) (рисунок 1.1).

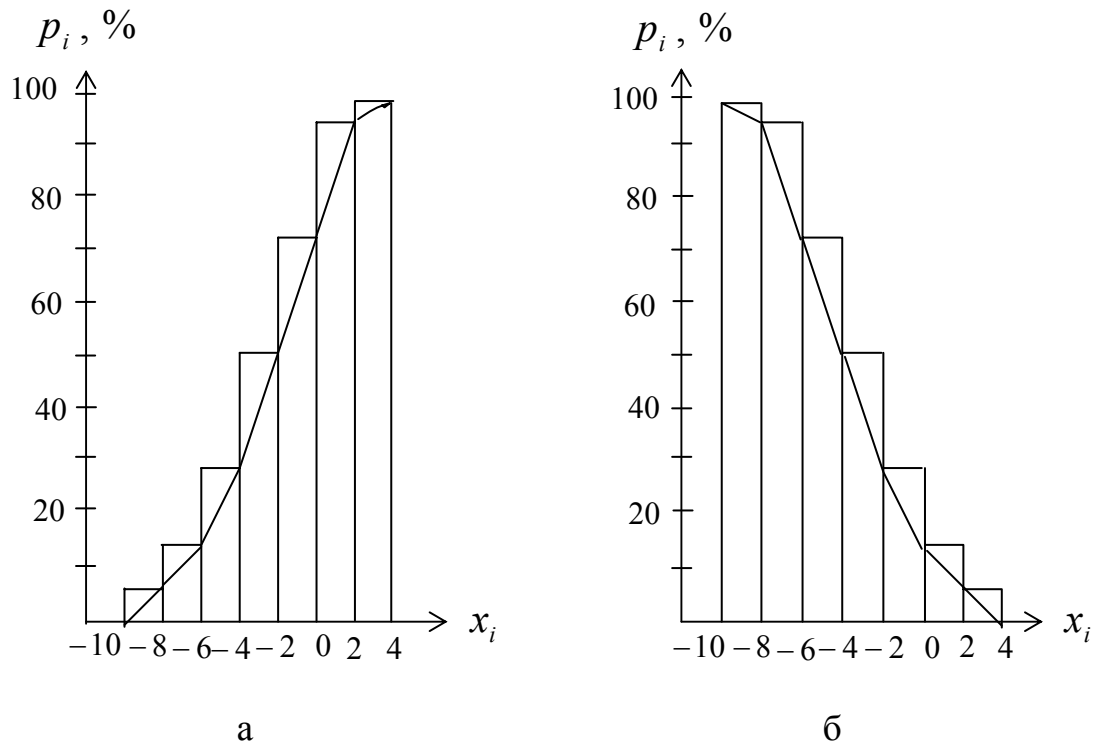


Рисунок 1.1 – Інтегральний розподіл середньої місячної температури повітря нижче (а) і вище (б) заданої межі. Січень. Одеса.

Р о з р а х у н к о в и й м е т о д. Вихідний ряд значень метеорологічної величини ранжирується, тобто всі значення розташовуються у порядку зменшення або зростання. У кліматологічних дослідженнях всі метеорологічні величини, крім дат, ранжують від більшого до меншого. Інтегральна повторюваність (сумарна ймовірність, забезпеченість)  $p_m$  у цьому разі розраховується по одній з емпіричних формул, запропонованих Г.А.Алексєєвим:

$$p_m = \frac{m - 0.25}{n + 0.50} \cdot 100\% \quad (1.18)$$

$$p_m = \frac{m - 0.30}{n + 0.40} \cdot 100\% \quad (1.19)$$

$$p_m = \frac{m}{n + 1} \cdot 100\% \quad (1.20)$$

де  $m$  – порядковий номер членів ранжированого ряду,  $n$  – об'єм вибірки.

У додатку А наведено значення  $p_m$  для вибірок об'ємом від 11 до 30 членів, що здобуті з формули (1.18).

По даних ранжированого ряду  $x_i$  та відповідних їм  $p_m$ , будується крива інтегрального розподілу (крива забезпеченості), з якої можна зняти

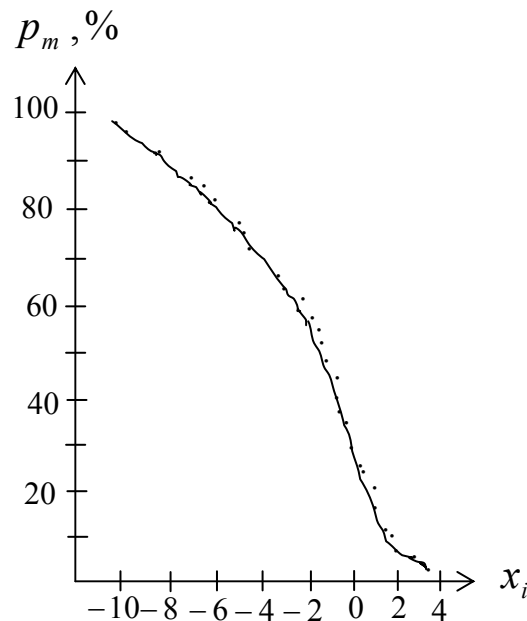


Рисунок 1.2 – Інтегральний розподіл середньої місячної температури вище заданої межі. Січень. Одеса.

ймовірнісні значення метеорологічної величини (значення різної забезпеченості) і розв'язати багато інших практичних задач (рисунок 1.2). Надійними, зазвичай, вважаються результати, що здобуті з кривих, побудованих по рядах спостережень тривалістю 25 – 30 років.

Порядок виконання цієї роботи ілюструється на прикладі середніх місячних температур повітря січня в м. Одесі за 30-річний період спостережень (таблиця 1.2).

На основі побудованих кривих інтегрального розподілу різних метеорологічних величин можна розв'язати багато практичних задач. Наприклад (на основі рисунка 1.2):

1. Яку забезпеченість мають середні місячні температури січня  $+2^{\circ}\text{C}$  і вище?

Для розв'язання цієї задачі знаходимо на осі абсцис значення температури  $+2^{\circ}\text{C}$ , від цієї точки піднімаємось до кривої інтегрального розподілу і спускаємось на вісь ординат, де читаємо  $p = 10\%$ .

2. Яку забезпеченість мають середні місячні температури нижче  $-8^{\circ}\text{C}$ ?

Порядок виконання цієї задачі аналогічний викладеному у питанні 1. На осі  $y$  прочитаємо 90%. Це забезпеченість температур  $-8^{\circ}\text{C}$  і вище.

А забезпеченість температур нижче  $-8^{\circ}\text{C}$  становить тільки 10% (100% - 90%).

Таблиця 1.2 – Приклад обчислення інтегральної повторюваності середніх місячних температур січня вище і нижче заданої границі. Одеса.

| Рік  | $x_i$ | Ранжиров. ряд<br>$x_i > x_{i+1}$ | Ранжиров. ряд<br>$x_i \leq x_{i+1}$ | $p_m, \%$ |
|------|-------|----------------------------------|-------------------------------------|-----------|
| 1936 | 3.7   | 3.7                              | -9.4                                | 2.5       |
| 37   | -5.2  | 3.0                              | -9.0                                | 5.8       |
| 38   | -2.2  | 2.0                              | -8.2                                | 9.0       |
| 39   | 1.0   | 2.0                              | -7.1                                | 12.3      |
| 1940 | -6.4  | 1.6                              | -6.4                                | 15.6      |
| 42   | -4.8  | 1.2                              | -5.2                                | 18.8      |
| 43   | -4.5  | 1.2                              | -4.6                                | 22.1      |
| 44   | -0.4  | 1.0                              | -4.5                                | 25.4      |
| 45   | -3.0  | 0.7                              | -4.3                                | 28.7      |
| 46   | -3.2  | 0.4                              | -3.2                                | 32.0      |
| 47   | -8.2  | 0.0                              | -3.2                                | 35.2      |
| 48   | -3.0  | 0.0                              | -2.2                                | 38.5      |
| 49   | -0.4  | -0.1                             | -1.8                                | 41.8      |
| 1950 | -7.1  | -0.4                             | -1.3                                | 45.1      |
| 51   | -1.3  | -0.6                             | -1.2                                | 48.3      |
| 52   | 2.0   | -1.2                             | -0.6                                | 51.6      |
| 53   | 2.0   | -1.3                             | -0.4                                | 54.9      |
| 54   | -9.0  | -1.8                             | -0.1                                | 58.2      |
| 55   | 1.2   | -2.2                             | 0.0                                 | 61.5      |
| 56   | -0.1  | -3.0                             | 0.0                                 | 64.7      |
| 57   | -1.8  | -3.2                             | 0.4                                 | 68.0      |
| 58   | -0.6  | -4.3                             | 0.7                                 | 71.3      |
| 59   | 1.6   | -4.5                             | 1.0                                 | 74.6      |
| 1960 | 0.0   | -4.6                             | 1.2                                 | 77.9      |
| 61   | -1.2  | -5.2                             | 1.2                                 | 81.1      |
| 62   | 1.2   | -6.4                             | 1.6                                 | 84.4      |
| 63   | -9.4  | -7.1                             | 2.0                                 | 87.7      |
| 64   | -4.6  | -8.2                             | 2.0                                 | 91.0      |
| 65   | 0.0   | -9.0                             | 3.0                                 | 94.2      |
| 66   | 0.7   | -9.4                             | 3.7                                 | 97.5      |

Сума –  $55.7^{\circ}\text{C}$ . Середнє –  $1.9^{\circ}\text{C}$ .

3. Яка ймовірність середніх місячних температур січня в Одесі в інтервалі від  $-4^{\circ}\text{C}$  до  $-6^{\circ}\text{C}$ ?

Для відповіді на це питання слід знайти забезпеченість температур вище (або нижче)  $-6^{\circ}\text{C}$  і  $-4^{\circ}\text{C}$  та дістати різницю між ними. У нашому випадку вона дорівнює 11%.

4. Вище якого значення ви гарантуєте середню місячну температуру січня на 80%? Вище  $-6^{\circ}\text{C}$ .

Для визначення періоду літ  $T$ , на протязі якого можливі більші або менші (вищі або нижчі) значення метеорологічної величини по відношенню до будь-якої заданої границі, тобто для встановлення можливої повторюваності (в роках) деяких екстремальних її значень, використовують наступне співвідношення між  $p(x)$  і  $T$ :

$$p(X > x) = \frac{1}{TN} \cdot 100\%, \quad p(X \leq x) = \left(1 - \frac{1}{TN}\right) \cdot 100\%, \quad (1.21)$$

за умови ранжирування членів ряду від більшого до меншого, і

$$p(X \leq x) = \frac{1}{TN} \cdot 100\%, \quad p(X > x) = \left(1 - \frac{1}{TN}\right) \cdot 100\%, \quad (1.22)$$

якщо ряд ранжируваний у зворотньому порядку. У цих формулах:  $N$  – кількість значень за один рік (наприклад, для середньої місячної температури  $N = 12$ , для середньої добової температури січня  $N = 31$ ). При  $N = 1$  повторюваність 1 раз у:

|           |            |     |                |
|-----------|------------|-----|----------------|
| 5 років   | відповідає | 20% | забезпеченості |
| 10 років  | "          | 10% | "              |
| 20 років  | "          | 5%  | "              |
| 50 років  | "          | 2%  | "              |
| 100 років | "          | 1%  | " т.ін.        |

### Приклади

1. Які великі (вище якої границі) середні місячні температури січня можна очікувати 1 раз у 20 років?

Для відповіді на це запитання треба визначити значення температури, що відповідає 5% забезпеченості.

Відповідь: 1 раз у 20 років в Одесі середня місячна температура січня може бути вищою за  $+3^{\circ}\text{C}$  (може перевищити  $+3^{\circ}\text{C}$ ).

2. Нижче якого значення (яка низька) середня місячна температура січня в Одесі може спостерігатись 1 раз у 20 років?

У цьому разі 5% - забезпеченість здобуваемо доповненням до 100%, тобто з графіка дістаємо значення, що відповідає 95% – це  $-9^{\circ}\text{C}$  і нижче.

3. У 1962 р. середня місячна температура січня в Одесі становила  $1.2^{\circ}\text{C}$ . Як часто можна очікувати такі високі середні місячні температури?

Температура  $1.2^{\circ}\text{C}$  на осі  $y$  відповідає 20%. Таким чином, середня місячна температура січня  $1.2^{\circ}\text{C}$  і вище може бути зареєстрована кожні 5 років.

Так за допомогою кривих інтегрального розподілу (кривих забезпеченості) можна розв'язувати аналогічні по змісту задачі для обчислення багатьох метеорологічних величин.

Імовірнісні характеристики клімату, які здобуті на основі кривих інтегрального розподілу величин вище заданої границі, дозволяють, не звертаючись до даних вихідного ряду, розрахувати основні кліматичні показники, а саме: середню даного ряду, середній квадратичний відхил, коефіцієнти мінливості і асиметрії. Цей метод, який називають *графо-аналітичним*, розроблено Г.А. Алексєєвим. Суть його у наступному. По величині скошеності  $S$  за допомогою таблиць, розроблених для біноміального розподілу (таблиця А.3), знаходять значення коефіцієнта асиметрії  $As$  і нормовані відхилення  $\tau_5, \tau_{50}, \tau_{95}$ :

$$S = \frac{x_5 + x_{95} - 2x_{50}}{x_5 - x_{95}}, \quad (1.23)$$

де  $x_5, x_{50}, x_{95}$  – значення метеорологічної величини 5, 50 і 95%-ної забезпеченості.

Нормовані відхилення дозволяють розрахувати середній квадратичний відхил  $S_x$  і середню  $\bar{x}$ :

$$S_x = \frac{x_5 - x_{95}}{\tau_5 - \tau_{95}}, \quad \bar{x} = x_{50} - S_x \tau_{50}. \quad (1.24)$$

Використання таблиць Г.А.Алексєєва для інших розподілів можливе за умови, що вони одномодальні.

Цей непрямий метод розрахування основних кліматичних показників простий і по точності не поступається іншим: похибка не перебільшує 5 – 10%.

### *Клітчатка спрямлення*

Криві інтегрального розподілу, що побудовані за даними 25 – 30-літніх періодів, дозволяють визначити ті значення метеорологічної величини, які

вона може набути раз в 50 або 100 років. Іншими словами, можна оцінити екстремальні значення метеорологічної величини за періоди, які перевищують період спостереження на станції. Для цього потрібно виконати екстраполяцію кривої в бік великих або малих значень, тобто значень, що спостерігаються рідко.

Проте, крива інтегрального розподілу, яка побудована в лінійній системі координат, має достатньо складну випукло-вогнуту форму і досягти високої точності екстраполяції її на кінцях важко. Для підвищення точності екстраполяції інтегральну криву будують у відповідній системі координат таким чином, щоб вона спрямилась.

У залежності від закону розподілу, якому підпорядковується метеорологічна величина, що досліджується, використовуються різні системи координат:

- напівлогарифмічна, де значення випадкової величини подано у лінійній шкалі, а значення інтегральної повторюваності в логарифмічній;
- логарифмічна, де обидві осі в логарифмічній шкалі;
- білогарифмічна, де вісь значень випадкової величини логарифмічна, а вісь інтегральної повторюваності – подвійний логарифм.

Такі координатні системи розраховані і надані на спеціальних масштабних бланках, які називають клітчатками спрямлення (рис. Г.2.1 – Г.2.3). Так, крива нормального розподілу спрямляється, тобто перетворюється в пряму на напівлогарифмічній клітчатці; експоненціальні функції спрямляються на білогарифмічній клітчатці т.ін. Отже, правильний підбір клітчаток спрямлення можливий після встановлення функції, за допомогою якої апроксимується розподіл метеорологічної величини, що досліджується.

### *Номограми Лебедева*

Для обчислення ймовірносних значень метеорологічних величин потрібні однорідні, неперервні та тривалі ряди спостережень (не менше 25 – 30 років). Проте такі періоди спостережень є не на всіх станціях України, СНД; відсутні вони в країнах Африки і Азії, котрі мало висвітлені в метеорологічному відношенні. Для розв'язання же тут низки прикладних задач потрібні відомості про значення метеорологічних величин рідкої повторюваності, які можна дістати за допомогою номограм, розроблених Лебедевим.

У звичайному розумінні номограма являє собою спеціальний графік, що зображає ту або іншу функціональну залежність, призначений для полегшення розрахунків шуканої величини по одній або декількох змінних, функціями котрих вона є.

Номографування кліматичних показників виконується і тоді, коли функціональний зв'язок між ними не знайдений. У такому разі дуже трудомістке обчислення будь-якої характеристики клімату може бути зведено

до діставання того чи іншого показника з номограми по значенню кліматичного параметра.

Широке застосування в кліматологічній практиці номограм Лебедева пояснюється простотою їх побудування, а також наочністю і зручністю використання. Ці графіки відбивають зв'язок між середніми значеннями метеорологічної величини та її можливими значеннями різної ймовірності на деякій території. Вони дозволяють для короткорядної станції, яка розташована на цій території, визначити по її середніх значеннях будь-які ймовірнісні. Приклади таких номограм наведено нижче.

Інформацією для побудування номограм є дані достатньо великої кількості до в г о р я д н и х станцій, котрі рівномірно висвітлюють фізико-географічний район, що досліджується; при цьому слід пам'ятати, що на цих станціях метеорологічна величина, яка вивчається, має підпорядковуватись одному й тому ж закону розподілу. Для кожної з вибраних станцій розраховується середня, дисперсія, а на основі інтегральної кривої розподілу визначаються значення метеорологічної величини різної забезпеченості: 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 та 95%. Здобуті таким чином характеристики по всіх вибраних станціях записуються у зведену таблицю такого виду:

| № п/п | Станція | $\bar{x}$ | $S_x$ | $x_{\max}$ | Забезпеченість, % |    |    |    |    |    |    |    |    |    | $x_{\min}$ |    |
|-------|---------|-----------|-------|------------|-------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|------------|----|
|       |         |           |       |            | 5                 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |            | 95 |
|       |         |           |       |            |                   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |            |    |

Принцип побудування номограми зводиться до наступного: на осі абсцис у визначеному масштабі відкладаються можливі значення метеорологічної величини (з урахуванням даних в колонках  $x_{\max}$  та  $x_{\min}$ ), на осі ординат – багаторічні середні значення (з урахуванням найменшого та найбільшого в колонці  $\bar{x}$ ). Потім по всіх станціях відповідно до їх середніх  $\bar{x}$  на графік наносять спочатку значення 50% забезпеченості, а далі подібним чином робота повторюється для 5, 10, 20, 30 т.ін. відсоткової забезпеченості. Через точки однакових забезпеченостей проводять лінії зв'язку.

Таким чином, кожна номограма відбиває зв'язок між трьома показниками: середньою багаторічною, можливими значеннями метеорологічної величини і їх забезпеченістю на визначеній території. При наявності будь-яких двох характеристик можна за допомогою номограми

знайти третю. Так, по середній можна знайти можливу заданої забезпеченості т.ін.

Здобуті з графіків величини різної забезпеченості добре картографуються і дають наочне уявлення про просторовий розподіл характеристики, що досліджується, по території. Слід зазначити, що самі номограми, конфігурація ліній забезпеченості, їх положення у полі графіка дозволяють робити висновки про просторову та часову мінливість величини, що розглядається. Так, довжина нахилених ліній різної забезпеченості показує ступінь її мінливості по території, а відстань між нахиленими лініями 5 і 95%-ної забезпеченості свідчить про часову мінливість в тій або іншій частині території. При цьому, чим коротше нахилені лінії різної забезпеченості і чим більший кут їх нахилу до осі абсцис, тим менша мінливість метеорологічної величини у просторі (по території), а чим менша відстань між крайніми нахиленими лініями, тобто чим більша густота ізоліній, тим менше відрізняються одне від одного значення змінної, які мають різну забезпеченість, а отже і менша мінливість цієї змінної за часом.

Номограма дозволяє не тільки порівняти кількісні значення величин за часом і у просторі, но і скласти уявлення про їх асиметрію. У симетричних розподілах середнє значення величини дорівнює 50%-й, а асиметричних розподілах середнє значення не співпадає з 50%-ю забезпеченістю. При додатній асиметрії середнє знаходиться лівіше величини 50%-ї забезпеченості, а при від'ємній асиметрії – правіше. По характеру асиметрії можна визначити якому закону розподілу підпорядковуються ті або інші показники клімату.

Для більшості метеорологічних характеристик (середня місячна температура повітря, дати початку або кінця сезонів т.ін.) номограми можна зорієнтувати у просторі на основі багаторічних середніх значень величини, що досліджується. Проілюструємо це положення, а також принцип роботи з номограмами на конкретних прикладах.

На рисунку 1.3 надано номограму для обчислення забезпеченості дат стійкого переходу температури повітря через  $0^{\circ}\text{C}$  у бік підвищення, тобто дат початку весни на терені України. На осі абсцис відкладено можливі дати переходу, котрі були обчислені за допомогою кривих забезпеченості, а на осі ординат – середні багаторічні дати цього переходу. Зрозуміло, що весна раніше приходить на півдні, а пізніше – на півночі України. Тому, орієнтуючись на вісь ординат, можна визначити, що нижня частина графіка відповідає південним, а верхня – північним її районам.

Нахилені лінії в полі графіка являють собою лінії залежності між середніми і можливими значеннями різної забезпеченості.

1. Припустимо, що на якійсь станції території, котра досліджується, багаторічна дата переходу температури через  $0^{\circ}\text{C}$  або початок весни припадає на 10.03, а треба визначити ймовірність початку весни до 01.03.



Для розв'язання цієї задачі знаходимо дату 10.03 на вертикальній осі графіка (точка А) і ведемо від неї пряму лінію вправо, паралельно горизонтальній осі графіка. Потім на горизонтальній осі графіка знаходимо дату 01.03 (точка В), від неї також ведемо пряму лінію, паралельну вертикальній осі, до перетину з лінією, яка йде від дати 10.03. У точці перетину (С) цих ліній знаходимо забезпеченість, що дорівнює 25%. Це означає, що при середній багаторічній даті початку весни – 10.03 один раз у 4 роки (25% забезпеченість) вона може початись на станції до 01.03.

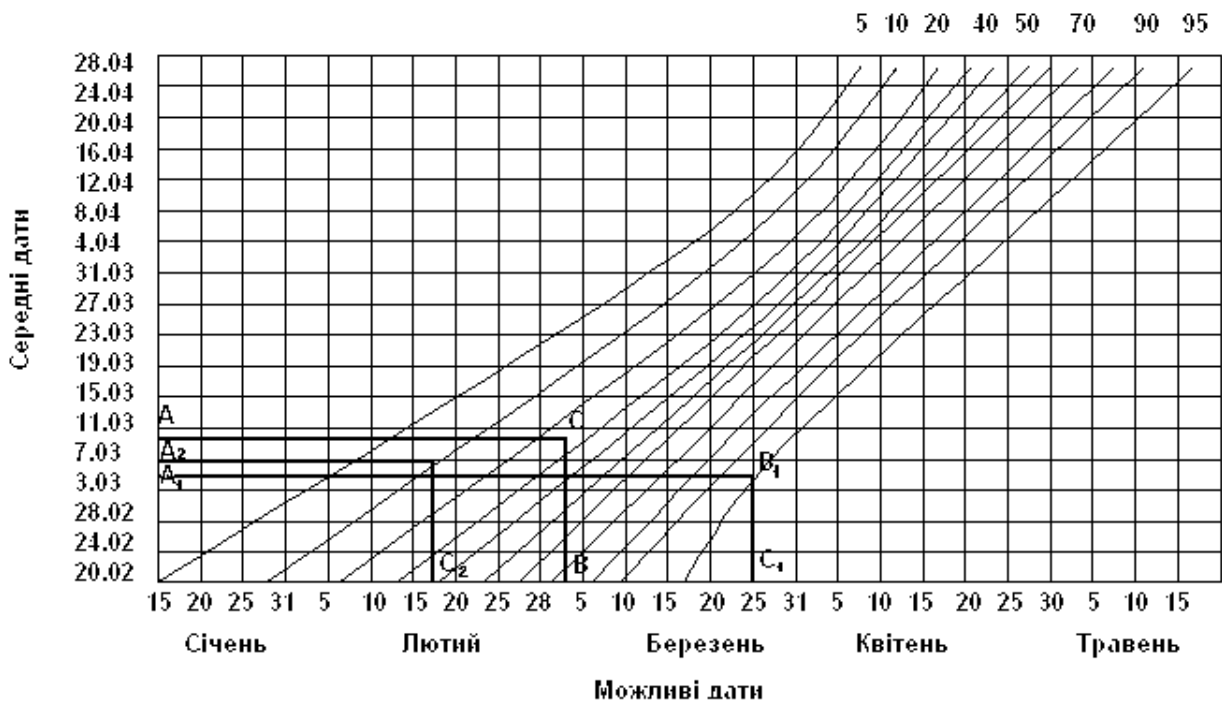


Рисунок 1.3 – Графік для обчислення дат переходу середньої добової температури повітря через 0°C в період підйому різної забезпеченості

2. Середня дата переходу температури через 0°C припадає на 05.03. Визначити, як пізно можна очікувати цей перехід 1 раз у 20 років (забезпеченість 5%).

У цьому випадку також знаходимо на осі ординат дату 05.03 (точка А<sub>1</sub>) і від неї проводимо лінію, яка паралельна осі  $x$  до перетину її з лінією забезпеченості 95%. З точки перетину цих двох ліній (В<sub>1</sub>) опускаємо перпендикуляр і у його основи читаємо дату 25.03 (точка С<sub>1</sub>). Після цієї дати можна очікувати початок весни на даній станції 1 раз у 20 років.

3. Як рано можна очікувати початок весни 1 раз у 10 років на станції, де середня дата переходу температури через  $0^{\circ}\text{C}$  припадає на 07.03?

Для розв'язання цієї задачі, як і у попередніх випадках, на осі ординат знаходимо дату 07.03 (точка  $A_2$ ), а від неї проводимо лінію, паралельну осі абсцис, до перетину з лінією забезпеченості 10%, з точки перетину цих ліній ( $B_2$ ) опускаємо перпендикуляр на вісь  $x$  і в основі перпендикуляра читаємо дату 17.02 (точка  $C_2$ ). У нашому прикладі 1 раз у 10 років на заданій станції весна може починатися раніше 17.02.

З номограм дістають сумарні ймовірності або забезпеченості, і щоб у відповіді передати сенс “сумарність ймовірностей”, треба обов'язково говорити: “раніше” або “пізніше”, “менше” або “більше” якоїсь величини.

Дійсно, коли у прикладі 3 ми знайшли на осі  $x$  дату 17.02 ( $C_2$ ), то це зовсім не означає, що початок весни 17.02 має ймовірність 10%. Весна може початися у будь-яку дату, але сумарна ймовірність того, що вона на півдні України починається до 17.02 становить 10%.

Зазначимо, що дані, які здобуті з номограми, мають достатній ступінь точності. Зазвичай вони такого ж порядку, як і при розрахунках, що виконані по матеріалах безпосередніх спостережень. Однак розсіювання точок біля ліній 5, 10, 20, 80, 90 і 95% забезпеченості, які викликають найбільшу зацікавленість споживачів, у деяких випадках велике і ступінь зв'язку між середніми і можливими значеннями зазначених забезпеченостей потребує оцінки. Останнім часом цей зв'язок між ними оцінюється за допомогою коефіцієнта кореляції і рівняння регресії.

### **1.5 Аналіз однорідності рядів метеорологічних спостережень**

Кліматологічна обробка результатів метеорологічних спостережень, яка проводиться з метою вивчення умов формування клімату або для розв'язання практичних задач, є повноцінною лише у тому разі, коли використовуються однорідні метеорологічні ряди або враховується їх неоднорідність. Тому будь-яке кліматологічне дослідження необхідно починати з перевірки однорідності вихідного ряду.

У кліматології розрізняють кліматологічну і статистичну неоднорідність.

Кліматологічно однорідним вважається такий ряд, характеристики якого змінюються від року до року або від деякого періоду років до іншого періоду лише у відповідності з природньою мінливістю макропроцесів, що впливають на погоду і клімат даного району і визначають ці змінювання. Кліматологічно однорідний ряд об'єктивно відбиває характер клімату даного району, його коливання і змінювання на протязі часу.

Порушення кліматологічної однорідності метеорологічних рядів виникає або під впливом місцевих причин (перенос метеорологічної

площадки, забудівля і розростання деревинних насаджень поблизу станції) і впливає на змінювання кліматичних характеристик на якійсь певній станції, або у зв'язку зі змінням методики вимірювання, типу і встановлення приладу. В останньому випадку неоднорідність виявляється в метеорологічних рядах всієї сітки станцій, якої торкнулись ці змінювання. Тобто йдеться про порушення однорідності, які викликані зміною умов проведення спостережень.

С т а т и с т и ч н о однорідним вважається такий ряд метеорологічних величин, всі члени якого на даному рівні значущості належать до одної і тої ж генеральної сукупності. Можна розглядати два ряди або дві частини метеорологічного ряду об'ємами вибірок  $n$  і  $m$ . Якщо кожна з них являє собою незалежну вибірку з генеральної сукупності (на заданому рівні значущості), то закони розподілу їх тотожно дорівнюють одне одному  $F(x_1) \equiv F(x_2)$ , то ряди, що розглядаються, однорідні.

Статистична неоднорідність виникає як результат змінювання клімату одночасно на великій території під впливом природних і антропогенних чинників і впливає на показання великої сітки станцій. Виявлення статистичної неоднорідності дозволяє судити про тенденцію змінювання клімату і має важливе значення при розробці теорії змін і коливань клімату.

Статистично однорідний ряд завжди є кліматологічно однорідним. Кліматологічна однорідність (або неоднорідність) даного метеорологічного ряду ще не означає його статистичну однорідність (або неоднорідність). Вона говорить лише про те, що кліматологічні характеристики, які здобуті в результаті обробки цих даних, будуть порівнянними з характеристиками сусідніх станцій, якщо вони мають кліматично однорідні ряди за той же період років. А отримання порівнянних рядів на сусідніх станціях є одною з головних задач дослідження кліматологічної однорідності. Усунення виявленої кліматологічної неоднорідності рекомендується проводити після дослідження ряду на статистичну однорідність.

Аналіз однорідності метеорологічних рядів проводиться за допомогою різних статистичних і кліматологічних методів. Статистичні методи припускають використання різних критеріїв в залежності від закону розподілу, якому підпорядковується метеорологічна величина, що досліджується. У разі нормального розподілу використовуються параметричні критерії Фішера і Стьюдента, котрі припускають оцінку статистичної незначущості розбіжностей дисперсій і середніх значень рядів, що порівнюються. Якщо розподіл відрізняється від нормального, то аналіз однорідності проводиться за допомогою різних непараметричних критеріїв. Теорія даного питання і практичне використання цих критеріїв детально викладається в [11, 12], а ми лише коротко нагадаємо про ті, непараметричні критерії, які найчастіше використовуються в кліматологічній практиці.

### 1.5.1 Критерій Вілкоксона

#### *Інверсійний критерій Вілкоксона*

Інверсійний критерій ґрунтується на підрахунку фактичного числа інверсій  $J$  і з'ясуванні, чи входить це значення в довірчий інтервал. Інверсією називають появлення значень ряду  $Y$  поперед значень ряду  $X$  і навпаки в об'єднаному ранжированому ряді. Кожен з рядів, що аналізується, повинен мати не менш, ніж 10 членів.

В однорідних рядах число інверсій розподілено приблизно по нормальному закону з математичним сподіванням

$$M_i = \frac{nm}{2} \quad (1.25)$$

і дисперсією

$$D_i = \frac{nm}{12}(n + m + 1), \quad (1.26)$$

де  $n$  і  $m$  – число членів в рядах  $X$  і  $Y$ .

Довірчий інтервал визначається як

$$M_i - t \cdot \sigma_i < J < M_i + t \cdot \sigma_i, \quad (1.27)$$

де  $t$  – табличне значення критерія Стюдента на рівні значущості  $\alpha/2$  з числом ступенів волі  $n + m - 2$ , а  $\sigma_i = \sqrt{D_i}$ .

У тих випадках, коли в рядах, що порівнюються, часто зустрічаються члени, які мають однакові значення, використовувати інверсійний варіант незручно. Тоді перевагу віддають ранговому критерію Вілкоксона.

#### *Ранговий критерій Вілкоксона*

Порядок розрахунку рангового критерія Вілкоксона при перевірці однорідності двох незалежних виборок залежить від їх довжини.

а) Якщо об'єм виборок не більше 25 членів, необхідно розташувати варіанти обох виборок у зростаючому порядку і знайти в об'єднаному ряді суму порядкових номерів членів першої вибірки ( $n_1 \leq n_2$ ). Позначимо її через  $W_{cn}$ . Слід відзначити, що якщо два і більше однакових значення належать до різних рядів, то їм надають однаковий ранг – середній. Це буде показано на прикладі.

З таблиці А.8 визначають нижню критичну межу  $W_{ниж.кр.}$  на вибраному рівні значущості  $\alpha$ .

Верхню критичну границю визначають за формулою:

$$W_{\text{верх.кр.}} = (n + m + 1) \cdot m - W_{\text{ниж.кр.}} \quad (1.28)$$

Гіпотеза  $H_0$  про однорідність двох рядів  $X$  і  $Y$  на рівні значущості  $\alpha$  не відхиляється, якщо

$$W_{\text{ниж.кр.}} < W_{\text{сп}} < W_{\text{верх.кр.}} \quad (1.29)$$

Якщо  $W_{\text{сп}} < W_{\text{нижн.кр.}}$  або  $W_{\text{сп}} > W_{\text{верх.кр.}}$ , то гіпотеза відхиляється.

б) У випадках, коли об'єм хоча б однієї з вибірок більше 25 членів, перевірка гіпотези  $H_0$  про однорідність рядів  $X$  і  $Y$  відбувається таким чином: визначають нижню межу за формулою:

$$W_{\text{ниж.кр.}} = \frac{(n + m + 1) \cdot m - 1}{2} - z_{\text{кр.}} \sqrt{\frac{mn(m + n + 1)}{12}}, \quad (1.30)$$

де  $z_{\text{кр.}}$  знаходимо в таблиці функції Лапласа (А.6) за правилом

$$\Phi(z_{\text{кр.}}) = (1 - \alpha) / 2. \quad (1.31)$$

Верхня критична межа ( $W_{\text{верх.кр.}}$ ) визначається за формулою (1.28). Гіпотеза  $H_0$  не відхиляється, якщо виконується нерівність

$$W_{\text{ниж.кр.}} < W_{\text{сп}} < W_{\text{верх.кр.}}$$

У протилежному випадку приймається альтернативна гіпотеза  $H_1$ , тобто ряди  $X$  і  $Y$  неоднорідні.

Нижче наведені приклади перевірки на однорідність рядів місячних опадів з використанням викладених методів аналізу.

*Приклади.* Порушення однорідності могло бути пов'язано з введенням поправки "на змочування". Аналізу підлягають місячні суми опадів за липень на ст. Вознесенськ.

Вихідні ряди:  $X$  – до введення поправки, 1953 – 1966рр.

$Y$  – з поправкою "на змочування", 1967 – 1989 рр.

$X$ : 11 93 112 38 35 37 31 39 55 50 46 30 84 57;  
 $Y$ : 55 53 69 57 71 66 106 62 62 50 144 39 47 43 24  
 62 54 43 149 37 110 31 42.

І для методу, пов'язаного з підрахунком інверсій, і для рангового методу необхідно ці дві частини ряду подати у вигляді загального ранжированого ряду:

11 24 30 31 31 35 37 37 38 39 42 43 43 46 47  
50 50 53 54 55 55 57 57 62 62 62 66 69 71 84  
 89 93 106 110 112 114 149.

Підкреслені значення ряду  $X$ .

А) Метод, заснований на підрахунку інверсій

11 24 30 31 31 35 37 37 38 39 42 43 43 46 47  
 $x_1$   $y_1$   $x_2$   $x_3$   $y_2$   $x_4$   $x_5$   $y_3$   $x_6$   $x_7$   $y_4$   $y_5$   $y_6$   $x_8$   $y_7$   
50 50 53 54 55 55 57 57 62 62 62 66 69 71 84  
 $x_9$   $y_8$   $y_9$   $y_{10}$   $x_{10}$   $y_{11}$   $x_{11}$   $y_{12}$   $y_{13}$   $y_{14}$   $y_{15}$   $y_{16}$   $y_{17}$   $y_{18}$   $x_{12}$   
 89 93 106 110 112 114 149  
 $y_{19}$   $x_{13}$   $y_{20}$   $y_{21}$   $x_{14}$   $y_{22}$   $y_{23}$ .

Нумерація порядкових значень ряду  $X$  і  $Y$  зручна при обчисленні числа інверсій. Слід зазначити, що однакові значення в різних рядах нумеруються довільно. У цьому є деякий недолік цього критерію.

Підраховуємо число інверсій по  $X$  і  $Y$ .

$$J_x = 0 + 1 + 1 + 2 + 2 + 3 + 3 + 6 + 7 + 10 + 11 + 18 + 19 + 21 = 104$$

$x_1$   $x_2$   $x_3$   $x_4$   $x_5$   $x_6$   $x_7$   $x_8$   $x_9$   $x_{10}$   $x_{11}$   $x_{12}$   $x_{13}$   $x_{14}$

$$J_y = 1 + 3 + 5 + 7 + 7 + 7 + 8 + 9 + 9 + 9 + 10 + 11 + 11 + 11 + 11 +$$

$y_1$   $y_2$   $y_3$   $y_4$   $y_5$   $y_6$   $y_7$   $y_8$   $y_9$   $y_{10}$   $y_{11}$   $y_{12}$   $y_{13}$   $y_{14}$   $y_{15}$

$$+ 11 + 11 + 11 + 12 + 13 + 13 + 14 + 14 = 218$$

$y_{16}$   $y_{17}$   $y_{18}$   $y_{19}$   $y_{20}$   $y_{21}$   $y_{22}$   $y_{23}$

Для перевірки точності підрахунків інверсій слід пам'ятати, що

$$\frac{(J_x + J_y)}{2} = M_i.$$

Визначимо:

$$M_i = \frac{n \cdot m}{2} = \frac{23 \cdot 14}{2} = 161$$

$$M_i = \frac{104 + 218}{2} = 161.$$

Число інверсій підраховано вірно.

Визначимо дисперсію і середній квадратичний відхил розподілу інверсій:

$$D_i = \frac{n \cdot m}{12} \cdot (n + m + 1) = \frac{23 \cdot 14}{12} \cdot 38 = 1019$$

$$\sigma_i = \sqrt{1019} = 32.$$

Розрахуємо довірчий інтервал для 95% забезпеченості ( $p = 0.95$ ). У цьому разі параметр  $t = 2.44$  (таблиця А.5). Тоді:

$$\text{ліва межа критичної області} \quad 161 - 32 \cdot 2.44 = 83$$

$$\text{права межа критичної області} \quad 161 + 32 \cdot 2.44 = 239.$$

Якщо число інверсій, підраховане нами, виходить за межі довірчого інтервалу, ми маємо признати, що ряди неоднорідні (на рівні значущості 0.05 або з довірчою ймовірністю 0.95).

У нашому випадку число інверсій знаходиться в межах довірчого інтервалу:

$$83 < \frac{104}{218} < 239.$$

Робимо висновок, що введення поправки "на змочування" не порушило однорідності в ряду місячних сум опадів в липні на ст. Вознесенськ (обидві частини ряду між собою однорідні, тобто належать одній генеральній сукупності).

#### Б) Ранговий метод

На цьому прикладі покажемо використання рангового варіанту критерію Вілкоксона. Це випадок, коли об'єм вибірок менш 25 членів.

Якщо в об'єднаному ранжированому ряду є два однакових значення, які належать різним вибіркам, то їм надають однаковий (середній) ранг. У нашому прикладі величина 31 з рангами 4 і 5 дістала ранг 4.5; величина 37 з рангами 7 і 8 дістала середній ранг 7.5 т.ін.. Якщо однакові величини належать до однієї вибірки, то середній ранг можна не визначити.

|            |           |    |           |           |     |           |           |     |           |           |    |    |    |           |
|------------|-----------|----|-----------|-----------|-----|-----------|-----------|-----|-----------|-----------|----|----|----|-----------|
| Ранж. ряд: | <u>11</u> | 24 | <u>30</u> | <u>31</u> | 31  | <u>35</u> | <u>37</u> | 37  | <u>38</u> | <u>39</u> | 42 | 43 | 43 | <u>46</u> |
| ранг:      | 1         | 2  | 3         | 4.5       | 4.5 | 6         | 7.5       | 7.5 | <u>9</u>  | 10        | 11 | 12 | 13 | 14        |

|            |    |           |      |    |    |           |      |           |      |    |    |    |    |    |
|------------|----|-----------|------|----|----|-----------|------|-----------|------|----|----|----|----|----|
| ранж. ряд: | 47 | <u>50</u> | 50   | 53 | 54 | <u>55</u> | 55   | <u>57</u> | 57   | 62 | 62 | 62 | 66 | 69 |
| ранг:      | 15 | 16.5      | 16.5 | 18 | 19 | 20.5      | 20.5 | 22.5      | 22.5 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 |

ранж. ряд: 71 84 89 93 106 110 112 114 149  
 ранг: 29 30 31 32 33 34 35 36 37.

Розрахуємо  $W_{сн}$ :

$$W_{сн} = 1 + 3 + 4.5 + 6 + 7.5 + 9 + 10 + 14 + 16.5 + 20.5 + 22.5 + 30 + 32 + 35 = 211.5$$

$W_{ниж.кр.}$  знаходимо з таблиці по рівню значущості  $\alpha/2$  і по об'єму вибірок. У нашому прикладі вона дорівнює 203.

$$W_{ниж.кр.} = 203$$

$$W_{верх.кр.} = (14 + 23 + 1) \cdot 14 - 203 = 329.$$

Розраховане  $W_{сн}$  знаходиться в межах  $W_{ниж.кр.}$  і  $W_{верх.кр.}$ , тобто  $203 < 211.5 < 329$ .

Таким чином, ряди до введення поправок і після їх введення залишилися однорідними з імовірністю  $p = 0.95$ .

Якщо хоча б одна з вибірок містить більше 25 членів (наприклад,  $m = 30, n = 50$ , в загальному ранжированому ряді сума рангів першої вибірки  $W_{сн} = 1600$ ), тоді в таблиці функцій Лапласа (таблиця А.6) знаходять  $z_{кр}$  (для рівня значущості 0.05). Воно дорівнює 1.96. Визначають  $\Phi(z_{кр})$ :

$$\Phi(z_{кр}) = (1 - \alpha) / 2 = (1 - 0.05) / 2 = 0.475; \quad z_{кр} = 1.96.$$

Визначимо  $W_{ниж.кр.}$  і  $W_{верх.кр.}$  :

$$W_{ниж.кр.} = 1039$$

$$W_{верх.кр.} = 1391.$$

$W_{сн}$  перевищило  $W_{верх.кр.}$ , тому гіпотезу про однорідність двох частин цього ряду на рівні значущості 0.05 маємо відхилити.

### 1.5.2 Ранговий критерій Крускаля -Уоліса

Якщо виникає необхідність оцінити однорідність трьох і більше рядів або частин ряду, то можна використовувати ранговий критерій Крускаля-Уоліса

$$Q = \frac{12}{N(N+1)} \cdot \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3 \cdot (N+1) \quad (1.32)$$

де  $N$  – загальне число членів в об'єднаному ряду,  $k$  – число вибірок (рядів, що аналізуються),  $n$  – об'єм  $i$ -тої вибірки,  $R_i$  – сума рангів  $i$ -тої вибірки в об'єднаному ранжированому ряду.



Як і у випадку з ранговим критерієм Вілкоксона при використанні критерія Крускала-Уоліса однаковим значенням величин в загальному ранжированому ряду, які належать різним вибіркам, надається однаковий (середній) ранг.  $Q = 32.1$ ;  $\chi_{кр} = 11.1$ ;  $Q > \chi_{кр}$ .

Статистика  $Q$  апроксимується критерієм Пірсона з числом ступенів волі  $k - 1$  (таблиця А.7).

Якщо  $Q < \chi_{кр}$  на даному рівні значущості, то можна зробити висновок, що ряди являють собою вибірки з однієї генеральної сукупності, а якщо  $Q > \chi_{кр}$ , то групова однорідність порушена. Причому можна легко з'ясувати, який з рядів порушив загальну однорідність (по сумі рангів кожної вибірки: найбільшої або найменшої).

Цей критерій зручно використовувати для аналізу просторової однорідності. Він дозволяє виявляти однотипність тієї чи іншої характеристики метеорологічної величини (зокрема, опадів) на території, що характеризується фізико-географічними особливостями. Нижче наведені приклади перевірки на однорідність рядів місячних опадів з використанням викладеного методу аналізу.

*Приклади.* Аналіз просторової однорідності ранговим критерієм Крускала-Уоліса.

А) Необхідно з'ясувати, наскільки ряди опадів на станціях, розташованих в північно-західній частині України, однорідні між собою. Використовувались дані липневих сум опадів за 40 років на 6 станціях: 1. Маневичі, 2. Сарни, 3. Ковель, 4. Володимир-Волинський, 5. Луцьк, 6. Ровно.

Сума рангів кожної з станцій відповідно дорівнювала:

$$\Sigma R_1 = 4916.5; \Sigma R_2 = 4930; \Sigma R_3 = 4969.5; \Sigma R_4 = 4861.5; \Sigma R_5 = 4405.5; \Sigma R_6 = 4837.$$

Таким чином, опади всіх шести станцій являють собою вибірки з однієї генеральної сукупності. Ця територія може розглядатись як район з подібним характером випадіння опадів, що обумовлено одноманітним рівнинним характером місцевості.

Б) Інші шість станцій розташовані в Прикарпатті. Це:

1. Івано-Франківськ, 2. Чортків, 3. Яремча, 4. Коломия, 5. Кам'янець-Подільський, 6. Чернівці.

$$\text{Сума рангів: } \Sigma R_1 = 4659, \quad \Sigma R_2 = 4375, \quad \Sigma R_3 = 6787.5, \quad \Sigma R_4 = 5255.5, \\ \Sigma R_5 = 3551.5, \quad \Sigma R_6 = 4291.5.$$

Добре видно, що порушили загальну однорідність ряди станцій Яремча і Кам'янець-Подільський. Ранги цих станцій на багато відрізняються від їх значень на інших станціях.

Причина порушень цими станціями загальної однорідності зрозуміла: Яремча розташована в передгір'ї Карпат, висота її 531 м над рівнем моря, що на 250 – 300 м вища, ніж інші станції. Кам'янець-Подільський по висоті не відрізняється від інших (крім Яремчі), але порівняно віддалений на схід.

### 1.5.3 Критерій Колмогорова

З інших непараметричних критеріїв вкажемо на критерій  $\lambda$  Колмогорова, який застосовується тільки для аналізу однорідності двох вибірок.

Критерій  $\lambda$  Колмогорова заснований на порівнянні рядів інтегральних (накопичених) частот або ймовірностей сукупностей. Якщо вибірки, що порівнюються, належать до однієї генеральної сукупності, то різниця між частотами (ймовірностями) буде мінімальною і вона зумовлена випадковими коливаннями елементів рядів. Занадто велике максимальне значення  $|D|$  дає підставу відхилити нульову гіпотезу і признати існування різниці між вибірками. Критерій знаходять за формулою:

$$\lambda = |D| \cdot \sqrt{\frac{n_x \cdot n_y}{n_x + n_y}}, \quad (1.33)$$

де  $|D|$  – максимальна різниця накопичених імовірностей,  $n_x, n_y$  – об'єм вибірок.

Якщо  $n_x = n_y$ , то можна порівнювати накопичене число випадків, і критерій  $\lambda$  визначається за формулою

$$\lambda = \frac{|D|}{\sqrt{N}}, \quad (1.34)$$

де  $N$  – загальний об'єм сукупностей  $X$  і  $Y$ .

Фактичне значення  $\lambda$  порівнюють з критичним значенням його для різних рівней значущості. На рівні значущості 0.05 нульова гіпотеза відхиляється при  $\lambda < 1.35$ .

У таблиці 1.3 наведено приклад розрахування критерію  $\lambda$  для двох рядів добового максимуму опадів.

Таблиця 1.3 – Приклад розрахунку критерію  $\lambda$  для двох рядів добового максимуму опадів

| Градації, мм | Кількість випадків |        | Частота            |            | Накопичена ймовірність |       | $ D  =  p_x - p_y $ |
|--------------|--------------------|--------|--------------------|------------|------------------------|-------|---------------------|
|              | $m(X)$             | $m(Y)$ |                    | $m(Y)/n_y$ | $p_x$                  | $p_y$ |                     |
| 1 – 10       | 9                  | 10     | 0.18               | 0.17       | 0.18                   | 0.17  | 0.01                |
| 11 – 20      | 16                 | 20     | 0.32               | 0.32       | 0.50                   | 0.49  | 0.01                |
| 21 – 30      | 10                 | 9      | 0.20               | 0.15       | 0.70                   | 0.64  | 0.06                |
| 31 – 40      | 7                  | 7      | 0.14               | 0.12       | 0.84                   | 0.76  | <u>0.08</u>         |
| 41 – 50      | 4                  | 6      | 0.08               | 0.10       | 0.92                   | 0.86  | 0.06                |
| 51 – 60      | 2                  | 4      | $m(X)/n_x$<br>0.04 | 0.07       | 0.96                   | 0.93  | 0.03                |
| 61 – 70      | 1                  | 3      | 0.02               | 0.05       | 0.98                   | 0.98  | 0.00                |
| 71 – 80      | 1                  | 1      | 0.02               | 0.02       | 1.00                   | 1.00  | 0.00                |

$$n_x = 50, \quad n_y = 60, \quad |D|_{\max} = 0.08$$

Оскільки  $\lambda < 1.36$ , то нульова гіпотеза  $H_0$  не відхиляється.

#### 1.5.4 Кліматологічні методи

У процесі кліматологічної практики було вироблено порівняно прості і достатньо точні методи виявлення і усунення кліматологічної неоднорідності рядів. До них належать:

- метод відповідних різниць;  $\sqrt{\frac{50 \cdot 60}{50 + 60}} = 0.42$ .
- метод відповідних відношень,
- метод візуального перегляду даних одної станції по роках.

Метод різниць і метод відношень аналізу однорідності засновані на узгодженості часового ходу метеорологічних величин на сусідніх станціях. Якщо ця узгодженість, починаючи з якого-небудь року порушена, то, мабуть, відбулась зміна характеру зв'язку між ними, що вказує на порушення однорідності у даних одної з порівнюваних станцій.

Метод різниць застосовується до величин, які лінійно змінюються по території (температура повітря, тиск). У цьому разі різниці значень метеорологічних величин на двох сусідніх станціях змінюються від року до року помітно менше, ніж самі значення цих величин.

Метод відношень застосовується до величин, які розподіляються по території плямисто (кількість опадів, висота снігового покриву). Для них

характерна приблизна сталість відношень між даними сусідніх станцій: від року до року ці відношення змінюються незначно.

Використання методу зіставлення на око даних одної і тої ж станції по роках стає можливим у тих випадках, коли природня мінливість метеорологічної величини менша, ніж мінливість, яка визивається неоднорідністю ряду. Тоді в ряду будуть чітко виділятися періоди літ з різними рівнями значень метеорологічної величини. Це простежимо нижче на прикладі аналізу однорідності даних про швидкість вітру.

Слід зазначити, що кліматологічні методи аналізу однорідності в останні роки використовуються як додаток до статистичних методів, які відрізняються більш вимогливими критеріями перевірки статистичних гіпотез. Серед таких методів зараз широко використовується метод “ступінчастого тренда”, який дозволяє оцінити значущість розбіжностей в різних рівнях значень метеорологічної величини, що досліджується.

На цих питаннях зупинимось більш детально в наступних розділах обробки окремих метеорологічних величин.

## 1.6 Питання для самоконтролю і завдання

### *Питання для самоконтролю*

1. Що таке кліматологічний ряд?
2. Що таке метеорологічні ряди і які їх особливості?
3. Які кліматичні показники найчастіше використовують при аналізі кліматів і оцінці кліматичних ресурсів різних районів і що вони характеризують?
4. Для чого і як розраховують коефіцієнти асиметрії та ексцесу?
5. Чим і по відношенню до чого оцінюються похибки статистичних показників? Що вони характеризують?
6. Від чого залежить точність статистичних показників?
7. Як визначити необхідну довжину ряду для забезпечення заданої точності?
8. Що в кліматології розуміють під “кліматичною нормою”?
9. Яке призначення мають непрямі методи розрахунку кліматичних показників? На чому вони базуються?
10. Що в кліматології розуміють під імовірністю або забезпеченістю?
11. У чому суть гістограмного методу побудування кривої інтегрального розподілу?
12. У чому суть розрахункового методу побудування кривої інтегрального розподілу?
13. Які показники можна дістати за допомогою вирівнювання рядів теоретичними функціями? Як це здійснюється для коротких рядів?

14. На чому базується метод розрахунку екстремальних значень заданої ймовірності? Як пов'язані між собою забезпеченість і період повторення величини?
15. На чому базується графоаналітичний метод розрахунку кліматичних показників?
16. Призначення клітчаток спрямлення.
17. Види клітчаток спрямлення.
18. Які задачі можна розв'язати на основі номограм?
19. Який ряд вважається кліматологічно однорідним? Які причини можуть порушити однорідність умов спостережень?
20. Які методи перевірки кліматологічної однорідності рядів відомі і на чому вони базуються?
21. Який ряд вважається статистично однорідним і як виникає статистична неоднорідність в метеорологічних рядах? Коли ряди перевіряються на статистичну неоднорідність?
22. Для рядів яких метеорологічних характеристик застосовуються методи різниць і відношень?

### *Завдання*

**Завдання 1.** Розрахувати ймовірнісні характеристики клімату. Для цього треба:

- побудувати розрахунковим емпіричну криву інтегрального розподілу середньої місячної температури повітря (таблиця А.1), використовуючи напівлогарифмічну клітчатку спрямлення (рис. А.4.1); значення інтегральної повторюваності  $p_m$  надано в таблиці А.2;
- на основі кривої інтегрального розподілу визначити:
  - а) які високі (вище якої границі) середні місячні значення температури конкретного місяця можна очікувати 1 раз в 5, 10 20, 50 і 100 років;
  - б) які низькі (нижче якої границі) середні місячні значення температури конкретного місяця можна очікувати 1 раз в 5, 10 20, 50 і 100 років;
  - в) як часто (з якою періодичністю) можна очікувати в даному місяці температуру вище (нижче) заданої границі;
- здобути значення метеорологічних величин рідкої повторюваності за допомогою номограм Лебедева на основі середнього багаторічного значення величини, що досліджується.
- використовуючи графоаналітичний метод Алексеева розрахувати основні кліматичні показники середньої місячної температури повітря. Значення коефіцієнта асиметрії і коефіцієнта скошеності біноміальної кривої розподілу надано в таблиці А.3.

**Завдання 2.** Перевірити чи відбулось порушення однорідності в рядах місячних сум опадів (таблиці В.1 – В.3) у зв'язку з введенням з 1967 року поправки “на змочування”.

При виконанні завдання використовувати непараметричні критерії Вілкоксона. Критичні значення критерію Стюдента і дані для визначення функції Лапласа наведено відповідно в таблицях А.5 і А.6, а в таблиці А.8 – нижню критичну границю  $W_{кр}$ .

## 2 Кліматологічна обробка температури повітря і ґрунту

### 2.1 Загальні зауваження

Широке використання даних про температуру повітря в наукових і практичних цілях вимагає від кліматологів розробки різних показників, які дозволяють оцінити особливості температурного режиму будь-якого географічного регіону або окремого пункту. До таких характеристик належать

- середні річні і місячні, декадні, пентадні, добові температури повітря,
- дати переходу середньої добової температури через визначені границі і тривалість періодів вище (нижче) цих границь,
- дати приходу кліматичних сезонів та їх тривалість,
- екстремальні температури (абсолютні та середні їх значення),
- кількість днів із середніми добовими температурами в різних межах,
- дати першого і останнього морозу і тривалість безморозного періоду.

Більшість названих характеристик здобувають в результаті розрахунків з використанням статистичних методів. До цього, крім середніх значень при аналізі температурного режиму використовуються середній квадратичний відхил, коефіцієнти асиметрії та ексцесу. Майже для всіх вказаних характеристик розраховуються ймовірності їх значень у визначених межах або їх забезпеченість вище (нижче) заданих значень. Наприклад, ймовірність настання заморозків раніше або пізніше дати, яка нас цікавить.

Серед названих показників найбільш загальною характеристикою клімату є *середня річна* температура повітря, область застосування якої обмежена. Її зручно використовувати при порівнянні температурного режиму окремих районів, територій, при дослідженні змінювань і коливань клімату.

Більш інформативною і поширеною характеристикою клімату є *середня місячна* температура повітря. На ній ґрунтується опис температурного режиму різних районів, по ній оцінюється характер річного ходу температури, розраховується річна амплітуда температури повітря та інші.

За даними середньої місячної температури будують карти *ізотерм* окремих регіонів, континентів, півкуль і всієї земної кулі. Для невеликих по площі територій побудування таких карт виконується на рівні підстильної поверхні, щоб виявити вплив рельєфу місцевості на режим температури. Для кліматологічних досліджень у великих масштабах карти розподілення температури повітря будують по даних, що приведені до рівня моря. У цьому випадку використовують середній вертикальний температурний градієнт, який дорівнює  $0.5^{\circ}/100 \text{ м}$ .

Середня місячна температура повітря розраховується із середніх добових значень.

Ступінь розбіжності між середніми добовими температурами повітря у різні строки спостережень оцінюється за допомогою *істинної середньої*

добової температури, яка розраховується по даних самописця (термографа) осередненням за 24 години.

При дослідженні температурного режиму в глобальному масштабі слід пам'ятати, що в деяких країнах світу використовуються інші методи обчислення середньої добової температури повітря. Так, у США і Італії її розглядають як середню від максимальної і мінімальної температури за добу. У деяких африканських країнах спостереження проводять три рази на добу, тому середню добову температуру визначають осередненням чотирьох значень температури: в 7 і 19 год., максимального і мінімального.

Джерелом інформації для здобуття вказаних характеристик температурного режиму є ряди метеорологічних спостережень. В опублікованому виді вони надані в різній довідниковій літературі, а саме: "Метеорологические данные за отдельные годы. Температура воздуха", де подано дані від початку спостережень на станціях до 1965 року, а також у щомісячниках (з 1961 року).

За дослідженнями, проведеними в Головній геофізичній обсерваторії, для того, щоб здобути багаторічні середні значення необхідної точності достатнім можна вважати ряд тривалістю 40 – 50 років. Для визначення абсолютних максимумів і мінімумів температури бажано використати увесь період спостережень на станції, а при дослідженні змінювань і коливань клімату ряди мають бути тривалістю 80 – 100 років.

Усі багаторічні дані по температурному режиму території України надані в кліматичних довідниках різних років видання.

Далі розглядаються методи, за допомогою яких можна отримати деякі характеристики температурного режиму.

## **2.2 Аналіз однорідності вихідних рядів температури**

Розрахунок характеристик температурного режиму має виконуватись лише після того, як зроблено аналіз однорідності даних з температури повітря, який проводиться, як правило, по рядах середньої місячної температури з використанням кліматологічних і статистичних методів.

Значення температури повітря можуть помітно коливатись від доби до доби, від року до року, від деякого періоду років до іншого періоду. Якщо ці змінювання обумовлені природньою мінливістю макропроцесів, що впливають на погоду і клімат даного району, то кліматологи такий ряд вважають однорідним. Але в ньому можуть бути присутніми величини, що суттєво відрізняються від середніх багаторічних значень. Зі статистичної точки зору цей ряд може бути визнаний однорідним, що потребує вилучення з нього аномальних величин ("викидів") для усунення похибок у подальших статистичних розрахунках. Перевірка цього положення проводиться за допомогою критерію Стьюдента  $t$



$$t = \frac{|x_e - \bar{x}|}{S_x}, \quad (2.1)$$

де  $x_e$  – максимальна або мінімальна величина в ряду, що досліджується,  $\bar{x}$  – середня величина ряду,  $S_x$  – оцінка середнього квадратичного відхилу (формули, за якими вони розраховуються, наведені в параграфі 1.3). Порівняння розрахункового значення  $t$  з критичним значенням на заданому рівні значущості для числа ступенів волі  $\nu = n - 1$  ( $n$  - об'єм вибірки) дозволяє розв'язати задачу про належність екстремальних значень даному ряду. Якщо розрахункове значення  $t$  менше за критичне, то екстремальна величина не порушує однорідності, а якщо більша, – то її необхідно вилучити з ряду, що досліджується, з наступним перерахуванням всіх показників.

Проте, порушення однорідності ряду температури повітря може бути визначено, перш за все, змінюванням умов проведення метеорологічних спостережень. Причини, які приводять до цього, наступні: зміна місцеположення станції або метеорологічної площадки, змінювання місцевості, що оточує метеорологічну площадку, зміна системи приладів, строків проведення спостережень т.ін. Усі перераховані причини фіксуються в Технічній справі станції, тому момент можливого порушення однорідності, зазвичай, відомий. У цьому випадку аналіз однорідності проводиться по двох частинах вихідного ряду з оцінкою належності їх до одної генеральної сукупності за допомогою параметричних або непараметричних критеріїв, тобто на базі статистичних методів (суть найбільш поширених непараметричних критеріїв наведено в параграфі 1.5).

Але в окремих випадках, а це стосується змінювання умов місцевості, що оточує станцію, встановити точний час порушення однорідності важко. Тоді використовуються кліматологічні методи аналізу, що засновані на *узгодженості* часового ходу температури на близько розташованих станціях, яка виявляється в сталому характері зв'язку між значеннями температури на цих станціях. Змінювання характеру такого зв'язку, починаючи з якого-небудь року, вказує на наявність порушення однорідності в одному з рядів, що порівнюються між собою. На цьому принципі основано використання методу відповідних *різниць*, бо різниці температур за паралельний період років на двох близько розташованих станціях мають меншу мінливість, тобто змінюються від року до року значно менше, ніж значення температур на цих станціях. І якщо в ряду різниць, починаючи з якогось року, відбулось помітне їх змінення порівняно з попереднім періодом (зменшення, зростання, змінення знаку), тобто відбувся "*розрив*" (або скачок) різниць, то на одній з станцій температурні ряди неоднорідні.

Порядок виконання роботи з використанням *методу різниць* наступний: поблизу станції В, на котрій припускається порушення однорідності в даних з температури повітря, вибирають станцію А, яка має паралельний період однорідних спостережень за  $n$  років. Для всіх місяців розраховують-

ся різниці  $d_i$  між температурами на станціях В і А (відповідно  $b_i$  і  $a_i$ ) по кожному року  $d_i = b_i - a_i$ . Розрахунки можна надати таблицею 2.1.

Таблиця 2.1 – Аналіз однорідності середньої місячної температури повітря

| Роки | Температура |           | Різниця температур,<br>$d_i = b_i - a_i$ |
|------|-------------|-----------|--|
|      | станція В   | станція А |  |
| 1961 | $b_1$       | $a_1$     | $d_1$                                    |
| 1962 | $b_2$       | $a_2$     | $d_2$                                    |
| 1963 | $b_3$       | $a_3$     | $d_3$                                    |
| ...  |             |           |  |
| ...  | $b_i$       | $a_i$     | $d_i$                                    |
| ...  |             |           |  |
| 1990 | $b_n$       | $a_n$     | $d_n$                                    |

Аналіз ряду різниць  $d_i$  дозволяє зробити висновок про відсутність або наявність порушень однорідності. За умови порушення однорідності встановлюється рік, в якому відбулось порушення, а вихідний ряд  $B$ , таким чином, ділиться на дві частини, кожна з яких окремо за допомогою статистичних методів перевіряється на приналежність до однієї генеральної сукупності. Оскільки ряди середніх місячних температур повітря частіш за все підпорядковуються нормальному закону розподілу, то для цієї мети використовуються критерії Фішера-Снедекора і Стьюдента, які дозволяють оцінити статистичну значущість розбіжностей дисперсій і середніх значень частин ряду, що розглядаються.

Якщо порушення однорідності не відбулось, то для розрахунку характеристик температурного режиму використовується увесь ряд спостережень.

Коли ж порушення однорідності відбулось, то в залежності від причини, що його викликала, треба вирішити питання про усунення або неусунення виявленої неоднорідності. У випадку зміни місцеположення станції або площадки неоднорідність не усувається і дві частини ряду обробляються окремо: кожна з них характеризує температурний режим різних умов положення станції.

У всіх інших випадках для збереження більшого об'єму вибірки практикують усунення неоднорідності, що виконується за допомогою раніше здобутих різниць. Так, наприклад, на початку 20-го сторіччя на метеорологічних станціях Росії перейшли від будок Вільда до психрометричних будок сучасного типу, які відрізняються по висоті розташування приладів

(на 1 м). Усунення неоднорідності, визваної цим чинником, дозволило зберегти значний матеріал спостережень за температурою повітря.

Поправка для виправлення неоднорідності може бути визначена наступним чином: по-перше, обчислюється середнє значення різниць до року, в якому відбулось порушення однорідності (до стрибка)  $\bar{d}_1$ , по-друге, розраховується середнє значення різниць після року зі стрибком  $\bar{d}_{1r}$ . Різниця між ними  $\Delta = \bar{d}_1 - \bar{d}_{1r}$  і буде тією поправкою, яку слід додати (відняти) до кожного значення середньої місячної температури більш короткої частини ряду або дані якої здобуті по старих приборах чи методах т.ін.

Часто можна зіткнутися з такою ситуацією, коли в одні місяці року виявляється порушення однорідності, а в інші – ні, тоді не логічно було б ці місяці обробляти по різному. У цьому випадку для аналізу однорідності по запропонованій методиці доцільніше використовувати не місячні, а річні значення температури повітря і по результатах цієї перевірки розрахувати характеристики для всіх місяців однаково.

В останнє десятиріччя при аналізі однорідності метеорологічних рядів і, зокрема, середньої місячної температури повітря використовується метод "ступінчастого тренду". Суть цього методу викладено в параграфі 3.1.1.

### **2.3 Непрямі методи розрахунку багаторічної середньої місячної температури повітря на короткорядній станції**

Після проведення аналізу однорідності обробка даних з температури повітря складається з розрахунку кліматичних показників усіх характеристик температурного режиму: середніх багаторічних значень, показників мінливості (дисперсії, середнього квадратичного відхилення і коефіцієнта варіації), коефіцієнтів асиметрії і ексцесу, повторюваності окремих значень, модальних і медіанних значень. При необхідності визначають довірчі інтервали для середнього і середнього квадратичного відхилення. Точність розрахунку цих показників, що задовольняє дослідників і практиків, може бути здобута тоді, коли тривалість рядів становить 40 – 50 років. Станції, що мають більш короткі періоди спостережень, зазвичай, називають короткорядними і обчислення багаторічних значень середньої місячної температури повітря для них виконується непрямым шляхом. Непрями вважаються такі методи, які забезпечують розрахунок кліматичних показників без звернення до вихідних даних.

Необхідність розрахунку багаторічних характеристик за достатньо довгий і єдиний період років визвана не тільки вимогами точності, але і необхідністю порівняння їх на значній території. У кліматології довгий час для здобуття багаторічних середніх на короткорядній станції використовується метод *приведення*, теоретичне обґрунтування якого виконано Є.С.Рубінштейн, О.О.Дроздовим та іншими. В основу цього непрямого

методу, як і при аналізі однорідності, покладено тісний взаємозв'язок температурних рядів на станціях, що лежать поблизу, котрий виражається в постійності різниць між відповідними величинами.

Якщо станції розташовані в однакових фізико-географічних умовах, то розрахунок проводиться методом *різниць* за формулою

$$\bar{B}'_N = \bar{A}_N + \bar{D}_n, \quad (2.2)$$

де  $\bar{B}'_N$  – приведенне (до довгого періоду) середнє багаторічне значення величини на короткорядній станції,  $\bar{A}_N$  – середнє багаторічне значення величини на довгорядній станції (по довіднику),  $\bar{D}_n$  – середня різниця між значеннями величини на короткорядній і довгорядній станціях за короткий період паралельних спостережень:

$$\bar{D}_n = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n}. \quad (2.3)$$

Розрахунки виконуються в припущенні, що  $\bar{D}_n \approx \bar{D}_N$ .

Приведення вважається доцільним, якщо виконується співвідношення  $\sigma_d < \sigma_b$ . Вказані величини розраховуються за схемою, наведеною в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Порядок проведення приведення і перевірка його доцільності

| Роки | Температура                              |  | $d_i$                                    | $(b_i - \bar{B}_n)^2$ | $(a_i - \bar{A}_n)^2$ | $(d_i - \bar{D}_n)^2$ |
|------|--|--|--|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
|      | на ст. В                                 | на ст. А                                 |  |                       |                       |                       |
| 1961 | $b_1$                                    | $a_1$                                    | $d_1$                                    |                       |                       |                       |
| 1962 | $b_2$                                    | $a_2$                                    | $d_2$                                    |                       |                       |                       |
| ...  |  |  |  |                       |                       |                       |
| ...  | $b_i$                                    | $a_i$                                    | $d_i$                                    |                       |                       |                       |
| 1990 | $b_n$                                    | $a_n$                                    | $d_n$                                    |                       |                       |                       |
|      | $\bar{B}_n = \frac{\sum_{i=1}^n b_i}{n}$ | $\bar{A}_n = \frac{\sum_{i=1}^n a_i}{n}$ | $\bar{D}_n = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$ | $\sigma_b$            | $\sigma_a$            | $\sigma_d$            |

$$\sigma_b = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (b_i - \bar{B}_n)^2}{n}}; \quad \sigma_a = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i - \bar{A}_n)^2}{n}}; \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{D}_n)^2}{n}}$$

В останні роки для цієї мети, а саме для розрахунку середніх багаторічних на короткорядній станції по даних близько розташованої довгорядної станції, використовується метод, що ґрунтується на оцінці *кореляційного* зв'язку між ними і складанні рівняння регресії. Оскільки ці залежності носять лінійний характер, то задача полягає лише у складанні лінійного рівняння регресії з попереднім розрахунком і оцінкою статистичної значущості коефіцієнта кореляції. Підставляючи в наведене рівняння  $x$  таким, що дорівнює середньому багаторічному значенню температури на довгорядній станції, можна дістати приведену багаторічну середню температуру повітря  $y(x)$  на короткорядній станції.

Часто в основі методів непрямого розрахунку кліматичних показників лежить апроксимація емпіричних розподілів теоретичними функціями розподілу. Цей спосіб можна використовувати для того, щоб дістати достовірні значення повторюваності по відомих параметрах розподілу на короткорядній станції. Наприклад, відомо, що розподіл значень температури повітря на двох сусідніх станціях, які розташовані в однакових умовах, підпорядковуються одному і тому ж закону розподілу і мінливість величин, що розглядається на цих станціях приблизно однакова ( $\sigma_a \approx \sigma_b$ ). Це дає підставу для використання встановленого по даних довгорядної станції закону розподілу до розподілу значень на короткорядній станції. Деякі параметри, що описують закон розподілу, наприклад, середній квадратичний відхил, можна або розрахувати по короткорядному ряду, або навіть взяти по сусідній станції. Середнє значення на короткорядній станції слід уточнити шляхом приведення до довгого періоду.

Найбільш часто до непрямих розрахунків з використанням теоретичних функцій розподілу звертаються при визначенні екстремальних значень метеорологічних величин і, зокрема, середніх місячних температур повітря заданої ймовірності. У цьому випадку задача, зазвичай, зводиться до графічного розв'язання: вирівнюванню кривої інтегрального розподілу за допомогою спеціальних клітчаток спрямлення (клітчатка ймовірностей). Побудування кривої інтегрального розподілу можна виконати гістограмним або розрахунковим методами, які розглянуто в параграфі 1.4.

При роботі з рядами середніх місячних температур повітря побудування кривих інтегрального розподілу виконується на напівлогарифмічній клітчатці (лінійна шкала вихідних величин і логарифмічна шкала ймовірностей), що призначена для нормального розподілу і розподілу з помірною асиметрією. Використання цієї системи координат дозволяє спрямити інтегральні криві (зробити їх майже прямими), що дає можливість екстраполювати їх в область екстремальних значень.

Оскільки ряди вихідних даних ранжируються у порядку зменшення, тобто виконується побудування кривої інтегрального розподілу величин вище заданої межі, то інтегральні ймовірності  $P$  перебільшення заданих

меж, які відповідають періодам повторення  $T$ , знаходимо зі співвідношення (1.21), а інтегральні ймовірності  $P$  нище заданих меж – зі співвідношення (1.22).

Цей метод дозволяє оцінити можливі екстремальні значення метеорологічних величин за періоди, що перебільшують періоди спостережень на станції.

До непрямих методів розрахунку кліматичних показників належить і *графо-аналітичний* метод, запропонований Г.А.Алексєєвим.

## **2.4 Крива річного ходу температури повітря як характеристика температурного режиму**

Багаторічні середні місячні температури повітря дозволяють дати оцінку річного ходу температури, одного з важливих показників клімату. Проводиться це за допомогою кривої річного ходу, побудовання якої виконується наступним чином. На осі абсцис в масштабі 1 мм – 1 день, зазвичай, відкладають час року від жовтня через січень до грудня, тобто за 15 місяців (в днях). На осі ординат в масштабі 1 мм – 0.1°C наносять багаторічні середні місячні значення. Температура кожного місяця зображається при цьому у виді прямокутника, у якого основа – кількість днів у відповідному місяці, висота – багаторічна середня температура за даний місяць, а площа прямокутника – сума температур кожного місяця. Збудована таким чином гістограма є основою для проведення плавної кривої річного ходу температури повітря. При цьому приймається до уваги, що відрізок, який крива відсікає з одного боку прямокутника повинен дорівнювати по площі відрізку, котрий вона прирізає до нього з другого боку, зберігаючи незмінними вихідні місячні суми температур (рисунок 2.1).

У відрізках кривої в області мінімальних і максимальних температур найнижче і найвище положення кривої буде приходиться не на середину найхолоднішого і найтеплішого місяця, а трохи зсунута в бік того з двох місяців, температура котрого відповідно нижче або вище. Наприклад, взимку найменша температура, як правило, фіксується в січні, а з сусідніх місяців у лютому вона нижча, ніж у грудні. Влітку найбільша температура приходиться на липень, в серпні вона вища, ніж в червні. Тому мінімум буде зсунутий на кінець січня, а максимум – на кінець липня.

Крива річного ходу температури повітря – приклад одного з непрямих способів здобуття багаторічних значень деяких характеристик термічного режиму.

Так, кожна точка на такій кривій відповідає середній багаторічній добовій температурі повітря. За цих умов середньою пентадною або середньою декадною вважається температура, яка відповідає середині пентади (3, 8, 13, 18, 23, 28 число) або середині декади (5, 15, 25 число).

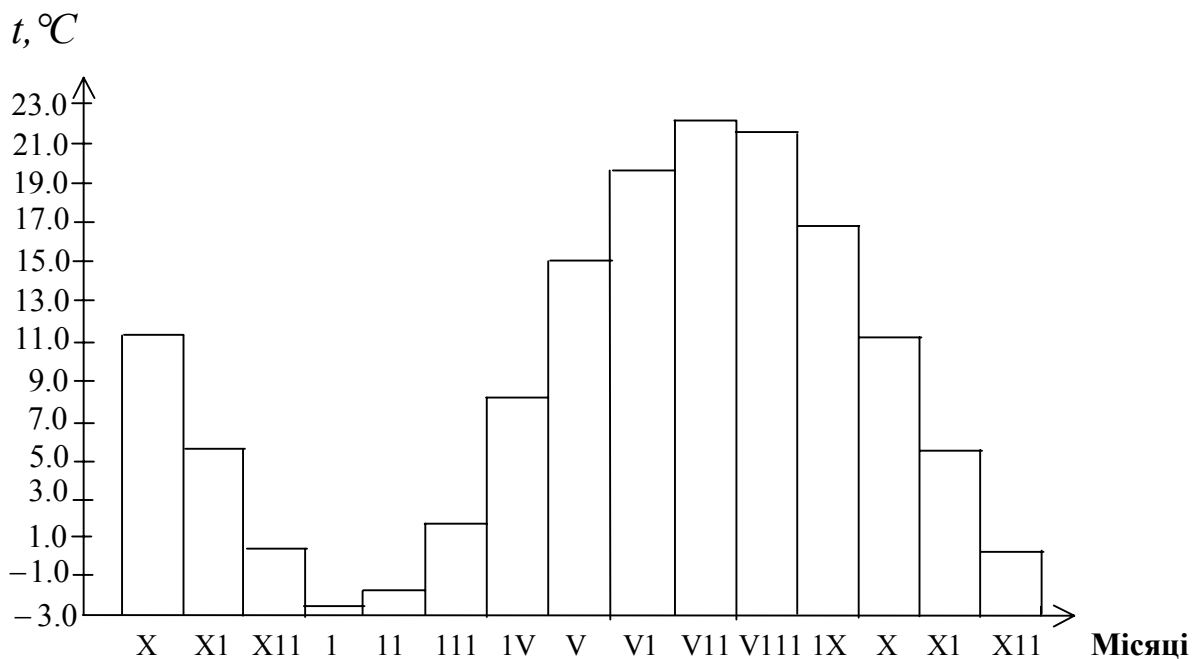


Рисунок 2.1 - Гістограма і крива річного ходу температури повітря в Одесі

Контролем правильності побудування кривої є рівність частки від ділення суми знятих шести пентадних значень на 6 (або суми знятих з кривої трьох декадних значень на 3) і середньої місячної температури повітря, по котрій виконувалось її побудування.

З кривої річного ходу температури повітря можна зняти такі показники:

- багаторічні середні добові, пентадні та декадні значення,
- дати переходу температури повітря через  $-20$ ,  $-15$ ,  $-10$ ,  $-5$ ,  $0$ ,  $5$ ,  $10$ ,  $15$ ,  $20^{\circ}\text{C}$  т.ін. та виконати підрахування кількості днів з температурою вище вказаних границь,
- дати приходу кліматичних сезонів та їх тривалість,
- дати початку та закінчення опалювального періоду, його тривалість і середню багаторічну температуру опалювального періоду,
- суми температур вище або нижче заданої границі.

Для того, щоб визначити дату переходу температури повітря через задану границю, треба на гістограмі (рисунок 2.1) з точки вертикальної осі, яка відповідає цій границі, провести пряму, паралельну осі  $x$ , до перетину з кривою річного ходу. Потім з точки перетину опустити перпендикуляр на вісь  $x$ , на якій зняти дату настання відповідної температури.

Середня кількість днів з температурою вище вказаних границь визначається як сума днів між відміченими датами, збільшена на одиницю.

Для того, щоб визначити дати настання кліматичних сезонів і їх тривалість, слід пам'ятати, що під *кліматичним сезоном* розуміють період зі стійким переходом середньої добової температури повітря через певні

границі. Так, *зима* – період зі стійким переходом температури через  $0^{\circ}\text{C}$  у бік зниження; *весна* – період із середніми добовими температурами від  $0^{\circ}\text{C}$  до  $15^{\circ}\text{C}$  (або до  $10^{\circ}\text{C}$  у місцевостях, які лежать вище  $55^{\circ}$  пн. ш.); *літо* – період із стійким переходом середньої добової температури через  $15^{\circ}\text{C}$  (або  $10^{\circ}\text{C}$ ) у бік зростання; *осінь* – період із середніми добовими температурами від  $15^{\circ}\text{C}$  (або  $10^{\circ}\text{C}$ ) до  $0^{\circ}\text{C}$ . Знаючи дати початку і закінчення сезону, неважко полічити його тривалість.

За *опалювальний період* прийнято період із стійким переходом середньої добової температури повітря через  $8^{\circ}\text{C}$  у бік зниження. Кількість днів між датами початку і закінчення опалювального періоду є його тривалість. По сумі температур нижче  $8^{\circ}\text{C}$  та тривалості опалювального періоду розраховується багаторічна середня температура опалювального періоду.

При визначенні суми температур вище (нижче) заданої границі слід пам'ятати, що ці суми надаються загальними за увесь період, а не по місяцях. Вони являють собою площі, котрі містяться між горизонтальною лінією, яка відповідає вказаній границі, і самою кривою. Зазвичай, визначають суми температур вище  $0^{\circ}\text{C}$ , які називають *активними*, і суми температур вище біологічного нуля ( $3^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$  або  $10^{\circ}\text{C}$ ; він для різних культур різний), котрі називають *ефективними температурами*. Суми активних, а також і ефективних температур, зазвичай, підраховують за весь теплий період (температури вище  $0^{\circ}\text{C}$ ), вегетаційний період (температури вище  $5^{\circ}\text{C}$ ) – за періоди з температурами вище  $10^{\circ}$ ,  $15^{\circ}$  та  $20^{\circ}\text{C}$ .

Для того, щоб підрахувати суми активних температур, наприклад, вище  $5^{\circ}$ ,  $10^{\circ}\text{C}$  і тощо необхідно вписати середні місячні температури всіх місяців з вищою, ніж дана границя, температурами, і середні температури двох суміжних місяців (весняного та осіннього) з температурою, яка не досягає даної границі.

Суми температур вище вказаної границі по місяцях підраховуються шляхом множення середніх місячних температур на кількість днів у місяці.

Для визначення суми температур вище вказаної границі у суміжних місяцях звертаються до гістограми: визначають кількість днів у кожному з цих місяців з температурою вище вказаної границі і середню температуру цих границь, а потім перемножують кількість днів на відповідні середні температури і дістають суму температур у цих місяцях.

Суму температур за весь період з середньою добовою температурою вище вказаної границі дістають шляхом сумування місячних сум, які входять у цей період. Аналогічно визначаються і суми температур нижче вказаної границі.

Таким чином, крива річного ходу температури є важливою характеристикою температурного режиму. Крім тих показників, про які вже йшла мова, вона ще дає уявлення про форму річного ходу температури повітря та річну амплітуду  $A$ .



На основі річної амплітуди, як різниці між середньою температурою найтеплішого і найхолоднішого місяців року, можна судити про ступінь *континентальності* клімату.

Форма кривої річного ходу температури дозволяє встановити настання найвищих і найнижчих температур у річному ході, швидкість їх наростання та спадання від місяця до місяця, а також ступінь симетричності східної і низхідної віток кривої.

Порівняння кривих річного ходу по окремих станціях іноді ускладнено відмінністю у річних амплітудах. Щоб вилучити вплив цього чинника використовується прийом, запропонований Кеппенем і Є.С.Рубінштейн. Так, для оцінки швидкості наростання (або зниження) температури можна використати різницю між її значеннями у сусідні (суміжні) місяці

$$\frac{t_{i+1} - t_i}{A} \cdot 100\% \quad (2.4)$$

або різницю температури у конкретний місяць і найхолодніший

$$\frac{t_i - t_{min}}{A} \cdot 100\% \quad (2.5)$$

у відносних одиницях – у відсотках по відношенню до річної амплітуди.

Порівняння форм річного ходу температури повітря на двох станціях у цьому випадку дозволить чітко виявити різницю між ними.

Нарешті, слід зазначити, що останнім часом в ГГО визначення дат стійкого переходу температури через задані границі кожного року здійснюється за допомогою графіка "ступінчастого тренду" річного ходу температури на станції, котрий будується по середніх добових значеннях температури повітря.

## 2.5 Розрахунок дат першого і останнього морозу

За дату першого морозу восени або останнього морозу весною приймається день, коли на фоні додатньої середньої добової температури повітря хоч би в один із строків по мінімальному термометру в психрометричній будці була відмічена від'ємна температура. Проміжок часу між датами останнього та першого морозу називається безморозним періодом. Названі характеристики – важливі показники клімату. Вони мають велику мінливість як від року до року так і по території, і для того, щоб дістати надійні показники по них необхідні довгі ряди спостережень по мінімальному термометру.

По ряду дат першого і останнього морозу, зазвичай, встановлюють середню і крайню. Якщо ряди спостережень не менш 25 років, тоді середні дати визначаються шляхом безпосередніх підрахунків: коли всі дати приходяться на один місяць, то їх сумують і ділять на кількість років; коли ж дати приходяться на різні (сусідні) місяці, то з усього ряду дат вибирають найранішу знаходять відхилення від неї інших дат і осереднюють ці відхилення. Середню дату тоді встановлюють додатком розрахованого середнього відхилення до вибраної найранішої дати. Крайні дати визначають шляхом простої вибірки.

Кількість днів між середніми датами останнього морозу весною та першого морозу восени є середня багаторічна тривалість безморозного періоду. Найбільша і найменша тривалість безморозного періоду вибирається з даних за окремі роки, а не з різниці крайніх дат, оскільки мало ймовірно, щоб крайні дати припадали на один і той же рік.

Якщо ж ряди спостережень короткі (менш 20 років), тоді середні дати дістають непрямым шляхом, а крайні дати не вибираються.

Треба зазначити, що велика мінливість дат першого і останнього морозу по території (зазвичай, на відстані 6 – 10 км між станціями вже ніякого зв'язку між датами нема) виключає можливість використання для розрахунку середніх дат на короткорядній станції методу різниць або методу відношень. Тому в основу непрямого методу, розробленого С.А.Сапожниковою, покладено тісний кореляційний зв'язок між середніми датами першого або останнього морозу та середньою мінімальною температурою того місяця, в якому ці заморозки відбувались. Характер такого зв'язку зберігається на значних по площі територіях. І для встановлення цього зв'язку будуються кореляційні графіки по даних довгорядних (не менше 25 років) метеорологічних станцій на території, що розглядається. Графіки будуються окремо для дат першого і останнього морозу. При цьому, на осі абсцис відкладають (в масштабі 5 днів – 1 см) багаторічні середні дати першого або останнього морозу, а на осі ординат (в масштабі 1°C – 1 см) середні мінімальні температури повітря того місяця, на котрий приходяться дати по більшості вибраних станцій (рисунки 2.2 і 2.3).

Дані по середніх датах і багаторічних середніх мінімальних температурах кожної довгорядної станції наносяться на графіки у вигляді точок з позначенням номера станції. Через сукупність точок проводиться лінія залежності середнього мінімуму температури повітря і дати першого або останнього морозу. Такого роду залежність іноді виражається кривою лінією.

Необхідно пам'ятати, що побудованими графіками для розрахунку середніх багаторічних дат першого і останнього морозу на короткорядній станції можна користатись тільки тоді, коли на ній буде визначена (шляхом приведення) багаторічна середня мінімальна температура повітря

того місяця, значення якого наносились на графік. Приведення середньої мінімальної температури повітря (весняного та осіннього місяця) виконується, зазвичай, методом різниць, який вже було викладено вище. Знаючи багаторічні середні мінімальні значення температури повітря на короткорядній станції (відповідно для осені і весни) за допомогою графіків, знаходять середні дати першого і останнього морозу на цій станції.

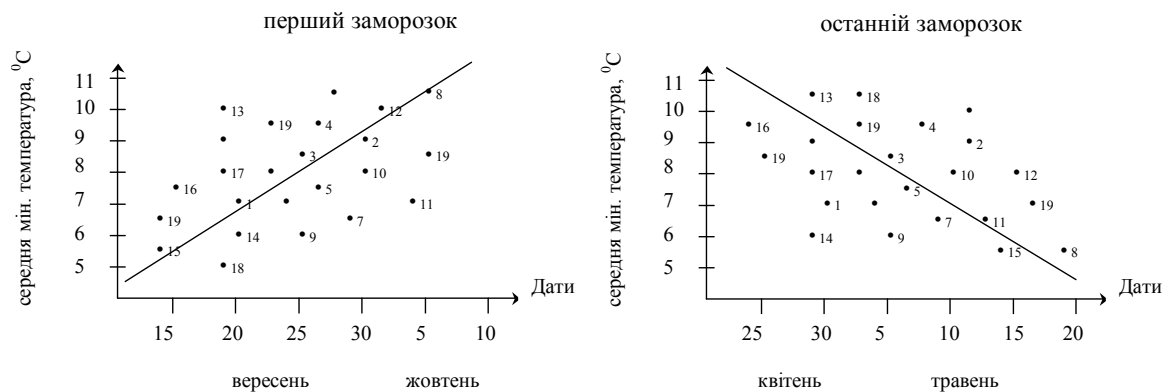


Рисунок 2.2 – Приклад зв’язку між датами першого морозу і середніми мінімальними температурами

Лінію залежності між середніми мінімальними температурами і середніми датами першого або останнього морозу можна апроксимувати лінією регресії. У разі лінійної залежності  $y=ax+b$ , де  $y$  – середня багаторічна дата,  $x$  – багаторічна середня мінімальна температура повітря. Для побудови цього рівняння треба за допомогою коефіцієнта кореляції  $r_{xy}$  встановити ступінь зв’язку між перемінними, що розглядаються, перевірити його статистичну значущість і, якщо  $r_{xy}$  статистично зачущий, то розрахувати коефіцієнти рівняння регресії  $a$  і  $b$ .

Якісне уявлення про вид і тісноту кореляційного зв’язку надає кореляційний графік.

Розглянемо порядок виконання цієї роботи на прикладі першого заморозку по станціях півдня України (таблиця 2.3).

Коефіцієнт кореляції можна розрахувати згідно з формулою

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{n S_x S_y}. \quad (2.6)$$

Таблиця 2.3 – Порядок розрахування коефіцієнта кореляції  $r_{xy}$

| № п/п   | Станція       | $x_i$ | $y_i$ | $x_i - \bar{x}$ | $y_i - \bar{y}$ | $(x_i - \bar{x})^2$ | $(y_i - \bar{y})^2$ | $(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})$ |
|---|---------------|-------|-------|-----------------|-----------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|
| 1   | Любашівка     | 4.4   | 13.X  | -1.2            | -5              | 1.44                | 25                  | 6.0                              |
| 2   | Затишся       | 5.8   | 20.X  | -0.2            | 2               | 0.04                | 4                   | -0.4                             |
| 3   | Сербка        | 5.2   | 12.X  | -0.4            | -6              | 0.16                | 36                  | 2.4                              |
| 4   | Роздільна     | 6.0   | 25.X  | 0.4             | 7               | 0.16                | 49                  | 2.8                              |
| 5   | Одеса, агро   | 6.5   | 24.X  | 0.9             | 6               | 0.81                | 36                  | 5.4                              |
| 6   | Сарата        | 5.7   | 14.X  | 0.1             | -4              | 0.01                | 16                  | -0.4                             |
| 7   | Базар'янка    | 6.5   | 19.X  | 0.9             | 1               | 0.81                | 1                   | 0.9                              |
| 8   | Болград       | 6.5   | 19.X  | 0.9             | 1               | 0.81                | 1                   | 0.9                              |
| 9   | Ізмаїл        | 6.8   | 26.X  | 1.2             | 8               | 1.44                | 64                  | 9.6                              |
| 10  | Першомайськ   | 4.6   | 10.X  | -1.0            | -8              | 1.00                | 64                  | 8.0                              |
| 11  | Мігея         | 3.9   | 6.X   | -1.7            | -12             | 2.89                | 144                 | 20.4                             |
| 12  | Вознесенськ   | 5.1   | 10.X  | -0.5            | -8              | 0.25                | 64                  | 4.0                              |
| 13  | Баштанка      | 4.1   | 11.X  | -1.5            | -7              | 2.25                | 49                  | 10.5                             |
| 14  | Миколаїв      | 6.3   | 23.X  | 0.7             | 9               | 0.49                | 81                  | 5.4                              |
| 15  | Тіл-Березанка | 5.2   | 12.X  | -0.4            | -6              | 0.16                | 36                  | 2.4                              |
| 16  | В.Олександр.  | 5.1   | 16.X  | -0.5            | -2              | 0.25                | 4                   | 1.0                              |
| 17  | Ниж.Сірогози  | 4.6   | 12.X  | -1.0            | -6              | 1.00                | 36                  | 6.0                              |
| 18  | Берислав      | 5.3   | 11.X  | -0.3            | -7              | 0.09                | 49                  | 2.7                              |
| 19  | Херсон, агро  | 5.7   | 16.X  | 0.1             | -2              | 0.01                | 4                   | -0.2                             |
| 20  | Херсон, порт  | 6.6   | 30.X  | 1.0             | 12              | 1.00                | 144                 | 12.0                             |
| 21  | Асканія Нова  | 4.4   | 15.X  | -1.2            | -3              | 1.44                | 9                   | 3.6                              |
| 22  | Бехтери       | 6.2   | 23.X  | 0.6             | 5               | 0.36                | 25                  | 3.0                              |
| 23  | Н.Олексіївка  | 5.6   | 16.X  | 0.0             | -2              | 0.00                | 4                   | 0.0                              |
| 24  | Геничеськ     | 7.5   | 28.X  | 1.9             | 10              | 3.61                | 100                 | 19.0                             |
| 25  | Скадовськ     | 7.3   | 29.X  | 1.7             | 11              | 2.89                | 121                 | 18.7                             |
| Сума  |               | 140.9 | 444   | -               | -               | 23.37               | 1166                | 143.7                            |
| Середнє   |               | 5.6   | 18.X  | -               | -               | -                   | -                   | -                                |
| $n = 25; S_x = 0.96; S_y = 6.83; r_{xy} = 0.87$ |               |       |       |                 |                 |                     |                     |                                  |

Перевірка значущості коефіцієнта кореляції починається з того, що формулюються:

нульова гіпотеза  $H_0$ : генеральне значення коефіцієнта кореляції  $\rho$  є статистично незначущим і

альтернативна гіпотеза  $H_1$ : генеральне значення коефіцієнта кореляції  $\rho$  є статистично значущим.

За допомогою критерію Стюдента  $t$  виконується перевірка нульової гіпотези за умови, що об'єм вибірки  $n \leq 50$

$$t = \frac{|\mathcal{F}|}{\sigma_z},$$

$$\sigma_z = \frac{1}{\sqrt{n-3}},$$

$$\mathcal{F} = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r_{xy}}{1-r_{xy}}.$$

де  $\mathcal{F}$  – оцінка перетворення Фішера.

Порівнюючи розраховане значення критерію  $t$  з його критичним значенням  $t_{кр}(\alpha, \nu)$ , приймають або відхиляють нульову гіпотезу на заданому рівні значущості  $\alpha$ . У даному прикладі на рівні значущості  $\alpha = 0.05$  і числі ступенів волі  $\nu = 24$  ( $\nu = n-1$ ),  $t_{кр}(\alpha, \nu) = 2.06$ , тобто  $t > t_{кр}(\alpha, \nu)$ , а це означає, що нульова гіпотеза відхиляється і приймається альтернативна гіпотеза про те, що коефіцієнт кореляції статистично значущий і можна побудувати лінійне рівняння регресії.

Розрахунок коефіцієнтів  $a$  і  $b$  рівняння регресії виконується за методом найменших квадратів:

$$a = \frac{S_y}{S_x} r_{xy},$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}.$$

У наведеному прикладі  $a = 6.2$ ,  $b = -16.7$ .

Перевірка статистичної значущості цих коефіцієнтів також виконується за допомогою критерію  $t$

$$t = \frac{|a|}{\sigma_a},$$

$$\sigma_a = \frac{S_y}{S_x} \sigma_r,$$

$$\sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n}},$$

$$t = \frac{|b|}{\sigma_b},$$

$$\sigma_b = \frac{S_y}{\sqrt{n}} \left[ 1 + \frac{1}{C_{V_x}^2} \right]^{\frac{1}{2}},$$

$$C_{V_x} = \frac{S_x}{|\bar{x}|}.$$

Розрахунки, які проведені згідно з даними формулами, показали, що  $\sigma_a = 0.36$ ,  $\sigma_r = 0.05$ ,  $C_{V_x} = 0.17$ ,  $\sigma_b = 8.02$ ,  $t_a = 17.2$ ,  $t_b = 2.08$ . Табличне значення  $t_{кр}(\alpha, \nu) = 2.06$  для  $\alpha = 0.05$ ,  $\nu = 24$  ( $\nu = n - 1$ ).

Таким чином,  $t > t_{кр}(\alpha, \nu)$ ; тому нульова гіпотеза  $H_0$  про незначущість коефіцієнтів регресії  $a$  і  $b$  відхиляється й приймається альтернативна гіпотеза  $H_1$ : коефіцієнти  $a = 6.2$  і  $b = -16.7$  статистично значущі на рівні значущості  $\alpha = 0.05$ . Тоді лінійне рівняння регресії має вигляд

$$Y = 6.2 X - 16.7.$$

Перевірку його можна виконати на залежному матеріалі вихідних даних. Так, наприклад, якщо багаторічна середня мінімальна температура повітря на станції Нижні Сірогози становить  $4.6^\circ\text{C}$ , то багаторічна дата початку заморозків на ній приходить (згідно з рівнянням регресії) на 12 жовтня, що співпадає з вихідними даними. Похибки можуть становити 1 – 2 дні: на станції Бехтери по рівнянню регресії ця дата приходить на 22 жовтня, а по вихідних даних – на 23 жовтня. І для будь-якої станції з короткими рядами спостережень, яка розташована на даній території, можна здобути багаторічну дату початку заморозків на ній по її багаторічній мінімальній температурі, яка теж має бути приведеною.

## 2.6 Мінімальні і максимальні температури повітря

До показників, що характеризують екстремальні значення температури, належать середні мінімальні і середні максимальні, а також абсолютні мінімальні і абсолютні максимальні температури повітря.

Слід зазначити, що, перш ніж переходити до розрахунку цих показників, необхідно виконати аналіз однорідності рядів мінімальних і максимальних температур, навіть у тому випадку, коли вже встановлена однорідність ряду середніх добових температур. Це визвано тим, що екстремальні і середні добові температури неоднаково реагують на зміну типу будки, перенос станції і інші причини, які визивають неоднорідність рядів.

Аналіз однорідності рядів екстремальних температур виконується методом різниць.

Середні мінімальні температури розраховуються для кожного місяця із щоденних показань мінімального термометра і дають уявлення про середню температуру повітря в найбільш холодну частину доби даного місяця.

Середні максимальні температури, які дають уявлення про середню температуру повітря в найбільш теплу частину доби, мають розраховуватись із щоденних показань максимального термометра.

Як середні мінімальні, так і середні максимальні температури на короткорядних станціях можуть приводитись до станцій, що мають довгі ряди спостережень, методом різниць.

Абсолютні мінімальні і максимальні температури повітря характеризують найнижчі і найвищі межі, яких досягала температура на даній станції за багаторічний період спостережень. Абсолютні мінімуми і максимуми температури вибираються із спостережень на даній станції за окремі місяці і за рік у цілому.

Слід підкреслити, що показники мають практичний інтерес тільки у тих випадках, коли вони здобуті на основі довгих рядів спостережень. Іноді є можливість збільшити цінність цих показників приведенням короткорядних рядів до довгих.

Для приведення абсолютного максимуму і мінімуму температури до довгого ряду можна обчислити різниці між відповідними екстремальними температурами на короткорядній і опорній станціях за кожний рік і використовувати середні різниці для уточнення екстремумів на короткорядній станції. Такий метод приведення дає суттєве уточнення екстремумів на короткорядній станції за умови, що обидві станції знаходяться на невеликій відстані одна від одної і суттєво не розрізняються по характеру місцеположення. В умовах гірської країни приведення слід застосовувати дуже обережно, враховуючи вплив гірського рельєфу на температурний режим.

Після приведення даних всіх станцій до довгого ряду слід приведені мінімуми, а також максимуми, що вибрані безпосередньо з рядів спостережень по станціях даного району, нанести на карту і проаналізувати, враховуючи особливості місцеположення станції. Так, найбільш низькі значення мінімумів мають бути в долинах, найбільш високі – на схилах. У пунктах, що розташовані на схилах, навіть на великих висотах, за умови доброго стоку повітря абсолютні мінімуми можуть бути вищими, ніж на значно нижче розташованих плато або в котловинах.

Часто є і інша можливість здобути достатньо надійні екстремальні температури на короткорядній станції. Якщо при аналізі спостережень на декількох опорних станціях в межах даного району виявляється, що абсолютний мінімум або абсолютний максимум температури приходить на той же рік, коли проводились спостереження і на короткорядній станції, розташованій в межах того ж району, то дані цієї станції можуть бути безпосередньо використані для вибірки абсолютного мінімуму або максимуму температури.

Через те, що абсолютний мінімум або максимум на довгорядних станціях часто приходить на роки, які виходять за межі періоду короткорядних станцій, слід вибрати другий по величині мінімум або

максимум і оцінювати екстремуми короткорядних станцій по відношенню до нього також, як і по відношенню до першого.

Абсолютні місячні максимуми і мінімуми, що розраховані за період 50 – 70 років або приведені до цього періоду, можна вважати достатньо стійкими.

Для характеристики режиму екстремальних температур використовується ще один показник – середнє з абсолютних мінімумів або максимумів. Він розраховується з багаторічного ряду спостережень за окремі місяці і за рік в цілому. На відміну від абсолютних мінімумів (максимумів), які спостерігаються порівняно рідко, середнє з абсолютних мінімумів (максимумів) дає уявлення про ту найнижчу (найвищу) температуру, котру можна очікувати щорічно. До довгого ряду років ця характеристика також приводиться методом різниць.

## **2.7 Обробка температури ґрунту**

Кліматичні характеристики температури ґрунту в цілому аналогічні кліматичним характеристикам температури повітря. Методики їх розрахунку відрізняються від методик розрахунку характеристик повітря використанням більш коротких рядів, відсутністю в деяких випадках даних за холодне півріччя, урахуванням типу ґрунту, на якому ведуться спостереження.

Відомо, що методика спостережень за температурою ґрунту декілька разів змінювалась, тому ці ряди короткі (доброякісні – лише з 1947 року).

Вид ґрунту, зазвичай, позначається в таблицях, де надаються кліматичні характеристики. Розрізняють, наприклад, суглинисті, супіскові т.ін.

На глибинах 5, 10, 15 і 20 см взимку, коли ґрунт промерзає, спостереження не ведуться (по колінчастих термометрах) і кліматичні характеристики не розраховуються. По глибинно-витяжних термометрах температура ґрунту визначається на протязі всього року (0.4; 0.8; 1.6 і 3.2). Для цих глибин обчислюється середня кількість днів, на протязі яких в даному місяці і за рік спостерігається температура ґрунту не вища 0°C. Крім того, визначається глибина проникання температури 0°C у ґрунт, по якій можна уявити товщину промерзання шару ґрунту, хоча вона, зазвичай, декілька більша за глибину промерзання ґрунту.

## **2.8 Питання для самоконтролю і завдання**



### *Питання для самоконтролю*

1. Назвіть основні кліматичні показники температури повітря.
2. Що таке “істинна” середня добова температура повітря?
3. За який період доцільно розраховувати середні значення по строках (за окремі години доби)?
4. Як розраховується середня добова температура повітря конкретного дня?
5. Як розраховується багаторічна середня добова температура повітря?
6. На основі яких даних розраховується середня місячна температура повітря конкретного року?
7. Як розраховується багаторічна середня місячна температура повітря?
8. Як визначають річну амплітуду температури повітря?
9. Як визначається найвища температура повітря можлива на станції щорічно?
10. Як визначається найнижча температура повітря можлива на станції щорічно?
11. Для чого використовується “метод різниць”? У чому полягає його суть?
12. Назвіть непрямі методи розрахунку багаторічної середньої місячної температури повітря на короткорядних станціях.
13. Що таке кліматичні сезони?
14. Як визначають середню дату початку і кінця кліматичних сезонів?
15. У чому суть побудовання кривої річного ходу температури за методом А.А.Шепелевського?
16. Які показники можна зняти з кривої річного ходу температури повітря?
17. Яка дата прийнята за дату початку весни в кліматології?
18. Яка дата прийнята за дату початку зими в кліматології?
19. Яка дата прийнята за дату початку літа в кліматології?
20. Яка дата прийнята за дату початку осені в кліматології?
21. Яка дата прийнята за дату початку опалювального періоду?
22. Що таке активні і ефективні температури? Як їх визначити?
23. Як розрахувати дати першого і останнього морозу на короткорядній станції?
24. На чому будується непрямий метод розрахунку багаторічних середніх дат першого (останнього) морозу на короткорядній станції (метод С.А.Сапожникової)?
25. Які показники характеризують екстремальні значення температури повітря?
26. Особливості обробки температури ґрунту.

### *Завдання*

**Завдання 1.** По методу А.А.Шепелевського побудувати криву річного ходу на основі багаторічних значень середньої місячної температури повітря. Визначити:

- а) багаторічні середні місячні значення температури за окремі дні, декади, пентади;
- б) дати початку і кінця кліматичних сезонів, а також їх тривалість;
- в) суми активних і ефективних температур.

Виконання завдання проводиться по даних “Справочника по клімату СССР” ч. 2, вип. 10, таблиця 1.

**Завдання 2.** Визначити дати першого і останнього морозу на короткорядній станції по методу С.А.Сапожникової. Для цього треба:

- дослідити кореляційну залежність між датами першого (останнього) морозу і мінімальними температурами повітря:
  - а) побудувати кореляційні графіки для дат першого і останнього морозу (таблиці Б.1 і Б.2);
  - б) розрахувати коефіцієнти кореляції та оцінити їх статистичну значущість на рівні значущості  $\alpha = 0.05$  (критичні значення критерію Стюдента наведено в таблиці Б.3);
  - в) розрахувати і перевірити статистичну значущість коефіцієнтів лінійних рівнянь регресії  $a$  і  $b$ ;
  - г) записати здобуті рівняння;
- перевірити точність отриманих лінійних рівнянь регресії на основі вихідних даних.

### 3 Кліматологічна обробка опадів і снігового покриву

Атмосферні опади і сніговий покрив – важливі показники клімату. Вони являють собою основне джерело зволоження суші.

Дані з опадів і снігового покриву широко використовуються в наукових дослідженнях та практичній діяльності людини. Так, при проектуванні та будівництві гідротехнічних, промислових і житлових споруд, при обслуговуванні автомобільного і залізничного транспорту, в сільському господарстві, авіації, курортології, а також при плануванні заходів меліорації клімату (облаштування зрошувальних систем, осушення боліт, створення водосховищ та т.ін.) необхідні відомості про режим опадів і снігового покриву.

У кліматології для задоволення потреб практики розроблені методи, які дозволяють здобути найрізноманітніші кількісні показники стану атмосфери. Усі характеристики опадів поділено на три групи: з кількості, частоти випадіння та тривалості. На відміну від інших метеорологічних величин кількість опадів не розглядається по строках, а тільки в добовому розрізі. Крім того, опади обробляються і як явище (їх наявність або відсутність). Дані з снігового покриву наведені, головним чином, декадними його висотами і датами залягання.

У теперішній час використовуються наступні характеристики опадів:

- місячні, сезонні і річні суми опадів, їх суми за теплий та холодний періоди;
- декадні, пентадні та добові суми опадів;
- інтенсивність опадів;
- число днів з опадами різної кількості і загальне число днів з опадами;
- співвідношення між твердими, рідкими та змішаними опадами;
- середня і максимальна тривалість опадів;
- різні характеристики зливних опадів.

Відзначимо, що точність вимірювання твердих та рідких опадів не однакова: тверді опади визначаються менш надійно. Це викликало необхідність поділу року на теплий та холодний періоди, який визначено переважанням в них рідких або твердих опадів. До холодного віднесені місяці з листопаду по березень, до теплого – з квітня по жовтень.

Характеристики снігового покриву наступні:

- середня і максимальна за зиму декадна висота снігового покриву;
- число днів з сніговим покривом по декадах т.ін.;
- дати залягання снігового покриву.

Ці показники надаються у вигляді середніх багаторічних величин і їх максимальними значеннями. Майже з усіх характеристик розраховуються ймовірності окремих значень або забезпеченість значень вище або нижче заданої границі.

Кожну із вказаних характеристик дістають шляхом спеціальних заходів кліматологічної обробки і використанням статистичних методів. Оброблені за багаторічний період вони наведені в кліматологічних довідниках.

### **3.1 Обробка опадів**

#### **3.1.1 Аналіз однорідності кліматологічних рядів опадів**

Ряди метеорологічних величин, що являють собою головне джерело здобуття кліматичних характеристик, мають відповідати вимогам, одною з яких є однорідність, тобто всі величини ряду мають належати одній генеральній сукупності. Порушення однорідності може бути викликане декількома причинами: перенесенням станції або метеорологічної площадки, зміною системи приладів або методики спостережень, змінами навколишньої місцевості, тобто йдеться про зміну умов проведення спостереження.

У рядах опадів порушення однорідності може бути пов'язане з усіма названими причинами.

Зміни навколишнього оточення (забудова, збільшення висоти насаджень біля метеоплощадок т.ін.) приводило до необхідності перенесення станції або метеорологічної площадки інколи на значну відстань. Особливо часто перенесення площадок відбувалося на постах. І якщо вони розташовані в гірській місцевості, то порушити однорідність може не тільки відстань, а й зміна висоти і експозиції схилів. На території України сітка опадомірних постів значно густіша в Карпатах і перенесення їх тут – явище порівняно часте.

Порушення однорідності, яке викликане цією причиною, може бути усунено методом побудови кореляційних графіків для сусідніх станцій (що переносилась і реперної), що було, зокрема, зроблено при складанні кліматичних довідників. Цей метод в кліматології відомий під назвою “метод відношень”.

Друга причина порушення однорідності в рядах опадів пов'язана зі зміною приладу вимірювання опадів: на початку 50-х років дощомір із захистом Ніфера було замінено на опадкомір Третьякова. Різниця систем захисту дощомірного відра (суцільна у дощоміра і пластинкоподібна у

опадоміра) могли відбитись на таких процесах, як надування та видування опадів, головним чином, твердих.

Для усунення неоднорідності були визначені поправки на основі паралельних спостережень на протязі деякого часу по дощоміру і опадоміру. Ці поправки також були враховані при складанні довідника.

І, нарешті, третя можлива причина порушення однорідності в ряду опадів могла бути викликана введенням поправки "на змочування" з січня 1967 р. Її ввели, щоб уникнути втрат невеликої кількості води, що залишається на стінках дощомірного відра під час зливу в мірний стакан. Ця поправка становить 0.2 мм.

Найбільш імовірно порушення однорідності в зв'язку з введенням цієї поправки в місцях з великим числом днів з опадами (це, головним чином, в зимовий час).

Введення опадоміра зменшило, але не усунуло недоурахування опадів. І тому розроблено ще декілька видів поправок до опадів, що вимірюються. Це "вітрова" поправка, поправка "на заметіль", поправка "на випаровування". "Вітрова" поправка визначається вітровим коефіцієнтом, який залежить від швидкості вітру на рівні приймального створу опадоміра і від розмірів крапель, а для твердих та змішаних опадів ще й від температури повітря. Для періоду випадіння твердих опадів вітровий коефіцієнт помножують на кількість снігу дефляційного походження, який проходить зверху вниз через горизонтальну поверхню на рівні опадоміра, і дістають поправку "на заметіль". Обидві ці поправки визначаються найменш надійно і вводяться лише у випадку включення опадів до воднобалансових розрахунків.

Таким чином, обробку рядів опадів слід починати з аналізу їх однорідності. Час переносу станції або метеорологічної площадки, заміна приладів фіксується в історії станції, а поправка "на змочування" почала вводиться на всіх станціях одночасно. Тому момент можливого порушення однорідності може бути чітко визначено. І для перевірки цього припущення, зазвичай, використовують статистичні методи: за допомогою критерію Вілкоксона (інверсійного і рангового), рангового критерію Крускала – Уоліса, критерію Колмогорова. Останній є основою розробленого в ГГО методу "ступінчастого тренда", який також застосовується для аналізу однорідності метеорологічних рядів, що і було зроблено при складанні науково-практичного довідника з клімату.

Суть методу полягає в тому, що кожному члену хронологічного ряду надають свій порядковий номер. Ряд нумерується від 1 до  $N$  і порядкові номери дають всім членам ряду незалежно від того, що за якийсь рік або ряд років спостереження відсутні.

Потім весь діапазон значень величин ряду розбивають на рівні градації. Число градацій ряду  $k$  визначають за формулою:

$$k = \sqrt{N} . \quad (3.1)$$

Значення метеорологічної величини розносяться по градаціях послідовно, а потім кожне з них замінюється відповідним номером хронологічного ряду. У кожній градації, таким чином, утворюється група номерів, що зростають. Номера мають той же розподіл по градаціях, що і значення метеорологічної величини.

Відомо, що часовий ряд можна навести у вигляді

$$X(T) = M(T) + \sigma(T) \cdot \xi(T), \quad (3.2)$$

де  $X(T)$  – процес змінювання метеорологічної величини  $X$ ;  $M(T)$  і  $\sigma(T)$  – математичне сподівання і середній квадратичний відхил процесу відповідно;  $\xi(T)$  – нормований стаціонарний випадковий процес з нульовим математичним сподіванням і одиничною дисперсією ( $M\xi = 0, D\xi = 1$ ).

Якщо величина  $X(T)$  стаціонарна, то її розподіл такий же, як і розподіл величини  $\xi(T)$ , а номери в кожній градації мають розташуватись у строгій послідовності, кожний наступний має відрізнятись від попереднього на 1. У дійсності така послідовність порушується, але ряд можна вважати однорідним, якщо різниця між номерами невелика.

Гранично допустима (критична) різниця між номерами в кожній градації перевіряється за допомогою критерію Колмогорова.

Різниця між номерами, що знаходяться поряд, розглядається як різниця між значеннями функції розподілу величин  $X$  і  $\xi$ . Тоді, згідно з критерієм Колмогорова, вираз критичної різниці між номерами ряду в кожній градації має вигляд

$$d_{кр} = \frac{\lambda_{кр} \cdot N_k}{\sqrt{n_k}}, \quad (3.3)$$

де  $\lambda_{кр}$  – статистика Колмогорова;  $N_k$  – останній номер, який попав у цю градацію;  $n_k$  – кількість номерів у градації.

Значення критерію узгодження Колмогорова  $\lambda_{кр}$  вибирається в залежності від заданої ймовірності. Нижче надано деякі значення  $\lambda_{кр}$ , які відповідають різній ймовірності:

|                |       |       |       |       |       |       |       |        |
|----------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| $p \%$         | 99.9  | 95    | 90    | 50    | 10    | 5     | 0.1   | 0.1    |
| $\lambda_{кр}$ | 0.374 | 0.520 | 0.571 | 0.828 | 1.224 | 1.358 | 1.627 | 1.950. |

Порівнюючи різницю між номерами в кожній градації, можна виділити розриви в номерах, які перевищують  $\lambda_{кр}$ . Ці розриви вказують на порушення однорідності ряду. Однак, щоб встановити початок періоду порушення однорідності, треба зіставити такі порушення по всіх градаціях.

Порівняння пари номерів, різниця між якими перевищує  $\lambda_{кр}$ , зручніше проводити графічно. На рисунку 3.1 надано графік побудови "ступінчастого тренда".

З усіх градацій вибирають пари номерів, різниця між якими перевищує  $\lambda_{кр}$ , і розташовують на числовій осі, причому наноску здійснюють різною розміткою. Перший член пари наноситься круглою, а другий – квадратною дужкою. Далі послідовно розглядають всі нанесені на числову вісь квадратні дужки і вибирають тільки ті з них, перед якими знаходиться хоча б одна кругла дужка. Порядковий номер, що відповідає квадратній дужці першої пари, являє собою перший рік порушення однорідності. Наступна по порядку квадратна дужка, яка має перед собою круглу, показує друге порушення однорідності т.ін.

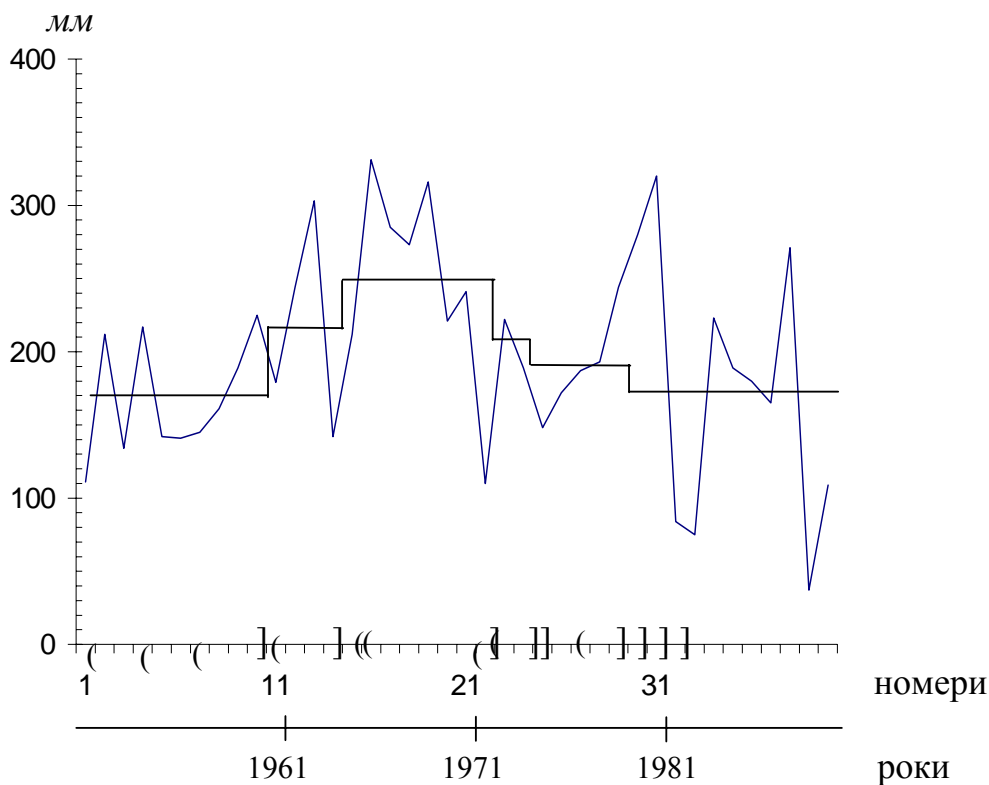


Рисунок 3.1 – Графік "ступінчастого тренда"

Після того, як визначено всі стаціонарні ділянки, проводиться осереднення значень метеорологічної величини в межах кожної ділянки і будується ступінчастий графік ("ступінчастий тренд").

Величина сходинки дозволяє кількісно судити про ступінь неоднорідності ряду. Слід зазначити, що твердження про неоднорідність не є категоричним, а має деяку заздалегідь встановлену ймовірність. Вибір ймовірності визначається задачею, для розв'язання якої використовуються кліматичні характеристики ряду з урахуванням відповідної функції ризику.

Таким чином, при виборі кількості інтервалів значення ряду об'єднуються в найбільш однорідні групи.

Пояснимо викладене на прикладі таблиць 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 – Суми опадів за холодний період і їх порядкові номери. 1951 – 1990. Одеса

| Порядковий номер | Рік  | Опади, мм | Порядковий номер | Рік  | Опади, мм |
|------------------|------|-----------|------------------|------|-----------|
| 1                | 1951 | 111       | 21               | 1971 | 241       |
| 2                | 1952 | 212       | 22               | 1972 | 110       |
| 3                | 1953 | 134       | 23               | 1973 | 222       |
| 4                | 1954 | 217       | 24               | 1974 | 189       |
| 5                | 1955 | 142       | 25               | 1975 | 148       |
| 6                | 1956 | 141       | 26               | 1976 | 172       |
| 7                | 1957 | 145       | 27               | 1977 | 187       |
| 8                | 1958 | 161       | 28               | 1978 | 193       |
| 9                | 1959 | 189       | 29               | 1979 | 244       |
| 10               | 1960 | 225       | 30               | 1980 | 280       |
| 11               | 1961 | 179       | 31               | 1981 | 320       |
| 12               | 1962 | 244       | 32               | 1982 | 84        |
| 13               | 1963 | 303       | 33               | 1983 | 75        |
| 14               | 1964 | 142       | 34               | 1984 | 223       |
| 15               | 1965 | 212       | 35               | 1985 | 189       |
| 16               | 1966 | 331       | 36               | 1986 | 180       |



Продовження таблиці 3.1

|    |      |     |    |      |     |
|----|------|-----|----|------|-----|
| 17 | 1967 | 285 | 37 | 1987 | 165 |
| 18 | 1968 | 273 | 38 | 1988 | 271 |
| 19 | 1969 | 316 | 39 | 1989 | 37  |
| 20 | 1970 | 221 | 40 | 1990 | 109 |

Таблиця 3.2 – Порядок розрахунку критичної різниці  $d_{кр}$

| Градації         | Порядкові номери років                           | $d_{кр}$ |
|------------------|--|----------|
| 37 – 76          | 33, 39   | 14       |
| 77 – 116         | $\widehat{1, 22, 32, 40}$                        | 10       |
| 117 – 156        | 3, 5, 6, $\widehat{7, 14, 25}$                   | 5        |
| 157 – 196        | 8, 9, $\widehat{11, 24, 26, 27, 28, 35, 36, 37}$ | 6        |
| 197 – 236        | 2, 4, 10, 15, 20, 21, $\widehat{23, 34}$         | 6        |
| 237 – 276        | 12, $\widehat{18, 29, 38}$                       | 10       |
| 277 – 316        | 13, 17, $\widehat{19, 30}$                       | 8        |
| 317 – 356        | $\widehat{16, 31}$                               | 12       |
| $\lambda = 0.52$ |  |          |

Позначені зверху пари номерів, різниця між якими перевищує  $d_{кр}$  у кожній градації, розташовують на числовій осі круглими і квадратними дужками і визначають роки можливих порушень однорідності і стаціонарні ділянки, в межах яких проводиться осереднення і будується ступінчастий графік (рисунок 3.1). У подальшому треба оцінити статистичну значущість цієї різниці за допомогою будь-якого непараметричного критерію, наприклад, критерію Вілкоксона.

### 3.1.2 Основні кліматичні показники кількості опадів

Найбільше число показників припадає на кількість опадів. Після перевірки вихідних рядів на однорідність і усунення неоднорідності розраховують кліматичні показники кількості опадів, які, перш за все, надаються у вигляді сум за різні проміжки часу. Найбільш стисла і інформаційна характеристика зволоження – це багаторічні середні місячні, сезонні і річні суми опадів, які широко використовуються в картографічних роботах, при оперативному обслуговуванні різних сфер діяльності людини; вони необхідні при врахуванні приходної частини вологообігу і воднобалансових розрахунках; відносно них оцінюють аномалії в режимі опадів конкретних років і на їх основі можна отримати інші характеристики, зокрема, декадні і пентадні суми. У вигляді середніх надають також місячну кількість рідких, твердих і змішаних опадів.

Крім середніх обчислюють характеристики мінливості у вигляді середнього квадратичного відхилення і коефіцієнта варіації, коефіцієнт асиметрії. Зазначимо, що середні квадратичні відхилення добових, місячних і річних атмосферних опадів мають велику просторову мінливість і не показові для порівняння. Нормовані ж по багаторічних сумах, тобто виражені у вигляді коефіцієнта варіації  $C_v$ , вони дозволяють надійно проводити аналіз просторового розподілу цих величин (надійно проводити аналіз полів других моментів розподілу).

Методи розрахунку всіх наведених вище показників надано в п.1.3, а самі характеристики – в довідниках [8, 9]. В останньому з них надано такі узагальнюючі показники, як коефіцієнти варіації і ексцесу, які допомагають виявити головні особливості розподілу опадів, не звертаючись до вихідних метеорологічних рядів.

Слід зазначити, що статистичний розподіл опадів вирівнюється важко і єдиною для значної території функцію розподілу підібрати не завжди вдається, тому визначають також повторюваність опадів, виражену середнім числом днів з опадами по градаціях їх кількості.

Але споживача кліматологічної інформації, нарівні з середніми значеннями і деякими показниками повторюваності, цікавлять і такі характеристики опадів, як їх імовірність у визначених межах, вище або нижче заданої границі. Здобути такі характеристики можна апроксимацією емпіричних рядів теоретичними розподілами, для чого необхідний достатньо довгий ряд спостережень.

Із-за значної часової і просторової мінливості опадів єдиною для всієї території України функції розподілу, як вже було сказано раніше, підібрати не вдається. Найчастіше кількість опадів апроксимується кривими Пірсона 1-

го і 3-го типів, гама-розподілом. Як підсумок цієї частини обробки опадів можна дістати їх імовірності вище або нижче заданих границь аналітичним або графічним методами за допомогою кривої інтегрального розподілу. Якщо використати щорічні дані, то ймовірність можна інтерпретувати частотою можливого появлення величини, що нас цікавить. Наприклад, опади з імовірністю 5% можна очікувати 1 раз в 20 років, 10% - 1 раз в 10 років, 20% - 1 раз в 5 років т.ін..

### **3.1.2.1 Непрямі методи розрахунку кліматичних показників опадів**

Непрямі методи розрахунку кліматичних показників опадів базуються на кривій річного ходу опадів - одному з найважливіших показників клімату. В основу її побудови покладено багаторічні місячні суми опадів. Ця крива ілюструє час настання максимумів і мінімумів опадів у річному ході, характер зміни кількості опадів від одного місяця до іншого. Крім того, вона дозволяє дістати такі важливі показники опадів, як декадні і пентадні багаторічні суми, дані з яких відсутні в довіднику. Іншого шляху їх визначення, як правило, не використовують.

Крива річного ходу місячних сум опадів будується методом гістограм, як і крива річного ходу температури повітря. Практично це робиться так: на осі  $X$  в масштабі  $1 \text{ мм} = 1$  день відкладають дні місяців з жовтня (через січень) до грудня, тобто 15 місяців; на осі  $Y$  в масштабі  $1 \text{ мм} = 1 \text{ мм}$  опадів – їх місячну суму. Потім будують стовпчасту діаграму, в якій ширина кожного прямокутника дорівнює кількості днів у місяці, а висота – багаторічній місячній сумі опадів. Після цього проводять плавну криву так, щоб вона відрізала і прірізала в одному й тому ж прямокутнику рівновеликі площини.

Декадні суми опадів визначають як значення ординати кривої 5, 15, і 25 числа кожного місяця діленням на 3.

Пентадна кількість опадів визначається аналогічним чином – кожного 3, 8, 13, 18, 23 і 28 числа місяця діленням на 6, тому що місячна сума опадів складається з трьох декад або шести пентад.

Для визначення багаторічної добової суми опадів значення, зняте у будь-якій точці кривої, треба поділити на кількість днів у цьому місяці.

При перевірці точності побудови кривої треба пам'ятати: сума трьох декадних або шести пентадних значень за кожен місяць має дорівнювати місячній сумі опадів.

### 3.1.2.2 Розрахунок багаторічних значень місячних сум опадів на короткорядній станції

Середні місячні, сезонні і річні суми опадів мають велику мінливість в часі і просторі. І для того, щоб дістати не тільки точні, але й порівнянні між собою багаторічні кліматичні характеристики, необхідно, щоб тривалість рядів була достатньо великою і однаковою на різних станціях.

У свій час поряд зі станціями, які мали довгі ряди спостережень, існувало багато станцій з короткими рядами різної тривалості. Тому приходилось звертатись до особливого засобу обробки даних на таких станціях, який називали "приведенням рядів", що означало отримання багаторічних даних на короткорядних станціях за період, який мали довгорядні станції.

Зараз на переважній більшості станцій накопичилось достатньо багато даних спостережень і приведення рядів частково втратило своє первісне значення. Однак, в ряді випадків до цього способу приходиться звертатись, наприклад, при переносах станцій на нове місце, при відкритті станцій на новій території т.ін.

В основі теорії приведення рядів до одного по тривалості періоду лежить відомий факт узгодженості в ході метеорологічних величин на значній території і, тим більше, на сусідніх станціях.

Приведення місячних сум опадів виконується методом і з о м і р. Цей метод базується на тій обставині, що характер річного ходу опадів в межах однорідного кліматичного району залишається одним і тим же, незважаючи на те, що поле місячних сум опадів в цьому районі може бути достатньо строкатим. Звідси випливає, що відношення місячних сум опадів до їх періодної суми на кожній із станцій підпорядковується більш чіткій закономірності, ніж відношення місячних сум опадів на сусідніх станціях.

Суть методу ізомір у наступному. У межах деякого однорідного кліматичного району вибирають декілька однорідних довгорядних станцій, на кожній з яких по багаторічних даних розраховують відношення ( $\Delta$ ) місячних сум опадів  $X_M$  до суми опадів відповідно за теплий і холодний періоди року  $X_{II}$ :  $\Delta = (X_M / X_{II}) \cdot 100\%$ . Здобуті відношення, виражені у відсотках, наносять на карту (для кожного місяця окремо) і проводять лінії рівних відсоткових відношень. Ці лінії називають ізомірами. З карти по координатах короткорядної станції можна зняти відповідну величину відношення і домножити її на багаторічну суму опадів за теплий або холодний період на даній станції:  $X_M = (\Delta \cdot X_{II}) / 100$ . При цьому періодну суму опадів на короткорядній станції необхідно заздалегідь привести до довгого ряду найближчої опорної станції. Для розв'язання останнього питання можна

використати метод відношень або побудувати рівняння регресії для опадів між опорною і короткорядною станціями за спільні роки спостережень окремо для теплого і холодного періодів. Приведення має сенс, якщо зв'язок між рядами статистично значущий.

### 3.1.2.3 Обробка добової кількості опадів

Великий практичний інтерес викликає інформація про добові і максимальні суми опадів, тому що вони використовуються в різних гідрологічних розрахунках, при проектуванні і будівництві гідротехнічних споруд. Це дуже мінливі в часі характеристики опадів і для здобуття надійних відомостей з середньої добової і середньої максимальної добової їх кількості необхідні щоденні дані за тривалий період спостережень, не менший, ніж 50 років.

Добовий максимум опадів, зазвичай, пов'язаний зі зливовими опадами і по території вони розподіляються теж дуже плямисто: на відстані 3 – 5 км майже ніякого зв'язку в цих даних між станціями не існує. Це виключає можливість приводити короткі ряди до тривалих за допомогою рівняння регресії.

Для здобуття надійних даних за спостереженнями на короткорядних станціях будують "порайонну станцію". Для цього О.О. Дроздов запропонував ряди спостережень на станціях, що знаходяться поряд, і на яких випадає приблизно однакова місячна або сезонна сума опадів, об'єднувати в один ряд. Такий довгий об'єднаний ряд і називають "порайонною станцією". Характеристики добових опадів, що дістали для такого довгого ряду, відносять вже не до одної будь-якої точки, а в цілому до району. Наприклад, в Одесі можна об'єднати дані 5 – 7 станцій (обсерваторія, університет, порт, агрометстанція, АМСГ) і тоді відносно характеристик, що здобули, говорять: "в районі Одеси".

Зазначимо, що перед об'єднанням станцій слід перевірити їх однорідність, відсутність між ними кореляційного зв'язку або признати його статистично незначущим на заданому рівні значущості. Це підтвердить головну вимогу: ми не повторюємо одну і ту ж інформацію, а дістаємо додаткові відомості про режим добових опадів в районі дослідження.

По відношенню до найбільшої добової кількості опадів необхідно врахувати не тільки їх величину, а й можливі появи, тобто імовірність. Цю роботу виконують аналітично шляхом апроксимації емпіричного розподілу або графічно на основі екстраполяції інтегральної кривої розподілу добових

максимумів. При цьому їх величини різної ймовірності (забезпеченості), зазвичай, надають значеннями вище вказаної границі.

Розподіл добового максимуму опадів характеризується значною асиметрією і залежить від типу режиму зволоження: за умови недостатнього зволоження розподіл близький до нормального, а за умов помірного і надмірного – до логнормального і набагато рідше – до біноміального, гамма-розподілу, розподілу Пірсона. Тому для спрямлення кривих розподілу добових максимумів використовується логарифмічна клітчатка спрямлення у разі логнормального розподілу, і напівлогарифмічна – для нормального і біноміального. Екстраполяція таких кривих в області великих значень величини, що досліджується, дає можливість отримати її значення із забезпеченістю 63, 20, 10 і 5%, тобто такі, перевищення, які можуть відбуватись кожні 1.5 року, один раз в 5, 10 і 20 років відповідно. Достатньо довгий ряд спостережень дозволяє дістати екстремальні величини малої забезпеченості, 2% і 1%, тобто можливі 1 раз в 50 і 100 років.

Імовірнісні характеристики добових кількостей опадів розраховують по місяцях і за рік. Вони наведені в кліматичних довідниках. Максимальна за рік добова кількість опадів різної забезпеченості розрахована за сукупністю даних за "гідрологічний рік", тобто за період, що починається восени попереднього року і закінчується в кінці поточного.

У довідниках наведено і максимум добової суми, що спостерігався на станції за весь період спостереження на ній. Він близький до квантилю 2% забезпеченості. Розрахований максимум 1% забезпеченості може бути як вищим, так і нижчим спостереженого.

#### **3.1.2.4 Обробка числа днів з різною кількістю опадів**

Режим випадання опадів характеризується не тільки кількістю опадів, а й частотою випадання, яка надається числом днів з опадами. Це важливий показник режиму зволоження.

Днем з опадами прийнято вважати такий день, коли кількість опадів за добу в теплий період дорівнює або перебільшує 0.1 мм, а в холодний період (після введення поправки "на змочування") – 0.0 мм.

Число днів з опадами надається середнім значенням. Воно достатньо надійне, якщо розраховане за період 30 і більше років.

Для того, щоб скласти уявлення про інтенсивність опадів, їх надають також середнім числом днів з різною кількістю опадів, як запропоновано А.А.Камінським, а саме  $\geq 0.0$  (0.1),  $\geq 0.5$ ,  $\geq 1.0$ ,  $\geq 5.0$ ,  $\geq 10.0$ ,  $\geq 20.0$ ,  $\geq 30.0$ ,  $\geq$

40.0,  $\geq 50.0$  мм. Загальне число днів з опадами на станції – це дані першої градації, куди увійшли всі дні з опадами  $\geq 0.0$  мм.

Співвідношення між градаціями опадів мають деяку сталість. На графіку це відбивається в паралельності кривих числа днів з опадами, які побудовані в хронологічному порядку. На цьому базується метод перевірки числа днів з опадами на однорідність: порушення однорідності в будь-якій градації виявляється в зближенні кривих.

Якщо в результаті аналізу забраковані перші дві градації опадів (0.1, 1.0 мм), то це може не позначатись на загальній кількості опадів; якщо бракуються перші три (або чотири) градації, то дані такої станції не слід використовувати.

При остаточному аналізі режиму опадів у великому фізико-географічному районі питання про однорідність даних на станціях вирішується за допомогою кореляційних графіків між середнім багаторічним числом днів з опадами  $\geq 0.1$  і  $\geq 1.0$  мм з одного боку і кількості опадів з другого. Якщо в полі графіка дані якоїсь станції не укладаються тільки по одній градації, наприклад,  $\geq 0.1$  мм, то їх слід бракувати, а інші градації використовувати для кліматичних досліджень; якщо ця станція не укладається по обох градаціях, і це не пояснюється особливостями місця знаходження станції, то на ній бракуються дані зі всіх градацій.

Крім середніх значень визначають імовірність числа днів з різною добовою сумою опадів, що робиться, як правило, для числа днів з великою добовою сумою. Для уього використовується закон рідких подій Пуасона.

### **3.1.2.5 Кліматичні показники тривалості та інтенсивності опадів**

Тривалість опадів надають, зазвичай, в годинах середнім значенням по місяцях і за рік, а також квантилями різної забезпеченості, які дістають розрахунковим шляхом.

Для здобуття середньої і максимальної місячної та річної тривалості опадів формують ряди тривалості всіх опадів, що спостерігались в даному місяці. Середню тривалість отримують діленням сумарної на кількість років, а найбільшу вибирають за весь час спостережень.

Інформація про кількість опадів та їх тривалість дозволяє розрахувати інтенсивність опадів – важливу характеристику для розв'язання ряду практичних задач. Інтенсивність опадів характеризується в кліматичному плані середнім значенням і повторюваністю різних значень.

Інтенсивність опадів характеризується в кліматологічному плані середнім значенням і повторюваністю різних значень.

Опади, інтенсивність яких перевищує визначену величину, називають зливами. Для розрахунку зливного стоку з метою встановлення розмірів отворів різного роду гідротехнічних споруд (мостів, труб, водотоків т.ін.) необхідні відомості про інтенсивність, тривалість і повторюваність злив. Початкові для обробки дані можна дістати тільки по тих станціях, де встановлені плювіографи.

Е.Ю. Берг запропонував вважати зливами опади, інтенсивність яких не нижча за величини, наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Показники злив

| Тривалість зливи | Кількість опадів, мм | Інтенсивність зливи, мм / хв |
|------------------|----------------------|------------------------------|
| 5 хвилин         | 2.5                  | 0.50                         |
| 10 хвилин        | 3.8                  | 0.38                         |
| 20 хвилин        | 6.0                  | 0.30                         |
| 30 хвилин        | 8.0                  | 0.27                         |
| 1 година         | 12.0                 | 0.20                         |
| 2 години         | 18.0                 | 0.15                         |
| 12 годин         | 45.0                 | 0.06                         |
| 24 години        | 60.0                 | 0.04                         |

При обробці злив визначають кількість опадів, що випали за зливну частину дощу, і їх частку по відношенню до загальної кількості опадів за дощ.

### 3.2 Обробка даних зі снігового покриву

Сніговий покрив, будучи однією з характеристик опадів, має свої особливості вимірювання та обробки. Він надається середніми декадними висотами, максимальною декадною висотою за зиму, повторенням різних висот снігового покриву по декадах або забезпеченістю. Крім того, встановлюють дати появи і сходу снігового покриву, дати утворення і руйнування стійкого снігового покриву т.ін.



Сніговий покрив спостерігається за допомогою, по-перше, стаціонарно встановлених рейок і, по-друге, снігозйомками. Інформація, яку дістають цими двома способами, розрізняється і використовується для різних цілей. Так, результати снігозйомок, перш за все, необхідні гідрологам, а також проектувальникам при виборі місця будівництва. Для розрахунків навантаження і в дослідженнях кліматичних змін частіше використовують дані постійних рейок.

Кліматичні характеристики густини і запасів води в сніговому покриві, зазвичай, визначають за даними снігозйомок, а характеристики висоти снігового покриву – по постійній рейці і снігозйомах; число днів зі сніговим покривом, різні дати, середній квадратичний відхитл всіх названих вище показників – тільки по постійній рейці.

### 3.2.1 Висота снігового покриву

Для характеристики висоти снігового покриву обчислюють середні значення її не для місяців, а для декад зимових місяців. Ці величини на початку і в кінці зими розраховуються тільки в тому випадку, коли сніговий покрив спостерігався більш ніж у 50% всіх зим. Середню величину за декаду дістають діленням сумарної висоти за всі роки вибраного періоду на кількість років. Коли ж сніг спостерігався менш, ніж у 50% зим, то середню висоту за таку декаду не розраховують. При цьому прийнято в таблицях довідника ставити умовний значок ( · ). Треба мати на увазі, що, починаючи з 1977 р., в місячних висновках таблиці ТМ – 1 і , отже, в щомісячниках, надається не середня за декаду висота снігового покриву, а його висота на останній день декади. Цю обставину слід враховувати при роботі з метеорологічними щомісячниками, виданими до і після 1977 р.: починаючи з цього року середню багаторічну висоту слід обчислювати, використовуючи існуючі в ТМ – 1 суми висот за декаду.

Середні багаторічні значення висоти снігового покриву по снігозйомах обчислюють так само, як і по постійній рейці. При обробці корисно порівнювати деякі результати, здобуті по снігозйомах і по постійній рейці: так перевіряються дані про висоту снігового покриву для крайніх декад і в середині зими з відсутністю снігу в деякі зими. Якщо при снігозйомах сніг в декаді не зафіксований і в таблицях стоїть прочерк, а по показаннях постійної рейки він спостерігався, то цей рік не слід включати в підрахунки.

Крім середніх декадних висот визначають також і багаторічну максимальну висоту снігового покриву за зиму. Її дістають шляхом осереднення максимальних декадних висот, вибраних з кожного року, незалежно від того, в якому місяці і декаді він спостерігався.

Найбільші і найменші декадні висоти снігового покриву по місяцях встановлюють по даних постійної рейки, а найбільші і найменші висоти за зиму обчислюють для обох способів спостереження. Як правило, результати різняться між собою, хоч і не надто сильно.

Обробку декадних характеристик снігового покриву, як і інших кліматичних показників, необхідно починати з аналізу однорідності вихідних рядів спостережень за допомогою статистичних і кліматичних методів.

Із статистичних методів частіше за інші використовуються непараметричний критерій Вілкоксона, а з кліматологічних – "метод відношень", оснований на стійких відношеннях між відповідними даними двох сусідніх станцій. Якщо залежність між цими даними зобразити у формі кореляційного графіка, то наявність неоднорідності в даних однієї з станцій на ньому буде добре видно.

Порушення однорідності частіш за все відбувається внаслідок зміни місця вимірювань в різні роки, а також внаслідок зміни ступеню захищеності ділянки від вітру, наприклад, завдяки забудовлі. Якщо неоднорідність ряду зумовлена тим, що в одні роки сніговий покрив вимірювався на відкритій ділянці, а в інші – на захищеній, то такий ряд слід обробляти як дві окремі станції, які характеризують висоту снігового покриву на відкритому і захищеному місці.

Після перевірки однорідності довгорядних станцій проводять обчислення основних статистичних характеристик (середнє та середній квадратичний відхил) всіх показників снігового покриву.

Треба зазначити, що висоти снігового покриву значно залежать від умов рельєфу, вони перерозподіляються вітром і, зазвичай, зв'язку між декадними висотами по території майже не спостерігається. Дещо краще виражений зв'язок між максимальними декадними висотами снігового покриву за зиму. Тому на короткорядній станції багаторічні середні декадні висоти дістають за допомогою методу ізомір (аналогічно тому, як це робилось при обробці опадів). Для цього на всіх довгорядних станціях багаторічну середню висоту снігового покриву за кожну декаду виражають у відсотках від багаторічної максимальної висоти за зиму. Ці відсотки наносять на карти для кожної декади окремо і проводять ізоміри, тобто лінії рівних відсотків. Знімаючи з карти ізомір шляхом звичайної інтерполяції значення відповідних відсотків для пункту з короткими рядами спостережень, можна дістати висоту снігового покриву за кожну декаду у відсотках від максимальної висоти за зиму. Максимальну ж за зиму висоту снігового покриву, зазвичай, встановлюють за допомогою рівняння регресії, як і для опадів.

Побудова карт ізомір можлива тільки при наявності достатньої кількості станцій з довгими рядами спостережень і рівномірно розташованих по території. В умовах складного рельєфу побудова карт ізомір недоцільна. І якщо ряд спостережень дуже короткий, то обмежуються даними середньої з найбільших висот за зиму.

Так як висота снігового покриву має значну мінливість від року до року, то розраховують також повторення і забезпеченість зим з різними найбільшими декадними висотами снігового покриву. Цю роботу проводять тільки для довгорядних опорних станцій.

### 3.2.2 Періоди з різним станом снігового покриву

У практиці кліматологічної обробки історично склались деякі умовні критерії, що пов'язані з оцінкою тривалості снігового покриву. Це дати появи і сходу снігового покриву, дати утворення і руйнування стійкого снігового покриву.

За методикою, прийнятою в свій час у ГГО, розроблені деякі критерії снігового покриву. Так, за день зі сніговим покривом приймають такий, коли не менш половини видимої місцевості станції покрито снігом. Усталеним вважають такий сніговий покрив, який лежить не менше місяця з перервами не більше трьох днів підряд або в розбивку; коли перерви в один день на початку зими передують залягання снігового покриву не менш, ніж 5 днів, а перерви в 2 – 3 дні – не менш ніж 10 днів.

Якщо в кінці зими, не більш, ніж через 3 дні після сходу снігового покриву, знову утворюється сніговий покрив, який лежить не менше 10 днів, то таке його залягання вважається неперервним.

Якщо за зиму було декілька періодів з усталеним сніговим покривом, розділених в часі не більше, ніж 5 днів один від одного, то період від першого дня з усталеним сніговим покривом до останнього дня за зиму вважається єдиним періодом з усталеним сніговим покривом. Середні багаторічні дати утворення і руйнування усталеного снігового покриву розраховують тільки в тому випадку, коли кількість днів зі сніговим покривом складає більше 50% усіх зим, і лише за зими, коли був тільки один період зі стійким сніговим покривом.

Всі названі дати снігового покриву за кожен рік заносяться в таблицю, після чого розраховують середні дати і вибирають крайні, тобто найранніші та найпізніші дати.

Середні значення густини снігового покриву (  $кг/м^3$  ) і запаси води в снігу обчислюються тільки за даними тих років, коли сніговий покрив утворювався. Густину снігового покриву починають вимірювати лише тоді,

коли його висота досягає 5 см, тому весною і восени крайні декади, для яких вказується висота снігу і його густина, можуть не співпадати, тобто період, за який надається густина снігу, виявляється коротшим за період з вказанням висоти снігового покриву.

Крім середньої густини розраховують середню густину при найбільшій декадній висоті снігового покриву і при найбільшому запасі води в сніговому покриві. Для здобуття цих характеристик густини за кожний рік вибирається значення густини в ту із декад, коли висота снігового покриву або запас води в снігу були найбільшими. Ці декади, зазвичай, різняться в різні роки. Таким чином осереднюються дані з густини для різних декад.

### 3.3 Питання для самоконтролю і завдання

#### *Питання для самоконтролю*

1. Причини порушення однорідності даних по опадах.
2. Поправки, що вводяться в дані по опадах?
3. Назвіть основні кліматичні показники опадів?
4. Що покладено в основу принципу розділення року на теплий і холодний періоди?
5. За якими даними будують криву річного ходу опадів?
6. Як на практиці визначають норму добових сум опадів?
7. Які багаторічні характеристики опадів можна дістати за допомогою кривої річного ходу опадів?
8. В чому суть методу ізомір?
9. Як будуються карти ізомір?
10. Які дані довідника дають уяву про загальну кількість днів з опадами на станції?
11. Що вважають за день зі сніговим покривом?
12. Який стан снігового покриву наданий в кліматичному довіднику?
13. Основні кліматичні характеристики по сніговому покриву.

#### *Завдання*

**Завдання 1.** Виконати перевірку на однорідність сум опадів по місяцях і за рік (таблиці В.1 – В.3) за допомогою методу ступінчастого тренда.

**Завдання 2.** Побудувати карти ізомір для кожного місяця року. Для цього використати дані таблиць В.4 і В.5 та карту України (рисунок Г.1).



## 4 Кліматологічна обробка вітру

### 4.1 Загальні положення

Вітер – одна з важливих метеорологічних величин і характеристик клімату. Широке використання кліматичних показників вітру при вивченні режиму загальної циркуляції атмосфери, в дослідженнях з теорії клімату, при розв'язанні багатьох прикладних задач зумовило розробку різноманітних його характеристик.

Вітер – векторна величина, тому визначається напрямком і швидкістю. У кліматологічних дослідженнях прийнята в основному окрема обробка складових вітру. Але для розв'язання низки прикладних задач (в будівельній, медичній кліматології т.ін.) проводиться спільна обробка з напрямку і швидкості.

У кліматології використовуються наступні характеристики вітру:

- повторюваність вітру різного напрямку і штилів (%);
- середня швидкість вітру;
- повторюваність швидкостей вітру по різних градаціях (%);
- повторюваність напрямків вітру по градаціях швидкостей (%);
- максимальні швидкості вітру;
- число днів з сильним вітром ( $> 15$  м/с);
- переважний напрямок вітру;
- результуючий вітер.

В окремих випадках можуть розраховуватись характеристики вітру у сполученні з іншими метеорологічними показниками: наприклад, при визначенні голольодно-вітрових навантажень на проводах, для розрахунку еквівалентно-ефективної температури, коли поряд з температурою і відносною вологістю повітря враховується швидкість вітру т.ін.

Багато з названих характеристик надано в "Справочнике по климату СССР" і "Научно-прикладном справочнике".

### 4.2 Повторюваність напрямків вітру і штилів

Необхідність окремої обробки вітру за швидкістю і напрямками пов'язана, перш за все, з тим, що в деяких континентальних районах східної Європи, особливо поблизу лінії Самара – Харків – Кишинів (вітро-роздільна лінія континенту) переважання одного напрямку над іншими виражено несуттєво. У цьому разі надання вітру у вигляді результуючого вектора і його середньої швидкості недоцільно, тому що за умови мало розрізненої повторюваності вітрів протилежних напрямків результуючий вітер і середній перенос виявляються незначними величинами і не відбивають реального вітрового режиму.

Напрямок вітру дуже залежить від місцеположення метеорологічної

площадки і приладу, що використовується для вимірювання вітру. Тому слід до початку обробки скласти розу відкритості станції по горизонту, користуючись класифікацією ступеня відкритості і умовними позначеннями, введеними В.Ю.Мілевським (таблиця 4.1). Для кожного з восьми румбів згідно з даною класифікацією надається відповідний клас закритості.

Таблиця 4.1 – Класифікація місцеположення флюгерів на станції за ступенем їх характеру рельєфу

| Положення флюгера  | Характер місцевості                | Форма рельєфу |        |          |
|--|------------------------------------|---------------|--------|----------|
|  |                                    | випукла       | плоска | увігнута |
| Близько водних поверхонь, відкритих узбереж  | Океан або відкрите (зовнішнє) море | 12а           | 11б    | 10в      |
|  | Закрите (внутрішнє) море           | 11а           | 10б    | 9в       |
|  | Затока, велике озеро               | 10а           | 9б     | 8в       |
|  | Велика ріка                        | 9а            | 8б     | 7в       |
| Удалині від водних поверхонь:<br>флюгер вище оточуючих його предметів  | Нема ніяких елементів захищеності  | 8а            | 7б     | 6в       |
|  | Окремі елементи захищеності        | 7а            | 6б     | 5в       |
|  | Серед елементів захищеності        | 6а            | 5б     | 4а       |
|  | Серед елементів захищеності        | 4а            | 4б     | 4г       |
| Примітка. Елементами захищеності можуть бути пагорби, будови, дерева, причому вони приймаються до уваги, якщо відстань від них до флюгера менш 20-кратної їх висоти. |                                    |               |        |          |

Повторюваність напрямків вітру і штилів обчислюється для кожного місяця і року. Вона надається у відсотках від загальної кількості всіх строків, коли спостерігався вітер, тобто без урахування штилів. Обробка для загальної характеристики вітру проводиться за вісьма румбами. Повторюваність штилів дається у відсотках від загальної кількості спостережень за місяць, рік т.ін.

Вихідна інформація за напрямками вітру має бути досліджена на однорідність. Порушення однорідності в даних з напрямку вітру може виникати з низки причин: перенос метеорологічної площадки; зростання закритості горизонту, обумовлене забудовою прилеглої території, внаслідок чого можливе зменшення повторюваності окремих румбів; змінювання в системі спостережень (заміна спостережень по флюгеру вимірюваннями по анеморумбометру або використання записів анеморумбографа). Порушення однорідності за напрямком може відбутись і при зсуванні орієнтовки приладу за сторонами світу (при відсутності регулярної його перевірки).

Перевірка на однорідність проводиться кліматологічним і статистичним методами. У першому випадку використовується достатньо простий і наочний прийом за допомогою розгорнутих роз вітру, другому – різні статистичні

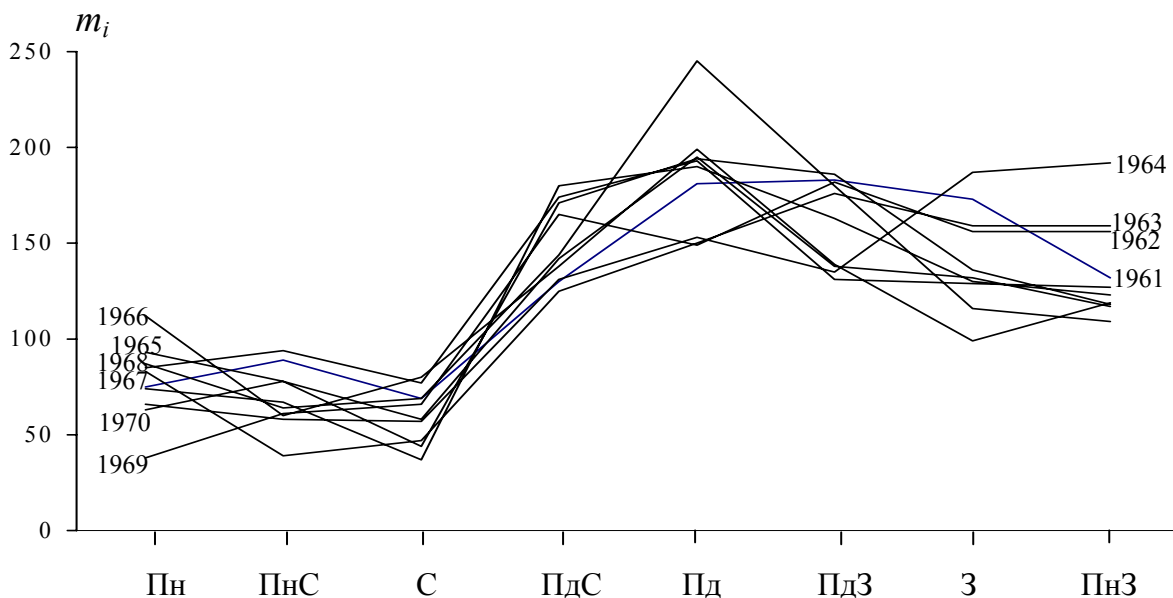


Рисунок 4.1 – Повторюваність напрямків вітру (кількість випадків за рік)

критерії, зокрема критерії Пірсона хі-квадрат ( $\chi^2$ ).

Розгорнуті рози вітру – це графіки, по абсцисі яких відкладаються 8 румбів, по ординаті – повторюваність вказаних напрямків за рік (у кількості випадків або відсотках – рисунок 4.1). Порушення однорідності виявляється у зміні виду рози вітрів, а саме у зміні румба з найбільшою або найменшою повторюваністю. Якщо порушення однорідності пов’язане зі сталою причиною (перенос станції або площадки), то графік розгорнутої рози вітрів після року з порушенням теж буде мати однотипний характер. Таким чином утворюється як би два ряди – до порушення однорідності і після. Якщо порушення відбулось з інших причин, то для подальшого розв’язання питання про обробку ряду треба з’ясувати чи є розбіжності в розподілі повторюваності вітру по напрямках статистично незначущими. Перевірку



цього положення проводять за допомогою статистичних критеріїв. Коли воно підтверджується, то характеристики вітру слід розраховувати для всього періоду вцілому. Якщо розбіжності статистично значущості, то обробку треба вести по двох періодах окремо. Для подальших кліматологічних досліджень використовують дані тої частини ряду, які співпадають з характеристиками вітру району розташування станції.

Розглянемо приклад використання критерію хи-квадрат Пірсона (таблиця 4.2). Насамперед розраховують багаторічну повторюваність (%) вітру за напрямками по двох періодах: до можливого порушення однорідності ( $m_1$ ) і після такого порушення ( $m_2$ ). Критерій Пірсона, зазвичай, передбачає перевірку узгодженості розподілів двох рядів або емпіричного і теоретичного розподілів. У даному разі оцінюється узгодженість розподілу повторюваності вітру за румбами  $m_1$  і  $m_2$ .

Обчислення критерію  $\chi^2$  виконується за формулою

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^k \frac{(m_1 - m_2)^2}{m_1}, \quad (4.1)$$

де  $k$  – кількість румбів.

Таблиця 4.2 – Порядок обчислення критерію  $\chi^2$

| Повторюваності        | Пн | ПнС | С  | ПдС | Пд | ПдЗ | З  | ПнЗ |
|-----------------------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| $m_1$                 | 18 | 16  | 15 | 6   | 11 | 9   | 11 | 14  |
| $m_2$                 | 20 | 11  | 10 | 6   | 12 | 7   | 13 | 21  |
| $m_1 - m_2$           | 2  | 5   | 5  | 0   | 1  | 2   | 2  | 7   |
| $(m_1 - m_2)^2$       | 4  | 25  | 25 | 0   | 1  | 4   | 4  | 49  |
| $(m_1 - m_2)^2 / m_2$ |    |     |    |     |    |     |    |     |

|  |     |     |     |   |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|
|  | 0.2 | 1.6 | 1.7 | 0 | 0.1 | 0.4 | 0.4 | 3.5 |
|--|-----|-----|-----|---|-----|-----|-----|-----|

З таблиці 4.2 випливає, що  $\chi^2$  дорівнює 7.9, тобто розрахункова величина критерію не перебільшує його критичного значення 14.1 на рівні значущості 0.05 і при числі ступенів волі  $k-1$ , тобто 7. Може виникнути питання: яке значення повторюваності ( $m_1$  або  $m_2$ ) використовувати в якості знаменника у формулі (4.1). У наведеному прикладі використовувалось значення  $m_1$ . З метою перевірки виконаємо розрахунки зі значенням  $m_2$ . Тоді для кожного румба відповідно ця величина має наступні значення:

$$0.2 \chi^2 2.3 \quad 2.5 \quad 0.0 \quad 0.1 \quad 0.6 \quad 0.3 \quad 2.2,$$

а розрахункове значення становить 8.2, тобто, також менше критичного.

Таким чином, деякі змінювання у повторюваності напрямків вітру в результаті переносу метеорологічної площадки, які відбулись у даному разі, не привели до статистично значущого порушення однорідності і дані до переносу і після можуть оброблятися як один ряд.

Для того, щоб дістати достатньо надійні показники по напрямках вітру, тривалість періоду має бути не менше 20 – 25 років.

### 4.3 Переважний напрямок вітру і методика його розрахунку

Румб з найбільшою повторюваністю вітру в кліматології прийнято називати *пануючим*. Але крім пануючого і інші сусідні напрямки можуть мати достатньо велику повторюваність і часто вона майже однакова або близька до пануючої. Винятком є станції, що розташовані у глибоких долинах, де пануючий напрямок має добре виражений характер, який визначається орієнтировкою долини. Переважання окремих напрямків може бути пов'язано також з іншими особливостями рельєфу або впливом морських узбереж, на котрих у літній сезон формується бризова циркуляція.

Але на значній частині території України нема різко вираженого переважання вітру одного румбу. Виходячи з цього, за пропозицією А.А. Камінського слід використовувати найбільшу повторюваність не восьмої частини горизонту (октант), а чверті горизонту, тобто квадрант. Квадрант з найбільшою повторюваністю вітру називають *переважним* вітром.

Для знаходження квадранту з переважним вітром Є.С.Рубінштейн запропонована методика розрахунку положення бісектриси цього квадранту і повторюваності вітру в його межах.

Розрахунок проводиться за формулами:

$$x_{\max} = 1 + \frac{n_3 - n_1}{(n_3 - n_1) + (n_2 - n_4)} \quad (4.2)$$

$$\Phi_{\max} = n_2 + n_3 + \frac{(n_3 - n_1) + (n_2 - n_4)}{2} \left( \frac{3}{2} - x_{\max} \right)^2, \quad (4.3)$$

де  $n$  – повторюваність (%) вітру в чотирьох румбах, які вибираються за наступних умов:

- в їх число входить пануючий напрямок;
- усі чотири румби розташовані підряд;

- їх нумерують за годинниковою стрілкою  $n_1, n_2, n_3, n_4$ ;
- необхідно, щоб  $n_3 \geq n_1$ , а  $n_2 \geq n_4$ .

Можна рекомендувати простий спосіб вибору цих чотирьох напрямків: знаходиться пануючий напрямок, далі беруться два сусідніх з ним, а четвертий – біля того сусіднього, яке має більшу повторюваність.

Приклад вибору напрямків, які необхідні для розрахунку квадранта найбільшої повторюваності:

|                |       |       |   |     |    |     |       |       |
|----------------|-------|-------|---|-----|----|-----|-------|-------|
| Румби          | Пн    | ПнС   | С | ПдС | Пд | ПдЗ | З     | ПнЗ   |
| Повторюваність | 17    | 11    | 6 | 5   | 9  | 13  | 16    | 23    |
|                | $n_3$ | $n_4$ |   |     |    |     | $n_1$ | $n_2$ |

Пануючий напрямок тут – ПнЗ, два сусідніх румби – З і Пн, а Пн має більшу повторюваність, ніж З, тому четвертий румб береться біля Пн, тобто ПнС.

Зауваження: слід пам'ятати, що  $X$  не може бути  $< 1$  або  $> 2$ :  
 $X_{max} = 1$ , коли  $n_1 = n_3$  і  $X_{max} = 2$ , коли  $n_2 = n_4$ .

Запис положення бісектриси ведеться від Пн або Пд в залежності від того, в яку половину горизонту (північну чи південну) вона попадає, з вказанням її відхилення на схід або захід. Тобто на першому місці записується Пн або Пд, на другому – величина кута, що складений напрямком бісектриси з північню або півднем (він не повинен перевищувати  $90^\circ$ ), на третьому – напрямок положення бісектриси до З або С.

У наведеному прикладі кут  $X_{max} = 48^\circ$ . Він відкладається від  $n_1$ , тобто від З за годинниковою стрілкою. Це і є положення бісектриси квадранта з найбільшою повторюваністю вітру, яка розташовується від Пн (головного напрямку) на  $42^\circ$  до З. Записується переважний напрямок таким чином: Пн  $42^\circ$ З.

Коли  $n_1$  співпадає зі С, а кут  $X_{max}$  становить  $20^\circ$ , тоді необхідно від С відкласти  $20^\circ$  за годинниковою стрілкою. І бісектриса буде розташовуватись від Пд на  $70^\circ$  до С, а запис буде мати вигляд: Пд  $70^\circ$ С.

Квадрант переважного напрямку вітру становить  $90^\circ$ : для його графічного визначення в обох прикладах треба відкласти по  $45^\circ$  по обидва боки від розрахованого напрямку бісектриси. Це показано на рисунку 4.2.

Повторюваність вітру в квадранті у першому наведеному прикладі становить 43%.

Розрахований за викладеною методикою переважний напрямок вітру використовується (за пропозицією О.О.Дроздова) для побудовання карт ліній току (рисунок 4.3). Виконується це наступним чином: на карту з гіпсометричною основою наноситься напрямок переважного вітру на станціях зі ступенем відкритості флюгера 5а, 5б і більш високим. Потім через  $10^\circ$  проводяться ізолінії однакових напрямків вітру (ізогони), наприклад, Пд  $10^\circ$ С, Пд  $20^\circ$  С, Пд  $30^\circ$  С т.ін.

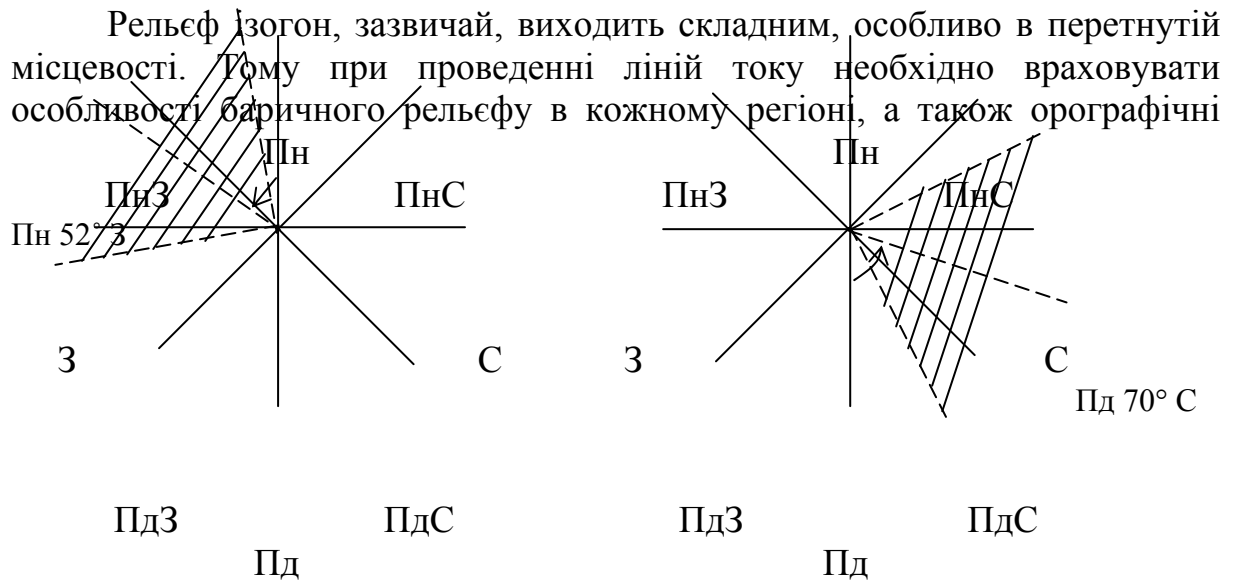


Рисунок 4.2 – Квадранти переважного напрямку вітру

особливості того або іншого району. Суть проведення ліній току в наступному: записаний на ізогоні напрямок вітру розповсюджується лінією до середини шару між двома ізогонами (положення лінії відповідає напрямку вітру на ізогоні). Лінії проводять в усіх особих формах рельєфу ізогон і наносять на них стрілки. Слід враховувати, що ці лінії току мають тенденцію

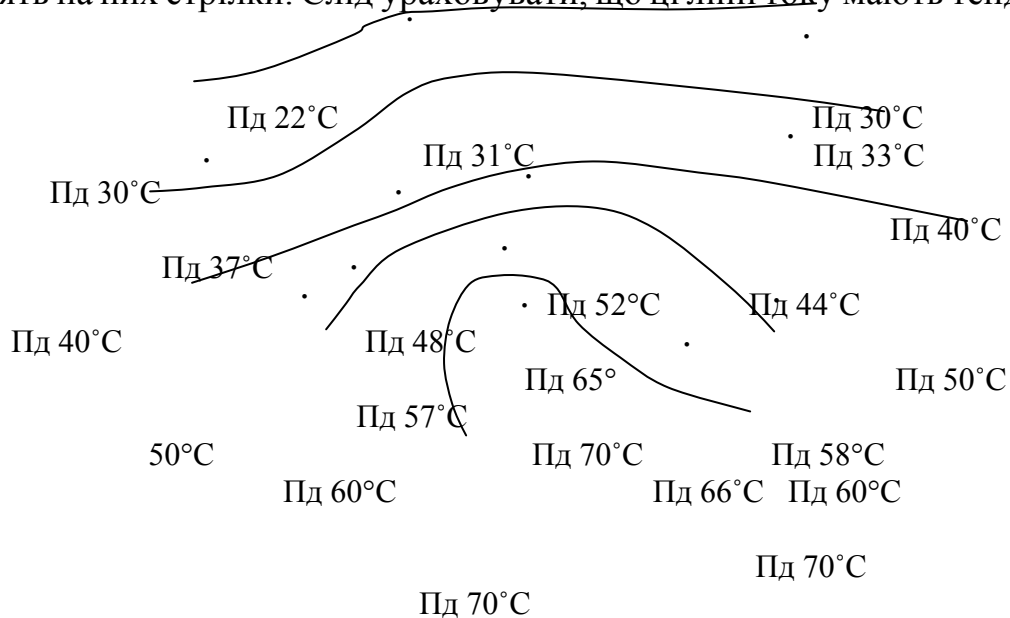


Рисунок 4.3 – Карта ізогон і ліній току

особливості того або іншого району. Суть проведення ліній току в наступному: записаний на ізогоні напрямок вітру розповсюджується лінією до середини шару між двома ізогонами (положення лінії відповідає напрямку

вітру на ізогоні). Лінії проводять в усіх особих формах рельєфу ізогон і наносять на них стрілки. Слід ураховувати, що ці лінії току мають тенденцію обтікати навіть невеликі височини. Вздовж великих хребтів утворюються два переважні напрямки вітру. Лінії току у цьому разі наносяться на рисунок за тим напрямком, який має більшу повторюваність і краще узгоджується з баричним рельєфом і розподілом переважних вітрів у сусідніх районах. Повторюваність переважних вітрів на таких картах можна надати розфарбуванням. На основі ходу цих ліній відрізняють на карті переважний напрямок вітру з урахуванням його повторюваності за градаціями, наприклад, 30%, 30 – 40%, 40 – 50%, > 50% т.ін.

Розрахунок переважного вітру визиває зацікавленість при описі вітрового режиму в районах з періодичним змінюванням його напрямку (бризи, горно-долинні вітри, мусони т.ін.).

Для ілюстрації наведено квадранти переважного напрямку вітру в денний та нічний час в Одесі, в районі якої влітку формується бризова циркуляція.

У липні в нічний строк положення на горизонті середини квадранта переважного напрямку – Пн  $46^{\circ}$  З (нічний бриз з суші), повторюваність в цьому квадранті становить 60%, у денний строк – Пд  $18^{\circ}$  С (денний бриз з моря) з повторюваністю – 57%. Протилежні напрямки в нічний та денний часи добре виражені і мають приблизно однакову повторюваність.

У січні в нічний час напрямок бісектриси – Пн  $23^{\circ}$  З, а у денний – Пн  $0^{\circ}$  З (північний напрямок), тобто практично вони співпадають; малу розбіжність мають і повторюваності, які відповідно становлять – 35% і 38%.

#### 4.4 Тривалість вітру одного напрямку в годинах

При розв'язанні деяких практичних задач не обмежуються даними про повторюваність вітру того або іншого напрямку, а враховується загальна тривалість вітрів окремих напрямків в годинах за місяць, сезон або рік.

Такі відомості легко дістати шляхом переобчислення даних по повторюваності вітру різних напрямків і штилів таблиці 1 "Справочника по климату СРСР", частина 111. Виконується це наступним чином.

Нехай повторюваність (%) напрямків вітру і штилів у січні на станції така:

|    |     |    |     |    |     |    |     |       |
|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-------|
| Пн | ПнС | С  | ПдС | Пд | ПдЗ | З  | ПнЗ | штиль |
| 9  | 12  | 16 | 17  | 10 | 12  | 13 | 11  | 8     |

Найбільшу повторюваність (17%) мають ПдС вітри. Це пануючий напрямок на станції.

Скільки ж годин вцілому за місяць дують вітри цього напрямку?

Загальний час січня в годинах становить  $24 \cdot 31 = 744$  годин. На штиль припадає 8% всіх спостережень, що становить в перерахунку на час 60 годин.

У решті часу місяця ( $744 - 60 = 684$  години) спостерігались вітри різних напрямків, з них південно-східні становлять 17%. Тоді сумарна тривалість південно-східних вітрів дорівнює 116 годин.

Аналогічно можна обчислити загальну тривалість дії вітру в годинах і за інші проміжки часу (сезон, рік).

Для переважного напрямку роблять так. У наведеному прикладі положення на горизонті середини квадранта з найбільшою повторюваністю – Пд70°С, повторюваність – 34%. Тривалість переважних вітрів в годинах буде – 232 години (тобто, 34% від 684 годин).

Співставлення даних про тривалість вітрів різних напрямків, що дістали по записах самописців, і розрахованих наведеним способом, дали розбіжність не більшу 2%.

Тривалість же дії окремих випадків тих або інших напрямків вітру можна дістати шляхом безпосередніх підрахунків, використовуючи строкові спостереження. При цьому не можна об'єднувати дані 4-х і 8-ми строкових спостережень.

#### 4.5 Активно-діючі вітри на інженерні споруди

При сучасному будівництві висотних споруд, особливо у тих випадках, коли вони мають вид порівняно тонких великих пластин (14 – 16 поверхові житлові будівлі т.ін.), для оцінки вітрових навантажень, які вони визнають, при проектуванні необхідно враховувати не тільки можливі максимальні швидкості, але і напрямок вітру з якими вони пов'язані. При цьому приймається до уваги не тільки дія вітру по нормалі до перешкодження, а і так звані активно-діючі вітри, тобто такі, що складають з площиною стіни кут не менший 45°. Тому, для оцінки активного навантаження на стіни будівель необхідно, перш за все, визначити активно-діючі вітри на стіни різної орієнтації, а потім розрахувати максимально можливі швидкості таких вітрів

Для прикладу зазначимо, що для стіни, яка спрямована на захід, активними є всі напрямки вітру в квадранті "захід", повторюваність яких тут складається з повторюваності західного вітру (13%), половини повторюваності північно-західного (6%) та половини південно-західного (6%). Таким чином, повторюваність активно-діючого вітру для західної стіни становить 25%. Приклад розрахунку активно діючих вітрів надано в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок активно-діючих вітрів

|  |       |
|--|-------|
|  | Румби |
|--|-------|

| Повторюваність,<br>%               | Пн | ПнС | С  | ПдС | Пд | ПдЗ | З  | ПнЗ |
|------------------------------------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| Вітри                              | 9  | 12  | 16 | 17  | 10 | 12  | 13 | 11  |
| Активно-діючі<br>вітри у квадранті | 20 | 25  | 31 | 30  | 24 | 24  | 25 | 21  |

#### 4.6 Середня місячна і річна швидкість вітру

##### 4.6.1 Повторюваність швидкостей вітру різної величини

Швидкість вітру відрізняється суттєвою мінливістю як з часом, так і в просторі. Але осереднені за великі проміжки часу, наприклад за рік, характеристики вітру набувають значної сталості. Тому аналіз однорідності рядів швидкості вітру часто проводять шляхом простого переглядання середніх річних даних від одного року до іншого: стійкі зміни, починаючи з деякого року, середнього рівня річних швидкостей (в межах  $0.5 \text{ м/с}$ ) можуть говорити про порушення однорідності у вихідних рядах. Для об'єктивної оцінки однорідності використовують один з варіантів (інверсійний або ранговий) непараметричного критерію Вілкоксона (п. 1.5.1).

Середню швидкість вітру за місяць або рік розраховують шляхом осереднення даних кожного року за весь період спостереження. Це не дуже показова характеристика вітрового режиму, тому що швидкості значно відрізняються від нормального розподілу і середня майже не відбиває найбільш імовірні їх значення. Але вона широко використовується при порівнянні режиму вітру на протязі року взагалі з часом і в просторі.

Для практичних цілей необхідна більш детальна оцінка вітру. Тому розглядають повторюваність різних градацій швидкості вітру. Градації, зазвичай, нерівномірні і довжина їх становить  $2 \text{ м/с}$  до значення  $11 \text{ м/с}$  ( $0-1$ ,  $2-3$ ,  $4-5 \text{ м/с}$  т.ін.) і в подальшому зростають зі збільшенням швидкості.

Повторюваність надається у відсотках від загальної кількості спостережень за вітром з урахуванням і штилів. Ці дані дозволяють скласти уявлення про емпіричний розподіл швидкості вітру. Надійними вважаються характеристики, які дістали для ряду об'ємом 25 і більше років.

При розв'язанні питання про доцільність використання енергії вітру в окремих регіонах, що в теперішній час із-за виснаження природних джерел енергії, є дуже актуальним, необхідно мати відомості про тривалість швидкості вітру, що перебільшує її визначені значення, які відрізняються для різних систем вітродвигунів. Цю характеристику вітру за місяць, рік можна дістати за методикою, котра була викладена для розрахунку тривалості визначених напрямків, використовуючи дані таблиці 5 "Справочника по климату ССРСР" (Вероятность скоростей ветра по градациям, в %). Проте, тут штилі не виключаються, тому що входять у першу градацію, отже, у загальний підрахунок швидкостей).

Наведемо приклад. Нехай імовірність швидкостей вітру за рік по градаціях:

|       |       |       |       |       |         |         |         |         |         |            |
|-------|-------|-------|-------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|------------|
| 0 – 1 | 2 – 3 | 4 – 5 | 6 – 7 | 8 – 9 | 10 – 11 | 12 – 13 | 14 – 15 | 16 – 17 | 18 – 20 | <i>m/c</i> |
| 14.0  | 19.6  | 21.5  | 18.3  | 11.9  | 5.8     | 4.8     | 1.6     | 1.8     | 0.7     | %          |

Тоді тривалість вітрів 0 – 1 *m/c* дорівнює 104 години (тобто 14% від 744 годин).

Вітри зі швидкістю > 5 *m/c* мають загальну повторюваність 45% або 335 годин.

Визначне місце в характеристиці вітру займає такий показник як штилі. Останнім часом до їх дослідження зростає зацікавленість у зв'язку з необхідністю розв'язувати питання про розміщення підприємств, виробничі викиди яких можуть являти екологічну небезпеку. Штилі сприяють зменшенню або повній відсутності вертикальних рухів повітря, що приводить до підвищеної концентрації шкідливих домішок у приземних шарах атмосфери. Таким чином, штилі можуть бути віднесені у певній мірі до несприятливих погодних явищ і дані про їх повторюваність, тривалість, імовірність мають не менше значення, ніж швидкість вітру. Як було вже зазначено, кількість штилів виражається у відсотках від загальної кількості строків спостережень. Їх тривалість може бути розрахована тим же способом, що і тривалість вітру визначеного напрямку або швидкості вітру.

Середня швидкість вітру і кількість штилів для виявлення їх просторових закономірностей можуть бути картографовані. Картографування проводиться з урахуванням особливостей рельєфу, який суттєво впливає на вітровий режим.

#### 4.6.2 Максимальна швидкість вітру

$$Q = C_x \cdot q, \quad (4.4)$$

При будівництві різних інженерних споруд (висотних будівель, щогл, ліній зв'язку і електропередач т.ін.) необхідно враховувати вітрове навантаження, яке вони будуть зазнавати. *кг / м<sup>2</sup>*

Вітрові навантаження  $Q$  визначаються за формулою

$$q = \frac{1}{2} m v^2, \quad (4.5)$$

де  $C_x$  – аеродинамічний коефіцієнт (коефіцієнт лобового опору),  $q$  – швидкосний напір вітру (тиск вітру на одиницю поверхні в  $\text{кг / м}^2$ ).

На основі закону кінетичної енергії



де  $v$  – швидкість вітру в  $m/c$ ,  $m = \rho/g$ ; якщо температура становить  $15^\circ C$ , тиск  $1013 \text{ гПа}$  і  $\rho = 1.225$  то

де  $v$  – розрахункова швидкість вітру.

В якості розрахункової для визначення вітрового навантаження приймається найбільша (максимальна) швидкість вітру визначеної періодичності, найчастіше така, що можлива 1 раз у 5 років.

Методика визначення розрахункових швидкостей вітру добре розроблена: вона основана на екстраполяції інтегральних розподілів швидкостей вітру  $F(v \geq x) = \exp\left(-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\gamma\right)$ , (4.7)

У залежності від того, на основі яких даних сформульована вибірка, в якості апроксимаційної може бути використана та або інша функція.

Так, якщо використовуються дані по всій сукупності спостережень (всі спостереження за рік), то за апроксимаційну приймається функція  $F(x)$

що запропонована Л.С.Гандінім, яка є частинним випадком функції Гудрича. Тут  $F(x)$  є ймовірність (або повторюваність) того, що швидкість вітру  $v$  досягне або перевищить величину  $x$ ;  $\beta$  і  $\gamma$  – параметри, що відбивають особливості вітрового режиму району, що розглядається:  $\beta$  близько до середнього значення змінної ряду,  $\gamma$  характеризує відносне розсіяння членів ряду.  $\phi(v < x) = \exp\left(-\left(\frac{x}{u}\right)^\alpha\right)$ , (4.8)

Якщо вибірка складається на основі місячних максимумів, то емпіричний розподіл апроксимується функцією Фішера-Тіппета (її другий тип розподілу)

де  $\phi(x)$  – ймовірність того, що швидкість вітру не перебільшить величину  $x$ ,  $u$  і  $\alpha$  – параметри, які мають той же сенс, що і у попередній формулі. У цьому разі ймовірність перевищення  $x$  розраховують доповненням до одиниці.

В останні роки, при наявності тривалих періодів однорідних спостережень за вітром ( $\geq 50$  років), великі за об'ємом вибірки можна дістати з річних максимумів. На основі таких вибірок здобуті розрахункові швидкості вітру по всіх станціях, дані яких увійшли в новий "Научно-прикладный справочник по климату СССР". У цьому разі апроксимація розподілу

швидкостей вітру може бути виконана розподілом екстремальних величин Гумбеля першого типу (або перший граничний розподіл):

Якщо ряди мають меншу тривалість, то розрахункові швидкості вітру, надані в довіднику,  $P = 100\%$  будуть екстраполюванням розподілу щоденних максимумів швидкостей вітру, які добре апроксимуються функцією Вейбула.

Для побудування кривої інтегрального розподілу розрахунок емпіричної інтегральної повторюваності по всій сукупності спостережень проводиться за формулою

де  $m^*$  – накопичена частота значень  $v$  вище заданого рівня,  $n$  – кількість членів ряду.

Інтегральна повторюваність по виборках місячних або річних максимумів визначається за формулою (1.20).

Для визначення швидкостей, що спостерігаються рідко, зазвичай, крива інтегрального розподілу  $F(x)$  грає роль бік їх більших значень. Для підвищення точності екстраполяції ці криві будують у відповідній системі координат, які дозволяють спрямити її. Так, для вказаних функцій такими координатами є логарифм змінної і білогарифм функції. Наприклад, якщо прологарифмувати двічі функцію  $F(x)$ , то дістанемо

Розроблено низку сітчаток (клітчаток) у даній системі координат, і якщо інтегральні повторюваності достатньо добре описуються зазначеними функціями, то на відповідній сітчатці крива розподілу прийме вид прямої.

Період повторення  $T$ , тобто кількість років, за які спостерігалась величина  $v$ , що перебільшує  $x$ , визначається для величин, які, підпорядковуються закону розподілу  $F(x)$ , за формулою (1.21).

Якщо вихідна вибірка сформована по чотирьохстрокових спостереженнях за багаторічний період, то кількість спостережень за рік  $N = 1460$ ; по восьмистрокових –  $N = 2920$ ; по місячних максимумах –  $N = 12$ ; по річних максимумах –  $N = 1$ ; по щоденних максимальних швидкостях –  $N = 365$ . Співвідношення між інтегральною повторюваністю (%) і періодичністю  $T$  (роки) в залежності від способу формування вибірки надано в таблиці 4.4.

$$F(v_{\max}) = \exp\left(-(\exp)^y\right). \quad (4.9)$$

Таблиця 4.4 – Значення інтегральних повторюваностей (%) для різних періодів ( $T$ ) в залежності від  $N$

| N    | T років |        |        |        |        |        |        |
|------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|      | 2       | 5      | 10     | 15     | 20     | 25     | 50     |
| 1460 | 0.0342  | 0.0137 | 0.0068 | 0.0046 | 0.0034 | 0.0027 | 0.0014 |
| 12   | 4.17    | 1.67   | 0.83   | 0.56   | 0.42   | 0.33   | 0.17   |
| 1    | 50.0    | 20.0   | 10.0   | 6.7    | 5.0    | 4.0    | 2.0    |

Розглянемо на прикладі порядок визначення розрахункової швидкості вітру. В якості вихідних для цього використаємо дані про диференціальну повторюваність вітру, що наведено в довідниках.

В останні роки для здобуття одноманітності обробки і для того, щоб дістати зіставлені розрахункові величини, вихідні вибірки формуються по найбільшій швидкості вітру, зареєстрованої у кожному році періоду, що розглядається (не менш 50 років).

Ряд річних максимумів ранжирується в порядку зменшення. Рівень імовірності для різних порядкових членів вибірки достатньо точно визначається величиною  $p$ , яку можна розрахувати за формулою (1.20) і яка не залежить від виду розподілу. Ці дані наносяться на сітчатку Гумбеля (напівлогарифмічну сітчатку) і крива інтегрального розподілу, що побудована за цими даними, продовжується в область рідкої повторюваності (або великих швидкостей вітру). З кривої знімаються значення швидкості за умов, що забезпеченість становить 20%, 10%, 5%, 2%, а це відповідає періодам повторення 5, 10, 20 та 50 років. Результати, що дістали, записують в таблицю:

| Швидкість вітру, що можлива один раз у |          |          |          |
|--|----------|----------|----------|
| 5 років                                | 10 років | 20 років | 50 років |
|  |          |          |          |

$$y = \alpha_N (v - b_N), \quad v = \frac{1}{\alpha_N} (y + b_N) \quad (4.12)$$

Для контролю екстраполяції доцільно провести аналітичне визначення екстремумів заданої забезпеченості. Отже, формула першого граничного розподілу, як вже згадувалось, має вигляд (4.9). Наведемо сенс членів, що входять до цього виразу:

$$b_N = \bar{v} - \frac{\bar{y}_N}{\alpha_N}, \quad (4.13)$$

$$\bar{y}_N = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N y_m, \quad (4.15)$$

де  $\bar{y}_N$  – середнє та дисперсія ряду максимумів швидкості вiтру. Середнє та дисперсія ряду допомiжної величини вiдповiдно –  $\bar{y}_N$  та  $\sigma_N^2$  (4.16)

$$y_m = \ln \left( -\ln \left( \frac{m}{N+1} \right) \right) \quad (4.17)$$

де

$$\bar{y}_N \quad \sigma_N^2$$

$$\bar{y}_N^2 = \frac{1}{N} \sum_{m=1}^N y_m^2.$$

Значення  $\alpha_N$  та  $\beta_N$  на дано в таблицi Д.1 в залежностi вiд кiлькостi членiв ряду. Допомiжна змiнна може бути визначена по забезпеченостi або перiоду повторення  $T$  з таблицi Д.2.

Визначивши  $\alpha_N$  та  $\beta_N$  по  $\alpha_N$  та  $\beta_N$ , а також  $y$  для заданого перiоду повторювання, за виразом (4.9), знаходимо розрахункову швидкiсть вiтру заданого перiоду повторювання (тобто, квантиль  $v$ ).

Наведемо приклад. У таблицi Д.3 на дано ряд рiчних екстремумiв швидкостi вiтру на станцiї Запорiжжя, що має об'єм вибiрки  $N=26$ . Якщо визначити для нього середнє та середнiй квадратичний вiдхил, то вони вiдповiдно становлять  $\bar{y}_N = 19 \text{ м/с}$  та  $S_y = 3 \text{ м/с}$ . Згiдно з таблицею Д.1  $\alpha_N$  та  $\beta_N$  вiдповiдно дорiвнюють 1.0957 та 0.5320. Тодi за формулою (4.13):

$$\frac{1}{\alpha_N} = \frac{3}{1.0957} = 2.747;$$

$$v(5) = 21.6; \quad v(10) = 23.7; \quad v(20) = 25.7; \quad v(50) = 28.2; \quad v(100) = 30.1; \quad (4.14)$$

$$v(1000) = 36.5; \quad v(10000) = 42.8 \text{ м/с}.$$

Значення розрахункових швидкостей бiля земної поверхнi з метою контролю спiвставляють з вибраними з емпиричного матерiалу максимумами  $\bar{y}_N$  та  $\sigma_N^2$

вітру, які мають бути близькими до швидкостей, можливих 1 раз в 20 – 25 років.

Аналогічним чином можна дістати розрахункову швидкість по окремих напрямках вітру.

#### 4.7 Спільна обробка напрямку і швидкості вітру

При розв'язанні низки практичних питань необхідна спільна характеристика вітру за напрямком і швидкістю. Однією з них є повторюваність напрямку вітру по градаціях швидкості. Для її обчислення необхідно використовувати по можливості більш довгі ряди спостережень (50 – 60 років). У разі коротких рядів спостережень обробку краще проводити не по місяцях, а по сезонах.

При обчисленні повторюваності напрямків вітру по градаціях швидкостей за 100% приймають всі випадки спостережень за вітром, у тому числі і штилі. Повторюваність штилів розподіляють по напрямках вітру прямопропорційно повторюваності напрямків слабого вітру (1 м/с). Потім розраховують повторюваність (%) для кожного сполучення швидкості і вітру. Приклад такого розрахунку наведено в таблиці 4.5.

Друга характеристика, що враховує і напрямок, і швидкість – це результуючий вітер і середній перенос. Вони розраховуються, як правило, не по багаторічних даних, а для конкретних відрізків часу, які можуть бути різної тривалості в залежності від задачі, що розв'язується, від декількох днів до місяця і більше. Необхідність таких даних виникає у разі, коли потрібно визначити в якому напрямку і з якою швидкістю відбувся перенос повітряної маси, наприклад, при несподіваному або передбаченому викиді в атмосферу великої кількості домішок, вміст котрих у повітрі небажаний.

Таблиця 4.5 – Повторюваність напрямків вітру по градаціях швидкості (%) від загальної кількості спостережень

| v, м/с | Напрямок |     |     |     |     |     |      |     | Сума |
|--------|----------|-----|-----|-----|-----|-----|------|-----|------|
|        | Пн       | ПнС | С   | ПдС | Пд  | ПдЗ | З    | ПнЗ |      |
| 0      | 0.5      | 0.5 | 0.4 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.5  | 0.4 | 4.0  |
| 1      | 0.9      | 0.9 | 0.7 | 1.4 | 1.1 | 1.1 | 1.3  | 0.6 | 8.0  |
| 2 – 5  | 5.3      | 3.2 | 2.1 | 8.9 | 8.7 | 7.9 | 13.9 | 6.1 | 56.1 |
| 6 – 10 | 0.4      | 0.4 | 0.2 | 2.0 | 1.7 | 6.2 | 15.5 | 2.9 | 29.3 |
| 11–15  |          |     |     |     | 0.1 | 0.7 | 1.5  | 0.2 | 2.5  |

|      |     |     |     |      |      |      |      |      |     |
|------|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|-----|
| ≥ 15 |     |     |     |      |      |      | 0.1  |      | 0.1 |
| Сума | 7.1 | 5.0 | 3.4 | 13.0 | 12.1 | 16.4 | 32.9 | 10.1 | 100 |

Для визначення напрямку і середньої швидкості переносу треба для періоду, який визиває зацікавленість, розрахувати повторюваність (кількість випадків) і суму швидкостей кожного румба.

Розрахунок результуючого вітру показано на прикладі січня 1999 року в Одесі.

Таблиця 4.6 – Сума кількості випадків напрямків і швидкостей вітру по румбах. Січень 1999 р., м. Одеса

| Пн |     | ПнС |     | С  |     | ПдС |   | Пд |    | ПдЗ |   | З  |    | ПнЗ |     | Ш |
|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|---|----|----|-----|---|----|----|-----|-----|---|
| кв | с   | кв  | с   | кв | с   | кв  | с | кв | с  | кв  | с | кв | с  | кв  | с   |   |
| 39 | 214 | 18  | 149 | 21 | 154 | 1   | 3 | 3  | 18 | 1   | 6 | 14 | 65 | 27  | 152 | 0 |

Примітка. В таблиці використано такі скорочення: кв – сумарна кількість випадків кожного румба, с – сума швидкостей, Ш – штиль.

По сумі швидкостей кожного румба будуємо розу переносу (рисунок 4.4). Вона показує, що пануючим вітром є північний. Проте, великий перенос відбувається також і ПнЗ, ПнС і С вітрами. Яким же буде результуючий перенос і його середня швидкість у цьому випадку?

Для того, щоб здобути цю характеристику треба додати прямо протилежні вектори і результуючий вектор відкласти в бік меншого вектора, як це показано на рисунку 4.4. Потім додаються чотири залишившихся вектори за правилом багатокутника. У підсумку виходить один рівнодіючий вектор. Його напрямок показує напрямок результуючого переносу, а величина (у масштабі рисунка) – сумарний перенос всіх напрямків (без штилів).

Щоб обчислити середню швидкість (середній перенос) необхідно довжину результуючого вектора поділити на загальну кількість випадків з вітром за місяць.

У прикладі, який розглядається, довжина результуючого вектора дорівнює 80 мм, що у вибраному масштабі (1 мм = 5 м/с) відповідає 400 м/с. Ця величина була здобута в результаті додавання 124 випадків з вітром. Отже, середній перенос становить:  $400 : 124 = 3.2 \text{ м/с}$ .

Отже, в січні 1999 року перенос повітряної маси від Одеси відбувався на південно-південно-захід із середньою швидкістю 3.2 м/с. Таким чином, можна визначити, в якому районі повітряна маса з'явиться за час, для якого проведено розрахунки.

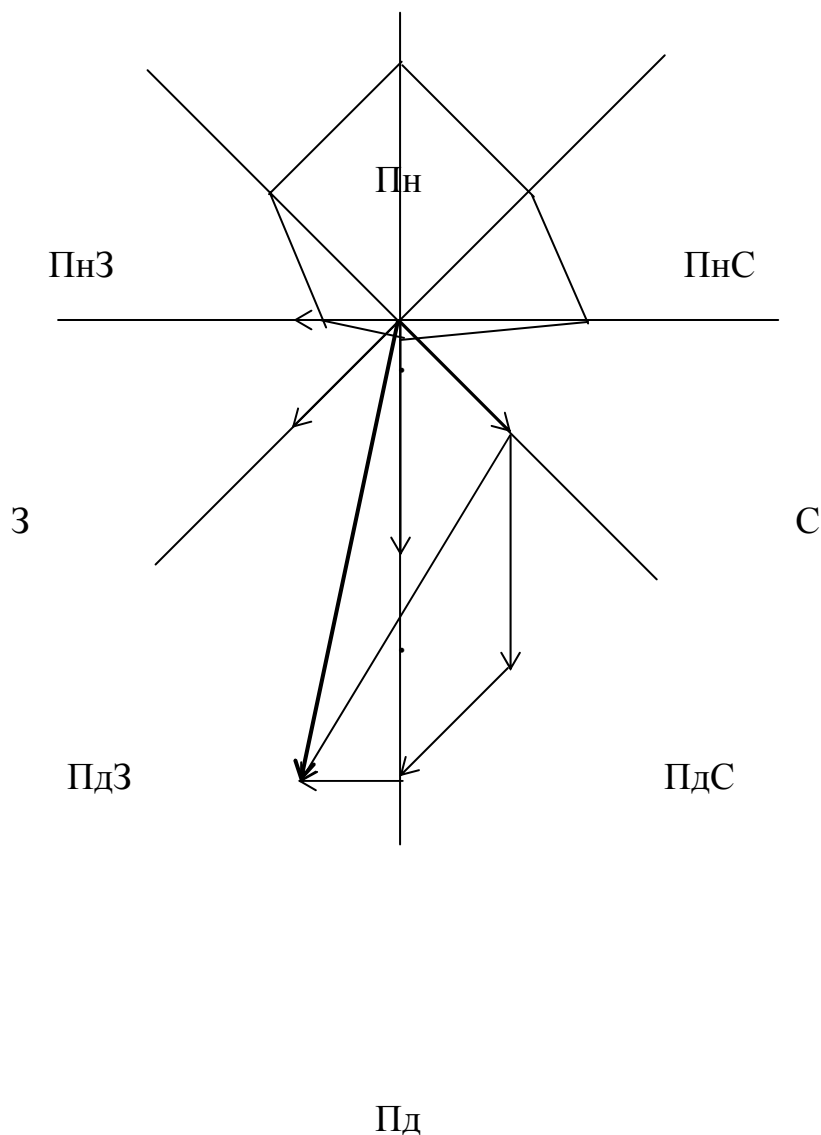


Рисунок 4.4 - Роза переносу. Результуючий вітер

#### 4.8 Питання для самоконтролю і завдання

##### *Питання для самоконтролю*

1. Як проводиться аналіз однорідності рядів по напрямку вітру?
2. Чому штилі не враховуються в загальну суму різних напрямків вітру?
3. Що таке пануючий вітер?
4. Що таке переважний вітер?
5. Як розраховується переважний вітер?

6. Якою має бути повторюваність вітру, щоб він вважався переважним у квадранті?
7. Чому разом з імовірністю вітру різних напрямків розраховується переважний напрямок вітру?
8. Як проводиться аналіз однорідності рядів середніх місячних швидкостей вітру?
9. Який вітер називають сильним?
10. Як розраховується максимальна швидкість вітру різної забезпеченості?
11. На основі чого проводиться розрахування результуючого вітру?
12. Як розраховується середній перенос?

### *Завдання*

**Завдання 1.** Виконати аналіз однорідності даних по напрямку вітру на основі річних значень його повторюваності по румбах (таблиці Д.4 і Д.5) за допомогою розгорнутої рози вітрів.

**Завдання 2.** Розрахувати переважний напрямок вітру на окремих станціях України. Вихідними є дані таблиці Д.7 та “Справочника по климату СССР” ч.3, вип.10, таблиця 1.

**Завдання 3.** Розрахувати максимальну швидкість вітру, яка можлива на станції щорічно, а також 1 раз в 5, 10, 20, 50 і 100 років за допомогою кривої інтегрального розподілу швидкостей вітру, що побудована на білогарифмічній клітчатці. Вихідними є дані “Справочника по климату СССР” ч. 3, вип. 10, таблиця 5.

**Завдання 4.** Визначити напрямок результуючого вітру і середню швидкість переносу. Вихідні дані наведено в таблиці Д.6.



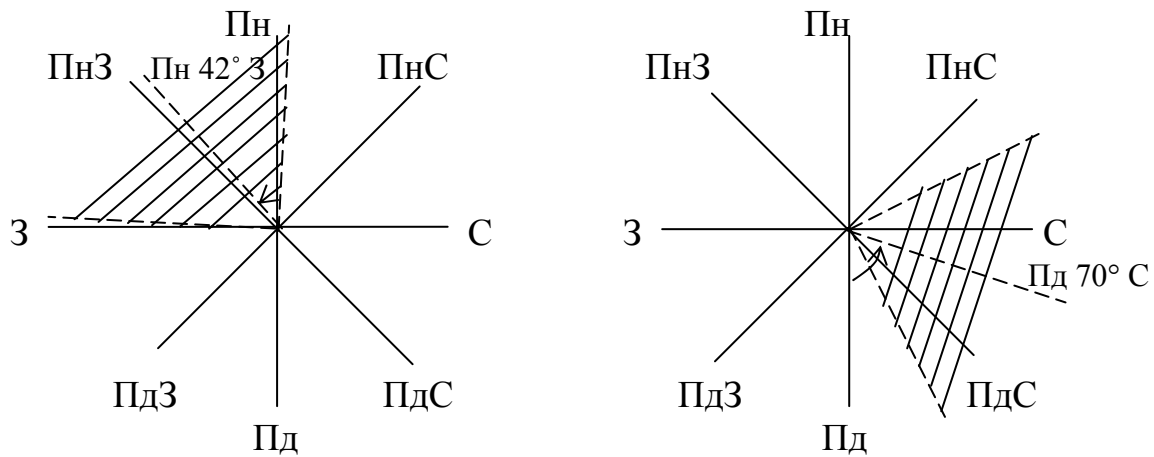


Рисунок 4.2 – Квадранти переважного напрямку вітру

особливості того або іншого району. Суть проведення ліній току в наступному: записаний на ізогоні напрямок вітру розповсюджується лінією до середини шару між двома ізогонами (положення лінії відповідає напрямку вітру на ізогоні). Лінії проводять в усіх особих формах рельєфу ізогон і наносять на них стрілки. Слід урахувувати, що ці лінії току мають тенденцію

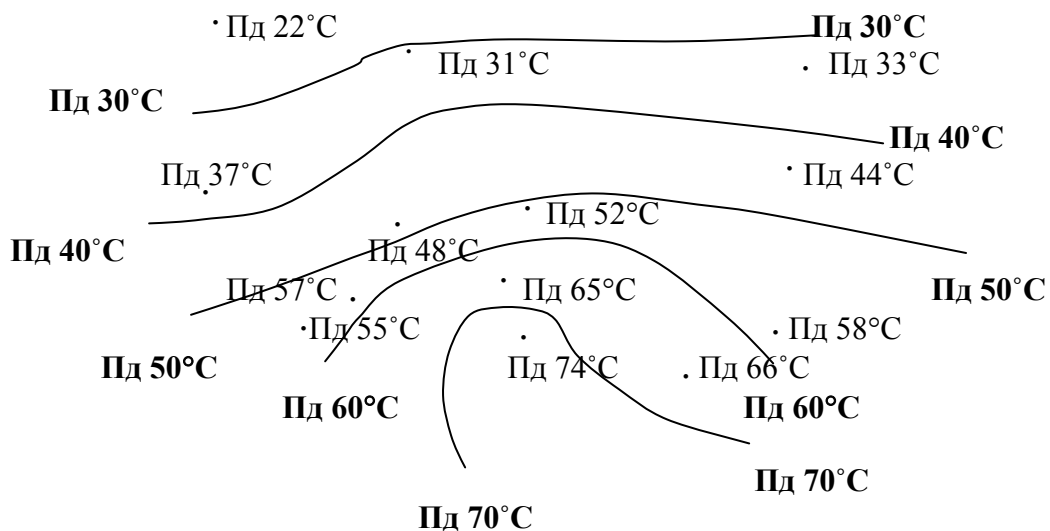


Рисунок 4.3 – Карта ізогон і ліній току

обтікати навіть невеликі височини. Вздовж великих хребтів утворюються два переважні напрямки вітру. Лінії току у цьому разі наносяться на рисунок за тим напрямком, який має більшу повторюваність і краще узгоджується з баричним рельєфом і розподілом переважних вітрів у сусідніх районах. Повторюваність переважних вітрів на таких картах

можна надати розфарбуванням. На основі ходу цих ліній відрізняють на карті переважний напрямок вітру з урахуванням його повторюваності за градаціями, наприклад, 30%, 30 – 40%, 40 – 50%, > 50% т.ін.

Розрахунок переважного вітру визиває зацікавленість при описі вітрового режиму в районах з періодичним змінюванням його напрямку (бризи, горно-долинні вітри, мусони т.ін.).

Для ілюстрації наведено квадранти переважного напрямку вітру в денний та нічний час в Одесі, в районі якої влітку формується бризова циркуляція.

У липні в нічний строк положення на горизонті середини квадранта переважного напрямку – Пн  $46^\circ$  З (нічний бриз з суші), повторюваність в цьому квадранті становить 60%, у денний строк – Пд  $18^\circ$  С (денний бриз з моря) з повторюваністю – 57%. Протилежні напрямки в нічний та денний часи добре виражені і мають приблизно однакову повторюваність.

У січні в нічний час напрямок бісектриси – Пн  $23^\circ$  З, а у денний – Пн  $0^\circ$  З (північний напрямок), тобто практично вони співпадають; малу розбіжність мають і повторюваності, які відповідно становлять – 35% і 38%.

#### 4.4 Тривалість вітру одного напрямку в годинах

При розв'язанні деяких практичних задач не обмежуються даними про повторюваність вітру того або іншого напрямку, а враховується загальна тривалість вітрів окремих напрямків в годинах за місяць, сезон або рік.

Такі відомості легко дістати шляхом переобчислення даних по повторюваності вітру різних напрямків і штилів таблиці 1 "Справочника по клімату СРСР", частина III. Виконується це наступним чином.

Нехай повторюваність (%) напрямків вітру і штилів у січні на станції така:

| Пн | ПнС | С  | ПдС | Пд | ПдЗ | З  | ПнЗ | штиль |
|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-------|
| 9  | 12  | 16 | 17  | 10 | 12  | 13 | 11  | 8     |

Найбільшу повторюваність (17%) мають ПдС вітри. Це пануючий напрямок на станції.

Скільки ж годин вцілому за місяць дують вітри цього напрямку?

Загальний час січня в годинах становить  $24 \cdot 31 = 744$  годин. На штиль припадає 8% всіх спостережень, що становить в перерахунку на час 60 годин.

У решті часу місяця ( $744 - 60 = 684$  години) спостерігались вітри різних напрямків, з них південно-східні становлять 17%. Тоді сумарна тривалість південно-східних вітрів дорівнює 116 годин.

Аналогічно можна обчислити загальну тривалість дії вітру в годинах

і за інші проміжки часу (сезон, рік).

Для переважного напрямку роблять так. У наведеному прикладі положення на горизонті середини квадранта з найбільшою повторюваністю – Пд70°С, повторюваність – 34%. Тривалість переважних вітрів в годинах буде – 232 години (тобто, 34% від 684 годин).

Співставлення даних про тривалість вітрів різних напрямків, що дістали по записах самописців, і розрахованих наведеним способом, дали розбіжність не більшу 2%.

Тривалість же дії окремих випадків тих або інших напрямків вітру можна дістати шляхом безпосередніх підрахунків, використовуючи строкові спостереження. При цьому не можна об'єднувати дані чотирьох і восьми строкових спостережень.

#### 4.5 Активно-діючі вітри на інженерні споруди

При сучасному будівництві висотних споруд, особливо у тих випадках, коли вони мають вид порівняно тонких великих пластин (14 – 16 поверхові житлові будівлі т.ін.), для оцінки вітрових навантажень, які вони визнають, при проектуванні необхідно враховувати не тільки можливі максимальні швидкості, але і напрямок вітру з якими вони пов'язані. При цьому приймається до уваги не тільки дія вітру по нормалі до перешкодження, а і так звані активно-діючі вітри, тобто такі, що складають з площиною стіни кут не менший 45°. Тому, для оцінки активного навантаження на стіни будівель необхідно, перш за все, визначити активно-діючі вітри на стіни різної орієнтації, а потім розрахувати максимально можливі швидкості таких вітрів.

Для прикладу зазначимо, що для стіни, яка спрямована на захід, активними є всі напрямки вітру в квадранті "захід", повторюваність яких тут складається з повторюваності західного вітру (13%), половини повторюваності північно-західного (6%) та половини південно-західного (6%). Таким чином, повторюваність активно-діючого вітру для західної стіни становить 25%. Приклад розрахунку активно діючих вітрів надано в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Розрахунок активно-діючих вітрів

| Повторюваність,<br>%               | Румби |     |    |     |    |     |    |     |
|------------------------------------|-------|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
|                                    | Пн    | ПнС | С  | ПдС | Пд | ПдЗ | З  | ПнЗ |
| Вітри                              | 9     | 12  | 16 | 17  | 10 | 12  | 13 | 11  |
| Активно-діючі<br>вітри у квадранті | 20    | 25  | 31 | 30  | 24 | 24  | 25 | 21  |

## 5 Кліматичні довідники і робота з ними

Оброблені за допомогою кліматологічних і статистичних методів метеорологічні дані складають основу для кліматичних довідників. Сьогодні в розпорядженні споживача в наявності є “Справочник по климату СССР” 1961 – 1969-их років видання і пізніше виданий (1989-го року) “Научно-прикладной справочник по климату СССР”.

У першому довіднику всі багаторічні характеристики були обчислені за так званий “о с н о в н и й” період, тобто єдиний і достатньо довгий, який забезпечував надійність розрахованих показників і можливість їх порівняння. Для температури цей період дорівнював 80 років (1881 – 1960 рр.), для атмосферних опадів – 75 років (1891 – 1965 рр.). Дані з вітру визначені з рядів спостережень різної тривалості в межах 1936 – 1960 років. Так, для середньої швидкості вітру по місяцях і за рік, повторюваності напрямків вітру признані сталими характеристиками за 8 – 10-ти річний період осереднення. Дані з хмарності і атмосферних явищ отримані в межах 1936 – 1965 років. Вибір цього періоду пов’язано з тим, що починаючи з 1936 року перейшли від трьохстрокових (7, 13, 21 годин) до чотирьохстрокових (1, 7, 13, 19 годин) спостережень. Ця обставина і включення ще нічного строку обумовили більш точну і систематичну реєстрацію атмосферних явищ, особливо туманів, які більш характерні для ночного часу. Що до завірюхи, то існуючий поділ їх на види прийнято у 30-х роках. Тому, тільки починаючи з 1936 року, ряди можна вважати однорідними.

У довіднику середнє число днів з явищами надано як середнє за 8 – 10 років; кліматичні характеристики по строках отримані з рядів тривалістю не менш 15 – 20 років.

Багаторічні середні дані, які наведено в цьому довіднику, називають нормальними середніми або кліматичними “нормами”. Якщо станція була короткорядною, тобто період спостережень на ній був менш, ніж “основний”, то “нормальні” показники для неї розраховувались непрямим методом – методом “приведення”, розробленим в кліматології для багатьох метеорологічних величин.

Зазначимо, що в кліматології відбулась дискусія відносно оптимальності тривалості основного періоду. Прихильники його збільшення виходили з вимог підвищення точності і надійності кліматичних даних. Прихильники протилежної точки зору, посилаючись на помітні зміни клімату в силу антропогенних чинників і порушення в зв’язку з цим однорідності метеорологічних рядів, виникнення так званої “повзучої” неоднорідності, заперечували доцільність збільшення основного періоду. Всемирною Метеорологічною Організацією в якості основного було запропоновано і прийнято період довжиною в 30 років.

Розглянемо структуру “Справочника по климату ССРСР”. Він містить в собі 34 випуски, кожен з яких відповідав територіальним управлінням Держкомгидромету колишньої території Союзу. По Україні вся кліматична інформація надана у випуску 10.

Кожен випуск довідника складається з п'яти частин:

частина I – сонячна радіація і сонячне сяйво,

частина II – температура повітря і ґрунту,

частина III – вітер,

частина IV – вологість, атмосферні опади та сніговий покрив,

частина V – хмарність та атмосферні явища.

У кожній частині “Справочника” міститься: пояснення до таблиць, стислий опис відповідного метеорологічного режиму, список станцій і карта розташування їх на даній території.

У “Поясненнях к таблицам” зазначено по якому матеріалу спостережень складено кожну таблицю і яким засобом його оброблено, який фізичний сенс мають наведені в ній цифри.

Відомості про особливості добового ходу метеорологічних величин на території, що розглядається, про вертикальні градієнти в гірських районах і іншу додаткову інформацію можна отримати в текстовій частині довідника, яка ілюстрована відповідними картами і графіками.

У кінці кожної книги розміщена карта сітки метеорологічних станцій з вказівкою їх номерів у довіднику. Нумерація станцій проводиться з півночі на південь і з заходу на схід. Тут же приведено алфавітний список станцій, в якому вказані їх висота над рівнем моря, номер в даній частині випуску, роки спостережень на них.

За роки після видання названого довідника накопичилась значна кількість нової інформації, збільшилась кількість довгорядних станцій, виникла потреба в нових характеристиках прикладного типу. Тому в 1989 році було видано “Научно-прикладной справочник по климату ССРСР”, який при помітному (майже на порядок) зменшенні кількості станцій, що в ньому висвітлено, суттєво відрізняється від попереднього змістом наданих показників: він містить в собі вже середньо-квадратичні відхилення, коефіцієнти асиметрії, кореляційні функції, комплексні характеристики клімату і показники прикладного напрямку. Нажаль, цей довідник майже не дійшов до споживача.

Всі характеристики температурного режиму місячного розділення розраховані за роки всередині періоду 1881 – 1980 років, а екстремальні дані отримані за період 1881 – 1985 рр.. Характеристики добового розділення розраховані за період 1936 – 1980 рр.. розділення по строках – за період 1966 – 1980 рр..

Багаторічна, місячна, за теплий та холодний період і за рік кількість опадів отримана за роки всередині періоду 1891 – 1980 рр..

Для переходу від середньої багаторічної температури повітря, розрахованої за весь період інструментальних спостережень, до середньої за 30-ти річний період (1931 – 1960 рр.), прийнятий ВМО, і за останній 30-річний період (1951 – 1980 рр.) було розраховано різниці між вказаними періодами. Подібна робота проведена і для даних по опадах: визначені різниці між середніми сумами за період спостережень 1891 – 1980 рр. і відповідними 30-річними періодами 1931 – 1960 років і 1951 – 1980 років. Різниці для першого періоду здобули для 15 станцій, для другого – для 30 станцій.

Детальний аналіз цієї інформації може дати цікаві відомості про характер і спрямованість змін режиму температури і опадів в окремих районах України за 100-річний період.

Характеристики по вітру в цьому довіднику здобуті, головним чином, з даних спостережень за 1936 – 1980 рр.. Це, наприклад, стосується середньої місячної і річної швидкості вітру. Для оцінки повторюваності напрямку вітру обмежились строковими спостереженнями за 1966 – 1988 рр.. Дані про пориви вітру отримані за період 1959 – 1980 рр..

Усі характеристики по атмосферним явищам встановлені з рядів спостережень 1936 – 1980 рр..

У теперішній час в УкрНДГМІ готується до випуску новий кліматичний довідник України.

Мета даного розділу навчального посібника: допомогти студентам у самостійній роботі по вивченню основних характеристик метеорологічних режимів, наведених у довіднику; виробити в них навички використання цих даних при складанні кліматичних довідок і описів, при обслуговуванні різних сфер діяльності людини.

Нижче наведені питання до “Справочника по климату СССР” 1961 1969 рр.. видання. Відповідь на них дозволить студенту ознайомитись зі структурою кожної частини довідника, зрозуміти засоби отримання наданих в ньому показників і зміст кожної таблиці.

Завершенням роботи по ознайомленню з довідником має стати кліматична довідка, складена по одному з пунктів. Кліматична довідка складається з двох розділів: у першому – надається стисла характеристика основних кліматоутворюючих чинників (фізико-географічні умови, радіаційні та циркуляційні умови) обраного району, яку можна знайти у названих кліматичних довідниках, у другому – мають міститися відомості про режим метеорологічних величин (температури повітря і ґрунту, опадів і снігового покриву, вітру і атмосферних явищ), які по суті являють собою відповіді на наступні питання (у дужках вказано номер таблиці у відповідному довіднику, на основі якої можна дати відповідь на сформульоване питання).

## По температурі повітря

1. В яких межах змінюється середня річна температура повітря в річному ході? Визначте місяці з найвищою і найнижчою температурою повітря (табл. 1).
2. Річна амплітуда температури повітря (табл. 1).
3. Середня місячна температура повітря у центральні місяці сезонів (табл. 1).
4. Дати початку кліматичних сезонів (весни, літа, осені, зими) та їх тривалість (табл. 5).
5. Тривалість періодів з температурами нижче  $-20^{\circ}$ ,  $-25^{\circ}\text{C}$  т.ін., вище  $+20^{\circ}$ ,  $+25^{\circ}\text{C}$  т.ін. (табл. 5).
6. Добовий хід температури повітря в січні і липні (табл. 2).
7. Визначте час приходу протягом доби найвищої і найнижчої температури повітря у січні та липні (табл. 2).
8. Визначте істинну середню добову температуру повітря у січні та липні (табл. 2).
9. В який період року середня добова амплітуда температури повітря велика (мала) і чому? (табл. 2).
10. Порівняйте середню добову амплітуду температури повітря в січні (липні) при ясному і похмурому небі та поясніть розбіжності (табл. 3).
11. Вкажіть найбільш імовірні амплітуди добового ходу температури повітря в центральні місяці сезонів (табл. 3а).
12. В який період року міждобова мінливість температури повітря сягає найбільших значень і чому? (табл. 4).
13. На скільки в середньому від доби до доби може змінюватись температура повітря в центральні місяці сезонів? (табл. 4).
14. Які значення міждобової мінливості температури повітря найбільш імовірні в центральні місяці? (табл. 4а).
15. Вкажіть найбільші від'ємні та додатні значення міждобової мінливості в центральні місяці сезонів (табл. 4а).
16. В яких межах може коливатись середня добова температура повітря в січні, липні? (табл. 6).
17. Які середні добові температури повітря найбільш імовірні в найтепліші та найхолодніші місяці року? (табл. 6).
18. Скільки днів з додатною (від'ємною) температурою повітря буває в липні (січні)? (табл. 6).
19. Як часто в січні середня добова температура повітря буває нижчою  $-20^{\circ}$ ,  $-10^{\circ}\text{C}$ ,  $-5^{\circ}\text{C}$ ? (табл. 6).
20. Як часто в липні середня добова температура повітря буває вищою  $+20^{\circ}$ ,  $+10^{\circ}\text{C}$ ,  $+5^{\circ}\text{C}$ ? (табл. 6).
21. Які, зазвичай, нічні і денні температури повітря спостерігаються на станції в січні, липні? (табл. 7 і 11).

22. Найбільш імовірні нічні та денні температури повітря в січні, квітні, липні і жовтні? (табл. 7 і 11).
23. Абсолютний мінімум і абсолютний максимум температури повітря, що зареєстровані на станції (табл. 8 і 12).
24. Абсолютний мінімум і абсолютний максимум температури повітря, зареєстровані в січні та липні (табл. 8 і 12).
25. Вкажіть, в яких межах можуть коливатись мінімальні та максимальні температури повітря на станції в центральні місяці сезонів (табл. 9 і 13).
26. Найбільш імовірні мінімальні та максимальні температури повітря в центральні місяці сезонів? (табл. 9 і 13).
27. Можливі мінімальні та максимальні температури повітря в центральні місяці сезонів? (табл. 9 і 13).
28. Який абсолютний мінімум температури повітря можна очікувати на станції щорічно? Який абсолютний мінімум можливий щорічно в січні? Чи однакові ці визначені значення, якщо ні, то чому? (табл. 10).
29. Визначте найнижчу температуру повітря, яка можлива щорічно в липні (табл. 10).
30. Який абсолютний максимум температури повітря можливий на станції щорічно? Яку найвищу температуру повітря можна очікувати на станції щогодини в січні, липні? (табл. 14).
31. Порівняйте суми від'ємних і додатних температур повітря на найпівнічнішій і найпівденнішій станціях. Які їх розбіжності? (табл. 15).
32. Визначте суму температур повітря нижче  $-5^{\circ}\text{C}$  і вище  $+5^{\circ}\text{C}$  (або  $+10^{\circ}\text{C}$ ) (табл. 15).
33. Коли, зазвичай, починаються і припиняються заморозки на станції? (табл. 16).
34. Дати найранішого і найпізнішого початку і припинення заморозків (табл. 16).
35. Як рано (пізно) можуть припинятись заморозки на станції (тобто визначити дату найранішого і найпізнішого припинення заморозків)? (табл. 16).
36. Яку тривалість, зазвичай, має безморозний період? Визначити найбільшу і найменшу його тривалість (табл. 16).
37. Чому не для всіх станцій наведено дати найранішого і найпізнішого початку і припинення заморозків? (табл. 16).
38. Для станції, яка розташована у південній частині території, що досліджується, вкажіть дати найранішого початку заморозків, які можливі один раз в 10 і 20 років (табл. 44).
39. Для станції, яка розташована у північній частині території, що розглядається, визначте дати найпізнішого припинення заморозків, які можливі один раз в 5 і 10 років (табл. 45).



40. Визначте, коли зазвичай, починаються (припиняються) стійкі морози на станції (середня дата початку і припинення стійких морозів) (табл. 18).
41. Яка середня тривалість періоду зі стійкими морозами? (табл. 18).
42. Тривалість безморозного періоду (табл. 18).
43. Температура повітря найхолоднішої п'ятиднівки? (табл. 21).
44. Визначте величину зимової вентиляційної температури (табл. 21).
45. Середня кількість днів з відлигою в грудні, січні, лютому і за зиму (табл. 21).
46. Тривалість і середня температура опалювального періоду (табл. 21).
47. Для станцій з середньою місячною температурою повітря  $-8^{\circ}$ ,  $-4^{\circ}$ ,  $+4^{\circ}\text{C}$  заданого місяця визначити найбільш імовірні середні добові температури повітря (табл. 22).
48. Кількість днів з мінімальною температурою повітря в різних межах при заданій середній місячній температурі в зимовий сезон (табл. 23).
49. Кількість днів з максимальною температурою повітря в різних межах при заданій середній місячній температурі в літній сезон (табл. 24).
50. Визначити дати настання середніх добових температур повітря вище  $0^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$  (нижче  $0^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$ ) з імовірністю 5, 75 і 95% при заданій середній даті (табл. 25 – 32).
51. Визначити тривалість періоду з середньою добовою температурою повітря вище  $0^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$  (нижче  $0^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$ ,  $10^{\circ}$ ,  $15^{\circ}\text{C}$ ) різної імовірності при заданій середній тривалості (табл. 33 – 36).
52. Значення мінімальної температури повітря 5, 10, 25, 50, 75, 90 і 95% забезпеченості при заданій середній з абсолютних мінімумів (табл. 37).
53. Значення максимальної температури повітря 5, 10, 25, 50, 75, 90 і 95% забезпеченості при заданій середній з абсолютних максимумів (табл. 37).

#### По температурі ґрунту

1. Середня температура на поверхні ґрунту в центральні місяці сезонів (табл. 1).
2. Визначити амплітуду річного ходу температури на поверхні ґрунту. Де вона більша у повітрі або ґрунті? (табл. 1).
3. Простежити як змінюється температура з глибиною в орному шарі від квітня до травня. З якого місяця верхній шар ґрунту виявляється в середньому холоднішим, ніж на глибині 20 см? (табл. 2).
4. Які змінюються з глибиною (0.80, 2.40 і 3.20 м) амплітуда річних коливань температури? (табл. 3). Відповідь обґрунтуйте.
5. Скільки днів в середньому ґрунт знаходиться в замерзломому стані на півдні і півночі території? (табл. 4).

6. Назвіть дати першого і останнього заморозку на поверхні ґрунту. Вкажіть на скільки раніше починаються заморозки на поверхні ґрунту у порівнянні з повітрям (табл.5).
7. Якою є середня тривалість безморозного періоду на поверхні ґрунту, на глибині 20 см? (табл. 5 і 6).
8. До якої глибини, зазвичай, промерзає ґрунт за зиму в північних і південних районах території? Вкажіть можливу максимальну глибину промерзання ґрунту в цих районах (табл. 7).
9. До якої глибини, зазвичай, промерзає ґрунт за зиму? (табл. 8).
10. Максимальна глибина промерзання ґрунту на станції (табл. 8).

### По вітру

1. Визначити пануючий напрямок вітру на станції та напрямок вітру, що має найбільшу повторюваність в січні і липні (табл. 1).
2. Чи відбувається зміна пануючого напрямку вітру від зими до літа? (табл.1).
3. Яка повторюваність штилів на станції у січні і липні? (табл. 1).
4. Чи відбувається зміна напрямків вітру від денних до нічних строків в місяці теплого періоду року? Який напрямок вітру має найбільшу (найменшу) повторюваність в 1, 7, 13 і 19 годин в січні і липні(табл.2).
5. Середня швидкість вітру за рік і в центральні місяці сезонів (табл. 3).
6. Середня швидкість вітру в різні строки в січні і липні (табл. 4). Дайте необхідні пояснення.
7. Найбільш імовірні швидкості вітру в січні та липні (табл. 5).
8. Імовірність швидкостей вітру  $\geq 15$  м/с в січні та липні (табл. 5).
9. Які швидкості вітру найбільш імовірні вдень та вночі січні і липні? (табл. 7).
10. Найбільш імовірні швидкості вітру при пануючому напрямку вітру в січні і липні (табл. 7).
11. При якому напрямку вітру спостерігаються найбільші швидкості в січні та липні? (табл. 7).
12. Кількість днів з сильним вітром ( $\geq 15$  м/с) на станції за рік, в січні, липні. Як часто сильні вітри спостерігаються в інші місяці року? (табл. 9).
13. Найбільша кількість днів з сильним вітром, що зареєстрована в різні місяці на станції і за рік (табл. 9а).
14. Найбільші швидкості вітру, що можливі на станції один раз у 5, 10, 15 і 20 років (табл. 10).

## По опадах

1. Кількість опадів, яка, зазвичай, випадає на станції в цілому за рік, в теплий і холодний періоди (табл. 1).
2. Місяці в річному ході з найменшою і найбільшою кількістю опадів (табл. 1).
3. Визначить співвідношення твердих, рідких і змішаних опадів в окремі місяці року (табл. 2).
4. Найбільша (10, 5%) і найменша (90, 95%) місячна кількість опадів, що можлива на станції в окремі місяці року (табл. 3).
5. При заданій середній кількості опадів (наприклад, 30, 40 або 50 мм) визначити найбільші і найменші суми опадів, які можливі один раз в 10 років (10 і 90% забезпеченості) і в 20 років (5 і 95% забезпеченості)? (табл. 4).
6. Добовий максимум опадів, який можна очікувати щорічно в січні і липні.
7. Добовий максимум опадів, що можливий в червні і липні один раз в 5, 10, 20, 50, і 100 років (20, 10, 5, 2 і 1% -ная забезпеченість відповідно) (табл. 6).
8. Визначити річний добовий максимум опадів, який можливий один раз в 100 років (табл. 6).
9. Максимальна інтенсивність опадів за 5, 10 хвилин і за 12 годин? (табл. 7).
10. Кількість днів з опадами на станції за рік, в січні, липні (табл. 8).
11. Кількість днів з опадами  $\geq 10$ ,  $\geq 20$ ,  $\geq 30$  мм за рік, в січні і липні, в теплий і холодний періоди (табл. 8).
12. Чи спостерігаються на станції в січні і липні опади  $\geq 10$  і  $\geq 20$  мм щорічно? (табл. 8).
13. Як часто в теплий період року спостерігаються опади  $\geq 20$  мм? (табл. 8).
14. Кількість днів з твердими і рідкими опадами на станції в центральні місяці сезонів? (табл. 9).
15. Середня тривалість опадів в січні і липні на станції? (табл. 10).
16. Максимальна тривалість опадів в годинах в січні, липні і за рік (табл. 10).

## По сніговому покриву

1. Середня дата появи снігового покриву на станції і дата утворення стійкого снігового покриву (табл. 7).
2. Дата руйнування стійкого снігового покриву і дата сходження снігового покриву (табл. 7).
3. Кількість днів протягом року зі сніговим покривом (табл. 7).

4. Коли сходить сніговий покров на станції? (табл. 7).
5. Максимальна декадна висота снігового покрову за зиму? (табл. 1).
6. Декада, в якій зазвичай спостерігається найбільша висота снігового покрову (табл. 1).
7. Щільність снігового покрову в окремих декадах грудня і січня (табл. 3).
8. Запас води в сніговому покриві в окремих декадах січня і лютого (табл. 4).
9. Найбільш (найменш) імовірні висоти снігового покрову в окремі декади січня (табл. 5).
10. Які найбільші декадні значення висоти снігового покрову за зиму спостерігаються найчастіше? (табл. 6).

### По атмосферних явищах

#### х м а р н і с т ь

1. Повторюваність ясного, напівясного і похмурого станів неба в центральні місяці сезонів (табл. 1).
2. Повторюваність ясного (похмурого) неба вночі і вдень в січні і липні (табл. 2).
3. Кількість ясних і похмурих днів в січні і липні (табл. 4).
4. Повторюваність різних форм хмарності в окремих місяцях року (табл. 8).

#### т у м а н и

1. Кількість днів з туманом протягом року за теплий і холодний періоди (табл. 1).
2. Чи можна щорічно очікувати тумани в січні і липні (табл. 1).
3. Найбільша і найменша кількість днів з туманом в січні і липні (табл. 2).
4. Тривалість туманів в січні і липні на станції (табл. 3).
5. В який час доби тумани більш (менш) тривалі в січні і липні? (табл. 3а).

#### з а м е т і л і

1. Кількість днів із заметіллю на станції за рік (табл. 1).
2. Як часто спостерігаються поземки? (табл. 2).
3. Тривалість заметілей на станції в зимові місяці (табл. 3).
4. З якими напрямками вітру частіш за все пов'язані заметілі? (табл. 4).
5. Які, зазвичай, швидкості вітру при заметілях? (табл. 5).
6. Яка температура повітря частіш за все спостерігається при заметілях? (табл. 6).

7. Найбільш ймовірна тривалість заметілей (табл. 7).

#### г р о з а

1. Скільки днів з грозою спостерігається протягом року на станції? (табл. 1).
2. В який період року гроза найбільш ймовірна? (табл. 1).
3. Чи бувають на станції зимові грози? (табл. 1).
4. Тривалість гроз в місяці теплого періоду (табл. 2).
5. В який час доби гроза найтриваліша? (табл. 2а).

#### г р а д

1. Як часто на станції відмічається град? Кількість днів з градом за рік, в окремі місяці теплого періоду (табл. 1).
2. Чи щорічно спостерігається град на станції в теплий період року? (табл. 1).

## Література

1. Белов Н.Ф., Васильев В.А. Практикум по климатологии. – Л.: ЛГМИ, 1990.
2. Исаев А.А. Статистика в метеорологии и климатологии. – М.: Изд. МГУ, 1988.
3. Климатология. / Под ред. О.А.Дроздова, Н.В.Кобышевой. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.
4. Кобышева Н.В., Наровлянский Г.Я. Климатологическая обработка метеорологической информации. – Л.: Гидрометеиздат, 1978.
5. Лебедев А.Н. Графики и карты для расчёта климатических характеристик различной обеспеченности на Европейской территории Союза. – Л.: Гидрометеиздат, 1960.
6. Методы климатологической обработки метеорологических наблюдений / Под ред. О.А. Дроздова. – Л.: Гидрометеиздат, 1957.
7. Рождественский А.В., Чеботарёв А.И. Статистические методы в гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1974.
8. Справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1961 – 1969. Ч.1 – V. – Вып. 1 – 34.
9. Научно-прикладной справочник по климату СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1989.
10. Шелутко В.А. Техника статистических вычислений в гидрологии. – Л.: ЛПИ, 1977.
11. Школьний Є.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. Обробка та аналіз гідрометеорологічної інформації. – Одеса, 1999.
12. Школьний Є.П., Гончарова Л.Д., Миротворська Н.К. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації. – Одеса, 2000.

## Додаток А

Таблиця А.1 – Середня місячна температура повітря, °С (Одеса, обсерваторія, 1894 – 1990 рр.)

| Рік  | Місяці |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
|      | 1      | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12   |
| 1894 | -1.5   | -0.5 | 3.0  | 9.6  | 13.9 | 17.8 | 23.2 | 22.1 | 15.0 | 12.3 | 3.0 | -0.5 |
| 1895 | 3.9    | -0.9 | 2.3  | 8.4  | 14.2 | 19.2 | 24.2 | 22.0 | 16.6 | 13.1 | 5.6 | -2.6 |
| 1896 | -8.8   | -2.7 | 0.9  | 5.3  | 13.9 | 20.4 | 22.4 | 22.8 | 18.5 | 15.7 | 4.0 | 0.9  |
| 1897 | -3.1   | -0.4 | 4.0  | 9.8  | 16.7 | 20.9 | 23.6 | 23.4 | 18.9 | 11.6 | 1.2 | -2.1 |
| 1898 | -1.4   | -0.6 | -0.8 | 6.9  | 15.9 | 17.9 | 21.4 | 22.1 | 16.2 | 10.6 | 6.3 | 2.7  |
| 1899 | 2.9    | 0.6  | 2.7  | 9.1  | 16.3 | 18.5 | 22.1 | 20.0 | 17.8 | 10.5 | 5.3 | -4.4 |
| 1900 | -2.1   | 0.4  | 0.6  | 7.7  | 15.0 | 19.5 | 23.2 | 23.8 | 16.0 | 13.3 | 4.4 | 2.3  |
| 1901 | -3.9   | -1.6 | 2.9  | 8.8  | 15.9 | 22.6 | 22.3 | 22.1 | 15.6 | 11.3 | 3.4 | 4.0  |
| 1902 | 2.0    | 1.0  | 2.3  | 7.4  | 13.0 | 19.6 | 19.8 | 21.5 | 15.7 | 10.2 | 0.2 | -5.2 |
| 1903 | -5.2   | 1.3  | 3.4  | 9.7  | 15.2 | 19.9 | 21.3 | 21.5 | 17.4 | 11.6 | 6.9 | 0.1  |
| 1904 | -      | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -    | -   | -    |
| 1905 | -5.0   | -1.6 | 1.1  | 7.7  | 15.7 | 20.2 | 23.2 | 23.6 | 17.8 | 12.0 | 8.6 | 0.3  |
| 1906 | -0.1   | -0.1 | 5.4  | 10.0 | 16.9 | 21.2 | 22.2 | 19.7 | 15.3 | 8.6  | 6.4 | 1.9  |
| 1907 | -4.1   | -5.0 | -0.3 | 6.2  | 18.0 | 19.9 | 22.1 | 21.2 | 16.5 | 13.2 | 1.7 | 0.3  |
| 1908 | -2.0   | 0.5  | 1.8  | 6.8  | 16.2 | 19.5 | 21.3 | 20.4 | 15.9 | 9.2  | 0.4 | -2.4 |
| 1909 | -6.0   | -5.9 | 1.7  | 7.2  | 14.5 | 18.8 | 22.3 | 22.8 | 20.8 | 14.1 | 5.8 | 3.0  |
| 1910 | -0.7   | 1.8  | 2.5  | 9.0  | 15.3 | 19.9 | 21.5 | 20.5 | 17.3 | 9.5  | 7.2 | 2.8  |
| 1911 | -3.1   | -8.1 | -0.1 | 7.3  | 15.9 | 17.9 | 21.5 | 22.5 | 15.9 | 11.8 | 7.8 | 0.3  |
| 1912 | -5.1   | -1.5 | 3.5  | 7.0  | 12.3 | 19.4 | 20.1 | 20.3 | 15.5 | 7.4  | 4.4 | 2.8  |
| 1913 | -2.1   | -1.8 | 4.7  | 9.3  | 13.8 | 17.7 | 20.0 | 21.3 | 17.6 | 11.1 | 6.3 | 3.0  |

Продовження таблиці А.1

| Рік  | Місяці |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|      | 1      | 2     | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11   | 12   |
| 1914 | 3.8    | 1.9   | 5.2  | 9.6  | 14.6 | 20.0 | 22.4 | 20.7 | 14.4 | 9.3  | 1.0  | 1.6  |
| 1915 | 2.2    | 0.3   | 1.3  | 8.9  | 13.6 | 19.9 | 23.0 | 19.6 | 14.8 | 9.5  | 4.6  | 3.8  |
| 1916 | 0.5    | 1.8   | 3.9  | 9.3  | 14.7 | 19.6 | 21.8 | 20.7 | 16.4 | 11.7 | 5.6  | 2.5  |
| 1917 | -0.4   | -6.1  | 0.5  | 8.6  | 13.3 | 20.1 | 21.2 | 22.5 | 17.0 | 12.8 | 7.6  | -1.1 |
| 1918 | 0.9    | 0.1   | 2.7  | 8.9  | 14.3 | 18.8 | 21.6 | 20.5 | 19.4 | 16.7 | 4.9  | 2.7  |
| 1919 | 0.5    | -1.6  | 2.7  | 10.1 | 12.1 | 17.7 | 21.2 | 19.7 | 19.7 | 12.4 | 4.4  | 1.3  |
| 1920 | -0.5   | -4.0  | 3.9  | 11.5 | 17.5 | 19.3 | 24.3 | 22.7 | 16.2 | 5.8  | -0.8 | -2.7 |
| 1921 | 1.7    | -4.2  | 4.0  | 8.6  | 18.0 | 19.1 | 22.2 | 22.9 | 14.8 | 10.0 | 2.8  | -2.3 |
| 1922 | -4.4   | -2.1  | 4.9  | 8.0  | 15.2 | 19.9 | 24.1 | 21.1 | 15.8 | 9.0  | 4.1  | 0.6  |
| 1923 | -0.8   | -3.3  | 3.0  | 7.3  | 17.5 | 19.2 | 22.6 | 20.1 | 18.8 | 14.3 | 11.8 | 2.0  |
| 1924 | -7.8   | -3.5  | -0.3 | 8.0  | 17.5 | 23.3 | 21.9 | 21.6 | 20.0 | 11.6 | 3.1  | -1.2 |
| 1925 | 0.6    | 3.6   | 4.4  | 9.2  | 15.6 | 17.5 | 22.8 | 20.7 | 15.7 | 10.9 | 7.4  | -0.9 |
| 1926 | -2.6   | -2.0  | 1.0  | 8.8  | 15.8 | 20.0 | 22.8 | 19.4 | 15.6 | 12.2 | 9.3  | 0.4  |
| 1927 | -2.6   | -4.2  | 4.1  | 8.9  | 14.2 | 20.9 | 22.9 | 23.4 | 19.8 | 13.1 | 6.8  | -4.5 |
| 1928 | -3.2   | -5.6  | -1.8 | 7.9  | 13.8 | 17.7 | 23.2 | 19.9 | 17.6 | 10.5 | 7.8  | 0.9  |
| 1929 | -3.9   | -12.3 | -2.5 | 4.3  | 16.7 | 19.4 | 21.8 | 26.0 | 15.8 | 13.5 | 7.4  | 1.1  |
| 1930 | 0.2    | -0.8  | 4.1  | 9.3  | 15.2 | 18.6 | 21.8 | 21.7 | 16.8 | 12.1 | 7.9  | 0.1  |
| 1931 | -2.7   | -4.7  | 0.9  | 5.4  | 16.9 | 21.4 | 24.4 | 21.1 | 15.5 | 10.1 | 3.1  | 2.1  |
| 1932 | -1.0   | -8.1  | -2.6 | 8.3  | 14.6 | 19.0 | 22.8 | 21.8 | 19.2 | 14.9 | 5.7  | 2.8  |
| 1933 | -4.7   | -1.7  | 1.1  | 6.1  | 13.0 | 16.8 | 21.5 | 20.0 | 14.3 | 11.6 | 6.2  | 5.3  |



Продовження таблиці А.1

| Рік  | Місяці |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
|      | 1      | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12   |
| 1934 | -2.6   | -2.4 | 4.4  | 9.8  | 17.4 | 19.5 | 22.3 | 21.9 | 18.0 | 13.3 | 7.5 | -2.3 |
| 1935 | -6.6   | -1.7 | 1.3  | 8.8  | 14.2 | 21.5 | 21.6 | 22.1 | 17.2 | 14.7 | 3.1 | 3.4  |
| 1936 | 3.7    | -1.0 | 4.4  | 9.0  | 15.9 | 20.0 | 26.6 | 22.0 | 15.6 | 10.4 | 6.2 | 0.5  |
| 1937 | -5.2   | -2.1 | 4.6  | 8.4  | 18.4 | 20.3 | 23.5 | 21.6 | 20.0 | 11.0 | 6.5 | 3.1  |
| 1938 | -2.2   | -0.2 | 4.7  | 8.6  | 14.7 | 20.5 | 25.8 | 23.8 | 17.5 | 13.2 | 7.5 | 2.0  |
| 1939 | 1.0    | 1.3  | 1.5  | 9.6  | 15.1 | 21.2 | 24.3 | 22.4 | 16.6 | 10.2 | 4.8 | 0.4  |
| 1940 | -6.4   | -2.5 | -0.3 | 6.6  | 12.4 | 19.5 | 22.1 | 20.1 | 16.1 | 10.3 | 8.0 | -3.0 |
| 1941 | -3.0   | -2.1 | 1.9  | 8.2  | 15.5 | 19.7 | 22.8 | 23.0 | 17.0 | 11.0 | 7.0 | 1.7  |
| 1942 | -1.2   | -1.0 | 1.9  | 8.2  | 15.5 | 20.0 | 22.1 | 22.2 | 18.0 | 12.4 | 2.9 | 0.2  |
| 1943 | -4.5   | -0.8 | 1.4  | 9.9  | 14.5 | 19.4 | 20.4 | 22.7 | 18.0 | 12.6 | 7.2 | 0.8  |
| 1944 | -0.4   | 0.7  | 3.2  | 7.2  | 12.8 | 19.2 | 21.5 | 20.8 | 18.0 | 13.2 | 7.5 | -0.7 |
| 1945 | -3.0   | -2.6 | 1.9  | 7.3  | 14.4 | 19.8 | 21.0 | 21.6 | 17.4 | 10.1 | 4.2 | -1.0 |
| 1946 | -3.2   | -0.8 | 2.9  | 9.6  | 17.7 | 22.6 | 23.2 | 24.3 | 19.2 | 7.1  | 4.3 | -2.7 |
| 1947 | -8.2   | -2.8 | 3.7  | 10.9 | 15.6 | 21.1 | 23.4 | 20.1 | 16.8 | 7.5  | 5.3 | 2.6  |
| 1948 | 3.0    | -1.6 | 0.6  | 8.8  | 16.1 | 19.7 | 20.8 | 22.0 | 16.6 | 11.5 | 4.0 | -3.8 |
| 1949 | 0.4    | -1.2 | 1.6  | 7.4  | 16.8 | 17.3 | 21.2 | 20.3 | 16.3 | 9.5  | 7.6 | 4.0  |
| 1950 | -8.1   | 0.0  | 2.8  | 10.6 | 16.9 | 19.8 | 22.3 | 20.2 | 18.4 | 9.9  | 6.3 | 4.0  |
| 1951 | -1.2   | -1.8 | 2.9  | 10.9 | 15.9 | 21.0 | 23.3 | 22.9 | 18.2 | 7.9  | 7.0 | 2.1  |
| 1952 | 2.1    | 0.2  | -0.5 | 9.3  | 12.8 | 17.6 | 21.4 | 22.8 | 18.7 | 13.3 | 6.3 | 1.8  |
| 1953 | -1.2   | -1.5 | 1.8  | 8.1  | 14.0 | 21.4 | 23.0 | 21.3 | 16.3 | 11.0 | 1.0 | -1.5 |

Продовження таблиці А.1

| Рік  | Місяці |       |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
|------|--------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
|      | 1      | 2     | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12   |
| 1954 | -9.0   | -11.3 | 1.3  | 6.3  | 15.1 | 22.2 | 22.4 | 23.0 | 19.9 | 11.8 | 6.7 | 2.0  |
| 1955 | 1.2    | 1.3   | 1.7  | 6.3  | 13.9 | 17.2 | 22.2 | 21.1 | 18.3 | 14.4 | 3.0 | 1.9  |
| 1956 | -0.1   | -7.7  | -0.5 | 7.3  | 13.9 | 19.4 | 20.1 | 21.1 | 15.0 | 10.9 | 1.0 | 0.6  |
| 1957 | -1.8   | 1.9   | 1.7  | 9.5  | 13.9 | 20.3 | 22.7 | 21.8 | 17.6 | 10.4 | 6.2 | -1.0 |
| 1958 | -0.6   | 2.8   | 1.8  | 7.4  | 17.4 | 17.4 | 21.1 | 21.0 | 15.0 | 10.5 | 4.5 | 3.3  |
| 1959 | 1.2    | -1.4  | 2.9  | 8.5  | 14.5 | 19.2 | 24.7 | 21.8 | 13.9 | 8.0  | 4.4 | -0.2 |
| 1960 | 0.0    | -1.8  | 0.2  | 8.1  | 13.9 | 20.1 | 22.0 | 20.8 | 15.3 | 14.0 | 4.2 | 6.9  |
| 1961 | -1.2   | 0.0   | 5.5  | 10.7 | 13.8 | 21.3 | 21.1 | 21.6 | 17.0 | 11.1 | 7.0 | 0.2  |
| 1962 | 1.2    | -1.0  | 2.2  | 10.2 | 15.3 | 19.1 | 20.6 | 22.3 | 16.5 | 11.7 | 8.3 | 0.2  |
| 1963 | -9.4   | -1.4  | -0.3 | 8.8  | 17.1 | 19.5 | 23.9 | 23.0 | 19.1 | 12.0 | 8.6 | -2.0 |
| 1964 | -4.6   | -2.6  | -0.5 | 8.3  | 12.9 | 21.3 | 22.0 | 19.8 | 16.9 | 12.4 | 5.7 | 4.0  |
| 1965 | 0.0    | -3.8  | 2.3  | 5.1  | 13.1 | 19.8 | 20.3 | 19.6 | 17.4 | 9.8  | 3.7 | 3.8  |
| 1966 | 0.7    | 3.4   | 4.9  | 11.7 | 15.5 | 17.4 | 23.2 | 22.4 | 15.6 | 14.8 | 6.4 | 1.8  |
| 1967 | -4.0   | 2.6   | 2.8  | 9.5  | 15.8 | 19.1 | 22.0 | 18.3 | 22.8 | 13.3 | 7.7 | 0.5  |
| 1968 | -3.8   | -0.5  | 3.7  | 10.6 | 17.4 | 19.8 | 20.5 | 20.4 | 17.6 | 10.4 | 5.4 | -0.7 |
| 1969 | -4.4   | -3.5  | -0.6 | 7.4  | 14.4 | 19.2 | 20.4 | 21.8 | 16.9 | 10.4 | 8.9 | -0.5 |
| 1970 | -0.3   | 0.2   | 3.8  | 10.8 | 14.4 | 18.4 | 23.1 | 19.9 | 16.1 | 9.0  | 6.6 | 1.7  |
| 1971 | 1.3    | -0.5  | 1.2  | 8.6  | 15.9 | 18.9 | 21.3 | 22.8 | 15.4 | 9.2  | 5.6 | 2.5  |
| 1972 | -7.0   | -2.8  | 2.5  | 11.2 | 16.0 | 21.3 | 23.4 | 22.4 | 16.4 | 10.4 | 6.8 | 1.8  |
| 1973 | -3.7   | 1.0   | 2.5  | 9.5  | 14.4 | 18.6 | 21.5 | 20.0 | 16.2 | 10.9 | 3.7 | 0.6  |

Продовження таблиці А.1

| Рік  | Місяці |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |      |
|------|--------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|------|
|      | 1      | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   | 11  | 12   |
| 1974 | -3.1   | 0.7  | 2.9  | 7.2  | 13.3 | 18.6 | 19.9 | 22.0 | 18.4 | 14.6 | 6.8 | 3.4  |
| 1975 | 2.4    | -0.4 | 4.3  | 10.7 | 17.4 | 21.6 | 23.0 | 22.3 | 17.4 | 11.4 | 4.4 | 1.4  |
| 1976 | -1.2   | -5.5 | 0.9  | 9.8  | 13.7 | 18.4 | 20.5 | 18.2 | 15.6 | 8.2  | 5.5 | 2.7  |
| 1977 | -2.6   | 3.5  | 3.7  | 9.6  | 8.6  | 18.2 | 20.4 | 20.5 | 14.9 | 9.6  | 5.5 | -0.8 |
| 1978 | -2.1   | -0.6 | 4.3  | 8.6  | 13.5 | 18.4 | 20.3 | 19.6 | 15.3 | 11.6 | 6.5 | -1.2 |
| 1979 | -1.0   | -0.1 | 3.0  | 7.9  | 18.2 | 21.2 | 19.9 | 21.4 | 17.7 | 9.2  | 5.4 | 3.5  |
| 1980 | -2.7   | -1.0 | 0.1  | 7.6  | 12.7 | 18.1 | 20.6 | 19.7 | 15.6 | 11.8 | 5.8 | 2.7  |
| 1981 | 0.8    | -1.2 | 4.4  | 7.7  | 14.6 | 21.4 | 22.0 | 21.3 | 16.8 | 13.4 | 4.4 | 3.6  |
| 1982 | -1.4   | -2.7 | 2.9  | 7.5  | 15.5 | 18.7 | 19.9 | 21.5 | 19.2 | 11.5 | 6.8 | 4.6  |
| 1983 | 1.9    | 0.7  | 4.0  | 10.5 | 17.0 | 19.6 | 21.9 | 20.2 | 18.2 | 11.5 | 3.8 | 1.2  |
| 1984 | 1.7    | -1.9 | 2.0  | 8.4  | 15.1 | 17.8 | 20.3 | 20.2 | 18.6 | 13.6 | 4.3 | -1.0 |
| 1985 | -3.8   | -9.2 | -2.3 | 8.9  | 15.8 | 18.0 | 20.0 | 20.2 | 15.5 | 9.5  | 4.1 | 2.0  |
| 1986 | 0.8    | -3.9 | 1.9  | 10.5 | 16.5 | 20.7 | 21.0 | 22.5 | 17.5 | 10.3 | 3.9 | -0.8 |
| 1987 | -6.4   | -1.8 | -3.4 | 6.1  | 12.5 | 19.5 | 22.9 | 19.3 | 17.0 | 10.2 | 6.0 | 0.4  |
| 1988 | -1.1   | -0.3 | 3.4  | 8.8  | 15.0 | 19.3 | 23.3 | 21.7 | 16.1 | 9.9  | 1.1 | 0.1  |
| 1989 | 1.8    | 3.9  | 6.5  | 11.2 | 15.3 | 19.0 | 21.7 | 23.2 | 16.4 | 12.1 | 3.9 | 2.5  |
| 1990 | 1.2    | 4.3  | 8.2  | 9.9  | 14.4 | 19.0 | 21.8 | 21.3 | 16.3 | 11.3 | 9.2 | 2.4  |

Таблиця А.2 – Таблиця для розрахунку забезпеченості згідно з формулою Г.А. Алексєєва

$$p_m = \frac{m - 0.25}{n + 0.50} \cdot 100\%$$

| <i>m</i> | <i>n</i> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | 11       | 12   | 13   | 14   | 15   | 16   | 17   | 18   | 19   | 20   |
| 1        | 6.5      | 6.0  | 5.5  | 5.2  | 4.8  | 4.6  | 4.3  | 4.1  | 3.9  | 3.7  |
| 2        | 15.2     | 14.2 | 12.9 | 12.1 | 11.3 | 10.7 | 10.0 | 9.5  | 9.0  | 8.6  |
| 3        | 23.9     | 22.0 | 20.4 | 18.9 | 17.8 | 16.7 | 15.8 | 14.9 | 14.2 | 13.5 |
| 4        | 32.6     | 30.0 | 27.8 | 25.8 | 24.2 | 22.8 | 21.5 | 20.3 | 19.3 | 18.3 |
| 5        | 41.3     | 38.0 | 35.2 | 32.8 | 30.8 | 28.8 | 27.2 | 25.7 | 24.4 | 23.2 |
| 6        | 50.0     | 46.0 | 42.6 | 39.7 | 37.1 | 34.8 | 32.9 | 31.1 | 29.5 | 28.1 |
| 7        | 58.7     | 54.0 | 50.0 | 46.6 | 43.6 | 41.0 | 38.6 | 36.5 | 34.7 | 33.0 |
| 8        | 67.3     | 62.0 | 57.4 | 53.4 | 50.0 | 47.0 | 44.3 | 41.9 | 39.8 | 37.9 |
| 9        | 76.1     | 70.0 | 64.8 | 60.0 | 56.6 | 53.1 | 50.0 | 47.3 | 44.9 | 42.7 |
| 10       | 84.8     | 78.0 | 72.2 | 67.2 | 63.0 | 59.1 | 55.8 | 52.8 | 50.0 | 47.6 |
| 11       | 93.5     | 86.0 | 77.6 | 74.1 | 69.4 | 65.2 | 61.5 | 58.2 | 55.2 | 52.5 |
| 12       |          | 94.0 | 87.0 | 81.0 | 75.9 | 71.3 | 67.2 | 63.6 | 60.3 | 57.4 |
| 13       |          |      | 94.4 | 87.9 | 82.3 | 77.3 | 72.9 | 69.0 | 65.4 | 62.2 |
| 14       |          |      |      | 94.8 | 88.8 | 83.4 | 78.6 | 74.4 | 70.6 | 67.1 |
| 15       |          |      |      |      | 95.2 | 89.4 | 84.3 | 79.9 | 75.7 | 72.2 |
| 16       |          |      |      |      |      | 95.5 | 90.0 | 85.2 | 80.0 | 76.9 |
| 17       |          |      |      |      |      |      | 95.8 | 90.6 | 85.9 | 81.8 |
| 18       |          |      |      |      |      |      |      | 96.0 | 91.1 | 86.6 |
| 19       |          |      |      |      |      |      |      |      | 96.2 | 91.5 |
| 20       |          |      |      |      |      |      |      |      |      | 96.4 |

Продовження таблиці А.2

| <i>m</i> | <i>n</i> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|          | 21       | 22   | 23   | 24   | 25   | 26   | 27   | 28   | 29   | 30   |
| 1        | 3.5      | 3.4  | 3.2  | 3.1  | 2.9  | 2.8  | 2.7  | 2.6  | 2.5  | 2.5  |
| 2        | 8.2      | 7.8  | 7.4  | 7.2  | 7.0  | 6.7  | 6.5  | 6.2  | 6.0  | 5.8  |
| 3        | 12.8     | 12.5 | 11.7 | 11.3 | 10.8 | 10.4 | 10.0 | 9.7  | 9.3  | 9.0  |
| 4        | 17.5     | 16.7 | 16.0 | 15.3 | 14.7 | 14.2 | 13.6 | 13.2 | 12.7 | 12.3 |
| 5        | 22.1     | 21.1 | 20.2 | 19.4 | 18.6 | 17.9 | 17.3 | 16.7 | 16.1 | 15.6 |
| 6        | 26.8     | 25.6 | 24.5 | 23.5 | 22.6 | 21.7 | 20.9 | 20.2 | 19.5 | 18.8 |
| 7        | 31.4     | 30.0 | 28.7 | 27.6 | 26.5 | 25.5 | 24.6 | 23.6 | 23.7 | 22.9 |
| 8        | 36.1     | 34.5 | 33.0 | 31.6 | 30.4 | 29.3 | 28.2 | 27.2 | 26.3 | 25.4 |
| 9        | 40.7     | 38.9 | 37.2 | 35.7 | 34.3 | 33.0 | 31.8 | 30.7 | 29.7 | 29.7 |
| 10       | 45.4     | 43.3 | 41.5 | 39.8 | 38.2 | 36.8 | 35.5 | 34.2 | 33.0 | 32.0 |
| 11       | 50.0     | 47.8 | 45.8 | 43.9 | 42.2 | 40.6 | 39.1 | 37.7 | 36.4 | 35.2 |
| 12       | 54.7     | 52.3 | 50.0 | 48.0 | 46.1 | 44.4 | 42.7 | 41.2 | 39.8 | 38.5 |
| 13       | 59.3     | 56.7 | 54.3 | 52.1 | 50.0 | 48.1 | 46.4 | 44.8 | 43.2 | 41.8 |
| 14       | 64.0     | 61.1 | 58.5 | 56.2 | 53.9 | 51.9 | 50.0 | 48.3 | 46.6 | 45.1 |
| 15       | 68.6     | 65.6 | 62.8 | 60.2 | 57.9 | 55.7 | 53.6 | 51.8 | 50.0 | 48.3 |
| 16       | 47.2     | 70.0 | 66.0 | 63.0 | 61.8 | 59.4 | 57.3 | 55.3 | 53.4 | 51.6 |
| 17       | 77.9     | 74.5 | 71.3 | 68.4 | 65.7 | 63.2 | 60.9 | 58.8 | 56.8 | 54.4 |
| 18       | 82.6     | 78.9 | 75.5 | 72.5 | 69.6 | 67.0 | 64.6 | 62.3 | 60.2 | 58.2 |
| 19       | 87.3     | 84.4 | 79.8 | 76.6 | 73.6 | 70.8 | 68.2 | 65.8 | 63.5 | 61.5 |
| 20       | 91.9     | 87.8 | 84.0 | 80.6 | 77.5 | 74.5 | 71.8 | 69.3 | 66.9 | 64.7 |
| 21       | 96.6     | 92.3 | 88.3 | 84.7 | 81.4 | 78.3 | 75.5 | 72.8 | 70.3 | 68.0 |
| 22       |          | 96.7 | 92.6 | 88.8 | 85.3 | 82.1 | 79.1 | 76.3 | 73.7 | 73.3 |
| 23       |          |      | 96.8 | 92.6 | 89.2 | 85.9 | 82.7 | 79.8 | 77.1 | 74.6 |
| 24       |          |      |      | 97.0 | 93.1 | 89.6 | 86.4 | 83.3 | 80.5 | 77.9 |
| 25       |          |      |      |      | 97.1 | 93.4 | 90.0 | 86.9 | 83.9 | 84.4 |
| 26       |          |      |      |      |      | 97.2 | 93.6 | 90.4 | 87.3 | 84.4 |
| 27       |          |      |      |      |      |      | 97.3 | 93.9 | 90.7 | 87.7 |
| 28       |          |      |      |      |      |      |      | 97.4 | 94.1 | 91.0 |
| 29       |          |      |      |      |      |      |      |      | 97.4 | 94.2 |
| 30       |          |      |      |      |      |      |      |      |      | 97.5 |

Таблиця А.3 – Значення коефіцієнта асиметрії  $As$  і коефіцієнта скошеності  $S$  біноміальної кривої розподілу

| $\tau_p = \frac{x_p - \bar{x}}{\sigma_x}$ |          |             |             |             |             |                      |      |         |      |
|---|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|------|---------|------|
| $As$                                      | $\tau_5$ | $\tau_{10}$ | $\tau_{50}$ | $\tau_{90}$ | $\tau_{95}$ | $\tau_5 - \tau_{95}$ | $S$  | $\tau'$ | $S'$ |
| 1   | 2        | 3           | 4           | 5           | 6           | 7                    | 8    | 9       | 10   |
| 0.0                                       | 1.64     | 1.28        | 0.00        | -1.28       | -1.64       | 3.28                 | 0.00 | 5.84    | 0.00 |
| 0.1                                       | 1.67     | 1.29        | -0.02       | -1.27       | -1.61       | 3.28                 | 0.03 | 5.84    | 0.03 |
| 0.2                                       | 1.70     | 1.30        | -0.03       | -1.26       | -1.59       | 3.28                 | 0.06 | 5.84    | 0.05 |
| 0.3                                       | 1.72     | 1.61        | -0.05       | -1.24       | -1.56       | 3.27                 | 0.08 | 5.82    | 0.08 |
| 0.4                                       | 1.75     | 1.32        | -0.07       | -1.23       | -1.52       | 3.27                 | 0.11 | 5.82    | 0.10 |
| 0.5                                       | 1.77     | 1.32        | -0.08       | -1.22       | -1.49       | 3.26                 | 0.14 | 5.80    | 0.12 |
| 0.6                                       | 1.80     | 1.33        | -0.10       | -1.20       | -1.45       | 3.25                 | 0.17 | 5.78    | 0.15 |
| 0.7                                       | 1.82     | 1.33        | -0.12       | -1.18       | -1.42       | 3.24                 | 0.20 | 5.75    | 0.18 |
| 0.8                                       | 1.84     | 1.34        | -0.13       | -1.17       | -1.38       | 3.22                 | 0.22 | 5.73    | 0.20 |
| 0.9                                       | 1.86     | 1.34        | -0.15       | -1.15       | -1.35       | 3.21                 | 0.25 | 5.70    | 0.23 |
| 1.0                                       | 1.88     | 1.34        | -0.16       | -1.13       | -1.32       | 3.20                 | 0.28 | 5.67    | 0.25 |
| 1.1                                       | 1.89     | 1.34        | -0.18       | -1.10       | -1.28       | 3.17                 | 0.31 | 5.61    | 0.28 |
| 1.2                                       | 1.92     | 1.34        | -0.19       | -1.08       | -1.24       | 3.16                 | 0.34 | 5.58    | 0.31 |
| 1.3                                       | 1.94     | 1.34        | -0.21       | -1.06       | -1.20       | 3.14                 | 0.37 | 5.54    | 0.34 |
| 1.4                                       | 1.95     | 1.34        | -0.22       | -1.04       | -1.17       | 3.12                 | 0.39 | 5.50    | 0.36 |
| 1.5                                       | 1.96     | 1.33        | -0.24       | -1.02       | -1.13       | 3.09                 | 0.42 | 5.44    | 0.39 |
| 1.6                                       | 1.97     | 1.33        | -0.25       | -0.99       | -1.10       | 3.07                 | 0.45 | 5.38    | 0.41 |
| 1.7                                       | 1.98     | 1.32        | -0.27       | -0.97       | -1.06       | 3.04                 | 0.48 | 5.33    | 0.44 |
| 1.8                                       | 1.99     | 1.32        | -0.28       | -0.94       | -1.02       | 3.01                 | 0.51 | 5.27    | 0.47 |
| 1.9                                       | 2.00     | 1.31        | -0.29       | -0.92       | -0.98       | 2.98                 | 0.54 | 5.21    | 0.49 |
| 2.0                                       | 2.00     | 1.30        | -0.31       | -0.90       | -0.95       | 2.96                 | 0.57 | 5.15    | 0.52 |
| 2.1                                       | 2.01     | 1.29        | -0.32       | -0.87       | -0.91       | 2.92                 | 0.59 | 5.08    | 0.55 |
| 2.2                                       | 2.02     | 1.27        | -0.33       | -0.84       | -0.88       | 2.89                 | 0.63 | 5.02    | 0.58 |
| 2.3                                       | 2.01     | 1.26        | -0.34       | -0.82       | -0.85       | 2.86                 | 0.64 | 4.94    | 0.60 |
| 2.4                                       | 2.00     | 1.25        | -0.35       | -0.79       | -0.82       | 2.82                 | 0.67 | 4.86    | 0.62 |
| 2.5                                       | 2.00     | 1.23        | -0.36       | -0.77       | -0.79       | 2.79                 | 0.69 | 4.79    | 0.65 |

Продовження таблиці А.3

| $As$ | $\tau_5$ | $\tau_{10}$ | $\tau_{50}$ | $\tau_{90}$ | $\tau_{95}$ | $\tau_5 - \tau_{95}$ | $S$  | $\tau'$ | $S'$ |
|------|----------|-------------|-------------|-------------|-------------|----------------------|------|---------|------|
| 1    | 2        | 3           | 4           | 5           | 6           | 7                    | 8    | 9       | 10   |
| 2.6  | 2.00     | 1.21        | -0.37       | -0.75       | -0.76       | 2.76                 | 0.72 | 4.72    | 0.67 |
| 2.7  | 2.00     | 1.19        | -0.38       | -0.72       | -0.74       | 2.75                 | 0.74 | 4.65    | 0.70 |
| 2.8  | 2.00     | 1.18        | -0.39       | -0.70       | -0.71       | 2.71                 | 0.76 | 4.59    | 0.72 |
| 2.9  | 1.99     | 1.15        | -0.39       | -0.68       | -0.69       | 2.68                 | 0.78 | 4.51    | 0.74 |
| 3.0  | 1.97     | 1.13        | -0.40       | -0.66       | -0.67       | 2.64                 | 0.80 | 4.43    | 0.76 |
| 3.1  | 1.97     | 1.11        | -0.40       | -0.64       | -0.64       | 2.62                 | 0.81 | 4.37    | 0.78 |
| 3.2  | 1.96     | 1.09        | -0.41       | -0.62       | -0.62       | 2.59                 | 0.83 | 4.30    | 0.80 |
| 3.3  | 1.95     | 1.08        | -0.41       | -0.60       | -0.60       | 2.56                 | 0.85 | 4.24    | 0.82 |
| 3.4  | 1.94     | 1.06        | -0.41       | -0.59       | -0.59       | 2.53                 | 0.80 | 4.17    | 0.83 |
| 3.5  | 1.93     | 1.04        | -0.41       | -0.57       | -0.57       | 2.50                 | 0.87 | 4.11    | 0.84 |
| 3.6  | 1.93     | 1.03        | -0.42       | -0.56       | -0.56       | 2.48                 | 0.89 | 4.07    | 0.86 |
| 3.7  | 1.91     | 1.01        | -0.42       | -0.54       | -0.54       | 2.45                 | 0.90 | 4.00    | 0.88 |
| 3.8  | 1.90     | 1.00        | -0.42       | -0.53       | -0.53       | 2.43                 | 0.91 | 3.95    | 0.89 |
| 3.9  | 1.90     | 0.98        | -0.41       | -0.51       | -0.51       | 2.41                 | 0.92 | 3.91    | 0.90 |
| 4.0  | 1.90     | 0.96        | -0.41       | -0.50       | -0.50       | 2.40                 | 0.92 | 3.86    | 0.91 |
| 4.1  | 1.89     | 0.95        | -0.41       | -0.49       | -0.49       | 2.38                 | 0.93 | 3.81    | 0.92 |
| 4.2  | 1.88     | 0.93        | -0.41       | -0.48       | -0.48       | 2.36                 | 0.94 | 3.76    | 0.93 |
| 4.3  | 1.87     | 0.92        | -0.40       | -0.47       | -0.47       | 2.34                 | 0.94 | 3.72    | 0.93 |
| 4.4  | 1.86     | 0.91        | -0.40       | -0.46       | -0.46       | 2.32                 | 0.95 | 3.68    | 0.94 |
| 4.5  | 1.85     | 0.89        | -0.40       | -0.45       | -0.45       | 2.30                 | 0.96 | 3.63    | 0.95 |
| 4.6  | 1.84     | 0.87        | -0.40       | -0.44       | -0.44       | 2.28                 | 0.97 | 3.58    | 0.96 |
| 4.7  | 1.83     | 0.85        | -0.40       | -0.43       | -0.43       | 2.26                 | 0.97 | 3.53    | 0.97 |
| 4.8  | 1.81     | 0.82        | -0.39       | -0.42       | -0.42       | 2.23                 | 0.98 | 3.46    | 0.97 |
| 4.9  | 1.80     | 0.80        | -0.39       | -0.41       | -0.41       | 2.21                 | 0.98 | 3.42    | 0.97 |
| 5.0  | 1.78     | 0.78        | -0.38       | -0.40       | -0.40       | 2.18                 | 0.98 | 3.36    | 0.98 |
| 5.1  | 1.76     | 0.76        | -0.38       | -0.39       | -0.39       | 2.15                 | 0.98 | 3.30    | 0.98 |
| 5.2  | 1.74     | 0.73        | -0.37       | -0.38       | -0.38       | 2.15                 | 0.98 | 3.24    | 0.98 |

Таблиця А.5 – Значення критерію Стьюдента  $t$  на різних рівнях значущості  $\alpha$  і числі ступенів волі  $\nu$

| $\nu$    | Рівні значущості для одностороннього критерію $\alpha$ |      |      |       |       |       |
|----------|--|------|------|-------|-------|-------|
|          | 0.2  | 0.1  | 0.05 | 0.025 | 0.01  | 0.005 |
|          | Рівні значущості для двостороннього критерію $2\alpha$ |      |      |       |       |       |
|          | 0.4  | 0.2  | 0.1  | 0.05  | 0.02  | 0.01  |
| 1        | 1.38   | 3.08 | 6.31 | 12.71 | 31.82 | 63.66 |
| 2        | 1.06   | 1.89 | 2.92 | 4.30  | 6.96  | 9.92  |
| 3        | 0.98   | 1.64 | 2.35 | 3.18  | 4.54  | 5.84  |
| 4        | 0.94   | 1.53 | 2.13 | 2.78  | 3.75  | 4.60  |
| 5        | 0.92   | 1.48 | 2.02 | 2.57  | 3.36  | 4.03  |
| 6        | 0.91   | 1.44 | 1.94 | 2.45  | 3.14  | 3.71  |
| 7        | 0.90   | 1.41 | 1.89 | 2.36  | 3.00  | 3.50  |
| 8        | 0.89   | 1.40 | 1.86 | 2.31  | 2.90  | 3.36  |
| 9        | 0.88   | 1.38 | 1.83 | 2.26  | 2.82  | 3.25  |
| 10       | 0.88   | 1.37 | 1.81 | 2.23  | 2.76  | 3.17  |
| 11       | 0.88   | 1.36 | 1.80 | 2.20  | 2.72  | 3.11  |
| 12       | 0.87   | 1.36 | 1.78 | 2.18  | 2.68  | 3.05  |
| 13       | 0.87   | 1.35 | 1.77 | 2.16  | 2.65  | 3.01  |
| 14       | 0.87   | 1.34 | 1.76 | 2.14  | 2.62  | 2.98  |
| 15       | 0.87   | 1.34 | 1.75 | 2.13  | 2.60  | 2.95  |
| 16       | 0.87   | 1.34 | 1.75 | 2.12  | 2.58  | 2.92  |
| 17       | 0.86   | 1.33 | 1.74 | 2.11  | 2.57  | 2.90  |
| 18       | 0.86   | 1.33 | 1.73 | 2.10  | 2.55  | 2.88  |
| 19       | 0.86   | 1.33 | 1.73 | 2.09  | 2.54  | 2.86  |
| 20       | 0.86   | 1.33 | 1.72 | 2.09  | 2.53  | 2.85  |
| 21       | 0.86   | 1.32 | 1.72 | 2.08  | 2.52  | 2.83  |
| 22       | 0.86   | 1.32 | 1.72 | 2.07  | 2.51  | 2.82  |
| 23       | 0.86   | 1.32 | 1.71 | 2.07  | 2.50  | 2.81  |
| 24       | 0.86   | 1.32 | 1.71 | 2.06  | 2.49  | 2.80  |
| 25       | 0.86   | 1.32 | 1.71 | 2.06  | 2.49  | 2.79  |
| 26       | 0.86   | 1.32 | 1.71 | 2.06  | 2.48  | 2.78  |
| 27       | 0.86   | 1.31 | 1.70 | 2.05  | 2.47  | 2.77  |
| 28       | 0.86   | 1.31 | 1.70 | 2.05  | 2.47  | 2.76  |
| 29       | 0.85   | 1.31 | 1.70 | 2.05  | 2.46  | 2.76  |
| 30       | 0.85   | 1.31 | 1.70 | 2.04  | 2.46  | 2.75  |
| 40       | 0.85   | 1.30 | 1.68 | 2.02  | 2.42  | 2.70  |
| 60       | 0.85   | 1.30 | 1.67 | 2.00  | 2.39  | 2.66  |
| 120      | 0.84   | 1.29 | 1.66 | 1.98  | 2.36  | 2.62  |
| $\infty$ | 0.84   | 1.28 | 1.64 | 1.96  | 2.33  | 2.58  |



Таблиця А.6 – Значення інтегралу ймовірності  $\Phi(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt$

| $t$  | $\Phi(t)$ | $t$  | $\Phi(t)$ | $t$  | $\Phi(t)$ | $t$  | $\Phi(t)$ |
|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|
| 0.00 | 0.00000   | 0.30 | 0.23582   | 0.60 | 0.45149   | 0.90 | 0.63188   |
| 01   | 00798     | 31   | 24344     | 61   | 45814     | 91   | 63718     |
| 02   | 01596     | 32   | 25103     | 62   | 46474     | 92   | 64243     |
| 03   | 02393     | 33   | 25860     | 63   | 47131     | 93   | 64763     |
| 04   | 03191     | 34   | 26614     | 64   | 47783     | 94   | 65278     |
| 0.05 | 0.03988   | 0.35 | 0.27366   | 0.65 | 0.48431   | 0.95 | 0.65789   |
| 06   | 04784     | 36   | 28115     | 66   | 49075     | 96   | 66294     |
| 07   | 05581     | 37   | 28862     | 67   | 49714     | 97   | 66795     |
| 08   | 06376     | 38   | 29605     | 68   | 50350     | 98   | 67291     |
| 09   | 07171     | 39   | 30346     | 69   | 50981     | 99   | 67783     |
| 0.10 | 0.07966   | 0.40 | 0.31084   | 0.70 | 0.51607   | 1.00 | 0.68269   |
| 11   | 08759     | 41   | 31819     | 71   | 52230     | 01   | 68750     |
| 12   | 09552     | 42   | 32552     | 72   | 52848     | 02   | 69227     |
| 13   | 10348     | 43   | 33280     | 73   | 53461     | 03   | 69699     |
| 14   | 11134     | 44   | 34006     | 74   | 54070     | 04   | 70166     |
| 0.15 | 0.11924   | 0.45 | 0.34729   | 0.75 | 54675     | 1.05 | 0.70628   |
| 16   | 12712     | 46   | 35448     | 76   | 55275     | 06   | 71086     |
| 17   | 13499     | 47   | 36164     | 77   | 55870     | 07   | 71538     |
| 18   | 14285     | 48   | 36877     | 78   | 56461     | 08   | 71986     |
| 19   | 15069     | 49   | 37587     | 79   | 57047     | 09   | 72429     |
| 0.20 | 0.15852   | 0.50 | 0.38292   | 0.80 | 0.57629   | 1.10 | 0.72867   |
| 21   | 16633     | 51   | 38995     | 81   | 58206     | 11   | 73300     |
| 22   | 17413     | 52   | 39694     | 82   | 58778     | 12   | 73729     |
| 23   | 18191     | 53   | 40389     | 83   | 59346     | 13   | 74152     |
| 24   | 18967     | 54   | 41080     | 84   | 59909     | 14   | 74571     |
| 0.25 | 0.19741   | 0.55 | 0.41768   | 0.85 | 0.60468   | 1.15 | 0.74986   |
| 26   | 20514     | 56   | 42452     | 86   | 61021     | 16   | 75395     |
| 27   | 21284     | 57   | 43132     | 87   | 61570     | 17   | 75800     |
| 28   | 22052     | 58   | 43809     | 88   | 62114     | 18   | 76200     |
| 29   | 22818     | 59   | 44481     | 89   | 62653     | 19   | 76595     |

Продовження таблиці А.6

| $t$  | $\Phi(t)$ | $t$  | $\Phi(t)$ | $t$  | $\Phi(t)$ | $t$  | $\Phi(t)$ |
|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|
| 1.20 | 0.76986   | 1.55 | 0.87886   | 1.90 | 0.94257   | 2.25 | 0.97555   |
| 21   | 77372     | 56   | 88124     | 91   | 94387     | 26   | 97618     |
| 22   | 77754     | 57   | 88358     | 92   | 94514     | 27   | 97679     |
| 23   | 78130     | 58   | 88589     | 93   | 94639     | 28   | 97739     |
| 24   | 78502     | 59   | 88817     | 94   | 94762     | 29   | 97798     |
| 1.25 | 0.78870   | 1.60 | 0.89040   | 1.95 | 0.94882   | 2.30 | 0.97855   |
| 26   | 79233     | 61   | 89260     | 96   | 95000     | 31   | 97911     |
| 27   | 79592     | 62   | 89477     | 97   | 95116     | 32   | 97966     |
| 28   | 79945     | 63   | 89690     | 98   | 95230     | 33   | 98019     |
| 29   | 80295     | 64   | 89899     | 99   | 95341     | 34   | 98072     |
| 1.30 | 0.80640   | 1.65 | 0.90106   | 2.00 | 0.95450   | 2.35 | 0.98123   |
| 31   | 80980     | 66   | 90309     | 01   | 95557     | 36   | 98172     |
| 32   | 81316     | 67   | 90508     | 02   | 95662     | 37   | 98221     |
| 33   | 81648     | 68   | 90704     | 03   | 95764     | 38   | 98269     |
| 34   | 81975     | 69   | 90897     | 04   | 95865     | 39   | 98315     |
| 1.35 | 0.82298   | 1.70 | 0.91087   | 2.05 | 0.95964   | 2.40 | 0.98360   |
| 36   | 82617     | 71   | 91273     | 06   | 96060     | 41   | 98405     |
| 37   | 82931     | 72   | 91457     | 07   | 96155     | 42   | 98448     |
| 38   | 83241     | 73   | 91637     | 08   | 96247     | 43   | 98490     |
| 39   | 83547     | 74   | 91814     | 09   | 96338     | 44   | 98531     |
| 1.40 | 0.83849   | 1.75 | 0.91988   | 2.10 | 0.96427   | 2.45 | 98571     |
| 41   | 84146     | 76   | 92159     | 11   | 96514     | 46   | 98611     |
| 42   | 84439     | 77   | 92327     | 12   | 96599     | 47   | 98649     |
| 43   | 84728     | 78   | 92492     | 13   | 96683     | 48   | 98686     |
| 44   | 85013     | 79   | 92655     | 14   | 96765     | 49   | 98723     |
| 1.45 | 0.85294   | 1.80 | 0.92814   | 2.15 | 0.96844   | 2.50 | 0.98758   |
| 46   | 85571     | 81   | 92970     | 16   | 96923     | 51   | 98793     |
| 47   | 85844     | 82   | 93124     | 17   | 96999     | 52   | 98826     |
| 48   | 86113     | 83   | 93275     | 18   | 97074     | 53   | 98859     |
| 49   | 86378     | 84   | 93423     | 19   | 97148     | 54   | 98891     |
| 1.50 | 0.86639   | 1.85 | 0.93569   | 2.20 | 0.97219   | 2.55 | 0.98923   |
| 51   | 86696     | 86   | 93711     | 21   | 97289     | 56   | 98953     |
| 52   | 87149     | 87   | 93852     | 22   | 97358     | 57   | 98983     |
| 53   | 87398     | 88   | 93989     | 23   | 97425     | 58   | 99012     |
| 54   | 87644     | 89   | 94124     | 24   | 97491     | 59   | 99040     |

Продовження таблиці А.6

| $t$  | $\Phi(t)$ | $t$  | $\Phi(t)$ | $t$  | $\Phi(t)$ | $t$  | $\Phi(t)$ |
|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|
| 2.60 | 0.99068   | 2.95 | 0.99682   | 3.30 | 0.99903   | 3.65 | 0.99974   |
| 61   | 99095     | 96   | 99692     | 31   | 99907     | 66   | 99975     |
| 62   | 99121     | 97   | 99702     | 32   | 99910     | 67   | 99976     |
| 63   | 99146     | 98   | 99712     | 33   | 99913     | 68   | 99977     |
| 64   | 99171     | 99   | 99721     | 34   | 99916     | 69   | 99978     |
| 2.65 | 99195     | 3.00 | 0.99730   | 3.35 | 0.99919   | 3.70 | 0.99978   |
| 66   | 99219     | 01   | 99739     | 36   | 99922     | 71   | 99979     |
| 67   | 0.99241   | 02   | 99747     | 37   | 99925     | 72   | 99980     |
| 68   | 99263     | 03   | 99755     | 38   | 99928     | 73   | 99981     |
| 69   | 99285     | 04   | 99763     | 39   | 99930     | 74   | 99982     |
| 2.70 | 0.99307   | 3.05 | 0.99771   | 3.40 | 0.99933   | 3.75 | 0.99982   |
| 71   | 99327     | 06   | 99779     | 41   | 99935     | 76   | 99983     |
| 72   | 99347     | 07   | 99786     | 42   | 99937     | 77   | 99984     |
| 73   | 99367     | 08   | 99793     | 43   | 99940     | 78   | 99984     |
| 74   | 99386     | 09   | 99800     | 44   | 99942     | 79   | 99985     |
| 2.75 | 99404     | 3.10 | 0.99806   | 3.45 | 0.99944   | 3.80 | 0.99986   |
| 76   | 99422     | 11   | 99813     | 46   | 99946     | 81   | 99986     |
| 77   | 99439     | 12   | 99819     | 47   | 99948     | 82   | 99987     |
| 78   | 99456     | 13   | 99825     | 48   | 99950     | 83   | 99987     |
| 79   | 99473     | 14   | 99831     | 49   | 99952     | 84   | 99988     |
| 2.80 | 0.99489   | 3.15 | 0.99837   | 3.50 | 0.99953   | 3.85 | 0.99988   |
| 81   | 99505     | 16   | 99842     | 51   | 99955     | 86   | 99989     |
| 82   | 99520     | 17   | 99848     | 52   | 99957     | 87   | 99989     |
| 83   | 99535     | 18   | 99853     | 53   | 99958     | 88   | 99990     |
| 84   | 99549     | 19   | 99858     | 54   | 99960     | 89   | 99990     |
| 2.85 | 99563     | 3.20 | 0.99863   | 3.55 | 0.99961   | 3.90 | 0.99990   |
| 86   | 99576     | 21   | 99867     | 56   | 99963     | 91   | 99991     |
| 87   | 99590     | 22   | 99872     | 57   | 99964     | 92   | 99991     |
| 88   | 99602     | 23   | 99876     | 58   | 99966     | 93   | 99992     |
| 89   | 99615     | 24   | 99880     | 59   | 99967     | 94   | 99992     |
| 2.90 | 0.99627   | 3.25 | 99889     | 3.60 | 0.99968   | 3.95 | 0.99992   |
| 91   | 99639     | 26   | 99889     | 61   | 99969     | 96   | 99992     |
| 92   | 99650     | 27   | 99892     | 62   | 99971     | 97   | 99992     |
| 93   | 99661     | 28   | 99896     | 63   | 99972     | 98   | 99993     |
| 94   | 99672     | 29   | 99900     | 64   | 99973     | 99   | 99993     |

Таблиця А.7 – Значення  $\chi^2$  для різних чисел ступенів  
волі  $\alpha$  і рівня значущості  $\nu$

| $\nu$ | $\alpha$ |        |        |       |       |       |
|-------|----------|--------|--------|-------|-------|-------|
|       | 0.99     | 0.95   | 0.90   | 0.10  | 0.05  | 0.01  |
| 1     | 0.0157   | 0.0393 | 0.0158 | 2.71  | 3.84  | 6.63  |
| 2     | 0.0201   | 0.103  | 0.211  | 4.61  | 5.99  | 9.21  |
| 3     | 0.115    | 0.352  | 0.584  | 6.25  | 7.81  | 11.3  |
| 4     | 0.297    | 0.711  | 1.06   | 7.78  | 9.49  | 13.3  |
| 5     | 0.554    | 1.15   | 1.61   | 9.24  | 11.1  | 15.1  |
| 6     | 0.872    | 1.64   | 2.20   | 10.6  | 12.6  | 16.8  |
| 7     | 1.24     | 2.17   | 2.83   | 12.0  | 14.1  | 18.5  |
| 8     | 1.65     | 2.73   | 3.49   | 13.4  | 15.5  | 20.1  |
| 9     | 2.09     | 3.33   | 4.17   | 14.7  | 16.9  | 21.7  |
| 10    | 2.56     | 3.94   | 4.87   | 16.0  | 18.3  | 23.2  |
| 11    | 3.05     | 4.57   | 5.58   | 17.3  | 19.7  | 24.7  |
| 12    | 3.57     | 5.23   | 6.30   | 18.5  | 21.0  | 26.2  |
| 13    | 4.11     | 5.89   | 7.04   | 19.8  | 22.4  | 27.7  |
| 14    | 4.66     | 6.57   | 7.79   | 21.1  | 23.7  | 29.1  |
| 15    | 5.23     | 7.26   | 8.55   | 22.3  | 25.0  | 30.9  |
| 16    | 5.81     | 7.96   | 9.31   | 23.5  | 26.3  | 32.0  |
| 17    | 6.41     | 8.67   | 10.1   | 24.8  | 27.6  | 33.4  |
| 18    | 7.01     | 9.39   | 10.9   | 26.0  | 28.9  | 34.8  |
| 19    | 7.63     | 10.1   | 11.7   | 27.0  | 30.1  | 36.2  |
| 20    | 8.26     | 10.9   | 12.4   | 28.4  | 31.4  | 37.6  |
| 21    | 8.90     | 11.6   | 13.2   | 29.6  | 32.7  | 38.9  |
| 22    | 9.54     | 12.3   | 14.0   | 30.8  | 33.9  | 40.3  |
| 23    | 10.2     | 13.1   | 14.8   | 32.0  | 35.2  | 41.6  |
| 24    | 10.9     | 13.8   | 15.7   | 33.0  | 36.4  | 43.0  |
| 25    | 10.5     | 14.6   | 16.5   | 34.4  | 37.7  | 44.3  |
| 26    | 12.2     | 15.4   | 17.3   | 35.6  | 38.9  | 45.6  |
| 27    | 12.9     | 16.2   | 18.1   | 36.7  | 40.1  | 47.0  |
| 28    | 13.6     | 16.9   | 18.9   | 37.9  | 41.3  | 48.3  |
| 29    | 14.3     | 17.7   | 19.8   | 39.1  | 42.6  | 49.6  |
| 30    | 15.0     | 18.5   | 20.6   | 40.3  | 43.8  | 50.9  |
| 35    | 18.5     | 22.5   | 24.8   | 46.1  | 49.8  | 57.3  |
| 40    | 22.2     | 26.5   | 29.1   | 51.8  | 55.8  | 63.7  |
| 45    | 25.9     | 30.6   | 33.4   | 57.5  | 61.7  | 70.0  |
| 50    | 29.7     | 34.8   | 37.7   | 63.2  | 67.5  | 76.2  |
| 75    | 49.5     | 56.1   | 59.8   | 91.1  | 96.2  | 106.4 |
| 100   | 70.1     | 77.9   | 82.4   | 118.5 | 124.3 | 135.6 |

Таблиця А.8 – Критичні точки критерію Вілкоксона  $W_{\text{нижн. кр}}$  на різних рівнях значущості  $\alpha$

| Об'єми вибірок |       | $\alpha$ |      | Об'єми вибірок |       | $\alpha$ |      |
|----------------|-------|----------|------|----------------|-------|----------|------|
| $n_1$          | $n_2$ | 0.025    | 0.05 | $n_1$          | $n_2$ | 0.025    | 0.05 |
| 15             | 15    | 184      | 192  |                | 21    | 290      | 301  |
|                | 16    | 190      | 197  |                | 22    | 296      | 307  |
|                | 17    | 195      | 203  |                | 23    | 303      | 314  |
|                | 18    | 200      | 208  |                | 24    | 309      | 321  |
|                | 19    | 205      | 214  |                | 25    | 316      | 328  |
|                | 20    | 210      | 220  | 19             | 19    | 303      | 313  |
|                | 21    | 216      | 225  |                | 20    | 309      | 320  |
|                | 22    | 221      | 231  |                | 21    | 316      | 328  |
|                | 23    | 226      | 236  |                | 22    | 323      | 335  |
|                | 24    | 231      | 242  |                | 23    | 330      | 342  |
|                | 25    | 237      | 248  |                | 24    | 337      | 350  |
| 16             | 16    | 211      | 219  |                | 25    | 344      | 357  |
|                | 17    | 217      | 225  | 20             | 20    | 337      | 348  |
|                | 18    | 222      | 231  |                | 21    | 344      | 356  |
|                | 19    | 228      | 237  |                | 22    | 351      | 364  |
|                | 20    | 234      | 243  |                | 23    | 369      | 371  |
|                | 21    | 239      | 249  |                | 24    | 366      | 379  |
|                | 22    | 245      | 255  |                | 25    | 373      | 387  |
|                | 23    | 251      | 261  | 21             | 21    | 373      | 385  |
|                | 24    | 256      | 267  |                | 22    | 381      | 393  |
|                | 25    | 262      | 273  |                | 23    | 388      | 401  |
| 17             | 17    | 240      | 249  |                | 24    | 396      | 410  |
|                | 18    | 246      | 255  |                | 25    | 404      | 418  |
|                | 19    | 252      | 262  | 22             | 22    | 411      | 424  |
|                | 20    | 258      | 268  |                | 23    | 419      | 432  |
|                | 21    | 264      | 274  |                | 24    | 427      | 441  |
|                | 22    | 270      | 281  |                | 25    | 435      | 450  |
|                | 23    | 276      | 287  | 23             | 23    | 451      | 465  |
|                | 24    | 282      | 294  |                | 24    | 459      | 474  |
|                | 25    | 288      | 300  |                | 25    | 468      | 483  |
| 18             | 18    | 270      | 280  | 24             | 24    | 492      | 507  |
|                | 19    | 277      | 287  |                | 25    | 501      | 517  |
|                | 20    | 283      | 294  | 25             | 25    | 536      | 552  |

## Додаток Б

Таблиця Б.1 – Дані для непрямого розрахунку дат першого і останнього заморозку. Південь України

| № п/п | Станція                  | Перший заморозок |              | Останній заморозок |              |
|-------|--------------------------|------------------|--------------|--------------------|--------------|
|       |                          | середній мінімум | середня дата | середній мінімум   | середня дата |
| 1     | Любашівка                | 4.4              | 13 жовтн.    | 2.7                | 23 квітн.    |
| 2     | Затишшя                  | 5.8              | 20 жовтн.    | 3.9                | 15 квітн.    |
| 3     | Сербка                   | 5.2              | 12 жовтн.    | 3.3                | 18 квітн.    |
| 4     | Роздільна                | 6.0              | 25 жовтн.    | 4.2                | 13 квітн.    |
| 5     | Одеса, агро              | 6.5              | 24 жовтн.    | 4.1                | 13 квітн.    |
| 6     | Сарата                   | 5.7              | 14 жовтн.    | 3.7                | 18 квітн.    |
| 7     | Базарьянка               | 6.5              | 19 жовтн.    | 3.9                | 16 квітн.    |
| 8     | Болград                  | 6.5              | 19 жовтн.    | 4.8                | 11 квітн.    |
| 9     | Ізмаїл                   | 6.8              | 26 жовтн.    | 5.2                | 7 квітн.     |
| 10    | Першомайськ              | 4.6              | 10 жовтн.    | 3.3                | 18 квітн.    |
| 11    | Мигея                    | 3.9              | 6 жовтн.     | 2.6                | 1 травн.     |
| 12    | Вознесенськ              | 5.1              | 10 жовтн.    | 3.9                | 19 квітн.    |
| 13    | Баштанка                 | 4.1              | 11 жовтн.    | 2.7                | 22 квітн.    |
| 14    | Миколаїв                 | 6.3              | 27 жовтн.    | 4.8                | 9 квітн.     |
| 15    | Тил.-Березанка           | 5.2              | 12 жовтн.    | 3.2                | 22 квітн.    |
| 16    | <i>Вел.Олександрівка</i> | 5.1              | 16 жовтн.    | 3.7                | 12 квітн.    |
| 17    | Нижн. Сірогози           | 4.6              | 12 жовтн.    | 3.0                | 22 квітн.    |
| 18    | Берислав                 | 5.3              | 11 жовтн.    | 3.8                | 18 квітн.    |
| 19    | Херсон, агро             | 5.7              | 16 жовтн.    | 4.1                | 15 квітн.    |
| 20    | Херсон, порт             | 6.6              | 30 жовтн.    | 5.2                | 12 квітн.    |
| 21    | Асканія Нова             | 4.4              | 15 жовтн.    | 2.7                | 22 квітн.    |
| 22    | Бехтери                  | 6.2              | 23 жовтн.    | 4.3                | 13 квітн.    |
| 23    | Нов. Олексіївка          | 5.6              | 16 жовтн.    | 3.7                | 16 квітн.    |
| 24    | Геничеськ                | 7.5              | 28 жовтн.    | 5.0                | 10 квітн.    |
| 25    | Скадовськ                | 7.3              | 29 жовтн.    | 5.2                | 10 квітн.    |

Таблиця Б.2 – Дані для непрямого розрахунку дат першого і останнього заморозку. Крим

| № п/п | Станція                  | Перший заморозок |              | Останній заморозок |              |
|-------|--------------------------|------------------|--------------|--------------------|--------------|
|       |                          | середній мінімум | середня дата | середній мінімум   | середня дата |
| 1     | Ішунь                    | 5.8              | 3 жовтн.     | 3.8                | 14 квітн.    |
| 2     | Братське                 | 5.4              | 3 жовтн.     | 3.3                | 20 квітн.    |
| 3     | Придорожне               | 5.9              | 21 жовтн.    | 3.7                | 15 квітн.    |
| 4     | Стерегуций               | 6.8              | 3 листоп.    | 3.7                | 22 квітн.    |
| 5     | Джанкой                  | 5.8              | 17 жовтн.    | 3.8                | 14 квітн.    |
| 6     | Воронки                  | 5.8              | 21 жовтн.    | 3.1                | 16 квітн.    |
| 7     | Кіровський з/с           | 6.6              | 20 жовтн.    | 3.5                | 17 квітн.    |
| 8     | Клепініно                | 5.1              | 10 жовтн.    | 2.6                | 25 квітн.    |
| 9     | Нижньогорськ             | 5.5              | 10 жовтн.    | 3.2                | 23 квітн.    |
| 10    | Рівне                    | 4.7              | 13 жовтн.    | 2.2                | 5 травн.     |
| 11    | Керч                     | 6.9              | 31 жовтн.    | 4.4                | 7 квітн.     |
| 12    | Хлопкове                 | 4.8              | 7 жовтн.     | 2.4                | 29 квітн.    |
| 13    | Владиславівка            | 7.3              | 30 жовтн.    | 4.3                | 9 квітн.     |
| 14    | Гвардійське              | 5.8              | 16 жовтн.    | 3.1                | 22 квітн.    |
| 15    | Білогорськ               | 4.2              | 6 жовтн.     | 2.7                | 3 травн.     |
| 16    | <i>Симферополь, АМСГ</i> | 6.3              | 25 жовтн.    | 3.8                | 13 квітн.    |
| 17    | Старий Крим              | 6.7              | 27 жовтн.    | 4.5                | 5 квітн.     |
| 18    | Феодосія                 | 9.4              | 2 листоп.    | 6.2                | 6 квітн.     |
| 19    | Симферополь, Сал.        | 5.0              | 13 жовтн.    | 3.1                | 24 квітн.    |
| 20    | Кучук-Тотайкой           | 4.4              | 10 жовтн.    | 2.5                | 30 квітн.    |
| 21    | Карабі-Яйла              | 4.3              | 11 жовтн.    | 1.1                | 28 квітн.    |
| 22    | Поштове                  | 6.0              | 22 жовтн.    | 3.7                | 20 квітн.    |
| 23    | Геничеськ                | 7.5              | 28 жовтн.    | 5.0                | 21 квітн.    |
| 24    | Скадовськ                | 7.3              | 29 жовтн.    | 2.2                | 10 квітн.    |
| 25    | Хорли                    | 7.7              | 4 листоп.    | 5.7                | 5 квітн.     |

## Додаток В

Таблиця В.1 – Сума опадів, мм. Січень

| Рік  | Номери станцій |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |     |    |    |    |
|------|----------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|----|----|
|      | 1              | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13  | 14 | 15 | 16 |
| 1951 | 17             | 20 | 17 | 14 | 24 | 19 | 8  | 12 | 10 | 7  | 20 | 5  | 5   | 8  | 13 | 15 |
| 1952 | 34             | 28 | 34 | 19 | 54 | 24 | 51 | 53 | 51 | 48 | 41 | 41 | 30  | 33 | 30 | 34 |
| 1953 | 41             | 35 | 41 | 15 | 36 | 32 | 38 | 32 | 31 | 27 | 42 | 27 | 19  | 32 | 33 | 31 |
| 1954 | 21             | 28 | 21 | 13 | 49 | 26 | 23 | 29 | 26 | 20 | 38 | 29 | 15  | 21 | 19 | 20 |
| 1955 | 36             | 33 | 36 | 28 | 99 | 36 | 41 | 79 | 51 | 36 | 61 | 24 | 34  | 22 | 21 | 24 |
| 1956 | 23             | 18 | 23 | 14 | 25 | 28 | 14 | 24 | 20 | 16 | 22 | 18 | 14  | 17 | 15 | 18 |
| 1957 | 23             | 15 | 23 | 21 | 43 | 20 | 10 | 26 | 17 | 15 | 20 | 19 | 10  | 10 | 10 | 11 |
| 1958 | 62             | 47 | 62 | 48 | 54 | 64 | 33 | 28 | 25 | 22 | 63 | 29 | 36  | 37 | 39 | 36 |
| 1959 | 43             | 28 | 43 | 32 | 47 | 45 | 43 | 41 | 39 | 31 | 46 | 35 | 35  | 40 | 44 | 41 |
| 1960 | 26             | 21 | 26 | 22 | 29 | 27 | 33 | 44 | 40 | 26 | 39 | 50 | 32  | 31 | 30 | 32 |
| 1961 | 17             | 14 | 17 | 12 | 10 | 17 | 11 | 20 | 19 | 14 | 18 | 24 | 15  | 18 | 19 | 15 |
| 1962 | 14             | 18 | 14 | 17 | 18 | 17 | 42 | 52 | 43 | 33 | 33 | 20 | 27  | 24 | 21 | 16 |
| 1963 | 25             | 23 | 25 | 26 | 25 | 26 | 54 | 58 | 51 | 48 | 48 | 66 | 34  | 42 | 41 | 40 |
| 1964 | 10             | 8  | 10 | 11 | 13 | 14 | 19 | 26 | 14 | 10 | 22 | 12 | 8   | 16 | 15 | 10 |
| 1965 | 46             | 32 | 46 | 37 | 46 | 37 | 42 | 29 | 30 | 32 | 60 | 45 | 46  | 43 | 48 | 52 |
| 1966 | 80             | 72 | 80 | 61 | 84 | 79 | 68 | 55 | 57 | 58 | 75 | 87 | 108 | 91 | 90 | 94 |
| 1967 | 47             | 37 | 47 | 38 | 30 | 47 | 32 | 28 | 25 | 22 | 57 | 32 | 49  | 28 | 33 | 52 |
| 1968 | 65             | 53 | 65 | 49 | 46 | 61 | 23 | 20 | 19 | 16 | 47 | 45 | 29  | 30 | 48 | 52 |
| 1969 | 15             | 13 | 15 | 16 | 13 | 22 | 16 | 8  | 10 | 19 | 18 | 20 | 15  | 24 | 21 | 28 |
| 1970 | 72             | 59 | 47 | 46 | 52 | 66 | 40 | 42 | 40 | 44 | 52 | 52 | 42  | 47 | 52 | 63 |
| 1971 | 30             | 23 | 92 | 20 | 22 | 42 | 20 | 24 | 22 | 25 | 22 | 21 | 33  | 24 | 29 | 30 |
| 1972 | 50             | 32 | 22 | 97 | 21 | 32 | 19 | 17 | 15 | 14 | 21 | 19 | 31  | 37 | 35 | 39 |
| 1973 | 7              | 4  | 7  | 6  | 4  | 6  | 4  | 7  | 5  | 7  | 4  | 6  | 5   | 6  | 9  | 11 |
| 1974 | 14             | 9  | 14 | 13 | 20 | 13 | 22 | 17 | 19 | 17 | 20 | 12 | 19  | 23 | 21 | 20 |
| 1975 | 33             | 28 | 30 | 27 | 27 | 31 | 15 | 11 | 10 | 11 | 27 | 40 | 15  | 16 | 23 | 27 |



Продовження таблиці В.1

| Рік  | Номери станцій |    |    |    |    |     |    |    |    |    |    |    |     |    |     |     |
|------|----------------|----|----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|-----|
|      | 1              | 2  | 3  | 4  | 5  | 6   | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13  | 14 | 15  | 16  |
| 1976 | 92             | 59 | 67 | 81 | 64 | 106 | 65 | 59 | 53 | 42 | 64 | 38 | 100 | 92 | 113 | 128 |
| 1977 | 22             | 18 | 23 | 22 | 23 | 24  | 14 | 22 | 20 | 14 | 23 | 42 | 13  | 23 | 21  | 22  |
| 1978 | 31             | 14 | 22 | 32 | 19 | 20  | 21 | 15 | 14 | 18 | 19 | 9  | 16  | 18 | 17  | 15  |
| 1979 | 91             | 81 | 80 | 77 | 69 | 104 | 55 | 79 | 63 | 54 | 69 | 58 | 79  | 91 | 86  | 72  |
| 1980 | 40             | 31 | 27 | 35 | 23 | 32  | 46 | 72 | 55 | 40 | 23 | 54 | 52  | 56 | 53  | 52  |
| 1981 | 56             | 37 | 43 | 42 | 35 | 51  | 40 | 48 | 34 | 29 | 35 | 43 | 35  | 37 | 42  | 49  |
| 1982 | 29             | 18 | 26 | 26 | 16 | 25  | 35 | 37 | 33 | 28 | 25 | 24 | 18  | 23 | 20  | 16  |
| 1983 | 59             | 41 | 42 | 38 | 26 | 25  | 28 | 21 | 20 | 22 | 63 | 27 | 28  | 33 | 41  | 45  |
| 1984 | 47             | 51 | 39 | 28 | 26 | 32  | 34 | 30 | 25 | 28 | 30 | 29 | 25  | 33 | 30  | 29  |
| 1985 | 41             | 33 | 36 | 20 | 20 | 28  | 24 | 33 | 30 | 28 | 24 | 24 | 18  | 35 | 27  | 18  |
| 1986 | 62             | 50 | 55 | 20 | 25 | 51  | 19 | 26 | 24 | 18 | 35 | 17 | 26  | 31 | 30  | 33  |
| 1987 | 46             | 45 | 40 | 39 | 41 | 37  | 35 | 41 | 40 | 39 | 47 | 43 | 26  | 39 | 45  | 48  |
| 1988 | 56             | 39 | 41 | 26 | 26 | 35  | 49 | 43 | 52 | 67 | 54 | 18 | 47  | 61 | 58  | 38  |
| 1989 | 22             | 18 | 22 | 9  | 16 | 16  | 7  | 10 | 9  | 8  | 16 | 4  | 10  | 6  | 7   | 25  |
| 1990 | 29             | 18 | 11 | 11 | 12 | 24  | 7  | 13 | 10 | 8  | 16 | 1  | 7   | 4  | 10  | 14  |

Номери і назви станцій

1 – Маневичі

2 – Ковель

3 – Володимир-Волинський

4 – Луцьк

5 – Рівне

6 – Сарни

7 – Івано-Франківськ

8 – Яремча

9 – Ямпіль

10 – Коломия

11 – Львів

12 – Чернівці

13 – Тернопіль

14 – Чортків

15 – Стрий

16 – Броди

Таблиця В.2 – Сума опадів, мм. Липень

| Рік  | Номери станцій |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | 1              | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| 1951 | 103            | 55  | 58  | 50  | 35  | 29  | 19  | 56  | 32  | 33  |
| 1952 | 73             | 40  | 76  | 69  | 68  | 37  | 33  | 50  | 46  | 70  |
| 1953 | 62             | 68  | 54  | 33  | 42  | 54  | 58  | 56  | 71  | 57  |
| 1954 | 51             | 83  | 107 | 34  | 93  | 89  | 112 | 110 | 108 | 97  |
| 1955 | 62             | 103 | 56  | 74  | 111 | 95  | 92  | 68  | 94  | 123 |
| 1956 | 31             | 50  | 62  | 77  | 87  | 104 | 105 | 96  | 143 | 68  |
| 1957 | 49             | 51  | 81  | 16  | 45  | 64  | 54  | 88  | 111 | 51  |
| 1958 | 30             | 29  | 37  | 89  | 76  | 71  | 36  | 43  | 35  | 25  |
| 1959 | 4              | 15  | 12  | 23  | 22  | 17  | 84  | 56  | 26  | 12  |
| 1960 | 85             | 48  | 56  | 44  | 25  | 53  | 58  | 43  | 57  | 47  |
| 1961 | 52             | 116 | 23  | 77  | 24  | 57  | 54  | 163 | 102 | 108 |
| 1962 | 153            | 124 | 137 | 131 | 124 | 114 | 76  | 120 | 148 | 133 |
| 1963 | 31             | 38  | 43  | 31  | 50  | 91  | 22  | 49  | 27  | 46  |
| 1964 | 81             | 109 | 125 | 135 | 133 | 13  | 130 | 132 | 144 | 173 |
| 1965 | 109            | 66  | 62  | 41  | 84  | 63  | 90  | 80  | 64  | 109 |
| 1966 | 60             | 98  | 102 | 67  | 75  | 109 | 110 | 25  | 107 | 93  |
| 1967 | 14             | 29  | 31  | 14  | 11  | 17  | 11  | 14  | 33  | 23  |
| 1968 | 172            | 116 | 85  | 92  | 71  | 108 | 136 | 120 | 119 | 91  |
| 1969 | 105            | 101 | 146 | 81  | 185 | 134 | 59  | 82  | 108 | 121 |
| 1970 | 63             | 91  | 118 | 58  | 119 | 104 | 74  | 65  | 18  | 31  |

Продовження таблиці В.2

| Рік  | Номери станцій |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | 1              | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | 9   | 10  |
| 1971 | 110            | 50  | 63  | 101 | 62  | 71  | 106 | 71  | 121 | 128 |
| 1972 | 41             | 135 | 82  | 42  | 115 | 139 | 81  | 98  | 52  | 96  |
| 1973 | 76             | 81  | 131 | 54  | 47  | 135 | 94  | 161 | 122 | 161 |
| 1974 | 210            | 157 | 121 | 160 | 105 | 121 | 113 | 137 | 167 | 112 |
| 1975 | 45             | 13  | 20  | 53  | 35  | 17  | 32  | 34  | 83  | 34  |
| 1976 | 91             | 94  | 151 | 67  | 51  | 64  | 68  | 55  | 56  | 60  |
| 1977 | 55             | 67  | 52  | 117 | 105 | 142 | 214 | 162 | 126 | 56  |
| 1978 | 190            | 134 | 175 | 160 | 132 | 128 | 77  | 89  | 76  | 32  |
| 1979 | 93             | 76  | 96  | 99  | 108 | 110 | 87  | 88  | 62  | 78  |
| 1980 | 97             | 208 | 161 | 134 | 167 | 161 | 159 | 191 | 132 | 141 |
| 1981 | 105            | 114 | 160 | 43  | 83  | 80  | 202 | 162 | 195 | 92  |
| 1982 | 113            | 126 | 140 | 93  | 82  | 208 | 134 | 126 | 114 | 135 |
| 1983 | 32             | 43  | 88  | 28  | 84  | 69  | 58  | 94  | 94  | 64  |
| 1984 | 74             | 68  | 95  | 73  | 69  | 55  | 130 | 61  | 193 | 127 |
| 1985 | 101            | 92  | 132 | 94  | 131 | 121 | 82  | 69  | 107 | 96  |
| 1986 | 93             | 37  | 66  | 55  | 79  | 103 | 126 | 105 | 64  | 131 |
| 1987 | 65             | 94  | 55  | 27  | 67  | 53  | 40  | 128 | 64  | 52  |
| 1988 | 56             | 129 | 105 | 88  | 93  | 61  | 60  | 60  | 99  | 129 |
| 1989 | 65             | 97  | 54  | 32  | 73  | 48  | 144 | 96  | 63  | 43  |
| 1990 | 50             | 90  | 75  | 71  | 49  | 74  | 103 | 132 | 127 | 103 |

Продовження таблиці В.2

| Рік  | Номери станцій |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | 11             | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  |
| 1951 | 43             | 57  | 32  | 28  | 49  | 59  | 72  | 59  | 46  | 42  |
| 1952 | 24             | 44  | 44  | 25  | 112 | 50  | 32  | 49  | 31  | 34  |
| 1953 | 52             | 56  | 66  | 15  | 84  | 48  | 25  | 58  | 8   | 35  |
| 1954 | 111            | 122 | 130 | 102 | 114 | 105 | 81  | 128 | 61  | 65  |
| 1955 | 162            | 70  | 224 | 162 | 140 | 72  | 121 | 112 | 97  | 100 |
| 1956 | 74             | 51  | 32  | 29  | 85  | 60  | 37  | 33  | 37  | 19  |
| 1957 | 56             | 70  | 46  | 68  | 55  | 69  | 14  | 30  | 43  | 38  |
| 1958 | 29             | 27  | 70  | 29  | 44  | 34  | 48  | 29  | 45  | 42  |
| 1959 | 38             | 21  | 72  | 66  | 20  | 84  | 23  | 25  | 76  | 27  |
| 1960 | 79             | 97  | 43  | 46  | 81  | 98  | 29  | 62  | 42  | 14  |
| 1961 | 117            | 85  | 50  | 88  | 87  | 78  | 64  | 141 | 115 | 65  |
| 1962 | 162            | 119 | 78  | 49  | 69  | 84  | 122 | 80  | 37  | 92  |
| 1963 | 65             | 59  | 25  | 67  | 58  | 52  | 68  | 61  | 64  | 68  |
| 1964 | 250            | 150 | 10  | 150 | 16  | 127 | 126 | 118 | 102 | 120 |
| 1965 | 86             | 147 | 63  | 87  | 144 | 122 | 157 | 109 | 84  | 131 |
| 1966 | 158            | 75  | 91  | 115 | 117 | 163 | 96  | 99  | 110 | 80  |
| 1967 | 15             | 10  | 27  | 31  | 13  | 11  | 15  | 13  | 36  | 60  |
| 1968 | 94             | 153 | 81  | 90  | 111 | 108 | 60  | 116 | 128 | 182 |
| 1969 | 254            | 226 | 162 | 166 | 83  | 229 | 207 | 120 | 92  | 165 |
| 1970 | 142            | 68  | 105 | 163 | 59  | 43  | 43  | 64  | 126 | 101 |

Продовження таблиці В.2

| Рік  | Номери станцій |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|------|----------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|      | 11             | 12  | 13  | 14  | 15  | 16  | 17  | 18  | 19  | 20  |
| 1971 | 115            | 124 | 144 | 37  | 95  | 61  | 131 | 85  | 198 | 138 |
| 1972 | 76             | 82  | 73  | 55  | 246 | 187 | 171 | 128 | 86  | 190 |
| 1973 | 128            | 183 | 99  | 189 | 82  | 70  | 41  | 79  | 82  | 75  |
| 1974 | 154            | 162 | 148 | 212 | 153 | 180 | 153 | 289 | 157 | 127 |
| 1975 | 100            | 50  | 38  | 64  | 98  | 88  | 47  | 68  | 173 | 56  |
| 1976 | 30             | 61  | 59  | 43  | 31  | 41  | 47  | 29  | 17  | 72  |
| 1977 | 80             | 80  | 88  | 46  | 83  | 85  | 85  | 55  | 91  | 93  |
| 1978 | 86             | 99  | 72  | 76  | 131 | 147 | 201 | 145 | 127 | 191 |
| 1979 | 76             | 78  | 62  | 60  | 30  | 50  | 80  | 34  | 61  | 61  |
| 1980 | 146            | 184 | 103 | 162 | 171 | 162 | 122 | 199 | 124 | 147 |
| 1981 | 176            | 201 | 174 | 201 | 62  | 118 | 90  | 135 | 226 | 61  |
| 1982 | 139            | 146 | 89  | 104 | 169 | 163 | 105 | 274 | 108 | 78  |
| 1983 | 71             | 76  | 65  | 165 | 61  | 83  | 78  | 88  | 141 | 51  |
| 1984 | 48             | 92  | 98  | 82  | 89  | 82  | 74  | 99  | 90  | 121 |
| 1985 | 70             | 99  | 75  | 57  | 68  | 82  | 82  | 78  | 32  | 59  |
| 1986 | 102            | 121 | 58  | 84  | 60  | 91  | 50  | 55  | 48  | 49  |
| 1987 | 100            | 63  | 56  | 92  | 78  | 131 | 22  | 25  | 49  | 44  |
| 1988 | 105            | 78  | 77  | 99  | 96  | 113 | 29  | 65  | 51  | 46  |
| 1989 | 79             | 53  | 34  | 37  | 58  | 40  | 38  | 30  | 19  | 54  |
| 1990 | 31             | 84  | 67  | 37  | 47  | 42  | 32  | 30  | 19  | 32  |

## Продовження таблиці В.2

### Номери і назви станцій

|                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|
| 1 – Київ                   | 11 – Хмельницький          |
| 2 – Тетерів                | 12 – Шепетівка             |
| 3 – Фастів                 | 13 – Кам'янець-Подільський |
| 4 – Баришівка              | 14 – Нова Ушиця            |
| 5 – Біла Церква            | 15 – Вінниця               |
| 6 – Житомир                | 16 – Хмільник              |
| 7 – Овруч                  | 17 – Гайсин                |
| 8 – Коростень              | 18 – Жмеринка              |
| 9 – Олевськ                | 19 – Могилів – Подільськ   |
| 10 – Новоград – Волинський | 20 – Крижопіль             |

Таблиця В.3 – Сума опадів, мм

| Назва станції   | Рік | Місяці |    |    |    |    |     |     |     |    |    |    |    |
|-----------------|-----|--------|----|----|----|----|-----|-----|-----|----|----|----|----|
|                 |     | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 6   | 7   | 8   | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Луцьк           | 553 | 27     | 28 | 27 | 35 | 47 | 78  | 79  | 77  | 44 | 37 | 40 | 34 |
| Ковель          | 569 | 28     | 29 | 28 | 36 | 49 | 80  | 81  | 79  | 45 | 38 | 41 | 35 |
| Маневичі        | 609 | 29     | 35 | 30 | 42 | 58 | 81  | 96  | 71  | 46 | 42 | 46 | 33 |
| Волод.-Вол.     | 567 | 29     | 30 | 29 | 39 | 52 | 68  | 81  | 71  | 46 | 45 | 43 | 34 |
| Рівне           | 551 | 34     | 32 | 34 | 41 | 46 | 65  | 70  | 60  | 48 | 45 | 38 | 38 |
| Дубно           | 519 | 33     | 30 | 33 | 32 | 47 | 64  | 70  | 53  | 35 | 45 | 42 | 35 |
| Сарни           | 545 | 30     | 23 | 25 | 38 | 57 | 65  | 76  | 61  | 51 | 43 | 41 | 34 |
| Турка           | 544 | 27     | 28 | 27 | 34 | 47 | 76  | 77  | 75  | 44 | 38 | 39 | 33 |
| Львів           | 735 | 52     | 48 | 4  | 49 | 60 | 77  | 64  | 80  | 58 | 60 | 60 | 60 |
| Яворів          | 686 | 35     | 41 | 35 | 49 | 63 | 83  | 103 | 82  | 59 | 44 | 49 | 43 |
| Рава-Руська     | 609 | 29     | 35 | 30 | 42 | 58 | 81  | 96  | 71  | 46 | 42 | 46 | 33 |
| Кам'янка-Бузька | 598 | 26     | 30 | 28 | 36 | 61 | 79  | 96  | 76  | 46 | 48 | 41 | 31 |
| Ужгород         | 752 | 54     | 49 | 45 | 50 | 62 | 91  | 78  | 79  | 60 | 62 | 60 | 62 |
| Берегове        | 642 | 44     | 43 | 38 | 47 | 56 | 76  | 66  | 64  | 46 | 48 | 52 | 62 |
| Нижні Ворота    | 998 | 62     | 57 | 52 | 69 | 96 | 129 | 129 | 120 | 77 | 75 | 69 | 63 |
| Нижн.Студен.    | 977 | 57     | 54 | 55 | 64 | 94 | 127 | 117 | 108 | 78 | 80 | 75 | 68 |
| Ів.Франківськ   | 603 | 30     | 30 | 28 | 42 | 60 | 87  | 91  | 72  | 46 | 48 | 39 | 30 |
| Долина          | 771 | 31     | 25 | 30 | 54 | 89 | 120 | 122 | 112 | 64 | 57 | 38 | 29 |
| Коломия         | 621 | 27     | 26 | 34 | 46 | 62 | 87  | 93  | 81  | 50 | 47 | 37 | 31 |
| Яремча          | 881 | 35     | 38 | 39 | 66 | 93 | 135 | 130 | 113 | 71 | 64 | 56 | 41 |
| Хмельницький    | 565 | 35     | 36 | 34 | 36 | 52 | 64  | 67  | 66  | 46 | 45 | 47 | 37 |
| Шепетівка       | 582 | 28     | 29 | 30 | 38 | 55 | 75  | 85  | 72  | 52 | 46 | 42 | 30 |
| Кам.-Подільськ  | 554 | 30     | 26 | 29 | 37 | 56 | 62  | 73  | 69  | 49 | 49 | 41 | 33 |
| Нова Ушиця      | 538 | 29     | 24 | 29 | 32 | 54 | 70  | 75  | 58  | 38 | 48 | 43 | 38 |
| Вінниця         | 544 | 28     | 28 | 29 | 42 | 53 | 70  | 78  | 64  | 42 | 41 | 37 | 32 |
| Жмеринка        | 502 | 23     | 23 | 23 | 42 | 51 | 64  | 72  | 62  | 44 | 37 | 34 | 27 |
| Гайсин          | 496 | 34     | 27 | 30 | 31 | 45 | 62  | 64  | 56  | 36 | 39 | 35 | 37 |
| Білопілля (Він) | 549 | 31     | 28 | 30 | 37 | 51 | 64  | 75  | 72  | 48 | 40 | 41 | 32 |
| Київ            | 556 | 25     | 25 | 27 | 36 | 59 | 75  | 85  | 78  | 45 | 38 | 35 | 28 |
| Бориспіль       | 495 | 26     | 26 | 27 | 39 | 48 | 62  | 64  | 57  | 40 | 38 | 41 | 27 |
| Тетерів         | 529 | 29     | 27 | 29 | 37 | 50 | 64  | 70  | 67  | 48 | 37 | 37 | 34 |
| Баришівка       | 570 | 32     | 29 | 31 | 38 | 53 | 66  | 78  | 75  | 50 | 41 | 43 | 34 |
| Черкаси         | 484 | 24     | 24 | 25 | 39 | 49 | 62  | 66  | 58  | 40 | 35 | 33 | 29 |

Продовження таблиці В.3

| Назва станції        | Рік | Місяці |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----------------------|-----|--------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                      |     | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Канів                | 543 | 25     | 25 | 23 | 41 | 60 | 79 | 80 | 65 | 46 | 37 | 34 | 28 |
| Золотоноша           | 488 | 31     | 31 | 27 | 33 | 42 | 57 | 57 | 55 | 37 | 42 | 39 | 37 |
| ім.Шевченка          | 534 | 31     | 28 | 29 | 36 | 43 | 62 | 73 | 70 | 46 | 39 | 40 | 31 |
| Кіровоград           | 474 | 26     | 25 | 24 | 29 | 43 | 61 | 66 | 50 | 37 | 44 | 35 | 34 |
| Помічна              | 520 | 35     | 30 | 32 | 37 | 48 | 67 | 64 | 50 | 33 | 43 | 42 | 33 |
| Знаменка             | 471 | 34     | 29 | 31 | 34 | 48 | 62 | 51 | 42 | 28 | 37 | 36 | 39 |
| <b>Новомиргород</b>  | 443 | 24     | 25 | 23 | 30 | 44 | 60 | 62 | 44 | 32 | 37 | 32 | 30 |
| <b>Дніпропетров.</b> | 391 | 36     | 34 | 29 | 27 | 31 | 33 | 39 | 30 | 24 | 30 | 36 | 36 |
| Комісарівка          | 430 | 22     | 24 | 22 | 29 | 42 | 59 | 60 | 43 | 31 | 37 | 31 | 30 |
| Павлоград            | 428 | 31     | 27 | 28 | 32 | 41 | 59 | 47 | 36 | 27 | 33 | 33 | 34 |
| Губиниха             | 429 | 31     | 27 | 32 | 28 | 41 | 48 | 59 | 36 | 33 | 27 | 33 | 34 |
| Запоріжжя            | 382 | 30     | 26 | 25 | 25 | 33 | 51 | 45 | 37 | 26 | 28 | 26 | 30 |
| Пришиб               | 387 | 30     | 27 | 23 | 27 | 38 | 46 | 43 | 37 | 26 | 27 | 30 | 33 |
| Гуляйполе            | 426 | 31     | 30 | 26 | 28 | 44 | 54 | 46 | 38 | 26 | 32 | 33 | 38 |
| Мелітополь           | 436 | 25     | 28 | 22 | 33 | 47 | 65 | 45 | 40 | 29 | 37 | 32 | 33 |
| Донецьк              | 354 | 26     | 23 | 21 | 22 | 30 | 49 | 34 | 33 | 26 | 31 | 30 | 29 |
| <b>Красноармійс.</b> | 396 | 30     | 27 | 22 | 27 | 36 | 50 | 37 | 33 | 29 | 37 | 35 | 33 |
| Вел.Анадоль          | 325 | 26     | 20 | 22 | 23 | 28 | 39 | 26 | 26 | 27 | 29 | 29 | 30 |
| Амвросіївка          | 370 | 30     | 26 | 22 | 26 | 36 | 44 | 41 | 35 | 25 | 26 | 28 | 31 |
| Луганськ             | 477 | 33     | 30 | 30 | 38 | 46 | 57 | 55 | 46 | 30 | 39 | 34 | 39 |
| Дар'івка             | 421 | 24     | 20 | 22 | 34 | 39 | 60 | 55 | 45 | 28 | 34 | 30 | 30 |
| Сватове              | 413 | 29     | 25 | 25 | 32 | 36 | 53 | 46 | 42 | 28 | 28 | 34 | 35 |
| Старобільськ         | 469 | 34     | 29 | 30 | 35 | 45 | 64 | 52 | 39 | 30 | 36 | 37 | 38 |
| Одеса                | 443 | 31     | 27 | 26 | 35 | 33 | 57 | 50 | 45 | 30 | 30 | 36 | 37 |
| Затиштя              | 422 | 29     | 25 | 25 | 29 | 38 | 68 | 43 | 42 | 27 | 33 | 31 | 32 |
| Сербка               | 472 | 23     | 25 | 24 | 32 | 48 | 69 | 58 | 59 | 34 | 39 | 32 | 29 |
| Роздільна            | 430 | 30     | 25 | 24 | 34 | 38 | 55 | 43 | 44 | 30 | 30 | 35 | 36 |
| Миколаїв             | 424 | 25     | 27 | 22 | 32 | 44 | 61 | 46 | 39 | 24 | 37 | 33 | 34 |
| Березанка            | 480 | 46     | 39 | 30 | 27 | 30 | 51 | 49 | 42 | 38 | 36 | 40 | 52 |
| Баштанка             | 469 | 33     | 30 | 30 | 37 | 45 | 56 | 54 | 45 | 29 | 38 | 34 | 38 |
| <i>Вознесенськ</i>   | 507 | 38     | 36 | 30 | 37 | 55 | 80 | 51 | 39 | 36 | 32 | 38 | 35 |
| Херсон               | 433 | 24     | 26 | 26 | 30 | 40 | 58 | 61 | 47 | 30 | 36 | 27 | 28 |
| <b>Нова Каховка</b>  | 509 | 30     | 32 | 26 | 37 | 46 | 71 | 65 | 54 | 37 | 38 | 38 | 35 |



Продовження таблиці В.3

| Назва станції  | Рік | Місяці |    |    |    |    |     |     |    |    |    |    |    |
|----------------|-----|--------|----|----|----|----|-----|-----|----|----|----|----|----|
|                |     | 1      | 2  | 3  | 4  | 5  | 6   | 7   | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 |
| Бехтери        | 451 | 24     | 26 | 23 | 31 | 44 | 61  | 63  | 45 | 33 | 37 | 33 | 31 |
| Ниж.Серогози   | 462 | 26     | 29 | 24 | 35 | 49 | 69  | 43  | 42 | 31 | 39 | 34 | 35 |
| Сімферополь    | 501 | 23     | 24 | 22 | 38 | 54 | 68  | 67  | 64 | 40 | 37 | 34 | 30 |
| Феодосія       | 376 | 28     | 24 | 22 | 24 | 33 | 52  | 42  | 36 | 24 | 32 | 24 | 35 |
| Нижньогірськ.  | 464 | 23     | 24 | 21 | 34 | 45 | 57  | 64  | 58 | 36 | 36 | 36 | 30 |
| Карабі-Яйла    | 595 | 41     | 34 | 30 | 44 | 67 | 74  | 59  | 45 | 43 | 46 | 54 | 55 |
| Харків         | 538 | 59     | 45 | 40 | 26 | 47 | 61  | 49  | 32 | 34 | 41 | 46 | 56 |
| Коломак        | 496 | 23     | 24 | 22 | 38 | 53 | 67  | 66  | 63 | 40 | 37 | 34 | 29 |
| Ізюм           | 496 | 27     | 29 | 27 | 37 | 53 | 69  | 61  | 53 | 36 | 37 | 34 | 33 |
| Красноград     | 508 | 30     | 26 | 29 | 36 | 48 | 61  | 67  | 56 | 46 | 40 | 36 | 33 |
| Полтава        | 485 | 45     | 43 | 35 | 34 | 38 | 48  | 48  | 37 | 30 | 37 | 45 | 45 |
| Кобеляки       | 496 | 32     | 28 | 30 | 35 | 47 | 65  | 57  | 49 | 31 | 35 | 33 | 38 |
| Миргород       | 513 | 33     | 33 | 30 | 38 | 41 | 69  | 74  | 33 | 39 | 38 | 39 | 46 |
| Лубни          | 533 | 25     | 25 | 26 | 33 | 67 | 71  | 71  | 64 | 41 | 37 | 36 | 31 |
| Суми           | 540 | 72     | 55 | 44 | 28 | 26 | 41  | 41  | 28 | 29 | 46 | 57 | 73 |
| Білопілля(Сум) | 531 | 23     | 24 | 23 | 41 | 59 | 77  | 78  | 64 | 45 | 36 | 33 | 28 |
| Ромни          | 510 | 29     | 29 | 27 | 37 | 49 | 61  | 67  | 66 | 39 | 37 | 38 | 31 |
| Лебедин        | 533 | 24     | 25 | 23 | 41 | 59 | 78  | 77  | 64 | 45 | 36 | 33 | 28 |
| Чернігів       | 539 | 30     | 30 | 32 | 42 | 51 | 66  | 68  | 61 | 42 | 41 | 44 | 32 |
| Щорс           | 545 | 28     | 28 | 29 | 42 | 53 | 70  | 78  | 64 | 42 | 41 | 38 | 32 |
| Нові Млини     | 549 | 32     | 33 | 34 | 37 | 50 | 66  | 71  | 60 | 47 | 43 | 40 | 36 |
| Семенівка      | 554 | 33     | 33 | 34 | 41 | 52 | 66  | 70  | 65 | 42 | 45 | 43 | 35 |
| Житомир        | 557 | 33     | 32 | 34 | 42 | 53 | 68  | 70  | 62 | 43 | 41 | 45 | 34 |
| Коростень      | 567 | 35     | 35 | 39 | 41 | 51 | 67  | 69  | 62 | 42 | 41 | 45 | 40 |
| Олевськ        | 611 | 26     | 30 | 29 | 37 | 62 | 81  | 98  | 78 | 47 | 49 | 42 | 32 |
| Новоград-Вол.  | 581 | 35     | 35 | 39 | 42 | 52 | 69  | 71  | 64 | 44 | 42 | 47 | 41 |
| Чернівці       | 624 | 29     | 30 | 34 | 52 | 69 | 86  | 90  | 71 | 54 | 44 | 35 | 30 |
| Селятин        | 709 | 31     | 29 | 30 | 49 | 89 | 123 | 113 | 87 | 58 | 39 | 34 | 27 |
| Ракитне        | 558 | 68     | 56 | 45 | 29 | 28 | 40  | 40  | 30 | 37 | 49 | 60 | 76 |
| Молодія        | 675 | 47     | 46 | 40 | 47 | 58 | 81  | 70  | 68 | 48 | 51 | 54 | 65 |
| Тернопіль      | 590 | 21     | 21 | 24 | 47 | 68 | 93  | 96  | 77 | 47 | 38 | 34 | 24 |
| Чортків        | 561 | 76     | 57 | 46 | 29 | 27 | 42  | 42  | 29 | 30 | 48 | 59 | 76 |
| Кременець      | 596 | 26     | 24 | 27 | 45 | 62 | 87  | 92  | 77 | 48 | 42 | 36 | 30 |
| Бережани       | 653 | 74     | 73 | 53 | 33 | 56 | 53  | 40  | 36 | 40 | 58 | 72 | 85 |

Таблиця В.4 – Сума опадів в % від опадів за теплий період

| Назва станції          | Сума, мм | Місяці |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----------|--------|------|------|------|------|------|------|
|                        |          | 4      | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Луцьк                  | 397.0    | 8.8    | 11.8 | 19.6 | 19.9 | 19.4 | 11.1 | 9.3  |
| Ковель                 | 408.0    | 8.8    | 12.0 | 19.6 | 19.9 | 19.4 | 11.0 | 9.3  |
| Маневичі               | 436.0    | 9.6    | 13.3 | 18.6 | 22.0 | 16.3 | 10.6 | 9.6  |
| Волод.-Вол.            | 402.0    | 9.7    | 12.9 | 16.9 | 20.1 | 17.7 | 11.4 | 11.2 |
| Рівне                  | 375.0    | 10.9   | 12.3 | 17.3 | 18.7 | 16.0 | 12.8 | 12.0 |
| Дубно                  | 346.0    | 9.2    | 13.6 | 18.5 | 20.2 | 15.3 | 10.1 | 13.0 |
| Сарни                  | 391.0    | 9.7    | 14.6 | 16.6 | 19.4 | 15.6 | 13.0 | 11.0 |
| Турка                  | 391.0    | 8.7    | 12.0 | 19.4 | 19.7 | 19.2 | 11.3 | 9.7  |
| Львів                  | 448.0    | 10.9   | 13.4 | 17.2 | 14.3 | 17.9 | 12.9 | 13.4 |
| Яворів                 | 483.0    | 10.1   | 13.0 | 17.2 | 21.3 | 17.0 | 12.2 | 9.1  |
| Рава-Руська            | 436.0    | 9.6    | 13.3 | 18.6 | 22.0 | 16.3 | 10.6 | 9.6  |
| <b>Кам'янка-Бузька</b> | 442.0    | 8.1    | 13.8 | 17.9 | 21.7 | 17.2 | 10.4 | 10.9 |
| Ужгород                | 482.0    | 10.4   | 12.9 | 18.9 | 16.2 | 16.4 | 12.4 | 12.9 |
| Берегове               | 403.0    | 11.7   | 13.9 | 18.9 | 16.4 | 15.9 | 11.4 | 11.9 |
| <b>Нижні Ворота</b>    | 695.0    | 9.9    | 13.8 | 18.6 | 18.6 | 17.3 | 11.1 | 10.8 |
| Нижн.Студений          | 668.0    | 9.6    | 14.1 | 19.0 | 17.5 | 16.2 | 11.7 | 12.0 |
| <b>Ів.-Франківськ</b>  | 446.0    | 9.4    | 13.5 | 19.5 | 20.4 | 16.1 | 10.3 | 10.8 |
| Долина                 | 618.0    | 8.7    | 14.4 | 19.4 | 19.7 | 18.1 | 10.4 | 9.2  |
| Коломия                | 466.0    | 9.9    | 13.3 | 18.7 | 20.0 | 17.4 | 10.7 | 10.1 |
| Яремча                 | 672.0    | 9.8    | 13.8 | 20.1 | 19.3 | 16.8 | 10.6 | 9.5  |
| <b>Хмельницький</b>    | 376.0    | 9.6    | 13.8 | 17.0 | 17.8 | 17.6 | 12.2 | 12.0 |
| Шепетівка              | 423.0    | 9.0    | 13.0 | 17.7 | 20.1 | 17.0 | 12.3 | 10.9 |
| <b>Кам.-Подільск.</b>  | 395.0    | 9.4    | 14.2 | 15.7 | 18.5 | 17.5 | 12.4 | 12.4 |
| Нова Ушиця             | 375.0    | 8.5    | 14.4 | 18.7 | 20.0 | 15.5 | 10.1 | 12.8 |
| Вінниця                | 390.0    | 10.8   | 13.6 | 17.9 | 20.0 | 16.4 | 10.8 | 10.5 |
| Жмеринка               | 372.0    | 11.3   | 13.7 | 17.2 | 19.4 | 16.7 | 11.8 | 9.9  |
| Гайсин                 | 333.0    | 9.3    | 13.5 | 18.6 | 19.2 | 16.8 | 10.8 | 11.7 |
| <b>Білопілля (Він)</b> | 387.0    | 9.6    | 13.2 | 16.5 | 19.4 | 18.6 | 12.4 | 10.3 |
| Київ                   | 416.0    | 8.7    | 14.2 | 18.0 | 20.4 | 18.8 | 10.8 | 9.1  |
| Бориспіль              | 348.0    | 11.2   | 13.8 | 17.8 | 18.4 | 16.4 | 11.5 | 10.9 |
| Тетерів                | 373.0    | 9.9    | 13.4 | 17.2 | 18.8 | 18.0 | 12.9 | 9.9  |
| Баришівка              | 401.0    | 9.5    | 13.2 | 16.5 | 19.5 | 18.7 | 12.5 | 10.2 |
| Черкаси                | 349.0    | 11.2   | 14.0 | 17.8 | 18.9 | 16.6 | 11.5 | 10.0 |

## Продовження таблиці В.4

| Назва станції        | Сума,<br>мм | Місяці |      |      |      |      |      |      |
|----------------------|-------------|--------|------|------|------|------|------|------|
|                      |             | 4      | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Канів                | 408.0       | 10.0   | 14.7 | 19.4 | 19.6 | 15.9 | 11.3 | 9.1  |
| Золотоноша           | 323.0       | 10.2   | 13.0 | 17.6 | 17.6 | 17.0 | 11.5 | 13.0 |
| ім.Шевченка          | 369.0       | 9.8    | 11.7 | 16.8 | 19.8 | 19.0 | 12.5 | 10.6 |
| Кіровоград           | 330.0       | 8.8    | 13.0 | 18.5 | 20.0 | 15.2 | 11.2 | 13.3 |
| Помічна              | 342.0       | 10.8   | 14.0 | 19.6 | 18.7 | 14.6 | 9.6  | 12.6 |
| Знаменка             | 302.0       | 11.3   | 15.9 | 20.5 | 16.9 | 13.9 | 9.3  | 12.3 |
| <b>Новомиргород</b>  | 309.0       | 9.7    | 14.2 | 19.4 | 20.1 | 14.2 | 10.4 | 12.0 |
| <b>Дніпропетров.</b> | 214.0       | 12.6   | 14.5 | 15.4 | 18.2 | 14.0 | 11.2 | 14.0 |
| Комісарівка          | 301.0       | 9.6    | 14.0 | 19.6 | 19.9 | 14.3 | 10.3 | 12.3 |
| Павлоград            | 275.0       | 11.6   | 14.9 | 21.5 | 17.1 | 13.1 | 9.8  | 12.0 |
| Губиниха             | 272.0       | 10.3   | 15.1 | 17.6 | 21.7 | 13.2 | 12.1 | 9.9  |
| Запоріжжя            | 245.0       | 10.2   | 13.5 | 20.8 | 18.4 | 15.1 | 10.6 | 11.4 |
| Пришиб               | 244.0       | 11.1   | 15.6 | 18.9 | 17.6 | 15.2 | 10.7 | 11.1 |
| Гуляйполе            | 268.0       | 10.4   | 16.4 | 20.1 | 17.2 | 14.2 | 9.7  | 11.9 |
| Мелітополь           | 296.0       | 11.1   | 15.9 | 22.0 | 15.2 | 13.5 | 9.8  | 12.5 |
| Донецьк              | 225.0       | 9.8    | 13.3 | 21.8 | 15.1 | 14.7 | 11.6 | 13.8 |
| <b>Красноармійс.</b> | 249.0       | 10.8   | 14.5 | 20.1 | 14.9 | 13.3 | 11.6 | 14.9 |
| Вел.Анадоль          | 198.0       | 11.6   | 14.1 | 19.7 | 13.1 | 13.1 | 13.6 | 14.6 |
| Амвросіївка          | 233.0       | 11.2   | 15.5 | 18.9 | 17.6 | 15.0 | 10.7 | 11.2 |
| Луганськ             | 311.0       | 12.2   | 14.8 | 19.3 | 17.7 | 14.8 | 9.6  | 12.5 |
| Дар'ївка             | 295.0       | 11.5   | 13.2 | 20.3 | 18.6 | 15.3 | 9.5  | 11.5 |
| Сватове              | 265.0       | 12.1   | 13.6 | 20.0 | 17.4 | 15.8 | 10.6 | 10.6 |
| Старобільськ         | 301.0       | 11.6   | 15.0 | 21.3 | 17.3 | 13.0 | 10.0 | 12.0 |
| Одеса                | 280.0       | 12.5   | 11.8 | 20.4 | 17.9 | 16.1 | 10.7 | 10.7 |
| Затиштя              | 280.0       | 10.4   | 13.6 | 24.3 | 15.4 | 15.0 | 9.6  | 11.8 |
| Сербка               | 339.0       | 9.4    | 14.2 | 20.4 | 17.1 | 17.4 | 10.0 | 11.5 |
| Роздільна            | 274.0       | 12.4   | 13.9 | 20.1 | 15.7 | 16.1 | 10.9 | 10.9 |
| Миколаїв             | 283.0       | 11.3   | 15.5 | 21.6 | 16.3 | 13.8 | 8.5  | 13.1 |
| Березанка            | 273.0       | 9.9    | 11.0 | 18.7 | 17.9 | 15.4 | 13.9 | 13.2 |
| Баштанка             | 304.0       | 12.2   | 14.8 | 18.4 | 17.8 | 14.8 | 9.5  | 12.5 |
| Вознесенськ          | 330.0       | 11.2   | 16.7 | 24.2 | 15.5 | 11.8 | 10.9 | 9.7  |
| Херсон               | 302.0       | 9.9    | 13.2 | 19.2 | 20.2 | 15.6 | 9.9  | 11.9 |
| <b>Нова Каховка</b>  | 348.0       | 10.6   | 13.2 | 20.4 | 18.7 | 15.5 | 10.6 | 10.9 |

Продовження таблиці В.4

| Назва станції         | Суми,<br><i>мм</i> | Місяці |      |      |      |      |      |      |
|-----------------------|--------------------|--------|------|------|------|------|------|------|
|                       |                    | 4      | 5    | 6    | 7    | 8    | 9    | 10   |
| Бехтери               | 314.0              | 9.9    | 14.0 | 19.4 | 20.1 | 14.3 | 10.5 | 11.8 |
| <b>Ниж.Серогози</b>   | 308.0              | 11.4   | 15.9 | 22.4 | 14.0 | 13.6 | 10.1 | 12.7 |
| Сімферополь           | 368.0              | 10.3   | 14.7 | 18.5 | 18.2 | 17.4 | 10.9 | 10.1 |
| Феодосія              | 243.0              | 9.9    | 13.6 | 21.4 | 17.3 | 14.8 | 9.9  | 13.2 |
| <b>Нижньогірськ.</b>  | 330.0              | 10.3   | 13.6 | 17.3 | 19.4 | 17.6 | 10.9 | 10.9 |
| Карабі-Яйла           | 378.0              | 11.6   | 17.7 | 19.6 | 15.6 | 11.9 | 11.4 | 12.2 |
| Харків                | 290.0              | 9.0    | 16.2 | 21.0 | 16.9 | 11.0 | 11.7 | 14.1 |
| Коломак               | 364.0              | 10.4   | 14.6 | 18.4 | 18.1 | 17.3 | 11.0 | 10.2 |
| Ізюм                  | 346.0              | 10.7   | 15.3 | 19.9 | 17.6 | 15.3 | 10.4 | 10.7 |
| Красноград            | 354.0              | 10.2   | 13.6 | 17.2 | 18.9 | 15.8 | 13.0 | 11.3 |
| Полтава               | 272.0              | 12.5   | 14.0 | 17.6 | 17.6 | 13.6 | 11.0 | 13.6 |
| Кобеляки              | 319.0              | 11.0   | 14.7 | 20.4 | 17.9 | 15.4 | 9.7  | 11.0 |
| Миргород              | 332.0              | 11.4   | 12.3 | 20.8 | 22.3 | 9.9  | 11.7 | 11.4 |
| Лубни                 | 384.0              | 8.6    | 17.4 | 18.5 | 18.5 | 16.7 | 10.7 | 9.6  |
| Суми                  | 239.0              | 11.7   | 10.9 | 17.2 | 17.2 | 11.7 | 12.1 | 19.2 |
| <b>Білопілля(Сум)</b> | 400.0              | 10.2   | 14.8 | 19.2 | 19.5 | 16.0 | 11.3 | 9.0  |
| Ромни                 | 356.0              | 10.4   | 13.8 | 17.1 | 18.8 | 18.5 | 11.0 | 10.4 |
| Лебедин               | 400.0              | 10.2   | 14.8 | 19.5 | 19.2 | 16.0 | 11.3 | 9.0  |
| Чернігів              | 371.0              | 11.3   | 13.7 | 17.8 | 18.3 | 16.4 | 11.3 | 11.1 |
| Щорс                  | 390.0              | 10.8   | 13.6 | 17.9 | 20.0 | 16.4 | 10.8 | 10.5 |
| Нові Млини            | 374.0              | 9.9    | 13.4 | 17.6 | 19.0 | 16.0 | 12.6 | 11.5 |
| Семенівка             | 381.0              | 10.8   | 13.6 | 17.3 | 18.4 | 17.1 | 11.0 | 11.8 |
| Житомир               | 379.0              | 11.1   | 14.0 | 17.9 | 18.5 | 16.4 | 11.3 | 10.8 |
| Коростень             | 373.0              | 11.0   | 13.7 | 18.0 | 18.5 | 16.6 | 11.3 | 11.0 |
| Олевськ               | 452.0              | 8.2    | 13.7 | 17.9 | 21.7 | 17.3 | 10.4 | 10.8 |
| <b>Новоград-Вол.</b>  | 384.0              | 10.9   | 13.5 | 18.0 | 18.5 | 16.7 | 11.5 | 10.9 |
| Чернівці              | 466.0              | 11.2   | 14.8 | 18.5 | 19.3 | 15.2 | 11.6 | 9.4  |
| Селятин               | 558.0              | 8.8    | 15.9 | 22.0 | 20.3 | 15.6 | 10.4 | 7.0  |
| Ракитне               | 253.0              | 11.5   | 11.1 | 15.8 | 15.3 | 11.9 | 14.6 | 19.4 |
| Молодія               | 423.0              | 11.1   | 13.7 | 19.1 | 16.5 | 16.1 | 11.3 | 12.1 |
| Тернопіль             | 466.0              | 10.1   | 14.6 | 20.0 | 20.6 | 16.5 | 10.1 | 8.2  |
| Чортків               | 247.0              | 11.7   | 10.9 | 17.0 | 17.0 | 11.7 | 12.1 | 19.4 |
| Кременець             | 453.0              | 9.9    | 13.7 | 19.2 | 20.3 | 17.0 | 10.6 | 9.3  |
| Бережани              | 316.0              | 10.4   | 17.7 | 16.8 | 12.7 | 11.4 | 12.7 | 18.4 |

Таблиця В.5 – Сума опадів в % від опадів за холодний період

| Назва станції          | Сума, мм | Місяці |      |      |      |      |
|------------------------|----------|--------|------|------|------|------|
|                        |          | 1      | 2    | 3    | 11   | 12   |
| Луцьк                  | 156.0    | 17.3   | 17.9 | 17.3 | 25.6 | 21.8 |
| Ковель                 | 161.0    | 17.4   | 18.0 | 17.4 | 25.5 | 21.7 |
| Маневичі               | 173.0    | 16.8   | 20.2 | 17.3 | 26.6 | 19.1 |
| Волод.-Вол.            | 165.0    | 17.6   | 18.2 | 17.6 | 26.1 | 20.6 |
| Рівне                  | 176.0    | 19.3   | 18.2 | 19.3 | 21.6 | 21.6 |
| Дубно                  | 173.0    | 19.1   | 17.3 | 19.1 | 24.3 | 20.2 |
| Сарни                  | 153.0    | 19.6   | 15.0 | 16.3 | 26.8 | 22.2 |
| Турка                  | 154.0    | 17.5   | 18.2 | 17.5 | 25.3 | 21.4 |
| Львів                  | 260.0    | 20.0   | 18.5 | 15.4 | 23.1 | 23.1 |
| Яворів                 | 203.0    | 17.2   | 20.2 | 17.2 | 24.1 | 21.2 |
| Рава-Руська            | 173.0    | 16.8   | 20.2 | 17.3 | 26.6 | 19.1 |
| <b>Кам'янка-Бузька</b> | 156.0    | 16.7   | 19.2 | 17.9 | 26.3 | 19.9 |
| Ужгород                | 270.0    | 20.0   | 18.1 | 16.7 | 22.2 | 23.0 |
| Берегове               | 239.0    | 18.4   | 18.0 | 15.9 | 21.8 | 25.9 |
| <b>Нижні Ворота</b>    | 303.0    | 20.5   | 18.8 | 17.2 | 22.8 | 20.8 |
| <b>Нижн.Студений</b>   | 309.0    | 18.4   | 17.5 | 17.8 | 24.3 | 22.0 |
| <b>Ів.-Франківськ</b>  | 157.0    | 19.1   | 19.1 | 17.8 | 24.8 | 19.1 |
| Долина                 | 153.0    | 20.3   | 16.3 | 19.6 | 24.8 | 19.0 |
| Коломия                | 155.0    | 17.4   | 16.8 | 21.9 | 23.9 | 20.0 |
| Яремча                 | 209.0    | 16.7   | 18.2 | 18.7 | 26.8 | 19.6 |
| <b>Хмельницький</b>    | 189.0    | 18.5   | 19.0 | 18.0 | 24.9 | 19.6 |
| Шепетівка              | 159.0    | 17.6   | 18.2 | 18.9 | 26.4 | 18.9 |
| <b>Кам.-Подільск.</b>  | 159.0    | 18.9   | 16.4 | 18.2 | 25.8 | 20.8 |
| Нова Ушиця             | 163.0    | 17.8   | 14.7 | 17.8 | 26.4 | 23.3 |
| Вінниця                | 154.0    | 18.2   | 18.2 | 18.8 | 24.0 | 20.8 |
| Жмеринка               | 130.0    | 17.7   | 17.7 | 17.7 | 26.2 | 20.8 |
| Гайсин                 | 163.0    | 20.9   | 16.6 | 18.4 | 21.5 | 22.7 |
| <b>Білопілля (Він)</b> | 162.0    | 19.1   | 17.3 | 18.5 | 25.3 | 19.8 |
| Київ                   | 140.0    | 17.9   | 17.9 | 19.3 | 25.0 | 20.0 |
| Бориспіль              | 147.0    | 17.7   | 17.7 | 18.4 | 27.9 | 18.4 |
| Тетерів                | 156.0    | 18.6   | 17.3 | 18.6 | 23.7 | 21.8 |
| Баришівка              | 169.0    | 18.9   | 17.2 | 18.3 | 25.4 | 20.1 |
| Черкаси                | 135.0    | 17.8   | 17.8 | 18.5 | 24.4 | 21.5 |

Продовження таблиці В.5

| Назва станції        | Сума,<br>мм | Місяці |      |      |      |      |
|----------------------|-------------|--------|------|------|------|------|
|                      |             | 1      | 2    | 3    | 11   | 12   |
| Канів                | 135.0       | 18.5   | 18.5 | 17.0 | 25.2 | 20.7 |
| Золотоноша           | 165.0       | 18.8   | 18.8 | 16.4 | 23.6 | 22.4 |
| ім.Шевченка          | 159.0       | 19.5   | 17.6 | 18.2 | 25.2 | 19.5 |
| Кіровоград           | 144.0       | 18.1   | 17.4 | 16.7 | 24.3 | 23.6 |
| Помічна              | 172.0       | 20.3   | 17.4 | 18.6 | 24.4 | 19.2 |
| Знаменка             | 169.0       | 20.1   | 17.2 | 18.3 | 21.3 | 23.1 |
| <b>Новомиргород</b>  | 134.0       | 17.9   | 18.7 | 17.2 | 23.9 | 22.4 |
| <b>Дніпропетров.</b> | 171.0       | 21.1   | 19.9 | 17.0 | 21.1 | 21.1 |
| Комісарівка          | 129.0       | 17.1   | 18.6 | 17.1 | 24.0 | 23.3 |
| Павлоград            | 153.0       | 20.3   | 17.6 | 18.3 | 21.6 | 22.2 |
| Губиниха             | 157.0       | 19.7   | 17.2 | 20.4 | 21.0 | 21.7 |
| Запоріжжя            | 137.0       | 21.9   | 19.0 | 18.2 | 19.0 | 21.9 |
| Пришиб               | 143.0       | 21.0   | 18.9 | 16.1 | 21.0 | 23.1 |
| Гуляйполе            | 158.0       | 19.6   | 19.0 | 16.5 | 20.9 | 24.1 |
| Мелітополь           | 140.0       | 17.9   | 20.0 | 15.7 | 22.9 | 23.6 |
| Донецьк              | 129.0       | 20.2   | 17.8 | 16.3 | 23.3 | 22.5 |
| <b>Красноармійс.</b> | 147.0       | 20.4   | 18.4 | 15.0 | 23.8 | 22.4 |
| Вел.Анадоль          | 198.0       | 20.5   | 15.7 | 17.3 | 22.8 | 23.6 |
| Амвросіївка          | 233.0       | 21.9   | 19.0 | 16.1 | 20.4 | 22.6 |
| Луганськ             | 311.0       | 19.9   | 18.1 | 18.1 | 20.5 | 23.5 |
| Дар'ївка             | 295.0       | 19.0   | 15.9 | 17.5 | 23.8 | 23.8 |
| Сватове              | 265.0       | 19.6   | 16.9 | 16.9 | 23.0 | 23.6 |
| Старобільськ         | 301.0       | 20.2   | 17.3 | 17.9 | 22.0 | 22.6 |
| Одеса                | 280.0       | 19.7   | 17.2 | 16.6 | 22.9 | 23.6 |
| Затиштя              | 280.0       | 20.4   | 17.6 | 17.6 | 21.8 | 22.5 |
| Сербка               | 339.0       | 17.3   | 18.8 | 18.0 | 24.1 | 21.8 |
| Роздільна            | 274.0       | 20.0   | 16.7 | 16.0 | 23.3 | 24.0 |
| Миколаїв             | 283.0       | 17.7   | 19.1 | 15.6 | 23.4 | 24.1 |
| Березанка            | 273.0       | 22.2   | 18.8 | 14.5 | 19.3 | 25.1 |
| Баштанка             | 304.0       | 20.0   | 18.2 | 18.2 | 20.6 | 23.0 |
| <i>Вознесенськ</i>   | 330.0       | 21.5   | 20.3 | 16.9 | 21.5 | 19.8 |
| Херсон               | 302.0       | 18.3   | 19.8 | 19.8 | 20.6 | 21.4 |
| <b>Нова Каховка</b>  | 348.0       | 18.6   | 19.9 | 16.1 | 23.6 | 21.7 |

## Продовження таблиці В.5

| Назва станції  | Суми, мм | Місяці |      |      |      |      |
|----------------|----------|--------|------|------|------|------|
|                |          | 1      | 2    | 3    | 11   | 12   |
| Бехтери        | 137.0    | 17.5   | 19.0 | 16.8 | 24.1 | 22.6 |
| Ниж.Серогози   | 148.0    | 17.6   | 19.6 | 16.2 | 23.0 | 23.6 |
| Сімферополь    | 133.0    | 17.3   | 18.0 | 16.5 | 25.6 | 22.6 |
| Феодосія       | 133.0    | 21.1   | 18.0 | 16.5 | 18.0 | 26.3 |
| Нижньогірськ.  | 134.0    | 17.2   | 17.9 | 15.7 | 26.9 | 22.4 |
| Карабі-Яйла    | 214.0    | 19.2   | 15.9 | 14.0 | 25.2 | 25.7 |
| Харків         | 246.0    | 24.0   | 18.3 | 16.3 | 18.7 | 22.8 |
| Коломак        | 132.0    | 17.4   | 18.2 | 16.7 | 25.8 | 22.0 |
| Ізюм           | 150.0    | 18.0   | 19.3 | 18.0 | 22.7 | 22.0 |
| Красноград     | 154.0    | 19.5   | 16.9 | 18.8 | 23.4 | 21.4 |
| Полтава        | 213.0    | 21.1   | 20.2 | 16.4 | 21.1 | 21.1 |
| Кобеляки       | 161.0    | 19.9   | 17.4 | 18.6 | 20.5 | 23.6 |
| Миргород       | 181.0    | 18.2   | 18.2 | 16.6 | 21.5 | 25.4 |
| Лубни          | 143.0    | 17.5   | 17.5 | 18.2 | 25.2 | 21.7 |
| Суми           | 301.0    | 23.9   | 18.3 | 14.6 | 18.9 | 24.3 |
| Білопілля(Сум) | 131.0    | 17.6   | 18.3 | 17.6 | 25.2 | 21.4 |
| Ромни          | 154.0    | 18.8   | 18.8 | 17.5 | 24.7 | 20.1 |
| Лебедин        | 133.0    | 18.0   | 18.8 | 17.3 | 24.8 | 21.1 |
| Чернігів       | 168.0    | 17.9   | 17.9 | 19.0 | 26.2 | 19.0 |
| Щорс           | 155.0    | 18.1   | 18.1 | 18.7 | 24.5 | 20.6 |
| Нові Млини     | 175.0    | 18.3   | 18.9 | 19.4 | 22.9 | 20.6 |
| Семенівка      | 178.0    | 18.5   | 18.5 | 19.1 | 24.2 | 19.7 |
| Житомир        | 178.0    | 18.5   | 18.0 | 19.1 | 25.3 | 19.1 |
| Коростень      | 194.0    | 18.0   | 18.0 | 20.1 | 23.2 | 20.6 |
| Олевськ        | 159.0    | 16.4   | 18.9 | 18.2 | 26.4 | 20.1 |
| Новоград-Вол.  | 197.0    | 17.8   | 17.8 | 19.8 | 23.9 | 20.8 |
| Чернівці       | 158.0    | 18.4   | 19.0 | 21.5 | 22.2 | 19.0 |
| Селятин        | 151.0    | 20.5   | 19.2 | 19.9 | 22.5 | 17.9 |
| Ракитне        | 305.0    | 22.3   | 18.4 | 14.8 | 19.7 | 24.9 |
| Молодія        | 252.0    | 18.7   | 18.3 | 15.9 | 21.4 | 25.8 |
| Тернопіль      | 124.0    | 16.9   | 16.9 | 19.4 | 27.4 | 19.4 |
| Чортків        | 314.0    | 24.2   | 18.2 | 14.6 | 18.8 | 24.2 |
| Кременець      | 143.0    | 18.2   | 16.8 | 18.9 | 25.2 | 21.0 |
| Бережани       | 357.0    | 20.7   | 20.4 | 14.8 | 20.2 | 23.8 |

## Додаток Д

Таблиця Д.1 – Середнє  $\bar{y}_N$  та  $\sigma_N$  ряду перетвореної величини

| $N$ | $\bar{y}_N$ | $\sigma_N$ | $N$  | $\sigma_N$ | $\bar{y}_N$ |
|-----|-------------|------------|------|------------|-------------|
| 7   | 0.4780      | 0.8700     | 31   | 0.5371     | 1.1159      |
| 8   | 0.4843      | 0.9043     | 32   | 0.5380     | 1.0093      |
| 9   | 0.4902      | 0.9288     | 33   | 0.5388     | 1.1226      |
| 10  | 0.4952      | 0.9497     | 34   | 0.5396     | 1.1255      |
| 11  | 0.4996      | 0.9676     | 35   | 0.5403     | 1.1285      |
| 12  | 0.5035      | 0.9833     | 36   | 0.5410     | 1.1313      |
| 13  | 0.5070      | 0.9972     | 37   | 0.5418     | 1.1339      |
| 14  | 0.5100      | 1.0095     | 38   | 0.5424     | 1.1363      |
| 15  | 0.5128      | 1.0206     | 39   | 0.5430     | 1.1388      |
| 16  | 0.5157      | 1.0316     | 40   | 0.5436     | 1.1413      |
| 17  | 0.5181      | 1.0411     | 50   | 0.5485     | 1.1607      |
| 18  | 0.5202      | 1.0493     | 60   | 0.5521     | 1.1747      |
| 19  | 0.5220      | 1.0565     | 70   | 0.5548     | 1.1854      |
| 20  | 0.5236      | 1.0626     | 80   | 0.5569     | 1.1938      |
| 21  | 0.5252      | 1.0696     | 90   | 0.5586     | 1.2007      |
| 22  | 0.5268      | 1.0754     | 100  | 0.5600     | 1.2065      |
| 23  | 0.5283      | 1.0811     | 150  | 0.5646     | 1.2253      |
| 24  | 0.5296      | 1.0864     | 200  | 0.5672     | 1.2360      |
| 25  | 0.5309      | 1.0914     | 250  | 0.5688     | 1.2429      |
| 26  | 0.5320      | 1.0957     | 300  | 0.5699     | 1.2479      |
| 27  | 0.5332      | 1.1004     | 400  | 0.5714     | 1.2545      |
| 28  | 0.5343      | 1.1047     | 500  | 0.5724     | 1.2588      |
| 29  | 0.5353      | 1.1086     | 750  | 0.5738     | 1.2651      |
| 30  | 0.5362      | 1.1124     | 1000 | 0.5745     | 1.2685      |



Таблиця Д.2 – Допоміжна змінна  $y$ 

|               |      |      |      |      |      |      |      |       |       |
|---------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|
| $p, \%$       | 50   | 20   | 10   | 5    | 20   | 1    | 0.1  | 0.025 | 0.01  |
| $T$<br>(роки) | 2    | 5    | 10   | 20   | 50   | 100  | 1000 | 2500  | 10000 |
| $y$           | 0.37 | 1.50 | 2.25 | 2.97 | 3.90 | 4.60 | 6.91 | 7.82  | 9.21  |

Таблиця Д.3 – Річні максимуми швидкості вітру. Ст. Запоріжжя

| № п/п | Рік  | Швидкість<br>вітру, м/с | №  | Рік  | Швидкість<br>вітру, м/с |
|-------|------|-------------------------|----|------|-------------------------|
| 1     | 1936 | 20                      | 14 | 1953 | 20                      |
| 2     | 1937 | 18                      | 15 | 1954 | 22                      |
| 3     | 1938 | 17                      | 16 | 1955 | 24                      |
| 4     | 1939 | 17                      | 17 | 1956 | 16                      |
| 5     | 1940 | 17                      | 18 | 1957 | 18                      |
| 6     | 1944 | 28                      | 19 | 1958 | 24                      |
| 7     | 1946 | 20                      | 20 | 1959 | 18                      |
| 8     | 1947 | 18                      | 21 | 1960 | 18                      |
| 9     | 1948 | 18                      | 22 | 1961 | 16                      |
| 10    | 1949 | 20                      | 23 | 1962 | 18                      |
| 11    | 1950 | 20                      | 24 | 1963 | 16                      |
| 12    | 1951 | 20                      | 25 | 1964 | 16                      |
| 13    | 1952 | 24                      | 26 | 1965 | 18                      |

Таблиця Д.4 – Повторюваність напрямків вітру.Рік. Ст. Нов.-  
Волинський

| Роки | Пн  | ПнС | С  | ПдС | Пд  | ПдЗ | З   | ПнЗ | ШТИЛЬ |
|------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1938 | 75  | 89  | 69 | 130 | 181 | 183 | 173 | 132 | 63    |
| 1939 | 38  | 61  | 66 | 165 | 149 | 182 | 156 | 156 | 120   |
| 1940 | 83  | 39  | 47 | 125 | 150 | 176 | 181 | 159 | 135   |
| 1944 | 66  | 58  | 57 | 131 | 153 | 135 | 187 | 192 | 116   |
| 1945 | 93  | 78  | 58 | 142 | 195 | 138 | 132 | 117 | 142   |
| 1946 | 112 | 60  | 80 | 138 | 199 | 139 | 99  | 119 | 152   |
| 1947 | 85  | 94  | 77 | 174 | 193 | 131 | 129 | 127 | 85    |
| 1948 | 87  | 64  | 69 | 144 | 246 | 180 | 116 | 109 | 80    |
| 1949 | 63  | 78  | 44 | 171 | 194 | 186 | 136 | 118 | 105   |
| 1950 | 74  | 67  | 37 | 180 | 190 | 163 | 130 | 129 | 116   |
| 1951 | 108 | 94  | 52 | 216 | 129 | 151 | 134 | 101 | 110   |
| 1952 | 92  | 85  | 59 | 190 | 141 | 211 | 136 | 137 | 44    |
| 1953 | 56  | 93  | 48 | 257 | 169 | 194 | 125 | 105 | 48    |
| 1954 | 108 | 68  | 41 | 235 | 160 | 155 | 121 | 122 | 88    |
| 1955 | 67  | 86  | 89 | 215 | 146 | 208 | 132 | 115 | 37    |
| 1956 | 70  | 95  | 52 | 244 | 178 | 158 | 124 | 113 | 61    |
| 1957 | 72  | 65  | 73 | 237 | 173 | 186 | 129 | 104 | 56    |
| 1958 | 83  | 108 | 59 | 203 | 132 | 196 | 136 | 136 | 45    |
| 1959 | 61  | 70  | 54 | 210 | 225 | 188 | 121 | 80  | 86    |
| 1960 | 82  | 67  | 82 | 210 | 215 | 172 | 104 | 82  | 81    |
| 1961 | 78  | 46  | 25 | 113 | 305 | 187 | 120 | 101 | 120   |
| 1962 | 78  | 56  | 60 | 176 | 286 | 180 | 104 | 79  | 79    |
| 1963 | 78  | 90  | 65 | 137 | 204 | 217 | 121 | 89  | 94    |
| 1964 | 60  | 52  | 54 | 126 | 225 | 233 | 131 | 113 | 101   |
| 1965 | 77  | 62  | 61 | 148 | 239 | 199 | 94  | 111 | 104   |
| 1966 | 47  | 40  | 48 | 207 | 273 | 169 | 106 | 80  | 128   |
| 1967 | 69  | 35  | 46 | 149 | 245 | 188 | 129 | 102 | 182   |
| 1968 | 69  | 25  | 28 | 172 | 185 | 174 | 139 | 92  | 203   |
| 1969 | 43  | 31  | 34 | 158 | 202 | 181 | 133 | 60  | 303   |
| 1972 | 35  | 27  | 51 | 114 | 158 | 160 | 162 | 77  | 311   |

Продовження таблці Д.4

| Роки | Пн  | ПнС | С  | ПдС | Пд  | ПдЗ | З   | ПнЗ | Штиль |
|------|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|-------|
| 1974 | 54  | 18  | 36 | 131 | 227 | 132 | 147 | 59  | 294   |
| 1976 | 100 | 62  | 37 | 106 | 109 | 119 | 164 | 150 | 248   |
| 1977 | 36  | 42  | 11 | 116 | 154 | 241 | 161 | 174 | 160   |
| 1978 | 35  | 61  | 17 | 129 | 130 | 272 | 151 | 123 | 180   |
| 1979 | 22  | 54  | 12 | 212 | 88  | 215 | 114 | 219 | 159   |
| 1980 | 41  | 94  | 26 | 183 | 71  | 195 | 95  | 200 | 190   |
| 1981 | 47  | 57  | 42 | 247 | 90  | 164 | 131 | 150 | 159   |
| 1982 | 80  | 72  | 25 | 176 | 135 | 189 | 161 | 170 | 89    |
| 1983 | 85  | 146 | 57 | 172 | 99  | 160 | 106 | 142 | 128   |
| 1984 | 59  | 91  | 50 | 247 | 124 | 185 | 103 | 140 | 96    |
| 1985 | -   | -   | -  | -   | -   | -   | -   | -   | -     |

Таблиця Д.5 – Повторюваність напрямків вітру. Січень. Ст. Нов.-Волинський

| Роки | Пн | ПнС | С  | ПдС | Пд | ПдЗ | З  | ПнЗ | Штиль |
|------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-------|
| 1938 | 3  | 2   | 9  | 33  | 21 | 8   | 7  | 2   | 8     |
| 1939 | 7  | 6   | 4  | 15  | 22 | 8   | 7  | 23  | 1     |
| 1940 | 1  | 4   | 15 | 28  | 14 | 12  | 5  | 8   | 6     |
| 1944 | 5  | 1   | 1  | 2   | 23 | 25  | 21 | 8   | -     |
| 1945 | 3  | 3   | 4  | 24  | 39 | 5   | 5  | 4   | 6     |
| 1946 | 6  | 4   | 0  | 2   | 32 | 17  | 13 | 13  | 6     |
| 1947 | 12 | 7   | 7  | 29  | 21 | 2   | 3  | 5   | 7     |
| 1948 | 8  | 2   | 0  | 7   | 24 | 23  | 12 | 10  | 7     |
| 1949 | 8  | 3   | 2  | 12  | 19 | 21  | 16 | 7   | 5     |
| 1950 | 5  | 0   | 5  | 54  | 13 | 5   | 1  | 2   | 8     |
| 1951 | 5  | 0   | 0  | 8   | 15 | 19  | 28 | 15  | 3     |
| 1952 | 7  | 1   | 5  | 24  | 18 | 12  | 13 | 11  | 2     |
| 1953 | 12 | 3   | 3  | 23  | 8  | 16  | 14 | 14  | 0     |
| 1954 | 3  | 3   | 1  | 17  | 26 | 11  | 18 | 11  | 3     |
| 1955 | 8  | 1   | 4  | 16  | 6  | 32  | 13 | 11  | 2     |
| 1956 | 3  | 1   | 0  | 21  | 19 | 19  | 16 | 14  | 0     |
| 1957 | 5  | 10  | 13 | 21  | 9  | 9   | 9  | 9   | 8     |
| 1958 | 7  | 4   | 3  | 17  | 15 | 19  | 15 | 9   | 4     |
| 1959 | 5  | 3   | 1  | 15  | 18 | 26  | 15 | 7   | 3     |
| 1960 | 8  | 5   | 7  | 18  | 26 | 16  | 9  | 2   | 2     |

Продовження таблиці В.5

| Роки | Пн | ПнС | С  | ПдС | Пд | ПдЗ | З  | ПнЗ | Штиль |
|------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|-------|
| 1961 | 10 | 2   | 3  | 8   | 29 | 13  | 9  | 12  | 7     |
| 1962 | 5  | 4   | 8  | 7   | 18 | 22  | 16 | 6   | 7     |
| 1963 | 14 | 12  | 5  | 7   | 14 | 19  | 16 | 6   | 10    |
| 1964 | 5  | 7   | 3  | 4   | 4  | 41  | 20 | 7   | 2     |
| 1965 | 5  | 8   | 7  | 25  | 19 | 16  | 9  | 2   | 2     |
| 1966 | 3  | 0   | 2  | 13  | 20 | 20  | 18 | 12  | 5     |
| 1967 | 6  | 0   | 0  | 15  | 14 | 13  | 19 | 15  | 11    |
| 1968 | 3  | 0   | 1  | 11  | 21 | 18  | 24 | 3   | 12    |
| 1969 | 0  | 0   | 3  | 30  | 27 | 6   | 10 | 1   | 16    |
| 1972 | 2  | 5   | 13 | 5   | 24 | 0   | 12 | 3   | 29    |
| 1974 | 6  | 2   | 7  | 20  | 19 | 8   | 5  | 3   | 23    |
| 1975 | 6  | 0   | 1  | 14  | 15 | 8   | 26 | 14  | 9     |
| 1976 | 8  | 6   | 5  | 20  | 6  | 0   | 6  | 8   | 34    |
| 1977 | 0  | 3   | 6  | 15  | 20 | 24  | 6  | 6   | 13    |
| 1978 | 0  | 0   | 0  | 7   | 8  | 40  | 12 | 11  | 5     |
| 1979 | 4  | 0   | 2  | 26  | 4  | 7   | 8  | 24  | 18    |
| 1980 | 1  | 4   | 2  | 16  | 12 | 34  | 12 | 8   | 4     |
| 1981 | 0  | 0   | 2  | 40  | 14 | 19  | 1  | 8   | 9     |
| 1982 | 0  | 0   | 1  | 12  | 5  | 23  | 30 | 16  | -     |
| 1983 | 3  | 9   | 17 | 13  | 13 | 14  | 7  | 8   | 9     |
| 1984 | 0  | 0   | 0  | 22  | 15 | 26  | 18 | 6   | 6     |
| 1985 | 6  | 13  | 9  | 13  | 8  | 14  | 17 | 10  | 3     |

Таблиця Д.6 – Кількість випадків (в) та сума швидкостей (ш) вітру по румбах на деяких станціях СНД.  
Червень. 1987 р.

| №<br>п/п | Станція  | Пн |    | ПнС |    | С  |    | ПдС |    | Пд |    | ПдЗ |     | З  |     | ПнЗ |     | Шт |
|----------|----------|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|
|          |          | в  | ш  | в   | ш  | в  | ш  | в   | ш  | в  | ш  | в   | ш   | в  | ш   | в   | ш   |    |
| 1        | Глухів   | 10 | 37 | 5   | 10 | 3  | 7  | 3   | 11 | 0  | -  | 17  | 64  | 30 | 134 | 19  | 76  | 37 |
| 2        | Херсон   | 16 | 40 | 9   | 32 | 7  | 26 | 3   | 13 | 4  | 8  | 28  | 96  | 17 | 69  | 20  | 54  | 20 |
| 3        | Запоріж. | 16 | 45 | 14  | 38 | 0  | 0  | 1   | 3  | 10 | 31 | 25  | 79  | 22 | 62  | 23  | 57  | 13 |
| 4        | Тула     | 17 | 81 | 3   | 16 | 2  | 10 | 4   | 15 | 2  | 4  | 15  | 77  | 36 | 169 | 39  | 133 | 6  |
| 5        | Єфремов  | 7  | 36 | 8   | 40 | 1  | 2  | 3   | 5  | 2  | 5  | 26  | 84  | 43 | 192 | 31  | 121 | 3  |
| 6        | Воронеж  | 12 | 45 | 4   | 4  | 5  | 11 | 1   | 4  | 7  | 34 | 24  | 103 | 26 | 109 | 9   | 48  | 34 |
| 7        | Полтава  | 6  | 18 | 7   | 15 | 3  | 6  | 7   | 10 | 3  | 11 | 15  | 59  | 49 | 201 | 29  | 109 | 5  |
| 8        | Купянськ | 14 | 43 | 0   | 0  | 1  | 2  | 1   | 2  | 4  | 7  | 15  | 47  | 30 | 123 | 24  | 83  | 35 |
| 9        | Вознесен | 10 | 35 | 1   | 2  | 4  | 13 | 2   | 3  | 10 | 30 | 15  | 45  | 10 | 44  | 40  | 162 | 32 |
| 10       | Москва   | 14 | 35 | 8   | 25 | 2  | 5  | 0   | 0  | 8  | 22 | 13  | 23  | 36 | 89  | 35  | 77  | 8  |
| 11       | Аск.Нова | 9  | 21 | 14  | 49 | 2  | 9  | 9   | 30 | 9  | 37 | 21  | 99  | 29 | 120 | 30  | 115 | 1  |
| 12       | Фатеж    | 12 | 53 | 4   | 12 | 6  | 12 | 7   | 15 | 2  | 11 | 36  | 108 | 29 | 87  | 16  | 46  | 12 |
| 13       | Золотуш. | 8  | 19 | 6   | 11 | 29 | 91 | 11  | 27 | 6  | 24 | 2   | 16  | 16 | 40  | 14  | 37  | 30 |
| 14       | Лубни    | 19 | 40 | 14  | 29 | 18 | 42 | 8   | 23 | 2  | 3  | 4   | 8   | 12 | 29  | 18  | 44  | 29 |
| 15       | Краснод. | 6  | 11 | 12  | 40 | 15 | 56 | 1   | 3  | 14 | 27 | 34  | 68  | 16 | 45  | 14  | 35  | 12 |

Таблиця Д.7 – Повторюваність вітру різних напрямків за рік

| Станція     | Пн | ПнС | С  | ПдС | Пд | ПдЗ | З  | ПнЗ |
|-------------|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| Харків      | 8  | 8   | 14 | 16  | 14 | 13  | 13 | 14  |
| Київ        | 12 | 9   | 11 | 13  | 11 | 13  | 16 | 15  |
| Одеса       | 16 | 16  | 11 | 9   | 14 | 10  | 9  | 15  |
| Херсон      | 17 | 15  | 14 | 10  | 9  | 11  | 11 | 13  |
| Севастополь | 14 | 22  | 9  | 11  | 14 | 11  | 9  | 10  |
| Москва      | 10 | 7   | 7  | 14  | 14 | 16  | 17 | 15  |
| Горький     | 7  | 5   | 7  | 13  | 15 | 21  | 18 | 14  |
| Воронеж     | 9  | 9   | 14 | 12  | 13 | 13  | 15 | 15  |
| Курськ      | 9  | 12  | 13 | 13  | 9  | 14  | 18 | 12  |
| Тамбов      | 14 | 6   | 8  | 15  | 17 | 14  | 12 | 14  |
| Великі Луки | 8  | 6   | 6  | 15  | 23 | 19  | 12 | 11  |
| Пермь       | 7  | 10  | 10 | 12  | 14 | 24  | 17 | 6   |
| Катеринбург | 10 | 6   | 5  | 12  | 11 | 15  | 28 | 13  |
| Казань      | 9  | 7   | 8  | 16  | 17 | 15  | 16 | 12  |
| Пенза       | 9  | 3   | 3  | 11  | 19 | 25  | 18 | 12  |
| Самара      | 13 | 8   | 16 | 10  | 9  | 16  | 16 | 12  |
| Саратов     | 6  | 6   | 9  | 15  | 14 | 9   | 23 | 18  |
| Оренбург    | 12 | 9   | 19 | 10  | 8  | 17  | 15 | 10  |
| Ульянівськ  | 16 | 6   | 3  | 7   | 16 | 22  | 19 | 11  |
| Кузнецьк    | 10 | 10  | 9  | 9   | 16 | 21  | 17 | 8   |