

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
для практичних занять курсантів  
з навчальної дисципліни «Авіаційна кліматологія»

Затверджено  
на засіданні кафедри військової підготовки  
протокол від « \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ № \_\_\_

Начальник кафедри  
полковник \_\_\_\_\_ Олег ГРУШЕВСЬКИЙ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
для практичних занять курсантів  
з дисципліни «Авіаційна кліматологія»

Методичні вказівки для практичних занять з дисципліни «Авіаційна кліматологія» для курсантів 1 курсу, рівень вищої освіти «спеціаліст» / спеціальність 7.04010501 Метеорологія / Укладач: к.геогр.н., доцент, полковник Грушевський О.М., укр., 37 стор.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1 .....	7
Теоретичні положення .....	7
Контрольні питання .....	11
Практична частина .....	11
Порядок виконання .....	11
Звітні матеріали .....	13
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 .....	14
Теоретичні положення .....	14
Контрольні питання .....	16
Практична частина .....	16
Порядок виконання .....	16
Звітні матеріали .....	18
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3 .....	19
Теоретичні положення .....	19
Контрольні питання .....	20
Практична частина .....	20
Порядок виконання .....	21
Звітні матеріали .....	25
ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4 .....	26
Теоретичні положення .....	26
Контрольні питання .....	27
Практична частина .....	27
Порядок виконання .....	27
Звітні матеріали .....	29
КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ КУРСАНТІВ .....	30
ЛІТЕРАТУРА .....	32
ДОДАТКИ .....	33

## ВСТУП

*Авіаційна кліматологія* – прикладна дисципліна, яка вивчає вплив кліматичних факторів біля поверхні землі та у вільній атмосфері на авіаційну техніку і діяльність авіації, а також займається розробкою способів і форм забезпечення авіації кліматичними даними.

До *основних задач* авіаційної кліматології відносяться:

1) розробка методів розрахунку авіаційно-кліматичних показників, що характеризують умови польотів і враховуються при проектуванні й експлуатації аеродромів;

2) вивчення та опис клімату різних районів земної кулі стосовно інтересів метеорологічного забезпечення авіації.

Навчальна дисципліна «Авіаційна кліматологія» є складовою підготовки курсантів за спеціалізацією «Гідрометеорологічне (метеорологічне) та геофізичне забезпечення військ (сил)».

Дисципліна згідно навчального плану вивчається протягом I семестру на рівні вищої освіти «спеціаліст». На її вивчення виділено 120 годин, з яких 60 годин – аудиторні заняття, 60 годин відведено на позааудиторну роботу. Основні методи вивчення – прослуховування лекцій, відвідування практичних занять, самостійна робота курсантів.

Авіаційна кліматологія має низку істотних особливостей. Вона відрізняється від інших відгалужень кліматології тим, що охоплює не лише приземні кліматичні чинники, що цікавлять авіацію, але й розглядає кліматичні характеристики вільної атмосфери до необхідних висот.

У готовому виді багатьох кліматичних даних, необхідних для безпосереднього використання в авіації (для ухвалення конкретних рішень) немає. Такі дані не можна наперед підготувати, оскільки неможливо передбачити що, де, і в якому вигляді і обсязі буде потрібно. Тому у кожному окремому випадку, коли виникає потреба в авіаційно-кліматичних даних, доводиться складати авіаційно-кліматичну довідку для необхідного пункту, району або авіатраси на певний період часу, наприклад, на місяць або сезон.

Для складання авіаційних кліматичних довідок стандартні довідники і описи малоприменні, оскільки в них немає найважливіших для авіації даних.

Наразі для більшості аеропортів є докладні кліматичні описи. Але розвиток авіації спонукає до накопичення і обробки даних для нових аеропортів, перегляду і доповнення раніше складених авіаційно-кліматичних описів.

Мінливість погоди зумовлює необхідність чіткого метеорологічного забезпечення кожного польоту. Кліматичні дані внаслідок відносної сталості клімату певного району або певної авіатраси не потрібні при забезпеченні окремих польотів. Проте вони необхідні для вирішення питань більшого масштабу, наприклад при плануванні рейсів на сезон, виборі типу літака для польотів по певній трасі в заданих кліматичних умовах, оцінці умов посадки на різних аеродромах, при плануванні сільськогосподарських і будівельних робіт, складанні планів підготовки льотного складу у різних типах погодних

умов, проектуванні аеропортів, оскільки на різні види діяльності авіації кліматичні умови чинять різні впливи.

*Метою* методичних вказівок є надання допомоги курсантам під час проведення практичних занять шляхом відображення алгоритму їх дій та очікуваних результатів у рамках визначених завдань.

Після вивчення методичних вказівок та виконання визначених робочою програмою навчальної дисципліни «Авіаційна кліматологія» практичних занять курсант повинен *вміти*:

- розраховувати основні авіаційно-кліматичні показники метеовеличин і явищ погоди прямими та непрямими методами;
- візуалізовувати результати розрахунків основних авіаційно-кліматичних показників метеовеличин і явищ погоди у вигляді таблиць, гістограм, графіків тощо;
- використовувати різні типи функціональних шкал (сітчатки нормальної ймовірності, логарифмічної нормальної ймовірності, білогарифмічної ймовірності) для розрахунку ймовірностей значень (або значень заданої ймовірності) метеовеличин, знати межі застосовності зазначених функціональних шкал;
- визначати вітрове завантаження зльотно-посадкової смуги та розробляти пропозиції щодо максимально ефективного врахування вітрового режиму даного аеродрому;
- розробляти необхідні для планування діяльності авіації пропозиції з врахуванням кліматичних особливостей району базування.

Виконання розрахунків та візуалізацію одержаних результатів в рамках розглянутих практичних робіт доцільно проводити з використанням прикладних комп'ютерних програм, найбільш поширеною з яких є Microsoft Excel. Побудову окремих графіків (наприклад, з білогарифмічними шкалами) можна виконати з використанням прикладних програм Axum, Origin, Surfer (різних версій) та інших.

Методичні вказівки для практичних занять з дисципліни «Авіаційна кліматологія» складаються зі вступу, опису організаційної структури чотирьох практичних занять зі стислими теоретичними відомостями на початку кожного з них та критеріїв оцінки з контролю поточного рівня знань курсантів.

Наприкінці методичних вказівок розміщений список літературних джерел та посилань на інтернет-ресурси, які можна використовувати при підготовці до практичних занять або при їх виконанні.

У додатках містяться вихідні дані та допоміжні матеріали для практичних занять №№ 1, 2. Для решти практичних занять вихідні дані видаються у електронному виді викладачем.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1

### Розрахунок диференціальної та інтегральної повторюваності. Побудова кривих інтегрального розподілу

*Мета роботи:* засвоїти методику розрахунку диференціальної та інтегральної повторюваності метеорологічних величин та одержати практичні навички з візуалізації одержаних результатів.

#### ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Для опису клімату використовують різні статистичні характеристики, що одержуються в результаті математичної обробки спостережень, і які в кліматології прийнято називати *кліматичними характеристиками* або *кліматичними показниками*.

*Авіаційно-кліматичними* називаються показники, які характеризують умови польоту літальних апаратів, експлуатації аеродромів та враховуються при пошуці, проектуванні та будівництві аеродромів.

Авіаційно-кліматичні показники поділяються на авіаційно-кліматичні показники окремих метеовеличин та комплексні авіаційно-кліматичні показники.

Для характеристики режиму окремих метеовеличин найчастіше застосовують такі кліматичні показники:

- 1) середнє значення метеовеличини;
- 2) абсолютне і середнє максимальне (мінімальне) значення метеовеличини;
- 3) повторюваність (імовірність) різних значень (градацій) метеовеличини (явища погоди);
- 4) забезпеченість різних значень метеовеличини;
- 5) змінюваність (дисперсність) метеовеличини;
- 6) середня кількість випадків явища погоди або середня кількість днів з явищем;
- 7) середні дати настання (закінчення) явища;
- 8) період повернення явища (значення метеовеличини);
- 9) середні дати встановлення та руйнування стійкого сніжного покриву, початку і закінчення без морозного періоду, стійкого переходу температури через  $0^{\circ}\text{C}$  та інші;
- 10) стандартні відхилення від середнього значення.

У якості *середньої величини* в кліматології зазвичай використовується середнє арифметичне значення метеовеличини, рідше – його модальне значення. Середнє арифметичне значення метеовеличини розраховане за багатолітній період часто називають *нормою*, хоча цей термін не є досить вдалим.

Максимальні (мінімальні) значення метеовеличини характеризують ті межі, в яких знаходяться значення метеовеличини, що відзначалися на даній станції у певний проміжок часу. Розрізняють абсолютний максимум (мінімум) та середнє з максимальних (мінімальних) значень метеовеличини.

Абсолютним максимумом (мінімумом) називається найвище (найнижче) значення метеовеличини, яке спостерігалось, принаймні, один раз протягом періоду, що розглядається.

Амплітудою зміни метеовеличини називається різниця між максимальним та мінімальним значеннями метеовеличини. Абсолютною амплітудою називається різниця між абсолютним максимумом та мінімумом метеовеличини.

Повторюваністю ( $P$ , %) значення (градації) метеовеличини (явища погоди) називається відношення числа випадків, коли спостерігалось це значення (градація) метеовеличини (або явище погоди), до загальної кількості випадків. Повторюваність, одержану з довгого ряду років, в кліматології часто називають ймовірністю. Вона може бути розрахована за нижче наведеними формулами, доцільність використання яких визначається для кожного випадку

$$\text{формула Гауса} \quad P = \frac{m}{n} \cdot 100\%; \quad (1)$$

$$\text{формула Алексеєва} \quad P_m = \frac{m - 0,25}{n + 0,5} \cdot 100\%; \quad (2)$$

$$\text{формула Чегодаєва} \quad P = \frac{m - 0,3}{n + 0,4} \cdot 100\%; \quad (3)$$

$$\text{формула Крицького-Менкеля} \quad P = \frac{m}{n + 1} \cdot 100\%; \quad (4)$$

$$\text{формула Гумбеля} \quad P = \frac{m - 0,5}{n} \cdot 100\%, \quad (5)$$

де  $n$  – кількість випадків, коли спостерігалось певне значення (градація) метеовеличини;  $N$  – загальна кількість випадків.

Найбільше використовується для розрахунків формула Крицького-Менкеля, оскільки вона створює деякий запас надійності у оцінці значень змінної малої розрахункової забезпеченості (1%). Формула Гумбеля, навпаки, суттєво занижує характеристики малих розрахункових забезпеченостей і завищує значення великих, близьких до 100%.

Значення  $p$ , розраховані за медіанною формулою Чегодаєва, займають середнє положення між розглянутими вище. Формула Алексеєва дає значення, близькі до формули Чегодаєва, але має деякі додаткові теоретичні переваги. Її можна рекомендувати для застосування при узагальненнях характеристик та в теоретичних розрахунках. Формула Гауса застосовується рідко, оскільки забезпеченість мінімального (максимального) значення змінної, яке спостерігалось, оцінюється у 100%.



Забезпеченістю даного значення метеовеличини (градації) називається імовірність перевищення (неперевищення) заданого значення метеовеличини (градації). Для її розрахунку можуть використовуватися різні (залежно від метеорологічної величини) формули:

$$P_{\leq i} = \frac{m_i}{n+1} \cdot 100\%,$$

де  $m$  – порядковий номер члена ранжованого ряду;  
 $n$  – об'єм статистичної сукупності (загальна кількість членів ряду).

На практиці закон розподілу метеорологічних величин часто визначають за допомогою кривої інтегрального розподілу.

*Гістограмний метод.* При використанні гістограмного методу початкова статистична сукупність повинна бути задана у вигляді статистичного розподілу. Вихідні дані по середній місячній температурі повітря представлені у вигляді хронологічного ряду, тобто простої статистичної сукупності. Для побудови кривої інтегрального розподілу гістограмним методом цю сукупність необхідно перетворити у згрупований ряд. Потім необхідно розрахувати інтегральні повторюваності величин вище  $p(X > x_i)$  і нижче  $p(X < x_i)$  заданої межі шляхом послідовного сумування диференціальних повторюваностей значень метеорологічної величини в окремих градаціях.

Графічно статистичний розподіл представляють у вигляді гістограми інтегрального розподілу, де основою прямокутників є інтервали (градації), а висотами – накопичені частоти (частоті); крива інтегрального розподілу нижче заданої межі проводиться через праві межі інтервалів, а крива інтегрального розподілу вище за задану межу – через ліві.

*Розрахунковий метод.* При використанні розрахункового методу початкова вибірка перетвориться у ранжований ряд, тобто всі значення розташовують у порядку зменшення або збільшення. Інтегральна повторюваність розраховується за однією з емпіричних формул, куди входить порядковий номер  $m$  члена ранжируваного ряду  $x_i$  об'єм вибірки  $n$ . Для проведення розрахунків на цьому практичному занятті необхідно використовувати формулу (2).

Побудову кривої інтегрального розподілу виконують на клітковині випрямлення по значеннях  $x_i$  та  $p_m$ .

Номограма – спеціальне креслення, за допомогою якого відображається функціональна залежність між величинами. У звичному розумінні номограма є спеціальним графіком, який відображає ту або іншу функціональну залежність і призначений для полегшення розрахунків шуканої величини за однією або декількома змінними, функціями яких вона є. До появи персональних комп'ютерів номограми широко використовувалися для отримання без розрахунків приблизних рішень громіздких багатofакторних рівнянь.

Для отримання значень імовірності метеорологічної величини потрібні однорідні, безперервні і тривалі ряди спостережень. Для вирішення ряду прикладних задач потрібні відомості про значення метеорологічних величин рідкої повторюваності, які можна одержати за допомогою номограми, розробленої Лебедевим.

Інформацією для побудови номограм служать дані достатньо великої кількості станцій, які мають довгі ряди спостережень та рівномірно висвітлюють досліджувану територію. На цих станціях дана метеорологічна величина підпорядковується одному і тому ж закону розподілу. Для кожної з вибраних станцій розраховується середня дисперсія, а на підставі інтегральної кривої розподілу визначаються значення величини різної забезпеченості: 5, 10, 20, 30, 40, ..., 95%.

Кожна номограма відбиває зв'язок між трьома показниками: середнім багаторічним, можливими значеннями метеорологічної величини і їх забезпеченістю на певній території. Номограми, конфігурація ліній забезпеченості, їх положення в полі графіка дозволяють робити висновки про просторову і тимчасову мінливість досліджуваної величини.

Номограма дозволяє не лише порівняти кількісні значення величини в часі, але і судити про розсіяння рядів і їх асиметрію.

Дані, одержані за допомогою номограми, мають достатній ступінь точності. Звичайно вони мають такий же порядок, як і при розрахунках, які виконуються за матеріалами безпосередніх спостережень. Проте, розсіювання точок поблизу ліній 5, 10, 20, 80, 90 і 95% забезпеченості в деяких випадках велике, і ступінь зв'язку між середніми і можливими значеннями вказаних забезпеченостей вимагає оцінки.

За допомогою кривих інтегрального розподілу, побудованих за 25-30-річні періоди, можна визначити ті значення, нижче або вище яких досліджувана метеорологічна величина може бути один раз в 50, 100 і більше років. Для цього необхідно виконати її екстраполяцію в область великих або малих значень, тобто значень, які спостерігаються рідко.

Крива інтегрального розподілу має складну випукло-увігнуту форму, що ускладнює її екстраполяцію на кінцях. Для підвищення точності екстраполяції криву розподілу випрямляють шляхом зміни системи координат. Залежно від закону розподілу, якому підпорядковується досліджувана метеорологічна величина, розроблено декілька систем координат, які представлені на спеціальних бланкових листах – клітковині спрямлення. Розроблено три види клітковини спрямлення: напівлогарифмічна (значення випадкової величини задані в лінійній шкалі, а значення інтегральної повторюваності в логарифмічній), логарифмічна (обидві осі мають логарифмічну шкалу), білогарифмічна (вісь значень випадкової величини є логарифмічною, а вісь інтегральної повторюваності є подвійним логарифмом).

Правильний підбір клітковини спрямлення можливий після попереднього визначення функції, за допомогою якої апроксимується розподіл метеорологічної величини.

## Контрольні питання:

1. Дайте визначення авіаційно-кліматичних показників.
2. Які авіаційно-кліматичні показники найчастіше застосовуються на практиці?
3. Що називається повторюваністю метеорологічної величини?
4. Що називається забезпеченістю метеорологічної величини?
5. За якими формулами може розраховуватися забезпеченість? Які чинники впливають на доцільність використання тієї чи іншої формули для її розрахунку?
6. Які характеристики визначаються за допомогою номограм?

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

*Вихідні дані:* дані про середню місячну температуру повітря, представлені у виді хронологічного ряду (додаток А).

Порядок виконання роботи:

- 1) перетворити хронологічний ряд середньої місячної температури повітря у згрупований ряд. Для цього:
  - а) пронумерувати члени ряду;
  - б) провести ранжування за убутанням ( $x_i > x_{i+1}$ ) та зростанням ( $x_i < x_{i+1}$ ) членів ряду;
  - в) визначити кількість градацій за формулою  $k = 5 \cdot \lg n$ ;
  - г) визначити величину градації  $l = \frac{(x_{\max} - x_{\min})}{k}$ ;
- 2) визначити частоти інтервалів  $m_i$ ;
- 3) визначити диференціальні повторюваності значень  $p_i, (\%)$  метеорологічної величини для визначених градацій за формулою (2);
- 4) розрахувати інтегральні повторюваності значень нижче  $p(X \leq x_i)$  або вище  $p(X > x_i)$  заданої межі шляхом послідовного додавання (віднімання) диференціальних повторюваностей значень метеорологічної величини в окремих градаціях з використанням формули (4) (див., наприклад, табл. 1);
- 5) побудувати гістограму інтегральної повторюваності нижче та вище заданої межі (див., наприклад, рис. 1).
- 6) за даними розрахунків інтегральної повторюваності нижче заданої межі (за даними розрахованої табл. 1) побудувати криву інтегрального розподілу середньої місячної температури (з використанням логарифмічної шкали по осі ординат та рівномірної шкали по осі абсцис, див., наприклад, рис. 2) або імовірнісного паперу (додаток Б);

Таблиця 1 – Приклад обчислення диференціальної та інтегральної повторюваності для середньомісячної температури.

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	-	-

7) які найнижчі середні місячні температури повітря можливі у червні в Києві один раз на 10 (забезпеченість 10%) та 20 років (забезпеченість 5%)?

8) які значення середньої місячної температури мають забезпеченість 90%?

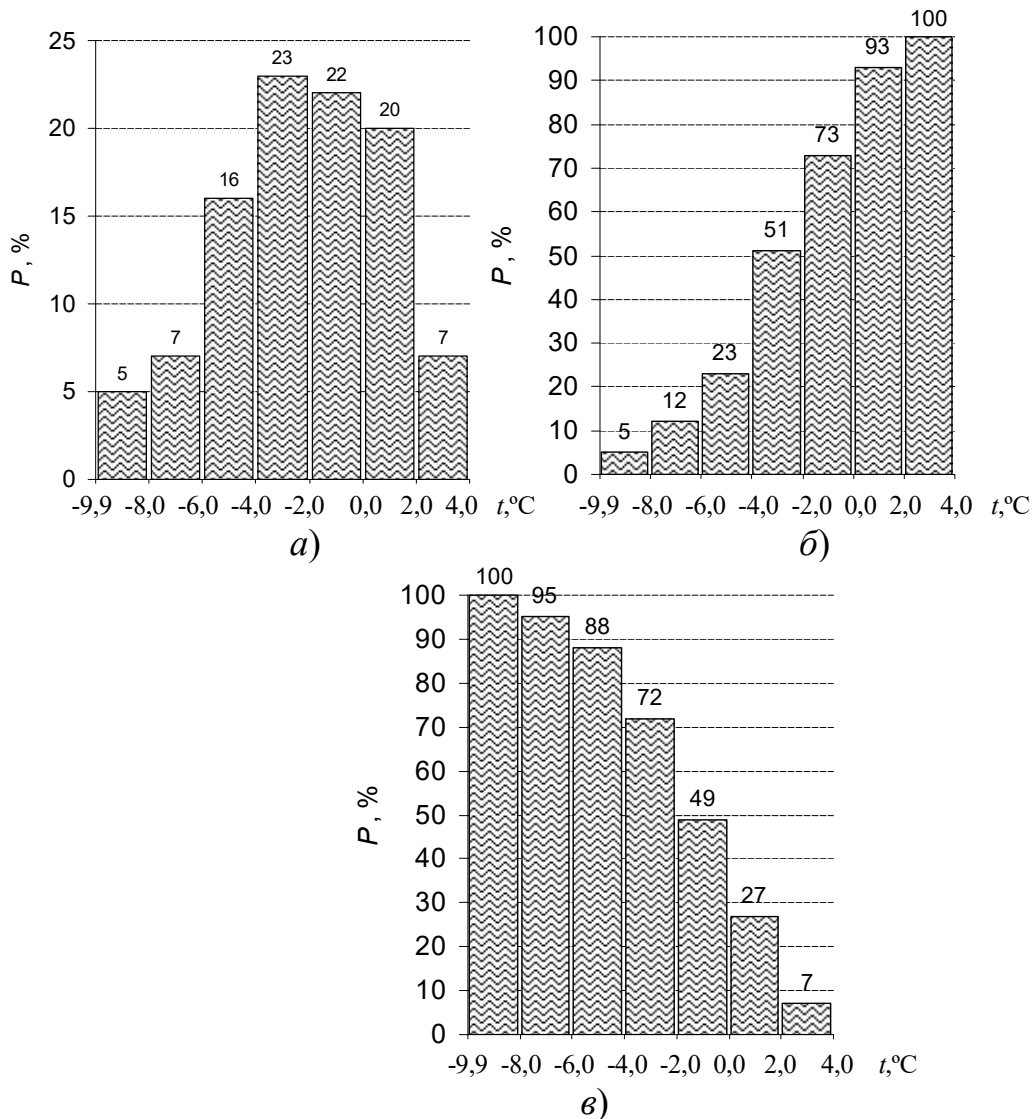


Рис. 1 – Приклад побудови гістограм диференціальної (а) та інтегральної повторюваності середньої місячної температури повітря нижче (б) і вище (в) заданої межі.

- 9) використовуючи побудовану криву визначити:  
 а) забезпеченість середньої місячної температури червня  $+20^{\circ}\text{C}$  і вище;  
 б) імовірність неперевищення середньої місячної температури у червні значення  $+18^{\circ}\text{C}$ .

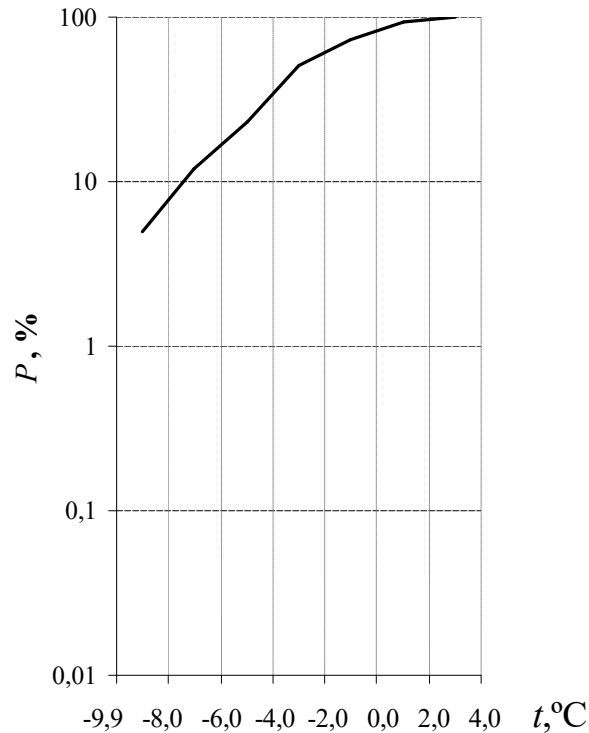


Рис. 2 – Приклад побудови кривої інтегрального розподілу середньої місячної температури нижче заданої межі.

#### Звітний матеріал:

1. Заповнена таблиця 1.
2. Побудовані гістограми диференціальної та інтегральної повторюваності для середньої місячної температури.
3. Крива інтегрального розподілу середньої місячної температури на імовірнісному папері.
4. Письмові відповіді на запитання №№ 7, 8, 9.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2

### Розрахунок максимальних швидкостей вітру різної періодичності

*Мета роботи:* одержання практичних навичок з розрахунку значень максимальних швидкостей вітру різної забезпеченості.

### ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Основними кліматичними показниками швидкості вітру є середня швидкість, повторюваність різних швидкостей і максимальна швидкість.

Мінливість швидкості вітру порівняно невелика; тому для отримання стійких значень середньої швидкості зазвичай достатнім є 10-річний ряд спостережень. Одержання стійких характеристик повторюваності різних швидкостей вітру, забезпечується збільшенням довжини рядів спостережень. Слід нагадати, що стійкість цієї характеристики залежить не лише від довжини ряду, але і від числа градацій, для яких підраховується повторюваність швидкості вітру. Чим більше число градацій, тим більшою повинна бути довжина ряду для отримання надійних характеристик. Е. С. Рубинштейн відзначає, що навіть ряди тривалістю 20-30 років часто не дають цілком стійких повторюваностей. Проте на практиці доводиться задовольнятися 20-річними рядами. При цьому повторюваність слід підраховувати по невеликому числу градацій. В кліматичному довіднику прийняті градації: 0-1, 2-5, 6-10, 11-15 і більше 15 м/с.

Важливим показником режиму вітру є максимальна швидкість. З ряду причин отримання надійних даних про максимальну швидкість вітру досить ускладнене. Тому останнім часом вважають за краще одержувати цю характеристику розрахунковим шляхом.

Аналіз якості вихідного матеріалу спостережень за швидкістю вітру і перевірка однорідності рядів здійснюється, так само як і при аналізі напрямку вітру, критичним переглядом спостережень на даній станції. В сумнівних випадках проводиться порівняння зі спостереженнями на сусідніх станціях. Приведення коротких періодів до довгого зазвичай не практикується.

Методика визначення максимальних швидкостей вітру розроблена в ГГО А. С. Гандіним і Л. Е. Анапольською. Вона заснована на екстраполяції інтегральних розподілів швидкостей вітру. Залежно від того, на підставі яких даних сформульована вибірка, в якості апроксимаційної може бути використана та або інша функція розподілу. Якщо використовуються дані по всій сукупності спостережень (всі спостереження за рік), то апроксимаційною є функція  $F(x)$

$$F(V \geq x) = e^{-\left(\frac{x}{\beta}\right)^\gamma},$$

запропонована Л. С. Гандінім і яка є окремим випадком функції Гудріча. Тут  $F(x)$  є імовірністю (або повторюваністю) того, що швидкість вітру  $V$  досягає або перевищує величину  $x$ . Тут  $\beta$  та  $\gamma$  – параметри, які відображують особливості вітрового режиму району, що розглядається:  $\beta$  наближається до середнього значення змінної ряду,  $\gamma$  характеризує відносне розсіювання членів ряду.

Якщо вибірка складена на основі місячних максимумів, то емпіричний розподіл апроксимується функцією Фішера-Тіпета (її другим типом розподілу)

$$\varphi(V < x) = e^{-\left(\frac{x}{u}\right)^{-\alpha}},$$

де  $\varphi(V < x)$  – імовірність того, що швидкість вітру не перевищить величину  $x$ ;

$u$  та  $\alpha$  – параметри, які мають той же сенс, що й у попередній формулі.

На практиці робота з визначення максимальних швидкостей вітру виконується графічно за допомогою кривої інтегрального розподілу швидкостей вітру.

Для побудови кривих інтегрального розподілу швидкостей вітру використовується білогарифмічна клітчатка спрямлення. Одна шкала цієї сітківки логарифмічна, інша – білогарифмічна. На логарифмічній відкладається логарифм швидкості вітру, а на білогарифмічній – подвійний логарифм імовірності. На такій сітківці закон розподілу Гудріча виражається прямою лінією. У практиці кліматологічної обробки швидкості вітру дану сітківку використовують для визначення максимальної швидкості вітру заданої забезпеченості.

Для визначення швидкостей вітру, які спостерігаються рідко, крива інтегрального розподілу зазвичай екстраполюється в область їх найбільших значень. Для збільшення точності екстраполяції ці криві будують у відповідній системі координат, яка дозволяє їх спрямляти.

Повторюваність у відсотках і періодичність у роках максимальних швидкостей вітру знаходяться у зворотній залежності, в яку, в якості коефіцієнта, входить кількість спостережень протягом року.

$$n = \frac{1}{NF(x)}$$

де  $n$  - величина, що показує у скільки років спостерігається один випадок даної швидкості;

$F(x)$  – імовірність того, що швидкість вітру  $V$  перевищує величину  $x$  хоча б у один строк спостереження;

$N$  – кількість спостережень протягом року.

Для визначення розрахункових швидкостей вітру різних напрямків вибірки формуються за даними про швидкість вітру для конкретного напрямку. Кількість випадків  $N$  за рік розраховується для кожного напрямку.

При визначенні емпіричних значень повторюваності за багатолітній період (якщо крива інтегрального розподілу побудована за всіма спостереженнями за рік) при 4-строкових спостереженнях кількість спостережень за рік дорівнює  $N = 1460$ , при 8-строкових кількість спостережень за рік дорівнює  $N = 2920$ .

Якщо крива інтегрального розподілу побудована за даними добових максимальних швидкостей, то  $N = 365$ , якщо за даними місячних максимумів, то  $N = 12$ , якщо за даними річних максимумів, то  $N = 1$ .

#### Контрольні питання:

1. Як впливає довжина ряду спостережень на кількість градацій?
2. Що представляє собою білогарифмічна клітчатка спрямлення і який закон розподілу вона відображує?
3. Як визначається забезпеченість швидкостей вітру, які рідко спостерігаються?
4. Яким чином періодичність (в роках) максимальних швидкостей вітру залежить від його повторюваності?

### ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

*Вихідні дані:* дані багаторічних значень диференціальної повторюваності швидкості вітру за градаціями (табл. 1)

#### Порядок виконання:

1. Побудувати криву інтегральної повторюваності швидкості вітру вище (нижче) заданої межі. Для цього:
  - 1) розрахувати інтегральну повторюваність швидкості вітру вище заданої межі за даними табл. 1;
  - 2) виконати побудову кривої інтегральної повторюваності швидкості вітру вище заданої межі на білогарифмічній клітчатці спрямлення (Додаток В);
  - 3) визначити значення максимальних швидкостей вітру різної забезпеченості (1 раз на 1, 5, 10, 15 та 20 років) та заповнити табл. 2.



Табл. 1 – Імовірність швидкостей вітру по градаціям (від загальної кількості випадків) та інтегральна повторюваність вище заданої межі (%) для ст. Белгород-Дністровський.

Рік	Швидкість вітру, м/с											Σ
	0-1	2-3	4-5	6-7	8-9	10-11	12-13	14-15	16-17	18-20	21-24	
Дифферц-на повт-сть, %	20,6	28,7	24,6	13,3	6,8	3,7	1,3	0,6	0,3	0,1	-	100
Інтегральна повт-сть, %												

Табл. 2 – Розрахункові швидкості вітру різної ймовірності.

Назва станції	Швидкість вітру (м/с), можлива один раз в				
	1 рік	5 років	10 років	15 років	20 років
Б.-Дністровський					

2. Розрахувати інтегральну та диференціальну повторюваність вище (нижче) заданої межі. Визначити значення максимальних швидкостей вітру різної забезпеченості.

1) за даними багаторічних значень середньої кількості випадків північного вітру різної швидкості на ст. Ізмаїл (табл. 3) та на ст. Одеса (табл. 4) розрахувати значення диференціальної та інтегральної повторюваності вище заданої межі.

Табл. 3 – Середня кількість випадків північного вітру різної швидкості на ст. Ізмаїл.

Швидкість, м/с	Місяці												$m_i$	Дифер. повт-сть	Інтег. повт-сть
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
0-1	5,6	4,8	3,3	4,7	4,2	5,7	7,4	8,7	8,0	6,9	4,8	4,6			
2-5	7,3	6,2	7,9	6,9	7,3	7,4	7,6	9,0	7,7	7,0	5,9	6,7			
6-9	5,4	4,6	5,7	3,2	3,4	4,0	3,7	2,6	3,1	3,6	3,4	3,2			
10-13	1,3	1,3	2,6	0,8	1,1	1,2	1,2	0,6	0,6	0,6	1,1	1,6			
14-17	2,2	0,9	2,0	1,1	0,9	1,2	0,7	0,7	0,3	1,0	1,7	1,9			
18-20	0,2	0,2	0,2	0,2	0,0	0,1	0,05	0,05	0,1	0,0	0,1	0,3			
Σ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

Табл. 4 – Середня кількість випадків північного вітру різної швидкості на ст. Одеса

Швидкість, м/с	Місяці												$m_i$	Дифер. повт-сть	Інтег. повт-сть
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12			
0-1	0,8	0,8	0,6	0,6	0,6	0,7	0,7	0,8	0,6	0,4	0,3	0,4			
2-5	8,8	7,1	6,3	8,7	9,5	12,5	13,8	13,5	11,1	7,8	6,2	6,3			
6-9	6,1	6,4	5,5	5,3	5,5	5,8	6,0	4,5	5,7	5,1	5,5	5,6			
10-13	2,3	2,6	2,4	1,8	1,0	1,1	1,0	0,3	1,1	1,5	2,5	2,5			
14-17	1,0	0,7	0,7	0,2	0,1	0,1	0,1	-	-	0,3	0,4	0,8			
18-20	0,1	0,3	0,1	-	0,1	-	-	-	-	0,1	0,1	0,1			
Σ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-			

2) за даними інтегральної повторюваності на білогарифмічній клітчатці спрямлення побудувати криву інтегральної повторюваності швидкості північного вітру вище заданої межі (за лівими межами градацій 6, 10, 14, 18 м/с).

3) за допомогою побудованої кривої (у точках перетину графіка з лініями ймовірності, що відповідають повторюваності у 1, 5, 10, 15 та 20 років) визначити значення максимальних швидкостей вітру різної забезпеченості (1 раз на 1, 5, 10, 15 та 20 років) і занести одержані дані до таблиці 5.

Табл. 5 – Розрахункові швидкості північного вітру різної ймовірності.

Назва станції	Швидкість вітру (м/с), можлива один раз на				
	1 рік	5 років	10 років	15 років	20 років
Ізмаїл					
Одеса					

#### Звітні матеріали:

1. Заповнені таблиці 1, 3 та 4.
2. Криві інтегральної повторюваності швидкості вітру заданого напрямку, побудовані на білогарифмічній клітчатці спрямлення або з використанням графічного редактора.
3. Заповнені таблиці 2 та 5.

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3

### **Розрахунок авіаційно-кліматичних показників режиму вітру, що характеризують умови зльоту та посадки літаків**

*Мета роботи:* одержання практичних навичок з розрахунку вітрового завантаження злітно-посадкової смуги (далі ЗПС).

#### ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Розрахунок вітрового завантаження ЗПС дозволяє скласти уявлення про час, протягом якого можна здійснювати безпечний зліт та посадку різних літальних апаратів на даній ЗПС.

Ефективна експлуатація ЗПС передбачає, що у процесі її проектування обирається такий напрямок ЗПС, який, по-перше, забезпечить вільні підходи з повітря, а, по-друге, відповідатиме найбільшому коефіцієнту вітрового завантаження.

Імовірність вітрів, при яких зліт і посадка літаків дозволяється, називається коефіцієнтом вітрового завантаження.

При проектуванні ЗПС коефіцієнт вітрового завантаження розраховується за даними про середню річну повторюваність вітрів різної швидкості за напрямками у даному пункті. Для аеродромів вищого класу зазначений коефіцієнт розраховується при розрахункових значеннях швидкості бокового вітру, які дорівнюють 8-10 м/с, для аеродромів нижчого класу – 6 м/с.

У сучасні практики проектування аеродромів коефіцієнт вітрового завантаження залежно від класу аеродрому приймається не менше 85-95%. У деяких кліматичних районах характер вітрового режиму такий, що роза вітрів є нейтральною (симетричною). У таких випадках жоден з напрямків ЗПС не забезпечує високого коефіцієнту вітрового завантаження. Тому доводиться будувати одну або дві додаткові ЗПС, які разом з основною повинні забезпечувати коефіцієнт вітрового завантаження не менше 85-95%.

Варто зазначити, що у багатьох регіонах режиму вітру притаманні суттєві зміни протягом року, що зумовлює зміну експлуатаційних характеристик аеродрому у різні сезони року. Тому для оцінки впливу вітру на умови експлуатації аеродрому необхідно знати низку авіаційно-кліматичних показників вітру, розрахованих для кожного місяця окремо.

Методика розрахунку вітрового завантаження ЗПС і імовірності різних значень поздовжньої складової вітру дає можливість вирішення двох задач. Перший з цих показників дає можливість виявити ті періоди року, протягом яких найбільш імовірні вітри, що являють небезпеку для зльоту та посадки літальних апаратів. Другий показник дозволяє оцінити, як часто і наскільки

ефективно у тому чи іншому місяці можна використовувати зустрічний вітер для збільшення вантажопідйомності літаків.

При експлуатації аеродромів доводиться враховувати імовірність сильних вітрів незалежно від їх напрямку. Окрім того, що сильні вітри у деяких випадках унеможливають зліт та посадку літаків, вони спричиняють певні труднощі у аеродромному забезпеченні, оскільки можуть зумовити пошкодження різних споруд і створити загрозу перевертання і поломки літальних апаратів, що знаходяться на стоянках, а також при їх буксировці та вирулюванні.

Імовірність вітрів різної швидкості, у тому числі і сильних вітрів, одержують в результаті кліматологічної обробки спостережень за вітром. Імовірність розраховують для кожного місяця і в цілому за рік, для кожного строку спостережень і незалежно від них. Такі характеристики, якщо вони одержані за досить тривалий ряд років, можуть ефективно використовуватися для оцінки режиму сильних вітрів. У інших випадках одержання зазначених характеристик вітру здійснюється розрахунковими методами.

Одним з методів розрахунку вітрового завантаження ЗПС є метод розгорнутої суміщеної рози вітрів. Він заснований на використанні даних про імовірність вітру різної швидкості за напрямками.

#### Контрольні питання:

1. Що називається коефіцієнтом вітрового завантаження ЗПС та які його значення вважаються прийнятними у сучасній практиці?
2. У яких випадках будується додаткова ЗПС?
3. З якою метою визначається імовірності різних значень поздовжньої складової швидкості вітру?
4. Для яких періодів рекомендується визначати авіаційно-кліматичні показники режиму вітру?

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### *Вихідні дані:*

- 1) статистичні дані про напрямок та швидкість вітру на ст. Чорноморськ за період з 1981 по 2000 рр. за строки 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 та 21 год. у форматі Excel (видаються у електронному виді викладачем із зазначенням строку спостережень для проведення подальших розрахунків);
- 2) азимут ЗПС 45°-225°;
- 3) значення гранично припустимої бокової складової швидкості вітру 6 м/с.

### Порядок виконання:

1. Провести розрахунок імовірності вітру різної швидкості за напрямками та суміщеними напрямками.

1) розрахувати імовірність вітру різної швидкості за напрямками (див., наприклад, табл. 1).

Табл. 1 – Приклад розрахунку імовірності (%) вітру різної швидкості за напрямками.

Швидкість, м/с	Напрямок								Сума
	Пн	ПнС	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	Зх	ПнЗ	
0-4	1,3	1,5	0,9	2,6	4,6	4,5	2,9	3,5	21,8
5-6	1,9	1,6	1,9	4,2	6,4	4,6	5,2	4,3	30,1
7-8	2,7	1,4	1,6	2,4	5,6	7,1	5,4	4,5	30,7
9-10		0,2	0,9	0,6	2,0	1,7	2,0	1,2	8,6
11-12				0,3	0,9	1,2	1,0	1,1	4,5
13-14				0,1	0,5	1,0	0,6	0,6	2,8
15-16						0,9			0,9
> 16						0,6			0,6
Сума	5,9	4,7	5,3	10,2	20,0	21,6	17,1	15,2	100

2) Оскільки у більшості випадків з однієї і тієї ж ЗПС виконується зліт і посадка літаків з двох взаємно протилежних напрямків, то необхідно об'єднати (просумувати) імовірності протилежних румбів і скласти таблицю ймовірностей вітру різної швидкості за суміщеними напрямками (див., наприклад, табл. 2).

Табл. 2 – Приклад розрахунку імовірності (%) вітру різної швидкості за суміщеними напрямками.

Швидкість, м/с	Напрямок				Сума
	Пн+Пд	ПнС+ПдЗ	С+З	ПдС+ПнЗ	
0-4	5,9	6,0	3,8	6,1	21,8
5-6	8,3	6,2	7,1	8,5	30,1
7-8	8,3	8,5	7,0	6,9	30,7
9-10	2,0	1,9	2,9	1,8	8,6
11-12	0,9	1,2	1,0	1,4	4,5
13-14	0,5	1,0	0,6	0,7	2,8
15-16		0,9			0,9
> 16		0,6			0,6
Сума	25,9	26,3	22,4	25,4	100

2. За даними табл. 2 побудувати графік у прямокутній системі координат (гістограму з накопиченням), який має назву розгорнутої суміщеної рози вітрів за градаціями швидкості, у такій послідовності:

1) уздовж вісі абсцис розташуємо чотири однакові відрізки, які відповідають кожному з чотирьох суміщених румбів. Довжина відрізка пропорційна  $\frac{1}{4}$  півкола ( $45^\circ$ );

2) по вісі ординат відкласти значення імовірності вітру;

3) на осі абсцис побудувати чотири прямокутники, що відповідають суміщеним румбам, а їх висоти – імовірності вітру зі швидкістю 0-4 м/с. Очевидно, що площа першого прямокутника буде пропорційною імовірності вітрів швидкістю не більше 4 м/с, які відхиляються від північного (або південного) напрямку на кут не більший  $2 \cdot 2,5^\circ$ . Площа другого – пропорційна імовірності вітрів тієї ж швидкості, які відхиляються від північно-східного (або південно-західного) напрямку також на кут не більше  $22,5^\circ$  і т.д. Для зручності можна у кожному прямокутнику вказувати градацію швидкості вітру, яка йому відповідає, та її повторюваність (рис. 3);

4) подібним чином побудувати прямокутники, які відповідають ймовірностям решти градацій швидкості вітру. Загальна площа одержаної таким чином гістограми буде пропорційна 100%.

3. Визначити вітрове завантаження злітно-посадкової смуги шляхом виділення з загальної площі тієї частини, яка буде пропорційною ймовірності таких випадків, коли швидкість бокового вітру не перевищує припустиму величину. Очевидно, що зліт та посадка літаків можуть виконуватися за будь-яких напрямків вітру, якщо його швидкість не перевищує 6 м/с, оскільки припустимий кут скосу становить  $\gamma = 90^\circ$ . Імовірність  $P_1$  таких вітрів виражається площею перших восьми заштрихованих прямокутників і, як це видно з табл. 2 та побудованої гістограми, дорівнює

$$P_1 = 21,8 + 30,1 = 51,9\%.$$

Далі для розрахунку зазначених ймовірностей нам необхідно визначити припустимий кут скосу для градацій швидкості (їх правих меж) вітру у такій послідовності:

1) розраховуємо значення бокових складових швидкості вітру при заданих кутах скосу  $\gamma$  (див., наприклад, табл. 3).

Табл. 3 – Приклад розрахунку значень бокових складових швидкості вітру для градацій швидкості (правих меж) при різних значеннях кутів скосу.

Швидкість вітру, м/с	Кут скосу $\gamma$ , °							
	10	20	30	40	50	60	70	80
7-8	1,4	2,7	4,0	5,1	6,1	6,9	7,5	7,9
9-10	1,7	3,4	5,0	6,4	7,7	8,7	9,4	9,8
11-12	2,1	4,1	6,0	7,7	9,2	10,4	11,3	11,8
13-14	2,4	4,8	7,0	9,0	10,7	12,1	13,2	13,8
15-16	2,8	5,5	8,0	10,3	12,3	13,9	15,0	15,8
> 16								

2) З табл. 3 видно, що для градації 7-8 м/с граничне значення бокової складової швидкості вітру переходить критичне значення у діапазоні кутів скосу 40-50°. Тому далі проводимо більш детальний розрахунок саме для цього діапазону (див., наприклад, табл. 4).

Табл. 4 – Приклад розрахунку значень бокових складових швидкості вітру для градацій швидкості (правих меж) при значеннях кутів скосу від 40 до 49°.

Швидкість вітру, м/с	Кут скосу $\gamma$ , °								
	41	42	43	44	45	46	47	48	49
8	5,2	5,4	5,5	5,6	5,7	5,8	5,9	5,9	6

З цього випливає, що зліт та посадка літаків можуть здійснюватися при вітрах зі швидкістю 7-8 м/с, якщо їх напрямок відхиляється від напрямку ЗПС на кут не більший  $\gamma_{\text{прип}} = 49^\circ$ .

3) Виділити на гістограмі площу, яка виражає ймовірність  $P_2$  таких вітрів. Для цього потрібно праворуч і ліворуч від вісі ЗПС відкласти відрізки, які відповідають кутам 49° і на цій відстані провести дві вертикальні риски і виділити ту частину площі прямокутників (для швидкості 7-8 м/с), яка пропорційна ймовірності сприятливих напрямків вітру.

4) Розрахувати  $P_2$ . У нашому випадку вона буде складатися з ймовірності північно-східних і південно-західних вітрів зі швидкістю 7-8 м/с

(8,5%), з 0,6 ймовірності північних та південних вітрів (8,3%) та з 0,6 ймовірностей східних і західних вітрів (7,0%) швидкістю 7-8 м/с, тобто

$$P_2 = P_{\text{Пн-С} + \text{Пд-З}} + 0,6 \cdot (P_{\text{Пн+Пд}} + P_{\text{С+З}}).$$

Коефіцієнт  $k = 0,6$  розраховується за формулою

$$k = \frac{\gamma_{\text{прип}} - 22,5}{45} = \frac{49 - 22,5}{45} = 0,6.$$

Отже

$$P_2 = 8,5 + 0,6 \cdot (8,3 + 7,0) = 17,7\%.$$

4) Аналогічно розрахувати величину  $P_3$  для швидкості вітру 10 м/с. Зокрема,  $\gamma_{\text{прип}} = 37^\circ$ , тому ймовірність  $P_3$  сприятливих вітрів буде виражатися тією частиною площі прямокутників, яка розташована від вісі ЗПС на кут не більше  $37^\circ$ . Ймовірність  $P_3$  буде розраховуватись

$$P_3 = P_{\text{Пн-С} + \text{Пд-З}} + 0,3 \cdot (P_{\text{Пн+Пд}} + P_{\text{С+З}}) = 1,9 + 0,3 \cdot (2,0 + 2,9) = 3,4\%,$$

$$\text{де } k = \frac{37 - 22,5}{45} = 0,3.$$

Далі розрахувати ймовірності  $P_4 = 1,2 + 0,2 \cdot (0,9 + 1,0) = 1,6\%$ ;  
 $P_5 = 1,0\%$ ;  $P_6 = 0,9\%$ ;  $P_7 = 0,6 \cdot 0,9 = 0,5\%$ .

5) Вітрове завантаження ЗПС прямопропорційне площі заштрихованої частини гістограми (див., напр., рис. 3) і чисельно виражається ймовірністю

$$P(u_{\text{бок}} \leq 6 \text{ м/с}) = P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 = 77,0\%.$$

Так само можна розрахувати вітрове завантаження ЗПС для інших граничних значень бокової складової швидкості вітру (наприклад, 8 та 10 м/с). Очевидно, що

$$P(u_{\text{бок}} \leq 10 \text{ м/с}) > P(u_{\text{бок}} \leq 8 \text{ м/с}) > P(u_{\text{бок}} \leq 6 \text{ м/с}).$$

#### Звітні матеріали:

- 1) таблиця ймовірностей (%) вітру різної швидкості за суміщеними напрямками;
- 2) рисунок розгорнутої суміщеної рози вітрів з графічним зображенням вітрового завантаження при визначеному критичному значенні бокової складової швидкості вітру;
- 3) кількісний розрахунок вітрового завантаження ЗПС.



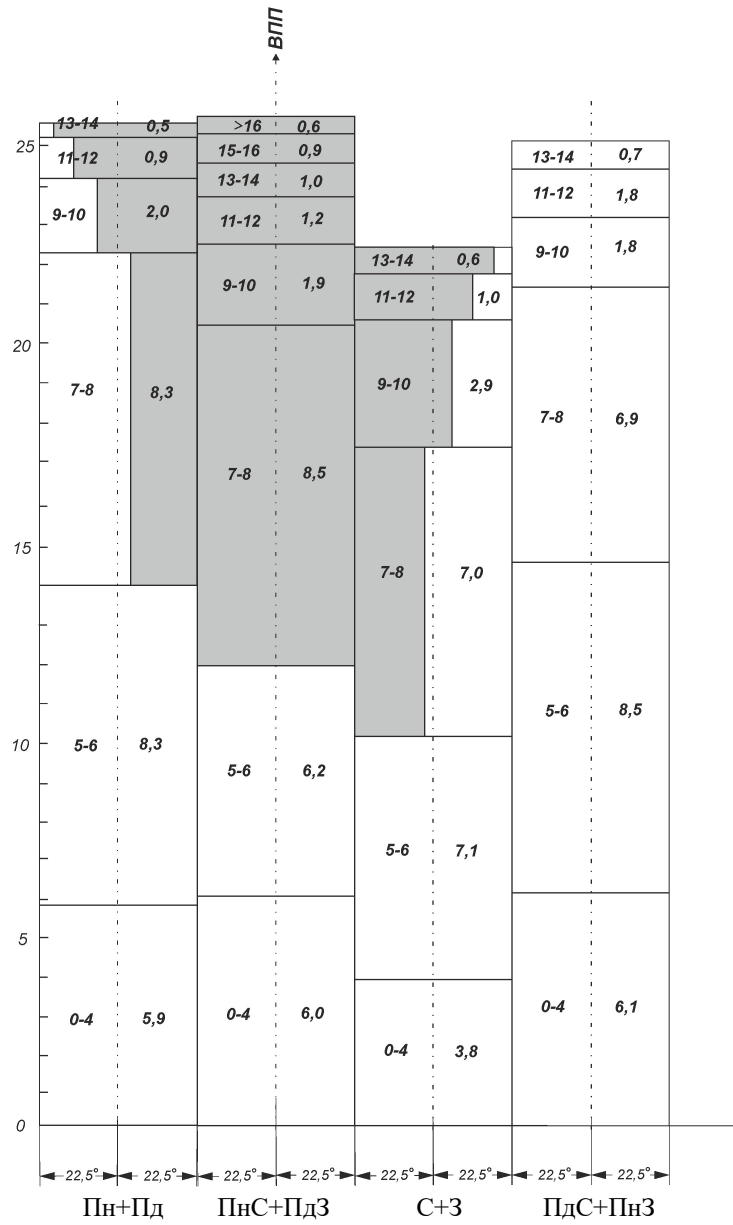


Рис. 3 – Приклад побудови розгорнутої суміщеної рози вітрів

## ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4

### Розрахунок авіаційно-кліматичних показників режиму вітру біля поверхні землі

*Мета роботи:* одержання практичних навичок з розрахунку авіаційно-кліматичних показників режиму вітру біля поверхні землі та візуалізації одержаних результатів.

#### ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Умови експлуатації повітряних суден на конкретному аеродромі багато в чому визначаються кліматичним режимом метеорологічних величин біля поверхні землі та у приземному шарі атмосфери і у першу чергу режимом приземного вітру.

При виборі місця для будівництва нового аеропорту зазвичай керуються політичними і економічними міркуваннями і враховують географічні, топографічні і кліматичні особливості, які не є вирішальними, але все таки можуть мати велике значення. Необхідно знати, в яких умовах відбуватиметься експлуатація майбутнього аеропорту.

Географічні особливості (широта місця, висота над рівнем моря, близькість великої річки, озера, водосховища, гірського хребта або берега моря) можуть істотно впливати на мезокліматичні умови. Наприклад, близькість гір або берега моря іноді обмежує можливі напрями зльоту і посадки.

Вітровий режим визначає вибір напрямку ЗПС. Він повинен бути найефективнішим, щоб забезпечити нормальне вітрове завантаження (85-95%) ЗПС. Коефіцієнт вітрового завантаження розраховується за річною повторюваністю вітрів різної швидкості по напрямках в даному пункті.

Найбільш сприятливі умови для здійснення зльоту і посадки спостерігаються, коли вітер спрямований проти руху літака, оскільки у таких випадках зменшується швидкість відриву і посадкова швидкість, а також довжина розбігу і пробігу. Крім того, покращуються стійкість та керованість літального апарату. Боковий та попутний вітер, навпаки, погіршують умови зльоту і посадки; їх вплив на літальний апарат допускається лише до певних меж. Так, для кожного типу літальних апаратів встановлені свої межі припустимих значень бокового вітру залежно від конструкції шасі, ваги літального апарату, парусності фюзеляжу і вертикального оперення. У деяких літаків припустимі значення бокового вітру при посадці менше, ніж при зльоті.

Основними авіаційно-кліматичними характеристиками вітру є:

1) кліматичні показники швидкості вітру – середня швидкість вітру, повторюваність різних градацій швидкості вітру, квантилі швидкості вітру, максимальна швидкість вітру;

2) кліматичні показники напрямку вітру – повторюваність різних напрямків вітру (за румбами).

3) кліматичні показники швидкості і напрямку вітру – повторюваність різних напрямків (румбів) вітру по градаціях швидкості, середня швидкість вітру для даного напрямку, середній вектор вітру (результуючий вітер);

4) кліматичні показники мінливості (дисперсності) вітру – середнє квадратичне відхилення швидкості вітру, середнє квадратичне відхилення вектора вітру;

5) кліматичні показники вертикального градієнта швидкості вітру;

6) кліматичні показники еквівалентного вітру.

Обчислення перших трьох характеристик (яке розглядатиметься на цьому практичному занятті) принципово не відрізняється від обчислення аналогічних характеристик для інших метеорологічних величин і носить характер стандартної процедури (стандартні методи розрахунку середніх і повторюваності).

#### Контрольні питання:

1. Що зумовлює актуальність розрахунку авіаційно-кліматичних показників режиму вітру?
2. Яким має бути нормальне вітрове завантаження ЗПС?
3. Які авіаційно-кліматичні характеристики вітру ви знаєте?
4. Перелічіть кліматичні показники швидкості вітру.
5. Перелічіть кліматичні показники напрямку вітру.
6. Перелічіть кліматичні показники швидкості і напрямку вітру.
7. Перелічіть кліматичні показники мінливості (дисперсності) вітру.
8. Яким чином авіаційно-кліматичні показники режиму вітру можуть використовуватися при проектуванні та експлуатації аеродромів?

## ПРАКТИЧНА ЧАСТИНА

### *Вихідні дані:*

Статистичні дані про напрямок та швидкість вітру на ст. Іллічівськ за період з 1981 по 2000 рр. за строки 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18 та 21 год. у форматі Excel (видаються у електронному виді викладачем із зазначенням строку спостережень для проведення подальших розрахунків).

Порядок виконання:

1. Розрахувати кліматичні показники швидкості вітру.

- 1) розрахувати повторюваність різних (1-5, 6-10, 11-15, 16-20 м/с) градацій швидкості вітру та побудувати гістограму розподілу (див., напр. рис. );
- 2) визначити середню швидкість вітру за вказаний період;
- 3) визначити максимальну швидкість вітру за вказаний період.

2. Розрахувати кліматичні показники напрямку вітру.

- 1) розрахувати повторюваність різних напрямків (8 румбів) вітру;
- 2) побудувати діаграму повторюваності (розу вітрів) різних напрямків вітру.

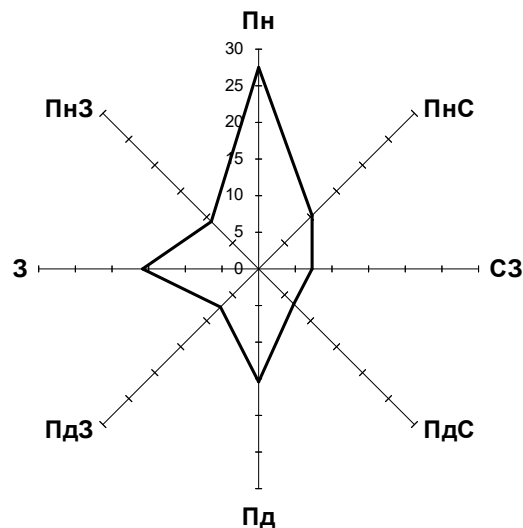


Рис. 4 – Приклад побудови діаграми повторюваності (рози вітрів) різних напрямків вітру.

3. Розрахувати аіаційно-кліматичні показники напрямку вітру по градаціям швидкості.

- 1) розрахувати повторюваність різних напрямків (8 румбів) вітру для визначених (1-5, 6-10, 11-15, 16-20 м/с) градацій швидкості. За одержаними даними заповнити таблицю 1.
- 2) побудувати діаграми повторюваності (рози вітрів) різних напрямків вітру для кожної з визначених градацій (за аналогією з рис. 4);
- 3) визначити середню для кожного напрямку (румбу) швидкість вітру;

Табл. 1 – Повторюваність різних (8 румбів) напрямків вітру за градаціями швидкості.

	Пн	ПнС	С	ПдС	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ
1-5								
6-10								
11-15								
16-20								

4) проаналізувати одержані результати і зробити висновки про змінюваність переважаючого напрямку вітру в залежності від його швидкості.

Звітні матеріали:

1. Гістрограма повторюваності різних градацій швидкості вітру, побудована за одержаними даними.
2. Середню швидкість вітру за вказаний викладачем період.
3. Максимальна швидкість вітру за вказаний період.
4. Діаграма повторюваності (розу вітрів) різних напрямків вітру за вказаний викладачем строк спостережень.
5. Заповнена таблиця повторюваності різних (8 румбів) напрямків вітру за градаціями швидкості.
6. Діаграми повторюваності (рози вітрів) різних напрямків вітру для кожної з визначених градацій.
7. Середня для кожного напрямку (румбу) швидкість вітру.

## КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ КУРСАНТІВ

Складовою частиною навчального процесу є система контролю та звітності за якістю засвоєння курсантами навчального матеріалу. Головна мета контролю полягає у забезпеченні належного рівня теоретичних знань курсантів, а також сформованості у них практичних вмінь та навичок.

Виконання завдань та захист практичних занять є складовою поточного контролю успішності та якості підготовки курсантів.

Основна мета поточного контролю – постійне одержання викладачем інформації про якість засвоєння курсантами матеріалу навчальної дисципліни, перевірка готовності курсантів до виконання наступних навчальних завдань, а також управління їх навчальною мотивацією.

Результати поточного контролю використовуються для коригування методів і засобів навчання та враховуються при проведенні заліку. Результати поточного контролю фіксуються в журналі обліку навчальних занять наступним чином: у чисельнику – за 4-бальною шкалою, в знаменнику – кількість балів, яка відповідає даній оцінці за шкалою, визначеною для даної форми поточного контролю.

Критерії оцінки вмінь, набутих курсантами протягом виконання практичних занять, розроблені згідно з Положенням про критерії оцінки знань студентів в ОДЕкУ, затвердженого наказом ректора ОДЕкУ від 06.05.2015 р. № 97.

При визначенні оцінки курсанта за практичне заняття беруться до уваги:

- уміння творчо застосовувати одержані під час лекцій та самостійної роботи теоретичні знання для вирішення практичних завдань;
- вміння самостійно проводити необхідні розрахунки з використанням визначеного обладнання та аналізувати одержані результати;
- здатність правильно відповідати на поставлені питання, пояснювати мету та доцільність своїх практичних дій, аргументовано відстоювати власну точку зору
- вміння та якість складання необхідних звітних матеріалів за підсумками виконання практичного заняття.

Відповідно до робочої навчальної програми дисципліни «Авіаційна кліматологія» максимальна сума балів, яку може одержати курсант за виконання кожного з практичних занять №№ 1-4 становить 5 балів. Методика проведення поточного контролю знань та вмінь курсантів у обов'язковому порядку доводяться викладачем до їх відома на початку семестру разом з іншими методичними матеріалами з вивчення «Авіаційної кліматології».

Формування підсумкової оцінки за кожне практичне заняття проводиться згідно таких критеріїв (табл. 1).

Таблиця 1 – Критерії формування підсумкової оцінки за виконання практичних занять.

Оцінка (кількість балів)	Критерії оцінювання
5	Завдання на практичне заняття виконано у повному обсязі. Глибокі знання передбаченого програмою матеріалу. Грамотна і логічна відповідь на основні та додаткові запитання. Правильне виконання курсантом завдання на практичне заняття і оформлення звітних матеріалів
4	Завдання на практичне заняття виконано у повному обсязі. Тверді знання передбаченого програмою матеріалу. У відповідях на основні та додаткові запитання є незначні помилки або відповідь неповна. Студент правильно використовує отримані знання при виконанні практичних завдань, але допускає незначні помилки. Оформлення звітних матеріалів виконано з незначними неточностями.
3	Завдання на практичне заняття виконано майже у повному обсязі. Суттєві неточності (за відсутності грубих помилок) у відповідях на запитання. Курсант припускається окремих помилок або недостатньо чітко володіє навичками самостійного проведення розрахунків. Оформлення звітних матеріалів виконано з помилками.
2	Завдання на практичне заняття в основному виконано. Грубі помилки у відповідях на основні та додаткові запитання. Курсант не спроможний використати одержані знання на практиці, не володіє практичними навичками проведення розрахунків. Оформлення звітних матеріалів виконано з грубими помилками.
1	Завдання на практичне заняття виконано частково. Грубі помилки у відповідях на основні та додаткові запитання, відсутність правильних відповідей на навідні запитання. Курсант не спроможний використати одержані знання на практиці, не володіє практичними навичками проведення розрахунків. Оформлення звітних матеріалів виконано з грубими помилками.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Методика учета гидрометеорологических условий при эксплуатации грунтовых аэродромов//Материалы научно-исследовательских работ по авиационной метеорологии. – М.: Воениздат. – 1968. – Вып. 9. – С. 3-34.
2. Кліматологія. Терміни та визначення основних понять. – ДСТУ 3992 – 2000. – Київ: Держстандарт України, 2001. – 40 с.
3. Наровлянский Г.Я. Авиационная климатология. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 267 с.
4. Рекомендации по составлению авиационно-климатических описаний районов аэродрома и базирования // Материалы научно-исследовательских работ по авиационной метеорологии. – Вып. 10. – М.: Воениздат МО СССР. – 1970. – С. 3-117.
5. Справочник по климату СССР. – Вып.10. Ч. 1 – 5. – Л.: Гидрометеиздат, 1966 – 1969. – 643 с.
6. Требования к составлению климатического описания аэродрома. Руководящий документ РД 52.21.692-2007. – М.: Метеоагентство Росгидромета. – 2007. – 37 с.



## ДОДАТКИ

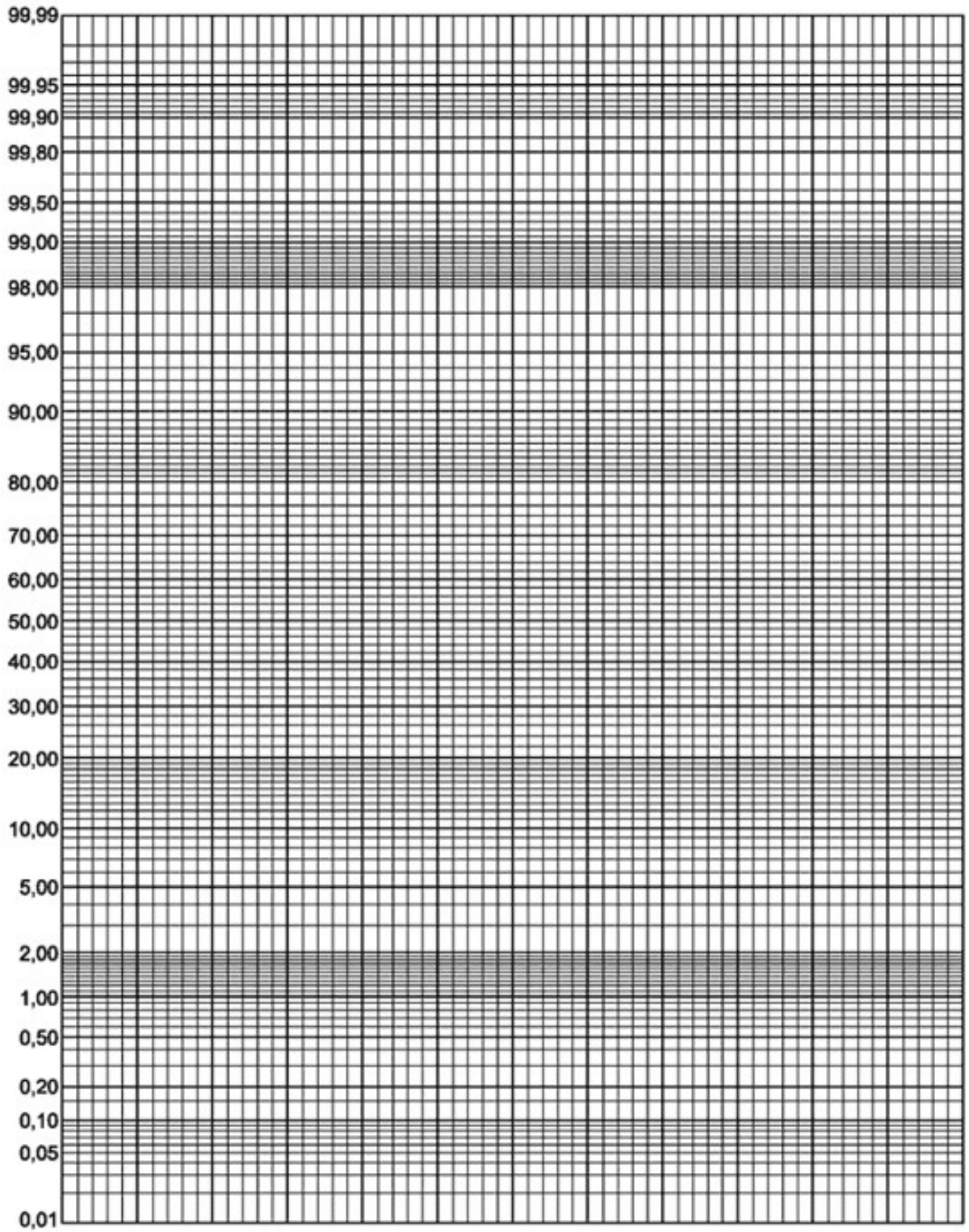
## Додаток А

Дані про середню місячну температуру повітря  
за період з 1940 по 2009 р.р. (ст. Київ, червень).

Рік	Температура, °C	Рік	Температура, °C	Рік	Температура, °C
1940	16.7	1964	15.3	1988	19.0
1941	17.2	1965	18.8	1989	19.0
1942	19.3	1966	19.5	1990	21.5
1943	18.5	1967	20.9	1991	19.9
1944	17.9	1968	16.0	1992	18.2
1945	20.1	1969	18.1	1993	17.0
1946	16.7	1970	17.4	1994	17.5
1947	14.8	1971	16.9	1995	16.5
1948	17.9	1972	18.9	1996	16.6
1949	17.2	1973	19.5	1997	17.1
1950	16.7	1974	20.9	1998	19.2
1951	17.3	1975	19.0	1999	18.3
1952	22.6	1976	21.1	2000	21.8
1953	18.7	1977	19.7	2001	19.9
1954	19.4	1978	16.2	2002	17.5
1955	20.7	1979	16.9	2003	16.7
1956	17.9	1980	17.5	2004	17.1
1957	19.3	1981	18.2	2005	17.7
1958	18.6	1982	16.3	2006	18.3
1959	20.2	1983	16.9	2007	22.2
1960	15.7	1984	17.5	2008	20.1
1961	16.9	1985	18.2	2009	19.3
1962	17.9	1986	19.8		
1963	17.3	1987	21.2		

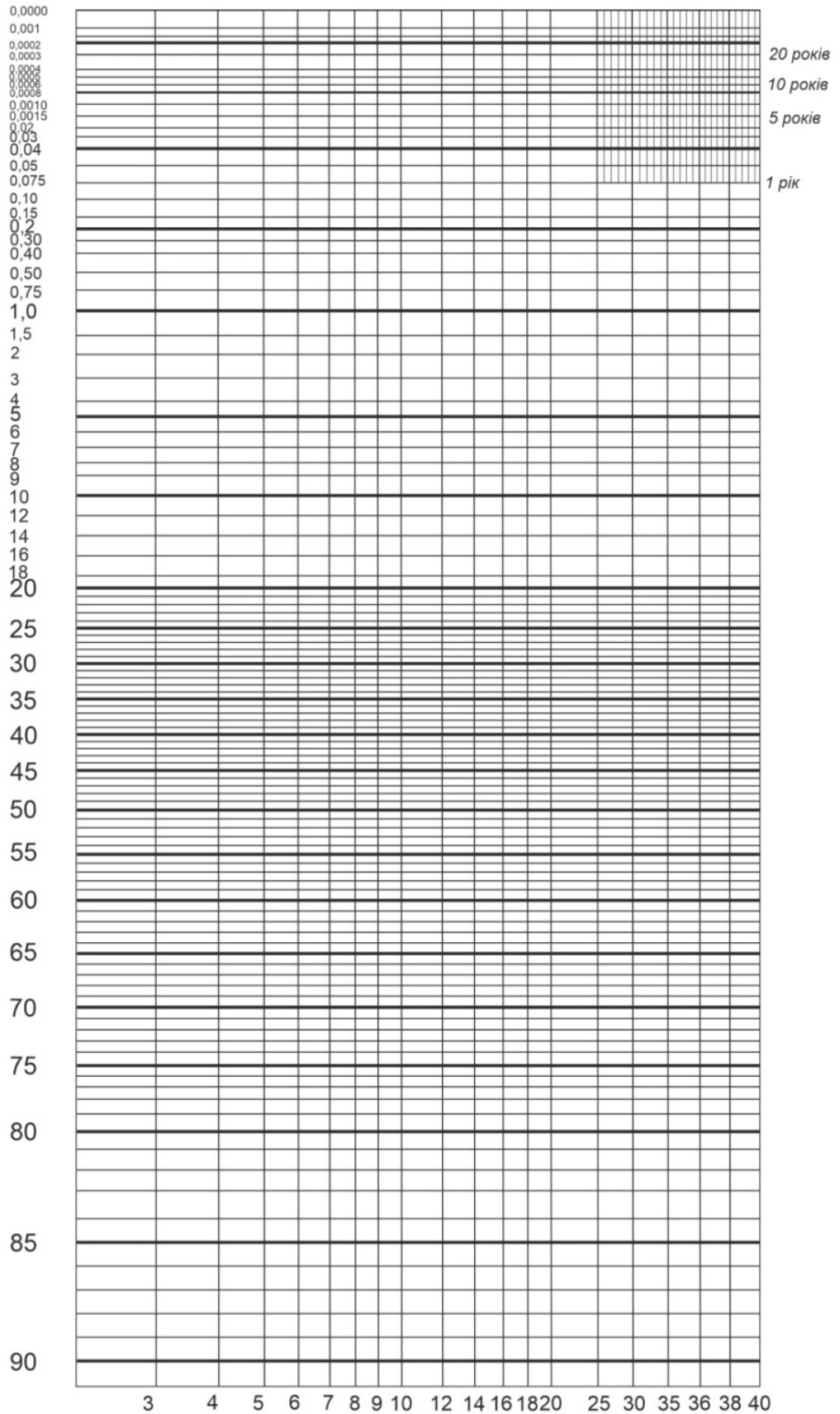
Додаток Б

Імовірнісний папір



### Додаток В

Білогарифмічна клітчатка спрямлення (клітчатка Гудрича).



## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для практичних занять курсантів з дисципліни «Авіаційна кліматологія»

Укладач: к.геогр.н., доцент, полковник Грушевський О.М.

Електронна версія © Грушевський О.М.

Підп. до друку \_\_\_\_\_ Формат \_\_\_\_\_ Папір офсетний

Умовн. друк. арк. \_\_\_\_\_ Тираж \_\_\_\_\_ Зам. № \_\_\_\_\_

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, вул. Львівська, 15