

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Сумський державний університет  
Науковий центр бойового застосування  
ракетних військ і артилерії

**П. Є. Трофименко, В. М. Сай, В. О. Овчінніков,  
Д. А. Новак**

# **МЕТЕОРОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ПУСКІВ РАКЕТ І РЕАКТИВНИХ СНАРЯДІВ**

Навчальний посібник

Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України

Суми  
Сумський державний університет  
2012

УДК 551.5:623.46(075.8)  
ББК 68.97я73  
М 54

Авторський колектив:

*П. Є. Трофименко*, кандидат військових наук,  
професор кафедри військової підготовки;  
*В. М. Сай*, старший науковий співробітник НЦ БЗ РВіА;  
*В. О. Овчінніков*, старший науковий співробітник НЦ БЗ РВіА;  
*Д. А. Новак*, начальник науково-дослідної лабораторії НЦ БЗ РВіА

Рецензенти:

*О. О. Кузнецов* – доктор технічних наук, професор Харківського університету Повітряних Сил імені Івана Кожедуба;  
*О. П. Красюк* – кандидат військових наук Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного;  
*В. І. Грабчак* – кандидат технічних наук, старший науковий співробітник Академії сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного

*Рекомендовано Міністерством освіти і науки, молоді та спорту України  
як навчальний посібник для слухачів, курсантів та  
студентів вищих навчальних закладів  
(лист № 1/11-15243 від 01.10.2012 р.)*

**Метеорологічна** підготовка пусків ракет і реактивних снарядів : навч.  
М 54 посіб. / П. Є. Трофименко, В. М. Сай, В. О. Овчінніков, Д. А. Новак. –  
Суми : Сумський державний університет, 2012. – 171 с.  
ISBN 978-966-657-441-4

У посібнику розглянуто основи метеорологічної підготовки пусків ракет і реактивних снарядів, а саме: загальні відомості про метеорологічні елементи, їх вплив на політ ракет та реактивних снарядів, порядок виконання заходів метеорологічної підготовки, характеристики комплексів (засобів) вимірювання, а також наведено комплекс прикладних задач з метеорологічної підготовки та порядок їх розв'язання.

Посібник призначений для підготовки і проведення занять з тактико-спеціальних дисциплін. Він може бути корисним як для викладачів і курсантів військових навчальних закладів та студентів, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу, так і для командирів ракетних і артилерійських підрозділів.

**УДК 551.5:623.46(075.8)**  
**ББК 68.97я73**

© Трофименко П. Є., Сай В. М.,  
Овчінніков В. О., Новак Д. А., 2012  
© Сумський державний університет, 2012  
ISBN 978-966-657-441-4

| Зміст   | С. |
|---|----|
| <b>Вступ</b> .....  | 6  |
| <b>Скорочення, прийняті в тексті посібника</b> .....                                      | 11 |
| <b>Розділ 1. Атмосфера Землі</b> .....  | 13 |
| 1.1. Склад і структура атмосфери .....  | 13 |
| 1.2. Основні фізичні властивості атмосфери .....  | 17 |
| 1.3. Основні метеорологічні елементи .....  | 21 |
| 1.3.1. Температура повітря .....  | 21 |
| 1.3.2. Тиск атмосфери .....   | 25 |
| 1.3.3. Вологість повітря .....  | 30 |
| 1.3.4. Густина повітря .....  | 32 |
| 1.3.5. Вітер .....  | 34 |
| Навчальний тренінг .....  | 37 |
| <b>Розділ 2. Вплив метеорологічних умов на політ ракет і реактивних снарядів</b> .....    | 39 |
| 2.1. Сили та моменти, що діють на ракету та реактивний снаряд у польоті. ....             | 39 |
| 2.2. Вплив атмосферного тиску на політ ракети та реактивного снаряду .....                | 46 |
| 2.3. Вплив температури повітря на політ ракети та реактивного снаряду .....               | 47 |
| 2.4. Вплив вітру на політ ракети та реактивного снаряду                                   | 48 |
| 2.4.1. Вплив поздовжнього вітру .....   | 48 |
| 2.4.2. Вплив бокового вітру .....   | 50 |
| 2.5. Табличні метеорологічні умови пуску (стрільби) ..                                    | 52 |
| 2.6. Поняття про балістичні середні значення (відхилення) метеорологічних елементів ..... | 53 |

|  |            |
|--|------------|
| Навчальний тренінг . . . . .   | 58         |
| <b>Розділ 3. Метеорологічні вимірювання . . . . .</b>  | <b>59</b>  |
| 3.1. Наземні метеорологічні спостереження . . . . .  | 59         |
| 3.1.1. Вимірювання температури і вологості повітря. . . . .  | 60         |
| 3.1.2. Вимірювання вітру . . . . .   | 68         |
| 3.1.3. Вимірювання атмосферного тиску . . . . .  | 69         |
| 3.1.4. Визначення густини повітря . . . . .  | 78         |
| 3.2. Визначення наземних значень метеорологічних елементів за допомогою десантного метеорологічного комплекту. . . . . | 79         |
| 3.3. Зондування атмосфери . . . . .  | 85         |
| 3.3.1. Вітрове зондування атмосфери . . . . .  | 85         |
| 3.3.2. Температурне зондування атмосфери . . . . .   | 91         |
| 3.3.3. Комплексне зондування атмосфери . . . . .   | 92         |
| Навчальний тренінг . . . . .   | 95         |
| <b>Розділ 4. Метеорологічна підготовка пусків ракет та реактивних снарядів. . . . .</b>                                | <b>97</b>  |
| 4.1. Зміст і завдання метеорологічної підготовки. . . . .  | 97         |
| 4.2. Загальні правила складання метеорологічних бюлетенів . . . . .  | 99         |
| 4.3. Метеорологічний бюлетень «Метеосередній». . . . .   | 101        |
| 4.4. Зона дії та термін придатності бюлетенів. . . . .   | 104        |
| 4.5. Спостереження за небезпечними явищами погоди. . . . .   | 105        |
| 4.6. Сили та засоби для виконання завдань метеорологічної підготовки. . . . .  | 108        |
| Навчальний тренінг. . . . .  | 113        |
| <b>Висновки . . . . .</b>  | <b>115</b> |
| <b>Список використаної літератури . . . . .</b>  | <b>117</b> |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Предметний покажчик</b> .....  | 119 |
| <b>Додатки</b> .....  | 160 |
| <b>Додаток А.</b> Розподіл метеорологічних факторів за висотою 161<br>(нормальний розподіл) ..... | 161 |
| <b>Додаток Б.</b> Зразок повірногого свідоцтва на 162<br>метеорологічний прилад .....             | 162 |
| <b>Додаток В.</b> Психрометрична таблиця .....  | 163 |
| <b>Додаток Г.</b> Збірник задач .....   | 164 |
| <b>Додаток Д.</b> Характеристика баричної тенденції .....   | 168 |
| <b>Додаток Е.</b> Основні тактико-технічні характеристики 169<br>РПМК 1Б44. ....                  | 169 |
| <b>Для нотаток</b> .....  | 170 |

## Вступ

Розвиток метеорології як науки почався з XVII століття після винаходу перших метеорологічних приладів (термометра та барометра). Починаючи з XVIII століття завдяки працям М. В. Ломоносова метеорологія стала існувати як самостійна наука.

**Метеорологія** – це наука, що вивчає фізичні явища і процеси, які відбуваються в атмосфері. Взагалі завдання, що стоять перед метеорологією, можна сформулювати таким чином [1]:

- спостереження за атмосферними явищами і процесами, їх опис, якісна та кількісна оцінка;
- аналіз явищ і процесів, установлення закономірностей їх виникнення і розвитку;
- розроблення методів прогнозування атмосферних явищ і процесів;
- розроблення методів впливу на атмосферні явища і процеси в інтересах людини.

Стан атмосфери, процеси і явища, що в ній відбуваються, визначаються великою кількістю якісних і кількісних характеристик (показників), отриманих у результаті безпосередніх вимірювань і спостережень. Такими характеристиками (показниками) є метеорологічні елементи та атмосферні явища.

Сукупність метеорологічних елементів і атмосферних явищ, які спостерігаються у визначеному районі в конкретний час, а також послідовна їх зміна за деякий визначений інтервал часу (добу, тиждень, місяць тощо), називається **погоддою**.

Явища, які відбуваються в атмосфері, привертати увагу людини з давніх часів, бо її життя та діяльність значною мірою залежать від погодних умов.

Метеорологічні (погодні) умови є одним із важливих факторів, які суттєво впливають на виконання завдань, що стоять перед ракетними військами і артилерією. Так, наприклад, від метеорологічних (погодних) умов залежать ефективність ведення розвідки, прохідність техніки ґрунтовими дорогами та поза ними, терміни проведення топогеодезичних та інженерних робіт, маневреність, прихованість пересування та розташування ракетних та артилерійських підрозділів. Промерзання ґрунту та глибокий сніговий покрив ускладнюють обладнання стартових, вогневих і технічних позицій. Атмосферні розряди негативно впливають на роботу радіотехнічних засобів, а низька температура погіршує роботу двигунів та агрегатів. Крім того, стан атмосфери впливає на поширення та дію факторів зброї масового ураження. Тиск атмосфери, температура повітря і вітер суттєво впливають на точність ракетних ударів і стрільби реактивної артилерії, чим істотно знижують їх ефективність. У зв'язку з цим підрозділи ракетних військ і артилерії повинні постійно мати метеорологічні дані та враховувати їх під час підготовки пусків ракет і стрільби, особливо реактивної артилерії.

Метеорологічне забезпечення ракетних військ та артилерії здійснюється метеорологічними станціями та метеорологічними підрозділами. Виконуючи завдання метеорологічного забезпечення, вони проводять наземні метеорологічні спостереження та температурно-вітрове зондування атмосфери, за результатами яких складають та передають метеорологічні бюлетені, а також штормові попередження та сповіщення про небезпечні явища погоди.

На озброєнні метеорологічних підрозділів ракетних військ і артилерії знаходяться технічні засоби та прилади, що дозволяють за будь-яких умов швидко і точно проводити необхідні вимірювання, обробляти їх і передавати результати за призначенням.

Метеорологічна підготовка ракетних військ і артилерії повинна бути своєчасною, безперервною, повною, точною та прихованою. Ці вимоги викликані перш за все умовами сучасного бою, який характеризується швидкоплинністю і різкою зміною обстановки.

Зрозуміло, що виконання бойових завдань РВіА в сучасному бою неможливе без знання тактики дій загально-військових підрозділів своїх військ і противника, своєчасної підготовки установок для пусків ракет і стрільби артилерії, бойової роботи, артилерійської розвідки. Тому метою написання цього навчального матеріалу стала необхідність розкриття програмного матеріалу з предметів «Бойове застосування підрозділів ракетних військ», «Тактика», «Підготовка даних для пусків ракет», «Управління ракетними ударами», «Стрільба артилерії», «Бойова робота», «Наземне обладнання ракетних комплексів», «Основи будови систем управління та прицілювання» і «Артилерійська розвідка» стосовно метеорологічного забезпечення бойових дій ракетних і артилерійських підрозділів.

Під час вивчення цих предметів значна увага приділяється метеорологічній підготовці пусків ракет і реактивних снарядів як одному з основних видів бойового забезпечення. Відомо, що «вага» метеорологічної підготовки під час визначення установок для стрільби артилерії і пусків ракет на середні та великі дальності становить до 60% від загальної суми помилок у повній підготовці [13]. Ось чому метеорологічна підготовка займає провідне місце в системі бойового забезпечення.

У результаті вивчення змісту посібника «Метеорологічна підготовка пусків ракет і реактивних снарядів» слухачі повинні:

**знати:**

- склад і структуру атмосфери, її фізичні властивості;



- основні метеорологічні елементи (температура повітря, тиск атмосфери, вологість і густина повітря, вітер);
- сили та моменти, що діють на ракету та реактивний снаряд у польоті;
- вплив метеорологічних умов на політ ракет і реактивних снарядів;
- табличні метеорологічні умови пуску (стрільби);
- зміст і завдання метеорологічної підготовки;
- сили та засоби ракетних (артилерійських) підрозділів для виконання завдань метеорологічної підготовки;

**уміти:**

- здійснювати метеорологічні вимірювання (температури, атмосферного тиску, густини і вологості повітря; вітру);
  - визначати наземні значення метеорологічних елементів за допомогою десантного метеорологічного комплекту;
  - складати і розшифровувати метеорологічні бюлетені.
- Зміст саме цих знань і умінь розкривається у посібнику.

Навчальний посібник складається з чотирьох розділів, кожен із яких містить у собі відповідний матеріал, визначений навчальною програмою.

У першому розділі наведено склад і структуру атмосфери Землі, її фізичні властивості та основні метеорологічні елементи.

У другому розділі розміщений навчальний матеріал, що висвітлює сили та моменти, які діють на ракету і реактивний снаряд в польоті. Наведено поняття про балістичні середні значення (відхилення) метеорологічних елементів, а також про табличні метеорологічні умови пуску (стрільби).

Третій розділ навчального посібника розглядає питання щодо наземних метеорологічних спостережень і зондування атмосфери. Розкривається порядок визначення назе-

мних значень метеорологічних елементів за допомогою десантного метеорологічного комплекту.

Четвертий розділ розкриває зміст і завдання метеорологічної підготовки. Достатньо уваги приділено інформації стосовно спостережень за небезпечними явищами погоди, а також метеорологічного бюлетеня «Метеосередній», наведені зони його дії та термін придатності. Наведені сили та засоби ракетних (артилерійських) підрозділів для виконання завдань метеорологічної підготовки.

У додатках наведений матеріал, який наочно і практично доповнює змістовну частину навчального посібника.

Разом із тим у ході написання посібника використовувався матеріал за відповідною тематикою, розроблений у ВВНЗ системи освіти Міністерства оборони України, а саме: Військового інституту ракетних військ і артилерії Сумського державного університету, Академії сухопутних військ (м. Львів) і Харківського університету Повітряних Сил. Необхідно відмітити, що навчальний посібник із питань метеорологічної підготовки для студентської аудиторії, які отримують кваліфікацію офіцерів запасу, створюється вперше і має можливість подальшого вдосконалення.

Цей посібник призначений для курсантів військових навчальних закладів і студентів ВНЗ, які навчаються за програмою підготовки офіцерів запасу. Він може бути корисним командирам ракетних і артилерійських підрозділів, а також викладачам під час підготовки до занять і тактичних навчань.

Автори висловлюють щире вдячність доктору технічних наук, професору Кузнецову О. О., кандидату військових наук Красюку О. П., кандидату технічних наук, старшому науковому співробітнику Грабчаку В. І. за критичні зауваження, а також за корисні поради, які вони надали під час підготовки посібника та рецензування його рукопису.

## Скорочення, прийняті в тексті посібника

|  |  |
|--|--|
| АДТ  | – активна ділянка траєкторії;                  |
| ВП   | – вогнева позиція;                             |
| ВТГ  | – вертикальний температурний градієнт;         |
| ДМК  | – десантний метеорологічний комплект;          |
| ЗІП  | – запасні інструменти і приладдя;              |
| КПРВ   | – курс підготовки ракетних військ;             |
| МС   | – метеорологічна станція;                      |
| ПДТ  | – пасивна ділянка траєкторії;                  |
| РВіА   | – ракетні війська і артилерія;                 |
| РПМК   | – радіопеленгаційний метеорологічний комплекс; |
| РС   | – реактивний снаряд;                           |
| РСЗВ   | – реактивна система залпового вогню;           |
| СП   | – стартова позиція;                            |
| ЦМ   | – центр мас;                                   |
| ЦТ   | – центр тиску;                                 |
| <i>a</i>   | – швидкість звуку;                             |
| <i>B</i>   | – баричний ступінь;                            |
| <i>D</i>   | – дальність;                                   |
| <i>M<sub>ст</sub></i>                              | – стабілізуючий момент;                        |
| <i>П</i>   | – атмосферний тиск;                            |
| <i>C<sub>x</sub>, C<sub>y</sub>, C<sub>z</sub></i> | – аеродинамічні коефіцієнти;                   |
| <i>e</i>   | – пружність водяної пари (парціальний тиск);   |
| <i>E</i>   | – максимальна пружність водяної пари;          |
| <i>g</i>   | – прискорення вільного падіння;                |
| <i>G</i>   | – сила тяжіння;                                |
| <i>h</i>   | – висота;                                      |
| <i>M</i>   | – число Маха;                                  |
| <i>P</i>   | – тяга;  |
| <i>q</i>   | – абсолютна вологість;                         |
| <i>r</i>   | – відносна вологість;                          |

|                   |   |
|-------------------|---|
| $R$               | – аеродинамічна сила;                         |
| $R_2$             | – газова стала;                               |
| $R_X$             | – сила лобового опору;                        |
| $R_Y$             | – підйомна сила;                              |
| $R_Z$             | – бокова сила;                                |
| $S$               | – площа;                                      |
| $t$               | – температура за стоградусною шкалою;         |
| $T$               | – абсолютна температура;                      |
| $V$               | – об'єм;                                      |
| $v$               | – швидкість польоту ракети (РС);              |
| $w$               | – швидкість газів у камері ракетного двигуна; |
| $W$               | – швидкість вітру;                            |
| $\alpha_w$        | – дирекційний кут вітру;                      |
| $\delta\Pi_t$     | – температурна поправка;                      |
| $\delta\Pi_D$     | – додаткова поправка;                         |
| $\delta\Pi_{III}$ | – шкалова поправка;                           |
| $\theta$          | – кут тангажу;                                |
| $\xi$             | – вертикальний кут;                           |
| $\rho$            | – густина;                                    |
| $\tau$            | – витрата палива;                             |
| $\psi$            | – вага шару.                                  |

## Розділ 1

### АТМОСФЕРА ЗЕМЛІ

#### 1.1. Склад і структура атмосфери

*Атмосфера* – повітряна оболонка, яка оточує земну кулю. Вона обертається з Землею як єдине ціле. У перекладі з грецької: «атмос» – пар, повітря; «сфера» – куля, оболонка. Можна вважати, що атмосфера простягається до висоти 2000–3000 км і, не маючи чіткої межі, переходить в міжпланетний простір [1].

За своїм складом атмосфера є механічною сумішшю газів, яка називається *повітрям*. Основними газами, що утворюють повітря, є: азот, кисень та аргон. Їх вміст у складі сухого повітря біля поверхні землі схематично наведений на рисунку 1.

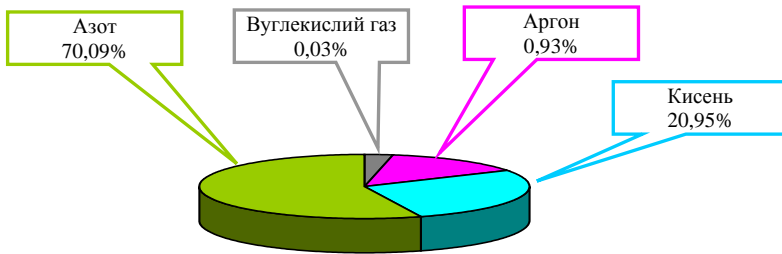


Рисунок 1 – Склад сухого повітря

Крім того, в повітрі завжди є домішки: пил, водяна пара. Кількість водяної пари коливається в межах 0–4% від об'єму. Основна маса атмосфери (завдяки силі земного тяжіння) зосереджена в її нижніх шарах. Установлено, що з висотою склад повітря змінюється мало, але більша части-

на водяної пари (а також пилу) зосереджена в нижніх шарах атмосфери (половина загальної кількості водяної пари в шарах, розміщених нижче 1500 м, основна частина пилу – нижче 500 м). З висоти 10 км поступово збільшується вміст озону, який захищає земну поверхню від ультрафіолетового випромінювання Сонця (на висоті близько 35 км він досягає максимуму).

За своїми фізичними характеристиками атмосферу в вертикальному напрямку поділяють на декілька шарів (рис. 2) [2].

**Тропосфера** – нижній шар атмосфери. У тропосфері зосереджені значна частина маси земної атмосфери і майже вся водяна пара. Типовою особливістю тропосфери є перемішування повітря по вертикалі ("тропос" – обертання), що приводить до зниження температури з висотою на 0,6–0,7 °C на кожні 100 м. Швидкість вітру в тропосфері, як правило, з висотою зростає, доходячи до максимуму на її верхній межі. Тут утворюються хмари та випадають опади. Тропосфера є тим шаром атмосфери, де розвиваються процеси, що обумовлюють погоду та її зміну.

Найнижчий шар тропосфери, товщина якого коливається в межах 1–2 км, називається приграничним шаром атмосфери (шаром тертя). У цьому шарі найбільш яскраво проявляється механічний та тепловий вплив поверхні Землі: температура повітря в цьому шарі тісно пов'язана з температурою ґрунту; вітер, як правило, посилюється з висотою і повертає в північній півкулі праворуч (у південній – ліворуч).

Перехідний шар від тропосфери до стратосфери має товщину від декількох метрів до 1–2 км і називається *тропопаузою*. Основною ознакою тропопаузи є припинення плавного зниження температури з висотою. Середня температура на верхньому рівні тропопаузи близько -50 °C над полюсом і від -75 °C до -80 °C над екватором.

**Стратосферою** називається шар атмосфери, де повітря вертикально майже не переміщується, що приводить до постійності або зростання температури з висотою. Стратосфера також характеризується сухістю повітря та відсутністю хмар. Повітря в стратосфері дуже розріджене. У нижній частині стратосфери швидкість повітряних течій поступово зменшується і досягає мінімального значення на висоті 20–25 км. Далі швидкість вітру збільшується і на верхній межі може досягати декількох десятків метрів за секунду. Стратосфера простягається до висоти 50 км. Перехідний шар від стратосфери до мезосфери називається *стратопаузою*.

**Мезосферою** називається шар атмосфери, що характеризується значним зростанням температури по вертикалі в нижній своїй частині та спадом – у верхній. Густина повітря в мезосфері мала: на нижній межі вона приблизно в 1000 разів, а на верхній – у 100000 разів менше, ніж біля поверхні Землі. Мезосфера простягається до висоти 80 км.

**Термосферою** називають шар атмосфери, що характеризується безперервним зростанням температури з висотою. Характерною особливістю термосфери є наявність великої кількості іонів – заряджених частинок, що обумовлює високу електропровідність термосфери. Тому термосферу інколи називають *іоносферою*. Густина повітря в термосфері дуже мала. Термосфера простягається до висоти 1000 км.

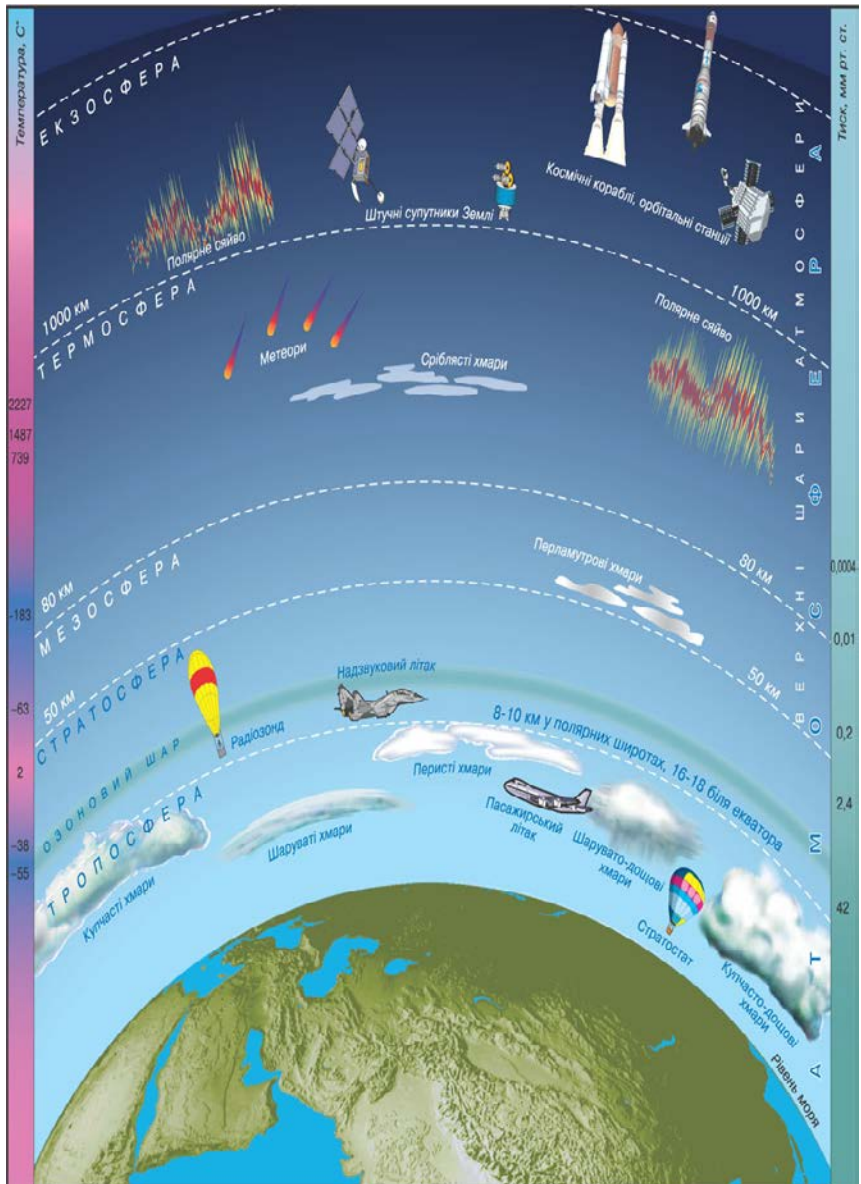


Рисунок 2 – Структура атмосфери Землі



**Екзосфера**, або сфера розсіювання, є зовнішнім шаром земної атмосфери, з якого (внаслідок малого впливу сили земного тяжіння) відбувається розсіювання газів у світовий простір.

Таким чином, виходячи з аналізу фізичних характеристик атмосфери, можна зазначити, що найбільший вплив на політ ракет і реактивних снарядів має нижній шар атмосфери – тропосфера.

## 1.2. Основні фізичні властивості атмосфери

Атмосфера складається з повітря, тому її властивості збігаються з властивостями повітря та підпорядковуються законам, яким підкоряється повітря [3, 4].

1. Повітря має вагу. При тиску атмосфери 760 мм рт. ст. (1013,2 мб) та температурі 0 °С вага 1 м<sup>3</sup> повітря становить 1,293 кг.

2. Завдяки своїй вазі повітря тисне на поверхню Землі та предмети, виштовхуючи нагору будь-яке тіло, розміщене в ньому. Сила, що виштовхує, за законом Архімеда, дорівнює вазі повітря в тому об'ємі, який займає це тіло. Тому, наприклад, підіймаються в повітря аеростати, повітряні кулі і т. д.

3. Повітря притаманна порівняно мала в'язкість, тобто мале тертя між його окремими частинками. Унаслідок цього рухомість повітря надзвичайно велика. Вона у 8000 разів перевищує рухливість води.

4. Завдяки великій текучості повітря його тиск (згідно з законом Паскаля) передається в усі боки рівномірно з однаковою силою.

5. Повітря легко стискається і розширюється. Під дією зовнішньої сили повітря може стискуватися до об'єму, в декілька сотень разів меншого від свого попереднього

об'єму; за відсутності ж зовнішніх стискальних сил воно здатне розширюватися майже безмежно.

6. Питомий об'єм повітря (об'єм одиниці маси) за умови постійності температури зворотно пропорційний тиску (відповідно до закону Бойля-Маріотта):

$$\frac{V}{V_0} = \frac{P_0}{P}, \quad (1)$$

де індекс «0» означає початкове значення;  $V$  – об'єм повітря при температурі  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $\text{м}^3$ ;  $P$  – тиск повітря, Па.

7. Повітря має пружність. При стисканні воно чинить опір стискальній силі. Сила опору дорівнює силі тиску, тобто пружність повітря дорівнює зовнішньому тиску.

8. Завдяки пружності повітря передає коливання своїх частинок у вигляді хвиль. Так, звукові коливання поширюються у вигляді звукових хвиль зі швидкістю близько  $340\text{ м/с}$ .

9. Пружність газів зі складу повітря за законом Дальтона дорівнює сумі парціальних тисків кожного газу.

10. Під час нагрівання повітря розширюється, а під час охолодження – стискується. Розширення та стиснення повітря під час зміни його температури відбувається за законом Гей-Люссака: при підвищенні (зниженні) температури на  $1\text{ }^\circ\text{C}$  (за умови постійності тиску) повітря розширюється (стискується) на  $1/273$  частину свого об'єму, який воно займає при температурі  $0\text{ }^\circ\text{C}$ . Тому об'єм повітря ( $V$ ) при температурі ( $t$ ) дорівнює

$$V = V_n(1 + \alpha \cdot t), \quad (2)$$

де  $\alpha = 1/273$  – коефіцієнт об'ємного розширення повітря;  $V_n$  – питомий об'єм повітря при температурі  $0\text{ }^\circ\text{C}$ ;  $t$  – температура за стоградусною шкалою,  $0\text{ }^\circ\text{C}$ .

Якщо температура виражена за абсолютною шкалою, тоді

$$V = V_n \frac{T}{T_n}, \quad (3)$$

де  $T$ ,  $T_n$  – абсолютна температура повітря та питома абсолютна температура повітря відповідно, °К.

Тобто питома об'єм повітря прямо пропорційний його абсолютній температурі:

$$\frac{V}{V_n} = \frac{T}{T_n}. \quad (4)$$

За законами Бойля-Маріотта і Гей-Люссака добуток питомого об'єму повітря на його тиск, поділений на абсолютну температуру, є величина стала:

$$\frac{PV}{T} = \frac{P_n V_n}{T_n} = R_2, \quad (5)$$

де  $P_n$  – питома атмосферний тиск повітря, Па;  $R_2$  – (газова стала).

Основне рівняння стану газів (рівняння Клапейрона-Менделєєва) має вигляд

$$\frac{PV}{T} = R_2, \quad (6)$$

або

$$PV = R_2 T. \quad (7)$$

А з урахуванням того, що питома об'єм повітря – величина, обернена густині ( $\rho$ ):

$$V_n = \frac{1}{\rho}, \quad (8)$$

можна записати

$$\frac{P}{T\rho} = R_2. \quad (9)$$

Якщо початковими умовами будуть:  $P = 760$  мм рт. ст. (1013,2 мб),  $T = 273$  °К,  $\rho = 1,293$  кг/м<sup>3</sup>, тоді значення газової сталої дорівнюватиме

$$R_z = \frac{1013,2}{273 \cdot 0,001293} = 287 \text{ м}^2/\text{с}^2 \cdot \text{°К}. \quad (10)$$

Якщо тиск атмосфери виражений у вагових одиницях, тоді

$$R'_z = \frac{R_z}{g} = \frac{287}{9,81} = 29,26 \text{ м/°К}. \quad (11)$$

11. Під час стиснення повітря нагрівається, під час розширення – охолоджується.

12. Питома теплоємність повітря (кількість тепла, що необхідна для підвищення температури одиниці його маси на один градус) мала – в шість разів менше води.

13. Об'ємна теплоємність повітря (кількість тепла, що необхідна для підвищення температури одиниці його об'єму на один градус) безмірно мала – в 3000 разів менше води.

14. Теплопровідність нерухомого повітря (здатність передавати тепло) дуже мала – в 26 разів менша, ніж теплопровідність води, і в 20000 разів – ніж теплопровідність срібла.

15. Сухе і чисте повітря легко пропускає променеву енергію Сонця (сонячну радіацію). Із загальної кількості сонячної радіації, що потрапляє в атмосферу, до земної поверхні доходить близько 60–70%. Найбільше атмосфера поглинає невидимі промені (інфрачервоні), найменше – видимі сонячні промені.

### 1.3. Основні метеорологічні елементи

Для кількісної характеристики фізичного стану атмосфери введено ряд величин (показників), які називаються **метеорологічними елементами** (далі метеоеlementи). Основними метеоеlementами є: температура, вологість та густина повітря, швидкість та напрямок вітру, тиск атмосфери [2–4].

Значення метеоеlementів поділяють на **наземні** та **значення на висотах**. Наземні значення метеоеlementів вимірюють, як правило, на висоті 2–5 м над поверхнею землі.

У свою чергу значення на висотах поділяють на **дійсні** та **середні**. Дійсні значення належать до визначеної висоти. Середні ж значення метеоеlementів характеризують стан деякого шару атмосфери від поверхні землі до заданої висоти і визначаються як середнє арифметичне між дійсними значеннями метеоеlementів на цих висотах.

#### 1.3.1. Температура повітря

Під **температурою** повітря розуміють ступінь його нагріву. Температура повітря – найбільш важливий метеорологічний елемент. Від розподілу її земною поверхнею і за висотою залежать розподіл атмосферного тиску, виникнення повітряних течій, вологість повітря та інші фізичні характеристики атмосфери.

Джерелом тепла в атмосфері є Сонце, яке випромінює свою енергію у вигляді хвиль, що поширюється в просторі зі швидкістю близько 300000 км/с.

Променева енергія Сонця складається з хвиль різної довжини: видимих (довжина хвилі 0,4–0,76 мкм) і невидимих (ультрафіолетових (довжина хвилі < 0,4 мкм) та інфрачервоних (довжина хвилі > 0,76 мкм).

Найбільшу частину енергії несуть видимі промені, але їх атмосфера вільно пропускає аж до поверхні Землі. Тому безпосередньо сонячними променями атмосфера нагрівається мало. Нагрівання атмосфери здійснюється безпосередньо від нагрітої Сонцем поверхні Землі, а охолодження її в нижніх шарах відповідно відбувається від охолодження земної поверхні.

Від поверхні Землі тепло може передаватися до атмосфери шляхом випромінювання, теплопровідності та конвекції.

У результаті **випромінювання** прогріваються переважно нижні шари атмосфери, що містять найбільшу частину водяної пари та пилу, які поглинають променеви енергію Землі.

Повітря – слабкий провідник тепла. Через його малу теплопровідність атмосфера в спокійному стані прогрівалася б дуже повільно. Але атмосферне повітря є дуже рухливим середовищем, воно постійно перебуває у стані руху. При цьому частинки повітря рухаються хаотично (різноманітними шляхами) і тим самим у 10–100 тис. разів підвищують теплопровідність повітря. Завдяки турбулентному перемішуванню повітря тепло від поверхні Землі швидко передається атмосфері. Тому теплопровідність повітря відіграє значно більшу роль у нагріванні атмосфери в межах тропосфери, ніж земне випромінювання.

Найсильніше прогрівання тропосфери (аж до її верхніх шарів) відбувається в результаті перемішування повітря під впливом теплової **конвекції** – вертикальних течій повітря, що виникають через нерівномірне нагрівання земної поверхні Сонцем. Завдяки різниці в кольорі, вологості, характері поверхні, теплоємності та інших факторів окремі площі суші прогріваються нерівномірно, що приводить до нерівномірного нагрівання повітря. Більш нагріте повітря виштовхується холоднішим і густішим, яке також нагріва-

ється і виштовхується і т. д. Унаслідок цього в атмосфері виникають течії повітря, що піднімаються вгору та опускаються до землі.

Крім випромінювання Землі, теплопровідності та конвекції на тепловий стан тропосфери сильно впливає термічна **адвекція** – перенесення тепла або холоду повітряними течіями у горизонтальному напрямку. Вони приводять до потепління або похолодання.

У межах тропосфери температура повітря зі збільшенням висоти, як правило, знижується. Причинами цього є віддалення від джерела тепла (земної поверхні) і адиабатичне охолодження повітря (за рахунок розширення повітря під час піднімання, коли стає меншим тиск верхніх шарів).

Зміна температури з висотою характеризується **вертикальним температурним градієнтом**, тобто зміною її на одиницю висоти, як правило, на 100 м. Вертикальний температурний градієнт вважають додатним, якщо температура з висотою знижується, і від'ємним, коли вона підвищується. Величина вертикального температурного градієнта залежить від стану погоди, пори року та часу доби, висоти над земною поверхнею і може коливатися від  $+1\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$  на 100 м. Уночі і взимку вертикальний температурний градієнт, як правило, менший, ніж вдень та влітку і нерідко набуває від'ємного значення.

У середньому для тропосфери під час різного роду розрахунків вертикальний температурний градієнт беруть таким, що дорівнює  $0,6\text{ }^{\circ}\text{C}$  на 100 м. У стратосфері вертикальний температурний градієнт беруть таким, що дорівнює нулю.

Явище, коли замість звичайного з висотою зниження температури спостерігається її підвищення, називається **інверсією**. Явище, при якому температура в межах якогонебудь шару зберігає своє значення, називається **ізотермією**.

Одиницею вимірювання температури є градус ( $^{\circ}$ ), величина якого залежить від прийнятої температурної шкали.

В Україні, як і в більшості інших країн, використовується стандартна міжнародна стоградусна температурна шкала ( $t^{\circ}\text{C}$ ), в якій  $0^{\circ}\text{C}$  відповідає точці плавлення льоду, а  $100^{\circ}\text{C}$  – точці кипіння води (при атмосферному тиску  $P = 760$  мм рт. ст.). У США використовують шкалу Фаренгейта ( $t^{\circ}\text{F}$ ), за якою точка плавлення льоду дорівнює  $32^{\circ}\text{C}$ , а точка кипіння води –  $212^{\circ}\text{C}$ . В обігу ще можна зустріти шкалу Реомюра ( $t^{\circ}\text{R}$ ), за якою точка плавлення льоду дорівнює  $0^{\circ}\text{C}$ , а точка кипіння води –  $80^{\circ}\text{C}$ .

При розрахунках часто використовують абсолютну температурну шкалу ( $T^{\circ}\text{K}$ ) – шкалу Кельвіна, за якою температура відраховується від абсолютного нуля. Нулю градусів за абсолютною шкалою відповідає температура  $-273^{\circ}\text{C}$ .

Для перерахунку температури, вираженої в градусах однієї шкали, в градуси іншої шкали можна використовувати такі формули:

$$T^{\circ}\text{K} = t^{\circ}\text{C} + 273, \quad (12)$$

$$t^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9}(t^{\circ}\text{F} - 32) = \frac{5}{4}t^{\circ}\text{R}. \quad (13)$$

Варіанти визначення абсолютної температури і температури повітря на рівні СП наведені у прикладах 1 і 2.

### **Приклад 1**

*У районі СП виміряна температура, що дорівнює  $-16,2^{\circ}\text{C}$ . Визначити середню абсолютну температуру в шарі від поверхні землі до висоти 1800 м, якщо на висоті 1800 м температура дорівнює  $-26,6^{\circ}\text{C}$ .*



### **Розв'язання**

1. Визначити середню температуру в шарі до заданої висоти:

$$t_{\text{сер}} = \frac{-16,2 + (-26,6)}{2} = -21,4 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

2. Визначити середню абсолютну температуру в заданому шарі:

$$T_{\text{сер}} = -21,4 + 273 = 251,6 \text{ } ^\circ\text{K}.$$

### **Приклад 2**

Температура повітря на висоті  $СП_1$  дорівнює  $+5 \text{ } ^\circ\text{C}$ , а на висоті  $h = 2000\text{ м}$  –  $-7,6 \text{ } ^\circ\text{C}$ . Визначити температуру повітря на рівні  $СП_2$ , розташованій на висоті  $500\text{ м}$ , вважаючи, що вертикальний температурний градієнт у цьому шарі постійний.

### **Розв'язання**

1. Визначити вертикальний температурний градієнт у шарі до висоти  $2000\text{ м}$ :

$$ВТГ = \frac{t_{СП_1} - t_{2000}}{h} \cdot 100 = \frac{5 - (-7,6)}{2000} \cdot 100 = 0,63 \text{ } ^\circ\text{C}/100 \text{ м}.$$

2. Визначити температуру на  $СП_2$ :

$$t_{500} = t_{СП_1} - \frac{ВТГ \cdot h}{100} = 5 - \frac{0,63 \cdot 500}{100} = 1,85 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

## **1.3.2. Тиск атмосфери**

Сила, з якою стовп повітря, що простягається від землі до верхньої межі атмосфери, тисне на одиницю поверхні, називається **тиском атмосфери**.

У фізиці за нормальний тиск атмосфери (стандартний) взятий тиск, який відповідає вазі ртутного стовпчика висо-

тою 760 мм з основою 1 см<sup>2</sup> при температурі 0 °С на рівні моря і на широті 45°, де прискорення сили тяжіння  $g_0 = 980,6 \text{ см/с}^2$ . Цей тиск дорівнює  $P_0 = 760 \text{ мм рт. ст.}$

У одиницях сили нормальний тиск дорівнює:

$$P_0 = h_0 \rho g_0. \quad (14)$$

Підставивши відповідні значення ( $\rho = 13,596 \text{ г/см}^3$  – густина ртуті), отримаємо:

$$P_0 = 76 \cdot 13,596 \cdot 980,6 = 1013250 \text{ дн/см}^2. \quad (15)$$

Дина – одиниця сили, яка надає тілу вагою в 1г прискорення в 1м/с<sup>2</sup>.

У фізиці тиск у 1 дн/см<sup>2</sup> взятий за одиницю тиску і має назву бар.

У метеорології баром називають одиницю, в 1000000 разів більшу, тобто 1б = 1000000 дн/см<sup>2</sup> або 1 мб (мілібар) = 1000 дн/см<sup>2</sup>. Таким чином, нормальний тиск в метеорології дорівнює 1013,3мб.

У ракетних військах і артилерії, на відміну від фізики, за нормальний наземний тиск прийнятий тиск, що дорівнює  $P_0 = 750 \text{ мм рт. ст.} = 1000 \text{ мб.}$

Існує співвідношення між величинами одного і того ж тиску, виміряного в різних одиницях:

$$P (\text{мб}) = \frac{4}{3} P (\text{мм рт. ст.}); \quad (16)$$

$$P (\text{мм рт. ст.}) = \frac{3}{4} P (\text{мб}). \quad (17)$$

З висотою тиск атмосфери зменшується, тому що зменшується вага стовпа атмосфери.

Зменшення тиску за висотою з достатньою точністю виражається барометричною формулою

$$P_2 = P_1 e^{-\frac{\Delta h}{R_0 T_{\text{сер}}}}, \quad (18)$$

де  $P_1, P_2$  – тиск на висотах  $h_1, h_2$ , мм рт. ст. (мб);  $T_1, T_2$  – абсолютна температура на висотах  $h_1, h_2$ , °К;  $R_z$  – газова стала;  $T_{cep} = \frac{T_1 + T_2}{2}$  – середня абсолютна температура в шарі, °К);  $\Delta h = h_2 - h_1$  – різниця висот, м.

За допомогою виразу (18) в метеорології та в РВіА розв'язується ряд практичних задач, зокрема:

- визначення висот (перевищень) за відомими значеннями тиску і температури на цих висотах;
- визначення тиску на заданій висоті за відомими значеннями тиску і температури на іншій висоті.

Для визначення перевищень ( $\Delta h$ ) одного пункту над іншим, як правило, користуються наближеною барометричною формулою (формулою Бабіне):

$$\Delta h = 16000 \frac{P_{h_1} - P_{h_2}}{P_{h_1} + P_{h_2}} (1 + \alpha \cdot t_{cep}), \quad (19)$$

де  $P_{h_1}, P_{h_2}$  – тиск на висотах  $h_1, h_2$ , мм рт. ст. (мб);  $\alpha$  – коефіцієнт розширення газів;  $t_{cep}$  – середня температура в шарі, °С.

Інколи ця формула записується інакше:

$$\Delta h = 29,27 \cdot \frac{P_{h_1} - P_{h_2}}{P_{cep}} (273 + t_{cep}), \quad (20)$$

де  $P_{cep}$  – середній тиск у шарі, мм рт. ст. (мб).

Похибки розрахунків за наближеною формулою при різниці висот до 500–600 м незначні; при різниці ж висот 2000 м вони досягають 1%.

На практиці для визначення перевищення одного пункту над іншим часто використовують так званий баричний (барометричний) ступінь.

**Барометричний (баричний) ступінь** – висота в метрах, на яку необхідно піднятися або опуститися, щоб тиск атмосфери зменшився або збільшився на 1 мб (мм рт. ст.).

Розраховують баричні ступені, використовуючи вираз (19) або (20). Ураховуючи, що в цьому випадку  $P_{h_1} - P_{h_2} = 1 \text{ мб (мм рт. ст.)}$ , без великої похибки можна прийняти, що  $P_{h_1} + P_{h_2} = 2P$ . Тоді формула для розрахунку баричного ступеня набуде вигляду

$$B = \frac{8000 \cdot (1 + \alpha \cdot t)}{\dot{P}}, \quad (21)$$

або

$$B = 29,27 \cdot \frac{273 + t}{P}, \quad (22)$$

де  $B$  – баричний ступінь, м/мм рт. ст. (м/мб);  $t$  – температура повітря, °С.

Величини баричних ступенів (в м/мм рт. ст.), розраховані для різних значень тиску і температури, наведені в табл. 1.

На практиці за допомогою баричного ступеня тиск атмосфери, виміряний на рівні метеостанції, приводять до рівня стартової позиції за формулою

$$P_{СП} = P_m + \frac{h_m - h_{СП}}{B}, \quad (23)$$

де  $P_{СП}$  – тиск на рівні СП, мм рт. ст. (мб);  $P_m$  – тиск на рівні метеостанції, мм рт. ст. (мб),  $h_m$  – висота метеостанції над рівнем моря, м;  $h_{СП}$  – висота СП над рівнем моря, м;  $B$  – баричний ступінь, м/мм рт. ст. (м/мб).

Таблиця 1 – Значення баричних ступенів

| $P, \text{ мм рт. ст.}$<br>$t, ^\circ\text{C}$ | 690  | 700  | 710  | 720  | 730  | 740  | 750  | 760  | 770  | 780  |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 40   | 13,3 | 13,1 | 12,9 | 12,7 | 12,6 | 12,4 | 12,2 | 12,1 | 11,9 | 11,7 |
| 35   | 13,1 | 12,9 | 12,7 | 12,5 | 12,3 | 12,2 | 12,0 | 11,9 | 11,7 | 11,6 |
| 30   | 12,9 | 12,7 | 12,5 | 12,3 | 12,1 | 12,0 | 11,8 | 11,7 | 11,5 | 11,4 |
| 25   | 12,6 | 12,5 | 12,3 | 12,1 | 11,9 | 11,8 | 11,6 | 11,5 | 11,3 | 11,2 |
| 20   | 12,4 | 12,3 | 12,1 | 11,9 | 11,7 | 11,6 | 11,4 | 11,3 | 11,1 | 11,0 |
| 15   | 12,2 | 12,0 | 11,9 | 11,7 | 11,5 | 11,4 | 11,2 | 11,1 | 10,9 | 10,8 |
| 10   | 12,0 | 11,8 | 11,7 | 11,5 | 11,3 | 11,2 | 11,0 | 10,9 | 10,8 | 10,6 |
| +5   | 11,8 | 11,6 | 11,5 | 11,3 | 11,1 | 11,0 | 10,9 | 10,7 | 10,6 | 10,4 |
| 0  | 11,6 | 11,4 | 11,3 | 11,1 | 10,9 | 10,8 | 10,7 | 10,5 | 10,4 | 10,2 |
| -5   | 11,4 | 11,2 | 11,0 | 10,9 | 10,7 | 10,6 | 10,5 | 10,3 | 10,2 | 10,1 |
| -10  | 11,2 | 11,0 | 10,8 | 10,7 | 10,5 | 10,4 | 10,3 | 10,1 | 10,0 | 9,9  |
| -15  | 10,9 | 10,8 | 10,6 | 10,5 | 10,3 | 10,2 | 10,1 | 9,9  | 9,8  | 9,7  |
| -20  | 10,7 | 10,6 | 10,4 | 10,3 | 10,1 | 10,0 | 9,9  | 9,8  | 9,6  | 9,5  |
| -25  | 10,5 | 10,4 | 10,2 | 10,1 | 10,0 | 9,8  | 9,7  | 9,6  | 9,4  | 9,3  |
| -30  | 10,3 | 10,2 | 10,0 | 9,9  | 9,7  | 9,6  | 9,5  | 9,4  | 9,3  | 9,1  |
| -35  | 10,1 | 10,0 | 9,8  | 9,7  | 9,5  | 9,4  | 9,3  | 9,2  | 9,0  | 8,9  |
| -40  | 9,9  | 9,7  | 9,6  | 9,5  | 9,3  | 9,2  | 9,1  | 9,0  | 8,9  | 8,7  |

Порядок визначення тиску атмосфери на рівні СП наведено у прикладі 3.

### **Приклад 3**

На метеостанції, розміщеній на 130 м нижче СП, були проведені наземні метеорологічні вимірювання. Атмосферний тиск становив  $P_m = 773 \text{ мм рт. ст.}$ , а температура  $-t_m = -24 \text{ }^\circ\text{C}$ . Потрібно визначити тиск на рівні СП.

### **Розв'язання**

1. З табл. 1 за найближчими значеннями тиску та температури (770 мм рт. ст. та  $-25 \text{ }^\circ\text{C}$  відповідно) баричний ступінь  $B = 9,4 \text{ м/мм рт. ст.}$  Або за формулою (22):

$$B = 29,27 \cdot \frac{273 + (-24)}{773} = 9,4 \text{ м/мм рт. ст.}$$

2. Знайти тиск на рівні СП за формулою (23):

$$P_{СП} = 773 + \frac{-130}{9,4} = 759 \text{ мм рт. ст.}$$

### 1.3.3. Вологість повітря

Під **вологістю повітря** розуміють наявність у ньому водяної пари [2]. У повітрі її не видно, але вона завжди присутня. Кількість її змінна і може бути від 0 до 4%.

Вологість характеризується двома характеристиками.

Перша – **абсолютна вологість** ( $q$ ) – кількість водяної пари (в грамах) у  $1 \text{ м}^3$  повітря. Частіше абсолютну вологість називають **пружністю** водяної пари ( $e$ ) в повітрі або її **парціальним тиском** (вимірюється в мм рт.ст. або мб).

Якщо пружність водяної пари ( $e$ ) виражена в мм рт.ст., то зв'язок абсолютної вологості та пружності водяної пари виражається формулою

$$q = \frac{1,06e}{1 + \alpha \cdot t}, \quad (24)$$

де  $t$  – температура повітря, °С;  $\alpha$  – коефіцієнт розширення повітря.

При температурі  $16,4^\circ\text{C}$  вологість в  $\text{г/м}^3$  буде дорівнювати пружності водяної пари в мм рт.ст.

Пружність водяної пари для конкретної температури не може бути більшою деякого визначеного значення, яке називається **максимальною пружністю** ( $E$ ). Вона залежить від температури повітря: чим вища температура, тим більша максимальна пружність водяної пари (тим більше її може бути в повітрі).

У табл. 2 показана залежність максимальної пружності водяної пари ( $E$ ) від температури.

Таблиця 2 – Значення максимальної пружності водяної пари

|                                   |     |     |     |     |     |      |      |      |      |
|-----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|
| Температура, °С                   | -30 | -20 | 10  | 0   | 10  | 15   | 20   | 30   | 40   |
| Максимальна пружність, мм рт. ст. | 0,9 | 0,8 | 1,9 | 4,6 | 9,2 | 12,8 | 17,5 | 31,8 | 55,3 |

Друга характеристика – *відносна вологість* ( $r$ ) – ступінь насиченості повітря водяною парою (у відсотках від максимальної пружності водяної пари):

$$r = \frac{e}{E}. \quad (25)$$

У ракетних військах і артилерії вологість безпосередньо не вимірюють, а вважають, що відносна вологість є величиною постійною на всіх висотах і дорівнює  $r = 50\%$ , а вплив вологості повітря враховують через віртуальну температуру ( $t_v$ ).

Якщо пружність водяної пари ( $e$ ) досягає свого максимального значення ( $E$ ), то відносна вологість буде дорівнювати 100%, тобто повітря буде максимально насичене водяною парою. Якщо в цьому випадку в повітря буде продовжувати надходити водяна пара або насичена пара почне охолоджуватись, унаслідок чого її межа пружності зменшиться, в атмосфері почнеться процес конденсації, тобто перетворення водяної пари у воду (водяні краплі). При температурі, нижчій 0 °С, водяна пара з газоподібного стану може переходити в твердий (кристали льоду). У результаті цього в атмосфері утворюються хмари та тумани. При злитті крапель води або при зрощуванні кристалів льоду утворюються опади – дощ або сніг.

### 1.3.4. Густина повітря

*Густиною повітря* ( $\rho$ ) називають або відношення маси повітря до об'єму, який воно займає (масова густина), або вагу  $1\text{ м}^3$  повітря в кілограмах (вагова густина). У метеорологічній практиці цю величину, як правило, не визначають і не відносять до метеорологічних елементів. Але для ракетних військ і артилерії густина повітря має значне значення, оскільки від її величини залежить сила опору повітря польоту літального апарата [2–4].

Густину повітря розраховують за вимірними величинами температури, тиску і вологості за залежністю

$$\rho = \frac{aP}{R_2T}, \quad (26)$$

де  $\rho$  – густина повітря,  $\text{кг/м}^3$ ;  $P$  – тиск атмосфери, мм рт. ст. (мб);  $R_2$  – газова стала,  $\text{м}^3/\text{кг}\cdot\text{K}$ ;  $T$  – температура за абсолютною шкалою,  $^\circ\text{K}$ ;  $a$  – коефіцієнт переведення:  $a = 10,2$  мб або  $13,6$  мм рт. ст.

Оскільки в повітрі завжди є водяна пара, то тиск вологого повітря ( $P_e$ ) буде складатися з парціального тиску сухого повітря ( $P_c$ ) і тиску водяної пари ( $e$ ):

$$P_e = P_c + e, \quad (27)$$

а густина вологого повітря ( $\rho_e$ ) із густини сухого повітря та густини водяної пари ( $\rho_n$ ):

$$\rho_e = \rho_c + \rho_n. \quad (28)$$

Густина сухого повітря дорівнює

$$\rho_c = 13,6 \frac{P_c - e}{R_{2c}T}. \quad (29)$$



Оскільки густина водяної пари при однакових тиску та температурі становить 0,622 від густини сухого повітря, то густина водяної пари дорівнює

$$\rho_n = 0,622 \cdot 13,6 \frac{e}{R_{2c}T}. \quad (30)$$

Звідси густина волого повітря дорівнює

$$\rho_g = \rho_c + \rho_n = \frac{13,6}{R_{2c}T} (\Pi_g - 0,378 e). \quad (31)$$

або

$$\rho_g = 13,6 \frac{\Pi_g}{R_{2c}T(1 + 0,378 \frac{e}{\Pi_g})}. \quad (32)$$

Ввівши позначення

$$T(1 + 0,378 \frac{e}{\Pi_g}) = T_v, \quad (33)$$

отримаємо

$$\rho = \frac{13,6 \Pi_g}{R_{2c}T_v}, \quad (34)$$

де  $T_v$  – віртуальна абсолютна температура.

**Віртуальною температурою** повітря називається така температура сухого повітря, за якої його густина при тому ж тиску дорівнює густині даного вологого повітря. При однаковому тиску густина сухого повітря більша за густину вологого повітря тому, що відповідно до формули (33) віртуальна температура завжди вища за звичайну температуру повітря.

Велике практичне значення віртуальної температури полягає в тому, що вона дозволяє під час розрахунків використовувати в рівнянні стану газів для вологого повітря (26) газу сталу для сухого повітря ( $R_{2c}$ ).

Різниця ( $\Delta t_v$ ) між віртуальною та дійсною температурою називається **віртуальною поправкою**.

Поправки для визначення віртуальної температури (при  $P = 750$  мм рт. ст. і відносній вологості 50%) наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Значення віртуальних поправок

|                         |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|-------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Температура, °C         | -20 | -15 | -10 | -5  | 0   | +5  | 10  | 15  | 20  | 25  | 30  | 35  | 40  | 50  |
| Віртуальна поправка, °C | 0   | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,3 | 0,5 | 0,6 | 0,9 | 1,3 | 1,8 | 2,4 | 3,3 | 4,4 | 7,4 |

Порядок визначення абсолютної віртуальної температури біля землі наведено у прикладі 4.

#### **Приклад 4**

*Визначити значення абсолютної віртуальної температури біля поверхні землі, якщо температура біля поверхні землі  $+15^{\circ}\text{C}$ .*

#### **Розв'язання**

$$t_v = t + \Delta t_v = 15 + 0,9 \text{ (із табл. 3)} = 15,9^{\circ}\text{C, або}$$

$$T_v = 15,9 + 273 = 288,9^{\circ}\text{K.}$$

### **1.3.5. Вітер**

Атмосфера безперервно рухається відносно поверхні Землі. Горизонтальний рух повітря називається **вітром**. Як і будь-який рух, вітер характеризується швидкістю і напрямком.

**Швидкість вітру** – це шлях, який проходить повітря за одиницю часу. Вимірюється швидкість вітру в м/с або км/год ( $1 \text{ м/с} = 3,6 \text{ км/год}$ ). Вітер зі швидкістю 5–8 м/с вважається помірним, більше 14 м/с – сильним, 20–25 м/с – штормом.

**Напрямок вітру** виражають кутом, відліченим від північного напрямку на напрямок, звідки дме вітер, за ходом

годинникової стрілки (рис. 3). Якщо за основний напрямок на північ беруть північний напрямок координатної сітки, то говорять про дирекційний кут вітру, який вимірюють в кутових градусах або в поділках кутоміру.

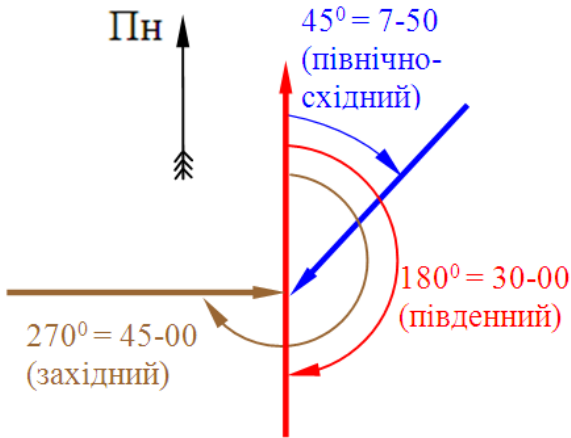


Рисунок 3 – Схема напрямків вітру

Повітряні течії бувають найрізноманітніших масштабів. Найпотужніші з них поширюються на велику товщу атмосфери, охоплюють простори і переносять значні повітряні маси на сотні й тисячі кілометрів.

Безпосередньою причиною виникнення повітряних течій є нерівномірний розподіл атмосферного тиску в горизонтальній площині, який виникає переважно через нерівномірності розподілу температур. Із областей з підвищеним тиском повітря переміщується в області зі знизеним тиском. Швидкість переміщення тим більша, чим більша величина баричного градієнта – величини, що характеризує зміну тиску на обрану одиницю відстані між областями підвищеного та зниженого тиску. Баричний градієнт є основною силою, що створює рух повітряних мас. Але, крім

нього, на характер їх руху впливають й інші сили (сила тертя, обертання Землі, відцентрова сила).

Вплив сили тертя проявляється в тому, що завдяки в'язкості повітря з наближенням до земної поверхні швидкість вітру зменшується і змінюється напрямок руху повітряних мас. Дія цієї сили проявляється на висотах до 1000 м, зменшуючись з висотою. На висотах 2000 м («рівень тертя») і вище її вплив на вітер настільки малий, що його не ураховують.

Сила обертання Землі змінює напрямок руху повітряних мас, що рухаються з області підвищеного тиску до області зменшеного тиску.

Відцентрова сила впливає на повітряні течії, що рухаються криволінійним шляхом (змінює їх напрямок і швидкість).

Розподіл вітру за висотою в різних шарах атмосфери відрізняється деякими характерними особливостями, тому розрізняють шар тертя (1–2 км над земною поверхнею) і вільну атмосферу, що починається вище шару тертя.

У шарі тертя на повітряні течії впливає земна поверхня. Тут виділяють приземний шар (30–40 м над землею), де на повітряні течії переважно впливає сила тертя і турбулентна в'язкість повітря. Тому основною силою, що діє на повітряні маси в цьому шарі, є сила тертя. Зменшення її з висотою викликає різке збільшення швидкості вітру в приземному шарі, при цьому напрямок його практично не змінюється. У приземному шарі атмосфери вітер залежить від характеру місцевості. Значною мірою на нього впливають перешкоди: гори, будівлі, лісові насадження тощо. Отже, на пересіченій місцевості або в районах із різними місцевими предметами, розташованих на незначних відстанях один від одного, швидкість і напрямок вітру можуть бути зовсім різними.

У шарі тертя вище приземного шару на вітер впливає як сила тертя, так і сила обертання Землі. Тому в цьому шарі швидкість вітру збільшується з висотою та змінює напрямок: у північній півкулі – праворуч, у південній – ліворуч. Висота шару тертя непостійна – від 750 до 2000 м.

Вище шару тертя на повітряні течії впливають переважно сили баричного градієнта та обертання землі. Тому далі, зі збільшенням висоти швидкість вітру зростає і змінюється його напрямок. Характер зростання його швидкості й зміни напрямку залежить від величини і напрямку зміни баричного градієнта.

У тропопаузі часто спостерігаються дуже сильні вітри, які називаються струминними течіями. Вони, як правило, розташовуються на висоті 9–12 км, мають ширину 300–400 км у горизонтальному напрямку та товщину 2–4 км. Поширюються струминні течії на десятки тисяч кілометрів. Швидкість вітру в центральній частині течії дорівнює 60–80 м/с, а інколи – 200 м/с. Як правило, вони спрямовані з заходу на схід, але можуть і вигинатися. В області струминної течії спостерігається різка зміна швидкості вітру як у горизонтальному напрямку, так і з висотою.

Отже, розглянувши таким чином основні фізичні властивості атмосфери та її метеорологічні елементи, можна стверджувати, що неврахування хоча б одного з них приведе до суттєвих помилок пусків ракет і стрільби реактивними снарядами.

## **Навчальний тренінг**

### **Основні поняття і терміни**

*Атмосфера, склад сухого повітря, структура атмосфери землі, тропосфера, стратосфера, мезосфера, термосфера, екzosфера, основні фізичні властивості атмосфери, метеорологічний елемент, температура повітря,*

*вертикальний температурний градієнт, тиск атмосфери, барометричний (баричний) ступінь, вологість повітря, віртуальна температура повітря, швидкість та напрямок вітру.*

### **Питання для повторення та самоконтролю**

- 1. Дати визначення атмосфери Землі.*
- 2. Доповісти склад атмосфери.*
- 3. Пояснити структуру атмосфери.*
- 4. Охарактеризувати тропосферу як складову атмосфери.*
- 5. Які фізичні властивості атмосфери?*
- 6. Охарактеризувати основні метеорологічні елементи.*
- 7. Навести приклади явища конвекції у природі та побуті.*
- 8. Пояснити порядок визначення напрямку вітру.*
- 9. Навести формулу для визначення баричного ступеня.*
- 10. Роз'яснити поняття "вертикального температурного градієнта".*

### **Завдання для самопідготовки**

- 1. Підготувати умови задачі для визначення перевищення одного пункту над іншим за відомими значеннями атмосферного тиску на цих пунктах.*

### **Теми, що пропонуються для розроблення рефератів**

- 1. Історія перших досліджень атмосфери землі.*
- 2. Структура атмосфери та характеристика її шарів.*

## Розділ 2

### ВПЛИВ МЕТЕОРОЛОГІЧНИХ УМОВ НА ПОЛІТ РАКЕТ І РЕАКТИВНИХ СНАРЯДІВ

#### 2.1 Сили та моменти, що діють на ракету та реактивний снаряд у польоті

**Траекторія** ракети – це безперервна просторова лінія, яку описує центр мас ракети в польоті після втрати механічного зв'язку з пусковою установкою (бойовою машиною) [5]. Траекторія ракети складається з активної ділянки  $OK$  і пасивної –  $KSC$  (рис. 4).

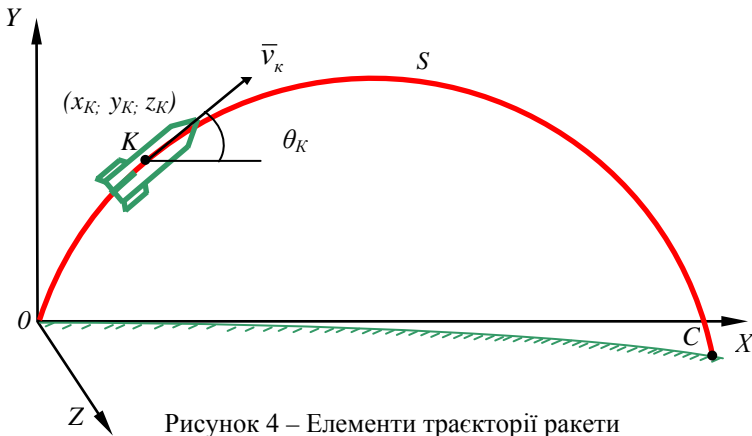


Рисунок 4 – Елементи траекторії ракети

Тут:  $O$  – точка старту;  $K$  – точка кінця АДТ;  
 $S$  – вершина траекторії (максимальна висота польоту);  
 $C$  – точка падіння;  $x, y, z$  – координати центра мас;  
 $\bar{v}$  – вектор швидкості польоту;  
 $\theta$  – кут нахилу вектора швидкості до горизонту

**Активна ділянка траекторії** – це ділянка траекторії, на якій ракета рухається за рахунок сили тяги, створюваної двигуном.

**Пасивна ділянка траєкторії** – це ділянка вільного польоту ракети (з вимкненим двигуном), на якій ракета рухається за рахунок кінетичної енергії, накопиченої на АДТ.

Наприкінці активної ділянки траєкторії кут нахилу називається **кутом кидання** ( $\theta_K$ ) який, як правило, залежить від дальності пуску. В цій самій точці ракета має швидкість ( $\bar{v}_K$ ), яка є максимальною для визначеної дальності. Вектор швидкості завжди спрямований по дотичній до траєкторії.

У загальному випадку на ракету в польоті діє ряд сил (рис. 5), які умовно поділяють на дві групи: **внутрішні**, які утворюються самою ракетою, та **зовнішні**, які утворюються навколишнім середовищем, в якому здійснюється політ ракети.

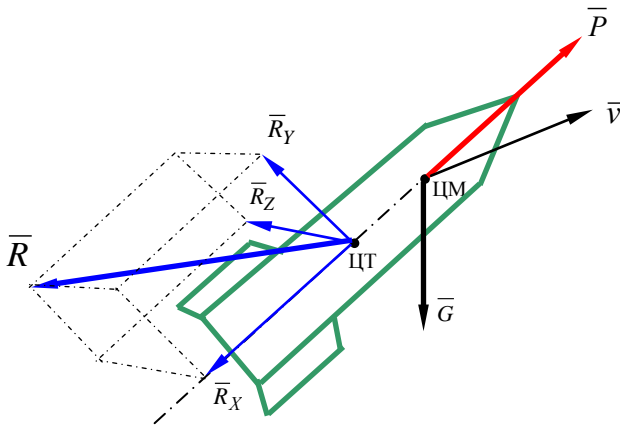


Рисунок 5 – Схема сил, що діють на ракету в польоті

До групи внутрішніх сил відносять:

- силу тяги ( $\bar{P}$ ) (утворюється двигуном ракети);
- управляючі сили (утворюються за допомогою органів управління).



До зовнішніх об'єктивно діючих (природних) сил відносять:

- силу тяжіння ( $\bar{G}$ ) (обумовлена гравітацією Землі);
- сили, які виникають внаслідок обертання Землі (сила інерції Коріоліса та відцентрова сила);
- повну аеродинамічну силу ( $\bar{R}$ ) (утворюється атмосферою Землі).

Сила тяги ( $\bar{P}$ ) та сила тяжіння ( $\bar{G}$ ) прикладені до центра мас ракети і спрямовані:

$\bar{P}$  – повздовжньою віссю ракети в бік головної частини;

$\bar{G}$  – прямовисною лінією до поверхні Землі.

Повна аеродинамічна сила ( $\bar{R}$ ) прикладена до центра тиску ракети і спрямована в бік, протилежний руху ракети.

**Силою тяги** називається рівнодійна сил тиску газів на зовнішню та внутрішню поверхню камери двигуна. Вона є основною силою, що викликає рух ракети. Величина сили тяги розраховується за формулою [6]:

$$P = \tau \cdot w + S_a (P_a - P), \quad (35)$$

де  $P$  – сила тяги, Н;  $\tau$  – витрата палива, кг/с;  $w$  – швидкість течії газів на зрізі сопла, м/с;  $S_a$  – площа зрізу вихідного січення сопла, м<sup>2</sup>;  $P_a$  – тиск газів на зрізі сопла, Па;  $P$  – атмосферний тиск на висоті польоту ракети, Па.

**Повною аеродинамічною силою** називають рівнодійну всіх сил, що виникають при взаємодії повітря з ракетою, яка рухається в ньому. Повна аеродинамічна сила чинить опір руху ракети. Основними складовими сили опору повітря є: **опір тиску, хвильовий опір та опір тертя** [4].

Ракета під час руху зустрічається з частками повітря і штовхає їх вперед і в боки. Оскільки частки повітря мають свою масу і володіють інерцією, то вони не встигають від-

разу розійтися в боки. Тому ракета, рухаючи їх вперед, наштовкує одну на одну, в результаті чого перед її головною частиною утворюється область стиснутого повітря. У той самий час за ракетою після її прольоту утворюється пустота, яка, внаслідок інерційності частинок повітря не відразу заповнюється, тому безпосередньо за її хвостовою частиною виникає розрідження повітря.

Таким чином, у той час, коли головна частина ракети сприймає сильний тиск, обумовлений стисненням зустрічного повітря, тиск за її дном доходить майже до нуля. Різниця тиску повітря перед головною частиною ракети і позаду хвостового відсіку складає основну частину сили опору повітря, яка називається *опором тиску*.

Частинки повітря, виведені з рівноваги ракетою, починають коливатися і передають коливання сусіднім частинкам. Це приводить до виникнення хвиль, які поширюються зі швидкістю звуку (ракета є джерелом звукових хвиль). На створення звукових хвиль витрачається частина енергії руху ракети. Крім того, звукові хвилі змінюють стан повітряного середовища, в якому рухається ракета (густину, пружність), а отже, і умови її польоту. Створення звукових хвиль також є частиною опору повітря руху ракети, яка називається *хвильовим опором* (рис. 6). Його величина залежить від того, в якому співвідношенні знаходяться швидкість ракети і швидкість поширення звукових хвиль. Співвідношення величини швидкості ракети ( $v$ ) до величини швидкості звуку ( $a$ ) має в балістиці велике значення і називається числом Маха ( $M$ ):

$$M = \frac{v}{a}. \quad (36)$$

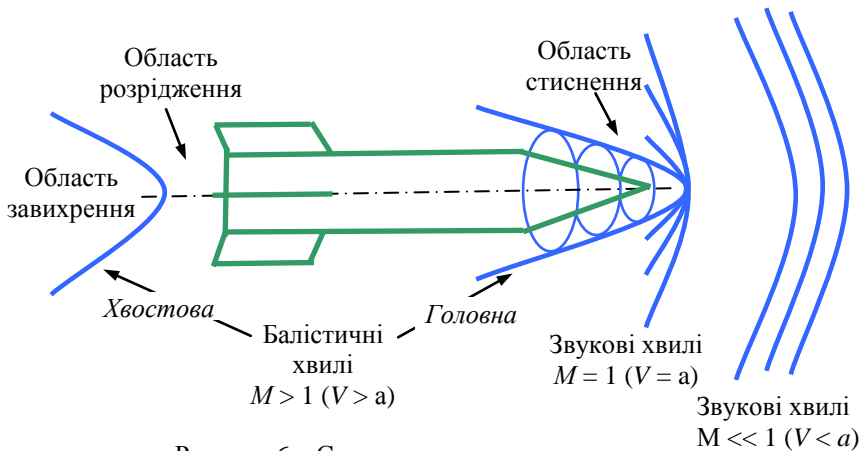


Рисунок 6 – Схема утворення звукових хвиль

При малих швидкостях руху ракети ( $M \ll 1$ ) хвильовий опір незначний. Зі збільшенням швидкості ракети хвильовий опір збільшується, а особливо різке збільшення виникає при наближенні швидкості ракети до швидкості звуку. Найбільший опір виникає за рівності зазначених швидкостей ( $M = 1$ ). При цьому ракета долає так званий «звуковий бар'єр». При подальшому збільшенні швидкості ракети хвильовий опір зменшується.

Ще однією складовою опору повітря є тертя частинок повітря об зовнішню поверхню ракети (*опір тертя*). Він збільшується зі збільшенням швидкості ракети.

Спроектувавши повну аеродинамічну силу на осі швидкісної системи координат (рис. 5), отримуємо її складові: ( $\bar{R}_x$ ) силу лобового опору), ( $\bar{R}_y$ ) (підйомну силу) та ( $\bar{R}_z$ ) (бокову силу).

Крім того, повна аеродинамічна сила створює момент відносно центра мас ракети, який називають *стабілізуючим моментом*.

Перелічені сили та стабілізуючий момент розраховують за формулами:

$$\bar{R}_X = C_X \frac{\rho \bar{v}^2}{2} S; \quad (37)$$

$$\bar{R}_Y = C_Y \frac{\rho \bar{v}^2}{2} S; \quad (38)$$

$$\bar{R}_Z = C_Z \frac{\rho \bar{v}^2}{2} S; \quad (39)$$

$$M_{CT} = C_M \frac{\rho \bar{v}^2}{2} Sl, \quad (40)$$

де  $\rho$  – масова густина повітря, кг/м<sup>3</sup>;  $\bar{v}$  – швидкість ракети відносно повітря, м/с;  $S$  – найбільша площа поперечного перерізу ракети (площа Міделя), м<sup>2</sup>;  $l$  – відстань між ЦМ та ЦТ ракети, м;  $C_X$ ,  $C_Y$ ,  $C_Z$ ,  $C_M$  – коефіцієнти сили лобового опору повітря, підйомної сили, бокової сили та стабілізуючого моменту відповідно.

Ці коефіцієнти залежать переважно від форми ракети, числа Маха ( $M$ ) і кута атаки. Для прикладу на рис. 7 показано залежність коефіцієнта сили лобового опору ( $C_X$ ) від числа Маха ( $M$ )[4].

З формул (36–40) видно, що для конкретної ракети складові повної аеродинамічної сили, а також стабілізуючий момент залежать від густини повітря, швидкості ракети відносно повітря та швидкості звуку. Оскільки густина повітря і швидкість звуку не вимірюються, то їх вплив на політ ракети доцільно виражати через вплив метеоелементів, від яких вони залежать і які доступні для вимірювання.

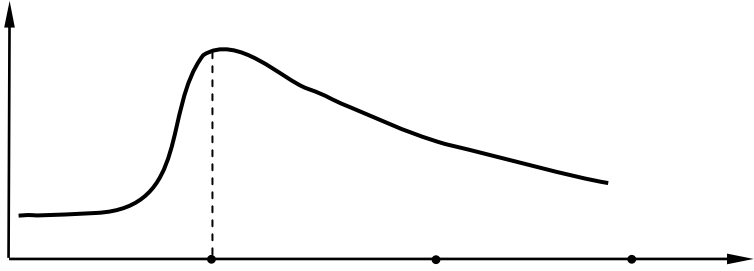


Рисунок 7 – Залежність коефіцієнта сили лобового опору  $C_x$  від числа Маха  $M$

Вплив густини повітря можна врахувати через вплив температури та тиску повітря:

$$\rho = 0,035 \frac{P}{T}. \quad (41)$$

Тиск атмосфери, у свою чергу, може бути приведений до наземного тиску за наближеною барометричною формулою (18).

Швидкість звуку залежить від температури і вологості повітря. Якщо вологість повітря врахувати через віртуальну температуру, то швидкість звуку ( $a$ ) буде дорівнювати

$$a \approx 20\sqrt{T_v}. \quad (42)$$

Відносна швидкість ракети (швидкість відносно повітря) залежить від швидкості та напрямку вітру.

Таким чином, вплив повної аеродинамічної сили на політ ракети залежить від стану атмосфери і може бути охарактеризований через вплив трьох факторів: наземного тиску атмосфери, температури повітря і вітру на висоті польоту ракети.

## 2.2. Вплив атмосферного тиску на політ ракети та реактивного снаряду

Тиск атмосфери впливає на політ ракети як на активній, так і на пасивній ділянках траєкторії [2–4].

На активній ділянці траєкторії зміна тиску атмосфери викликає зміну сили тяги реактивного двигуна ( $P$ ), а також зміну сили лобового опору повітря ( $R_X$ ).

Відповідно до формули (35) збільшення тиску ( $\Pi$ ) веде до зменшення сили тяги ( $P$ ) ( $\uparrow\Pi \Rightarrow \downarrow P$ ).

За (41) та (37) збільшення тиску ( $\Pi$ ) веде до збільшення сили лобового опору ( $R_X$ ) ( $\uparrow\Pi \Rightarrow \uparrow\rho \Rightarrow \uparrow R_X$ ).

Таким чином, збільшення тиску атмосфери викликає зменшення сили тяги реактивного двигуна, а також збільшення сили лобового опору. Отже, ракета за один і той самий час набере меншої швидкості і дальності ( $D$ ) її буде меншою ( $\uparrow\Pi \Rightarrow \downarrow D$ ).

На пасивній ділянці траєкторії збільшення тиску атмосфери аналогічно приведе до збільшення сили лобового опору, від чого загальна дальність польоту ракети також зменшиться ( $\uparrow\Pi \Rightarrow \uparrow R_X \Rightarrow \downarrow D$ ).

Аналогічно зменшення атмосферного тиску приводить до збільшення дальності польоту ракети.

Отже, збільшення атмосферного тиску як на активній, так і на пасивній ділянках траєкторії завжди викликає зменшення дальності польоту ракети від її розрахункового значення і навпаки.

### 2.3. Вплив температури повітря на політ ракети та реактивного снаряду

Температура повітря впливає на величину сили його лобового опору [2, 4, 7].

Відповідно до формул (37, 41) зі збільшенням температури ( $T$ ) зменшуються масова густина повітря ( $\rho$ ) і сила ( $R_X$ ), отже, дальність польоту ракети збільшується ( $\uparrow T \Rightarrow \downarrow \rho \Rightarrow \downarrow R_X \Rightarrow \uparrow D$ ).

З іншого боку, за формулою (42) зі збільшенням температури збільшується швидкість звуку, в результаті чого збільшується число Маха ( $M$ ) (36) і змінюється коефіцієнт сили лобового опору ( $C_X$ ) (рис. 7).

Отже, збільшення температури повітря приводить до:

- збільшення дальності польоту ракети через зменшення густини повітря;
- зміни дальності польоту ракети через збільшення швидкості звуку.

Установлено, що при висотах траєкторії до 10 км вирішальний вплив на політ ракети має зменшення густини повітря через збільшення його температури. При висоті польоту, що перевищує 10 км, значний вплив на політ ракети чинить підвищення температури через збільшення лобового опору повітря (збільшення швидкості звуку).

Для ракет із  $M \geq 1$  збільшення температури повітря викликає зменшення дальності польоту ( $\uparrow T \Rightarrow \uparrow a \Rightarrow \uparrow C_X \Rightarrow \uparrow R_X \Rightarrow \downarrow D$ ).

Крім того, збільшення температури за формулою (18) веде до підвищення тиску атмосфери, а відповідно і до зменшення дальності польоту ракети (див. 2.2).

Аналогічно можна довести, що зменшення температури повітря на висотах, що перевищують 10 км, веде до збільшення дальності польоту ракети.

## 2.4. Вплив вітру на політ ракети та реактивного снаряду

### 2.4.1. Вплив повздовжнього вітру

Повздовжній вітер діє на центр тиску ракети і створює додатково до аеродинамічної сили, яка виникає без вітру, силу опору ( $R_W$ ) (рис. 8) [2]. Якщо замінити її двома складовими: ( $R_{WX}$ ), спрямованою вздовж осі ракети, і ( $R_{WY}$ ) – перпендикулярною до її осі, то з рис.8 видно, що складова ( $R_{WY}$ ) створює момент ( $M_W$ ), який повертає ракету в площині пуску відносно її центра мас.

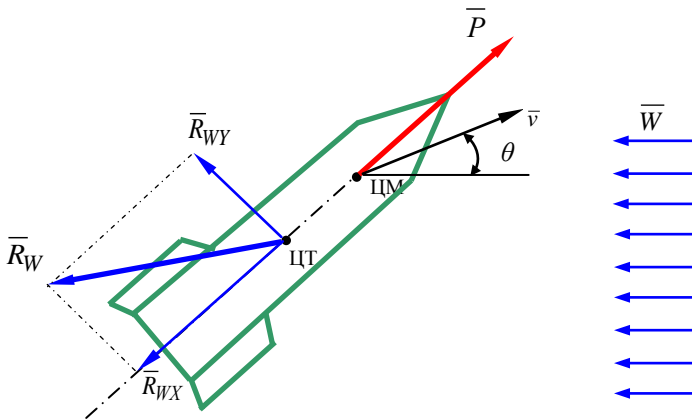


Рисунок 8 – Вплив повздовжнього вітру на політ ракети

У результаті такого повороту ракети на активній ділянці траєкторії змінюються напрямки сили тяги ( $\bar{P}$ ) і напрямку вектора швидкості ( $\bar{v}$ ), тобто величина кута ( $\theta$ ).

Зустрічний вітер повертає статично стійку ракету за напрямком руху годинникової стрілки, тобто зменшує кут кидання ( $\theta_K$ ). Отже, дальність польоту ракети зменшується. Попутний вітер впливає на дальність польоту протилежно зустрічному.



На пасивній ділянці траєкторії поворот ракети відносно центра мас під дією повздовжнього вітру практично не викликає зміни дальності польоту.

Повздовжній вітер впливає на дальність польоту не тільки через зміну напрямку швидкості ракети, а й через зміну її величини. Швидкість ракети в результаті дії повздовжнього вітру змінюється головним чином за рахунок зміни сили лобового опору повітря ( $R_x$ ). До формули (37) входить величина швидкості ракети відносно повітря. При попутному вітрі швидкість ракети відносно повітря буде меншою, а при зустрічному – більшою, ніж за відсутності вітру.

Якщо швидкість ракети відносно повітря буде меншою, то сила лобового опору також буде меншою. У результаті швидкість ракети відносно землі при попутному вітрі збільшиться, а відповідно, і збільшиться дальність її польоту. При зустрічному вітрі дальність польоту зменшується.

Таким чином, попутний вітер через зміну напрямку і величини вектора швидкості ракети завжди збільшує, а зустрічний – завжди зменшує дальність польоту ракети від розрахункових значень.

Слід відмітити, що на активній ділянці траєкторії вплив повздовжнього вітру через зміну напрямку швидкості ракети значно більший, ніж через зміну величини швидкості. Тому вплив повздовжнього вітру на активній ділянці траєкторії набагато перевищує вплив такого ж вітру на пасивній ділянці траєкторії і є визначальним у загальному впливі повздовжнього вітру на всій траєкторії.

## 2.4.2. Вплив бокового вітру

Боковий вітер має максимальний вплив, коли спрямований перпендикулярно до площини пуску. Боковий вітер створює додаткову аеродинамічну силу, прикладену до центра тиску ракети ( $\bar{R}_{wz}$ ). Замість дії сили ( $\bar{R}_{wz}$ ), прикладеної до центра тиску ракети, можна розглянути дію такої ж сили, прикладеної до центра мас ракети, і моменту ( $M_{wz}$ ) відносно центра мас. Сила, прикладена до центра мас, намагається змістити ракету в напрямку вітру, а момент ( $M_{wz}$ ) – повернути статично стійку ракету навколо центра мас головною частиною назустріч вітру (рис. 9).

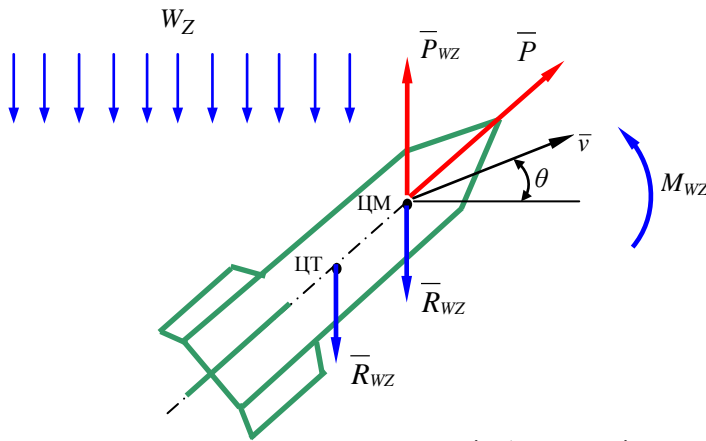


Рисунок 9 – Дія бокового вітру на ракету

На активній ділянці траєкторії внаслідок такого повороту з'являється бокова складова сили тяги ( $\bar{P}_{wz}$ ), спрямована у бік, протилежний вітру. Сили ( $\bar{P}_{wz}$ ) і ( $\bar{R}_{wz}$ ) намагаються перемістити центр мас ракети в протилежні боки. Оскільки бокова складова сили тяги  $\bar{P}_{wz} \gg \bar{R}_{wz}$ , то центр мас ракети під дією бокового вітру переміщується в на-

прямку сили ( $\bar{P}_{wz}$ ), тобто в напрямку, протилежному напрямку вітру (кажуть, що ракета зноситься «на вітер»).

На пасивній ділянці траєкторії, де сила тяги відсутня, під дією бокового вітру центр мас переміщується в напрямку аеродинамічної сили ( $\bar{R}_{wz}$ ), тобто траєкторія ракети скривлюється «за вітром».

На рис. 10 показано викривлення траєкторії ракети під дією бокового вітру.

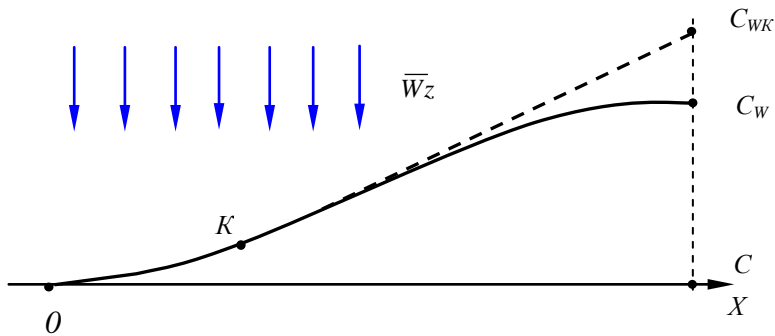


Рисунок 10 – Проекції траєкторій ракети на горизонтальну площину при дії бокового вітру

За відсутності бокового вітру траєкторія ракети знаходиться в площині пуску, а її проекція на горизонтальну площину є прямою ( $OC$ ). Під дією бокового вітру на активній ділянці траєкторії ( $OK$ ) виникає знесення ракети «на вітер» ( $C-C_{wk}$ ) унаслідок повороту вектора тяги ракетного двигуна. Далі на пасивній ділянці траєкторії ( $KC_w$ ) у результаті дії бокового вітру ракета зноситься «за вітром» ( $C_{wk}-C_w$ ) й її траєкторія викривлюється в напрямку «за вітром». З рис.10 видно, що під дією бокового вітру викривлення активної ділянки траєкторії ракети значно більше. Виходячи з цього, можна зробити висновок: загальний вплив бокового вітру ( $C-C_w$ ) на політ ракети визначається його дією на активній ділянці траєкторії (загалом він зносить ракету «на вітер»).

## 2.5. Табличні метеорологічні умови пуску (стрільби)

Для виконання ракетними військами та артилерією вогневих завдань перш за все необхідно розрахувати установки для пуску (стрільби). Визначення вихідних установок полягає в пошуку для ракети (реактивного снаряду) такої траєкторії, яка б за реальних умов проходила через ціль. Вирішення цього завдання безпосереднім розрахунком траєкторії дуже складне і потребує значного часу. Досвід бойового застосування ракетних військ і артилерії довів, що зручніше і набагато простіше заздалегідь розрахувати траєкторії на різні дальності за різних умов пуску (стрільби) і основні їх елементи у вигляді таблиць вмістити у відповідні збірники [2, 4].

Спеціальні збірники, які складаються для кожного типу ракети (реактивного снаряду) і містять усі дані, необхідні для підготовки пусків (стрільби), називають **таблицями ракет (стрільби)**. Таблиці ракет (стрільби) складаються для деяких стандартних умов, а вплив відхилень від них можна враховувати шляхом введення необхідних поправок. Умови пуску ракет, для яких складені таблиці ракет (стрільби), називають **табличними умовами, або нормальними умовами пуску (стрільби)**.

За табличні метеорологічні умови в ракетних військах і артилерії взяті такі:

### 1. Наземні метеорологічні умови:

- тиск атмосфери на рівні стартової (вогневої) позиції дорівнює 1000 мб (750 мм рт. ст.);

- температура повітря на рівні стартової (вогневої) позиції при відносній вологості повітря 50% дорівнює +15 °С.

2. Атмосфера нерухома (швидкість вітру на всіх висотах дорівнює нулю).

3. Розподіл віртуальної температури повітря за висотою – нормальний артилерійський (при відносній вологості повітря 50%) (Додаток А) [4]:

- для тропосфери (до висоти 9300 м) – рівномірне зниження віртуальної температури на  $0,6328\text{ }^{\circ}\text{C}$  на 100 м;

- для тропопаузи (9300–12000 м) – поступове зменшення вертикального градієнта до нуля (температура зменшується від  $-3\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $-51,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ );

- для стратосфери (12000–31000 м) – температура постійна і дорівнює  $-51,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

4. Розподіл атмосферного тиску, густини повітря і швидкості звуку визначають їх табличним наземним значенням (для тиску) і табличним розподілом віртуальної температури за висотою.

Отже, ґрунтовні знання табличних метеорологічних умов пусків ракет і стрільби артилерії є необхідною умовою ефективного виконання ракетними і артилерійськими підрозділами бойових завдань.

## **2.6. Поняття про балістичні середні значення (відхилення) метеорологічних елементів**

У реальній бойовій обстановці умови пуску ракет (стрільби артилерії) завжди відрізняються від табличних. Тому необхідно під час розрахунку установок визначати поправки на відхилення наземного тиску, температури за висотою і вітру від їх табличних значень.

Для цих метеоелементів постійними є тільки відхилення атмосферного тиску, якщо його виразити у відносних одиницях (% або частках одиниці). Відносне відхилення атмосферного тиску від його табличних значень на будь-якій висоті дорівнює відносному відхиленню його біля поверхні землі. Тому поправку на відхилення атмосферного

тиску можна розраховувати за наземним відхиленням тиску.

Відхилення температури повітря, швидкості та напрямку вітру завжди змінюються з висотою, причому в природних умовах зміни проходять кожен раз по-різному (вітер не підпорядковується якому-небудь закону, а зміна температури з висотою, як правило, йде не паралельно її табличним значенням, особливо за наявності інверсій).

Це викликає необхідність вимірювати не тільки наземні значення метеорологічних елементів, а й значення на висоті. Висотні вимірювання метеорологічних елементів проводяться шляхом температурного та вітрового зондування атмосфери. За результатами зондування можна проводити обчислення поправок для пуску ракет (стрільби артилерії), що є складним і трудомістким процесом, і, більш того, для кожного пуску потрібне було б своє зондування. Тому для обчислення поправок на відхилення вітру і температури від табличних значень, їх дійсне (змінне з висотою) значення замінюють на деяке умовне, однакове на всіх висотах у межах заданої траєкторії ракети. Це умовне відхилення підбирають таким чином, щоб воно за своїм впливом на дальність і напрямок польоту ракети було рівноцінне впливу дійсних, неоднакових на різних висотах відхилень метеоелементів.

Умовні, однакові в межах висот траєкторій значення (відхилення) метеоелементів, які за своїм впливом на політ ракети (реактивних снарядів) рівнозначні дії дійсних, змінних з висотою значень (відхилень) метеоелементів, називаються *балістичними середніми значеннями (відхиленнями)*. До них відносять балістичний вітер і балістичне відхилення температури.

Для обчислення балістичних середніх значень (відхилень) необхідно знати відхилення метеорологічних елементів на різних висотах, а також ступінь їх впливу на політ

ракети (реактивних снарядів), для визначення якого всю товщу атмосфери поділяють на декілька шарів. У кожному шарі за результатами зондування визначають середнє відхилення метеорологічного елемента і помножують його на «вагу» шару, яка характеризує ступінь впливу відхилення метеоелемента на відхилення точки падіння ракети (реактивних снарядів). Балістичне середнє знаходять як суму таких добутоків.

«Вага» шару ( $\psi$ ) – це відношення величини відхилення точки падіння ракети ( $\Psi_i$ ) від табличної, яке викликане відхиленням метеоелемента в даному шарі, до повного відхилення ракети ( $\Psi$ ), що викликане такою ж величиною відхилення даного метеоелемента в межах всієї траєкторії (рис. 11) [2].

Таким чином, відповідно до визначення «ваги» шару можна розрахувати вагу кожного шару за відношеннями:

$$\text{- вага першого шару } \psi_1 = \frac{\Psi_1}{\Psi};$$

$$\text{- вага другого шару } \psi_2 = \frac{\Psi_2}{\Psi};$$

$$\text{- вага третього шару } \psi_3 = \frac{\Psi_3}{\Psi}.$$

Очевидно, що  $\psi_1 + \psi_2 + \psi_3 = 1$ .

**Балістичним відхиленням температури повітря** називається таке постійне в межах висоти траєкторії відхилення температури повітря від табличних значень, яке викликає таке ж відхилення ракети (реактивного снаряду) за дальністю, як і змінне з висотою дійсне відхилення температури повітря.

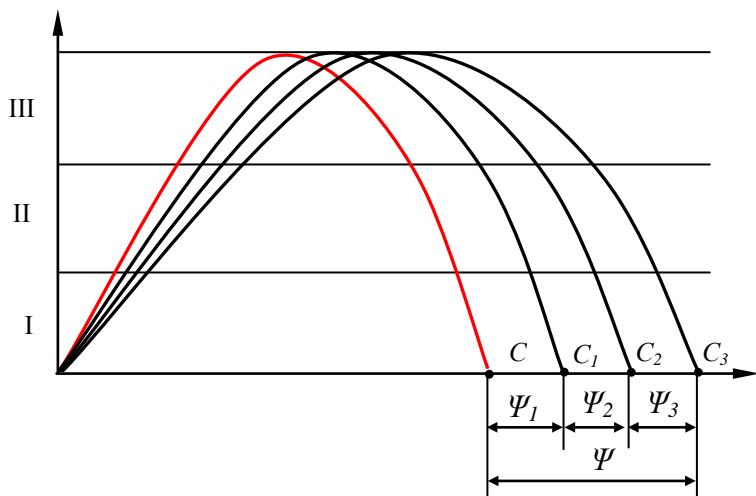


Рисунок 11 – Схема, яка пояснює поняття "ваги" шару

Тут :  $C$  – точка падіння ракети за табличних умов;

$\Psi$  – повне відхилення точки падіння під дією метеоелемента на всій траєкторії;

$\Psi_1, \Psi_2, \Psi_3$  – відхилення точки падіння внаслідок дії того самого метеоелемента в першому, другому та третьому шарі відповідно;

$C_1, C_2, C_3$  – точки падіння, обумовлені впливом відхилення того самого метеоелемента в першому, другому й третьому шарах відповідно

Балістичне відхилення температури повітря обчислюється за середнім відхиленням температури повітря від поверхні Землі до якої-небудь висоти. Причому розрахунки показали, що балістичне відхилення температури для визначених (стандартних) висот дорівнює середньому відхиленню температури до деяких висот:

$$\Delta T_{\delta Y_S} = \Delta T_{\text{сер}} Y. \quad (43)$$



У табл. 4 наведені висоти ( $Y$ ), у межах яких середні відхилення температури дорівнюють її балістичному відхиленню для відповідних стандартних висот ( $Y_S$ ).

Таблиця 4 – Відповідність висот із рівними середніми та балістичними відхиленнями температури

|                                 |    |    |    |    |    |
|---------------------------------|----|----|----|----|----|
| Стандартна висота<br>$Y_S$ , км | 24 | 34 | 44 | 54 | 64 |
| Висота $Y$ , км                 | 16 | 20 | 24 | 28 | 30 |

**Балістичним вітром** називають постійний у межах висоти траєкторії вітер, який викликає таке саме відхилення точки падіння ракети (реактивного снаряду), як і змінний з висотою дійсний вітер.

Наприклад, для ракети 8К14 балістичний вітер розраховувався для двох стандартних висот траєкторії (24 і 34 км) шляхом векторного додавання за формулами [4]:

$$\bar{W}_{624} = -0,5\bar{W}_{10} + 1,5\bar{W}_{24}; \quad (44)$$

$$\bar{W}_{634} = -0,3\bar{W}_{10} + 1,3\bar{W}_{30}, \quad (45)$$

де  $\bar{W}_{624}$ ,  $\bar{W}_{634}$  – балістичний вітер у шарі до стандартної висоти 24, 34 км відповідно;  $\bar{W}_{10}$ ,  $\bar{W}_{24}$ ,  $\bar{W}_{30}$  – середній вітер у шарі до висоти 10, 24 і 30 км відповідно; -0,5; 1,5; -0,3; 1,3 – вагові коефіцієнти відповідних шарів.

Аналіз матеріалу, викладеного у цьому розділі, показує, що під час польоту на ракету та реактивний снаряд діють як внутрішні, так і зовнішні сили та моменти, під впливом яких ракета (реактивний снаряд) може відхилитися від розрахункової траєкторії. Тому знання сутності впливу цих сил і моментів і правильне їх урахування дозволять мінімізувати похибку пусків ракет (реактивних снарядів).

## **Навчальний тренінг**

### **Основні поняття і терміни**

*Траєкторія ракет, активна (пасивна) ділянка траєкторії, сила тяги, аеродинамічна сила, складові сили опору повітря, стабілізуючий момент, число Маха, аеродинамічні коефіцієнти, табличні метеорологічні умови, балістичні середні значення, вага шару.*

### **Питання для повторення та самоконтролю**

- 1. Які сили та моменти діють на ракету (РС) у польоті?*
- 2. Пояснити вплив атмосферного тиску на політ ракети (РС).*
- 3. Яким чином температура повітря впливає на політ ракети (РС)?*
- 4. Який механізм впливу поздовжнього вітру на політ ракети (РС)?*
- 5. Яким чином боковий вітер впливає на політ ракети (РС)?*
- 6. Перелічіть табличні метеорологічні умови пуску (стрільби).*

### **Завдання для самопідготовки**

- 1. Підготувати до роботи приладдя для вимірювання метеорологічних елементів.*

### **Теми, що пропонуються для розроблення рефератів**

- 1. Складові траєкторії польоту сучасних ракет (РС).*
- 2. Методика визначення та урахування метеоелементів під час пуску ракет (РС).*

## Розділ 3

### МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ВИМІРЮВАННЯ

#### 3.1. Наземні метеорологічні спостереження

Наземні метеорологічні спостереження в метеорологічних підрозділах проводяться за допомогою приладів і візуально (без приладів) [4, 8].

У метеорологічних взводах і на станціях за допомогою приладів визначають:

- атмосферний тиск і баричну тенденцію;
- температуру повітря (іноді й вологість повітря);
- напрямок і швидкість вітру.

Крім того, без приладів визначають:

- хмарність (кількість і форма хмар, а також висота їх нижньої границі);
- стан погоди та ґрунту.

Вимірювання за допомогою метеорологічних приладів можуть супроводжуватися інструментальними помилками внаслідок похибок виготовлення й збирання окремих частин приладу, побудови і нанесення шкал, зміни фізичних властивостей матеріалу з плином часу і т. ін. Тому кожен метеорологічний прилад повинен перевірятись у спеціальному закладі (установі) метеорологічної служби, де його показання порівнюються з показаннями контрольних приладів.

На перевіреному приладі ставиться перевірене клеймо і перевірний номер (крім заводського номера приладу). Кожен прилад забезпечується сертифікатом (перевірним свідоцтвом), у якому зазначають поправки до показань приладу або робиться відмітка про придатність приладу (Додаток Б). Деякі прилади (наприклад, радіозонди) замість перевірного свідоцтва забезпечуються перевірними графі-

ками. Приладом, що не має перевірного свідоцтва, користуватися заборонено. При втраті перевірного свідоцтва (але за наявності перевірного номера на приладі) можна виписати дублікат свідоцтва.

Вимірювальні метеорологічні прилади повинні періодично перевірятися для виявлення помилок, що виникають з плином часу.

Метеорологічні прилади вимагають до себе дбайливого ставлення. У випадку недотримання встановлених правил експлуатації прилади можуть вийти з ладу або їх показання будуть неправильними, а це, у свою чергу, може призвести до значних помилок у визначенні метеорологічних елементів.

### **3.1.1. Вимірювання температури і вологості повітря**

Для визначення температури будь-якого тіла чи середовища (в тому числі й повітря) використовують термометричні тіла, тобто тіла, у яких зі зміною температури змінюються які-небудь фізичні властивості (об'єм, форма, електричний опір та ін.) [2].

Термометричні тіла внаслідок теплообміну з вимірюваним середовищем через деякий час набувають температури цього середовища, однак лише за умови, що самі тіла додатково не одержують тепла від близько розміщених предметів або від Сонця. Час, необхідний для сприйняття термометричним тілом температури середовища, може бути різним (залежить від термічної (теплової) інерції тіла).

Як термометричні тіла використовуються тіла, що мають малу теплоємність, велику температуропровідність і досить постійний коефіцієнт теплового розширення.

Цим вимогам найбільше відповідають термометричні рідини – ртуть і спирт, а з твердих тіл – деякі метали, наприклад, мідь, латунь, сталь, нікель, срібло та ін.

Прилади, в яких як термометричне тіло використовують ртуть і спирт, називаються **рідинними термометрами**. Застосування ртуті як термометричної рідини пояснюється майже пропорційною зміною її об'єму зі зміною температури. Однак при температурі нижче  $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$  ртуть замерзає.

Для вимірювання температури середовища від  $-36\text{ }^{\circ}\text{C}$  і нижче застосовують спиртові термометри, резервуари яких наповнені забарвленим етиловим спиртом (температура замерзання  $-114,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) чи толуолом (температура замерзання  $-93\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Спирт і толуол розширюються непропорційно зміні температури, що ускладнює виготовлення шкал для спиртових термометрів. Крім того, за високих температур точність показань спиртових термометрів зменшується внаслідок випаровування спирту в капілярі.

У випадках, коли як термометричне тіло використовують тверді тіла, зазвичай застосовують два метали, що володіють різними коефіцієнтами лінійного розширення, наприклад, мідь-інвар. Такі два метали у вигляді пластин, скріплених між собою, утворюють **біметалічну пластину (термопару)**. Зі зміною температури внаслідок неоднакового лінійного розширення металів біметалічна пластинка згинається. За величиною вигину судять про зміну температури. Біметалічні приймачі температури застосовуються у термографах – приладах, що записують зміну температури середовища з плином часу, і в радіозондах, які реєструють зміну температури з висотою.

У техніці часто для вимірювання температури середовища використовують властивість деяких металів змінювати опір проходженню електричного струму зі зміною їх температури. За цим принципом побудовані **термометри опору**.

У метеорологічній практиці для вимірювання температури повітря застосовують переважно рідинні (ртутні та спиртові) термометри.

Основну частину рідинного термометра складає капілярна трубка з резервуаром, наповненим рідиною. Під час нагрівання об'єм рідини збільшується, внаслідок чого рівень рідини в трубці підвищується і навпаки. За висотою рівня рідини в капілярі за допомогою шкали зчитують величину температури.

Вологість повітря в метеорологічній практиці визначають психрометричним методом.

**Психрометричний метод** ґрунтується на фізичному законі випаровування води залежно від вмісту водяної пари в повітрі. При однаковій температурі чим сухіше повітря, тим швидше йде випаровування і навпаки. Коли ж повітря насичене водяною парю, то випаровування зовсім не відбувається. Про випаровування можна робити висновок за витратою тепла на перетворення води в пару, а про витрату тепла – за зниженням температури того тіла, тепло якого витрачається на випаровування.

Прилади, призначені для вимірювання вологості повітря (психрометри), являють собою два однакових термометри, резервуар одного з яких обгорнений змоченим батистом («змочений» термометр). У цих приладах тілом, з поверхні якого відбувається випаровування і яке втрачає тепло на це випаровування, є резервуар «змоченого» термометра. Тому показання «змоченого» термометра будуть нижчі за показання «сухого». Різниця температур «змоченого» і «сухого» термометрів (психрометрична різниця) є мірою вологості повітря. Сама ж вологість повітря визначається за цією різницею температур за допомогою спеціальних психрометричних таблиць (Додаток В).

Для визначення відносної вологості повітря за від'ємних температур (нижчих за  $-10^{\circ}\text{C}$ ), коли точність

вимірів температури за допомогою психрометрів стає низькою, використовують волосяний гігрометр, принцип роботи якого ґрунтується на використанні гігроскопічності знежиреної людської волосини. При збільшенні вологості волосина подовжується, при зменшенні скорочується. Зміни довжини волосини за допомогою спеціального пристрою передаються на стрілку, яка показує величину вологості за шкалою.

Виходячи з того що будь-який термометр показує свою власну температуру (температуру того матеріалу (речовини), з якого він виготовлений), тому **перше і головне завдання** при вимірюванні температури повітря термометром полягатиме в тому, щоб він набув температури оточуючого повітря. Це досягається витримкою термометра впродовж деякого часу на повітрі й при ретельному захисті його резервуара від сторонніх теплових впливів, особливо від прямих сонячних променів, а також від теплового випромінювання, що поширюється від близько розташованих місцевих предметів, у тому числі й від тіла самого спостерігача.

**Друге завдання** полягає в необхідності виміряти температуру великого обсягу навколишнього повітря. Це досягається природним або штучним продуванням навколишнього повітря через резервуар термометра з метою усунення застою повітря біля його резервуара.

**Третє завдання** полягає в тому, щоб досягти такого результату вимірювання температури, який характеризував би температуру не тільки прилеглої частини навколишнього повітря, але й повітря над великим районом даної місцевості. Для цього термометр розміщують на відкритому місці на висоті  $\approx 2$  м над землею (на цій висоті повітря перемішується приземним вітром).

Для правильного визначення температури за допомогою термометра при знятті відліку око спостерігача повин-

не знаходиться на рівні кінця стовпчика рідини в капілярі термометра (в іншому випадку виникає похибка внаслідок явища паралаксу). З метою зменшення впливу тепла від спостерігача на показання термометра спочатку відлічують десяти частки градуса (доки не змінилося положення кінця стовпчика рідини в капілярі), а потім уже відлічують цілі градуси.

Вимірювання температури і вологості повітря в метеорологічних підрозділах ракетних військ і артилерії здійснюють за допомогою вентиляційного психрометра, який є найбільш точним приладом для визначення температури і вологості повітря в польових умовах.

Він складається з двох однакових ртутних термометрів (1 і 2), металевої нікельованої оправы (3) і вентилятора (4) (рис.12).

Металева оправа надійно захищає резервуари термометрів від нагрівання прямими сонячними променями й одночасно є повітряною магістраллю, через яку за допомогою вентилятора здійснюється вентиляція термометрів.

До вентиляційного психрометра додають: гак-підвіс (5) для підвішування приладу під час його установа; скляну піпетку (6) з гумовим балончиком (7) для змочування батисту на резервуарі термометра (зазвичай правого) під час визначення вологості повітря; вітровий щиток (8) до вентилятора для забезпечення однакової швидкості вентиляції обох термометрів при сильному вітрі (важливо при визначенні вологості повітря).

При вимірюванні температури повітря показання знімають, як правило, з лівого «сухого» термометра психрометра, а при визначенні вологості повітря – з обох термометрів. Показання правого термометра (коли на його резервуарі немає батисту і поверхня резервуара чиста й суха) можуть бути використані для визначення температури повітря так само, як і показання лівого термометра.



Термометр вентиляційного психрометра складається з циліндричного резервуара з припаяною до нього капілярною трубкою, шкали й скляної трубки корпусу. Шкали психрометричних термометрів можуть мати межі: від  $-31\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ціна найменшої поділки шкали –  $0,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

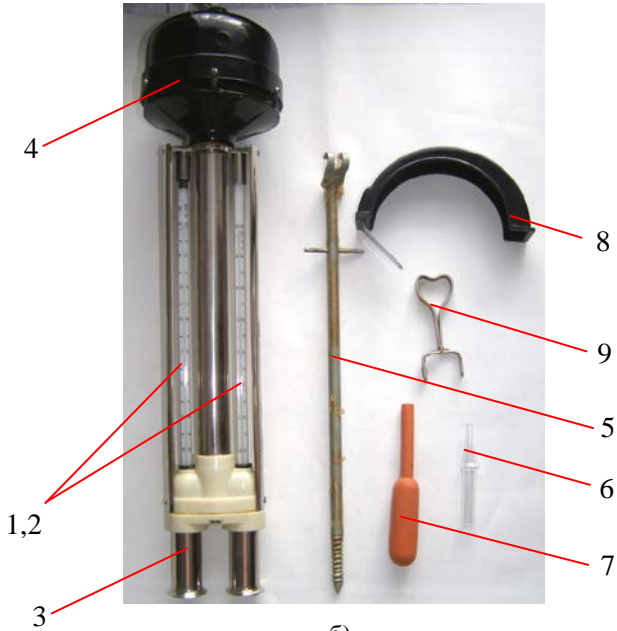
При визначенні температури повітря робота з психрометром поділяється на ряд етапів: установлення психрометра; заведення механізму вентилятора; знімання показань.

На пункті наземних метеорологічних спостережень встановлюють стовп або переносну жердину, в яку угвинчують гак-підвіс з таким розрахунком, щоб при підвішуванні психрометра резервуари його термометрів знаходилися на висоті  $\approx 2$  м над землею.

Перед вимірюванням температури заводять вентилятор і підвішують психрометр на гак. Відлік знімають з «сухого» термометра через 4 хв після заведення вентилятора. Під час зняття відліку вентилятор повинен працювати повним ходом. Якщо ж до моменту зняття відліку він починає зупинятися, то необхідно знову завести його і почекати до наступного зчитування ще 1–2 хв. У знятий з термометра відлік вводять поправку з перевірного свідоцтва й отримують виправлене значення температури повітря.



а)



б)

Рисунок 12 – Вентиляційний психрометр:

а – у футлярі; б – зовнішній вигляд та комплектність;

1,2 – термометр; 3 – нікельована оправа; 4 – вентилятор;  
 5 – гак-підвіс; 6 – гумовий балончик; 7 – вітровий щиток;  
 8 – затиск; 9 – піпетка

При визначенні вологості повітря перед заведенням вентилятора змочують батист на резервуарі «змоченого» термометра. При змочуванні батисту психрометр повинен висіти на гаку у вертикальному положенні. Для змочування батисту необхідно:

- набрати в гумовий балончик дистильовану або чисту дощову (снігову) воду;

- натискаючи на балончик і одночасно послабляючи затискач (9), підняти воду в скляній трубці піпетки (6) до мітки (не доводячи рівень води в трубці до краю на 5–6 мм) і закріпити воду в такому положенні затискачем;

- занурити резервуар термометра, обгорнений батистом, у воду, вставляючи піпетку в захисну трубку «змоченого» термометра у вертикальному положенні до упору;

- через 5–10 с, не натискаючи на балончик, послабити затискач і дати воді вилитися з трубки піпетки в балончик;

- після змочування батисту потрібно перевірити наявність води в піпетці. У випадку, якщо вода змочила стінки резервуара, необхідно зняти психрометр і, тримаючи його за оправу резервуарами термометрів донизу, струснути два-три рази.

Намочивши батист, заводять вентилятор. За наявності вітру швидкістю більше 4 м/с на вентилятор до його заведення закріплюють вітровий щиток таким чином, щоб він прикривав вікна в ковпаку вентилятора з боку, з якого дме вітер, і був би звернений своєю розширеною частиною у напрямку обертання вентиляторного колеса.

Відліки з термометрів психрометра знімають спочатку з «сухого» термометра, а потім – зі «змоченого».

Порядок визначення абсолютної та відносної вологості повітря наведено у прикладі 5.

### **Приклад 5**

Температура за «сухим» термометром дорівнює 10,3 °С, за «змоченим» – 8,5 °С. Визначити абсолютну вологість і відносну вологість повітря.

#### **Розв'язання**

1. Знайти різницю температур за «сухим» і «змоченим» термометрами:

$$\Delta t = 10,3 - 8,5 = 1,8 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2. За різницею температур і за температурою «сухого» термометра в психрометричній таблиці (додаток В) знайти:

абсолютна вологість  $e \approx 7,0$  мм рт. ст.;

відносна вологість  $r = 76\%$ .

### **3.1.2. Вимірювання вітру**

Вимірювання швидкості наземного вітру в метеорологічній практиці проводять приладами, в принципі будови яких лежить залежність між швидкістю вітру і такими характеристиками:

- кутом відхилення вільно підвішеного тіла;
- швидкістю обертання вертушок;
- тепловіддачею нагрітих тіл.

За принципом вимірювання вітру прилади поділяють на дві групи. До першої групи відносять ті прилади, що вимірюють миттєві значення швидкості вітру (вітроміри, флюгери, термоанемометри); до другої – прилади, що дають середню швидкість за деякий проміжок часу (анемометри) [8].

Вимірювання напрямку наземного вітру зазвичай проводять за флюгерками, які вільно обертаються під дією вітру навколо вертикальної осі. У вітромірів і флюгерів флюгерки одночасно повертають пристрій для вимірювання швидкості вітру в напрямку проти вітру.

Вітер є найбільш нестійким метеорологічним елементом. Його напрямок і швидкість безупинно коливаються, змінюючись іноді в широких межах упродовж короткого проміжку часу. Ці окремі коливання (пориви, пульсації) вітру не показують загального переміщення повітря. Тому **перше завдання** під час вимірювання вітру полягає в тому, щоб визначити таке його значення, яке б характеризувало загальний стан повітряного потоку в даному пункті. З цією метою визначають середні значення швидкості та напрямку вітру за деякий проміжок часу (в практиці метеорологічної служби цей час становить 5 хв).

Різноманітність характеру поверхні, навіть на невеликій площі місцевості, викликає великий розкид значень напрямку і швидкості вітру безпосередньо біля землі. Тому **друге завдання** під час вимірювання вітру полягає в тому, щоб одержати результат вимірювання, характерний не тільки для пункту, на якому проведено вимірювання, але й для великої ділянки навколишньої місцевості. Для цього вимірювання вітру здійснюють на висоті 2–3,5 м над поверхнею землі на відкритому місці, вільному для доступу до вимірювальних приладів вітру будь-яких напрямків. Саме та такої висоті повітряний потік звільняється від безпосереднього впливу особливостей поверхні (високого трав'яного покриву, горбів, канав, кущів, чагарників тощо) і його швидкість та напрямок стають характерними для всього району.

### 3.1.3. Вимірювання атмосферного тиску

Унаслідок того що повітря має вагу, атмосфера чинить тиск на земну поверхню.

Для визначення тиску атмосфери в метеорологічній практиці застосовують барометри (рис. 13). Безупинна реєстрація тиску атмосфери здійснюється барографами, що

діють за таким самим принципом, що і барометри-анероїди, але (на відміну від останніх) записують на спеціальній стрічці у вигляді суцільної лінії зміну тиску з плинном часу.

Приймачами тиску атмосфери в барометрах-анероїдах (барографах) є анероїдні коробки (одна чи декілька, з'єднаних між собою послідовно у вигляді стовпчика) [4]. Стовпчик коробок може бути розміщений як вертикально, так і горизонтально (це не впливає на показання приладів, оскільки атмосферне повітря чинить однаковий тиск у всі боки).

Анероїдні коробки мають металевий корпус круглої форми з тонкими хвилеподібними стінками, які легко прогинаються. Повітря всередині коробок залежно від конструкції приладу сильно чи частково розріджене. У приладах, в анероїдних коробках яких повітря сильно розріджене, стінки коробки розтягнуті пластинчастою пружиною ззовні (барометр-анероїд) або зсередини (анероїдні коробки барографа).

Принцип дії барометрів-анероїдів і барографа полягає у такому. Зовнішнє повітря тисне на анероїдну коробку і прагне здавити її (внаслідок різниці внутрішнього і зовнішнього тисків на стінки коробки). Цьому зусиллю протидіє пружина, яка розтягує коробку і своєю пружністю разом із пружністю стінок коробки зрівноважує тиск повітря. У безпружинних барометрах-анероїдах роль пружини виконує повітря, залишене в коробках).

Про зміну тиску атмосфери можна робити висновок за деформацією анероїдної коробки. Деформація коробки за допомогою передаточного механізму передається в підсиленому вигляді на стрілку приладу і перетворюється в кутове переміщення її за шкалою, розміщеною в одиницях тиску атмосфери.



а)



б)

Рисунок 13 – Барометр-анероїд:  
а – у футлярі; б – вигляд зверху

На вимірювання тиску вибір місця суттєво не впливає, важливо тільки, щоб у місці встановлення приладів не було значних і швидких змін температури. Для зручності роботи з приладами, догляду і зберігання барометри (барографи) встановлюють усередині робочого приміщення метеостанції. При цьому вони повинні бути віддалені від нагрівальних приладів і захищені від попадання сонячних променів.

Тепловий вплив на показання барометрів-анероїдів пов'язаний зі зміною пружності металу анероїдної коробки і пружини при зміні їхньої температури. При постійному тиску атмосфери зі зміною температури змінюється пружність металу, що приводить до додаткової деформації коробки й пружини. Щоб ця деформація не приводила до викривлення показань приладів, у них є температурний компенсатор, що нівелює вплив температури. Однак при різких змінах температури оточуючого повітря його механізм не встигає вирівнювати свою температуру з температурою повітря. З цієї причини місце установа барометрів-анероїдів і барографа повинне відповідати зазначеним вище вимогам, а самі прилади повинні міститися у футлярах.

Барометр-анероїд постійно знаходиться в робочому стані (горизонтальне положення, шкалою догори) і перед вимірюванням тиску не вимагає ніякої підготовки.

Шкала барометра градуйована від 600 до 790 мм рт. ст. з ціною поділки 1 мм рт. ст. Механізм приладу встановлений у металевий корпус, який на пружинах-амортизаторах закріплений у футлярі. На дні корпусу є отвір для установочного гвинта, яким установають стрілку барометра при перевірках на необхідну поділку шкали.

На внутрішній кришці футляра закріплений термометр. Його шкала оцифрована з найменшою поділкою в 1 °С. Він



призначений для вимірювання температури самого приладу.

Правила вимірювання тиску за допомогою барометрів-анероїдів загальні і полягають у наступному.

Перед вимірюванням тиску барометр не повинен різко змінювати температуру. Відкривши кришку футляра приладу, знімають показання термометра, вкладеного у футляр, з точністю до 1 °С.

Постукавши пальцем по склу приладу (для подолання тертя на осях передатного механізму), знімають показання стрілки за шкалою з точністю до 0,1 мм рт. ст. (мб). При вимірюваннях необхідно дивитися вздовж стрілки під прямим кутом до циферблата, інакше відлік буде неточним. У барометрів-анероїдів, що мають дзеркальну смужку уздовж шкали (наприклад, МД-49-2), при зчитуванні показань за стрілкою приладу домагаються сполучення кінця стрілки з його відображенням у дзеркалі циферблата.

Для визначення тиску атмосфери показання виправляють трьома поправками з перевірного свідоцтва: шкаловою ( $\delta\Pi_{ш}$ ), температурною ( $\delta\Pi_t$ ) і додатковою ( $\delta\Pi_d$ ):

$$\Pi_0 = \Pi + \delta\Pi_{ш} + \delta\Pi_t + \delta\Pi_d. \quad (46)$$

Необхідність введення температурної поправки обумовлена тим, що температурний компенсатор барометра-анероїда неточно компенсує вплив температури на механізм приладу. Показання приладу вважаються правильними при температурі 0 °С, оскільки для цієї температури визначають і дають в перевірному свідоцтві інші поправки. Тому при температурі анероїда, відмінній від нуля, необхідно привести його показання до температури 0 °С.

Температурна поправка визначається за формулою:

$$\delta\Pi_T = k \cdot t, \quad (47)$$

де  $k$  – температурний коефіцієнт, зазначений в перевірному свідоцтві;  $t$  – температура повітря в момент вимірювання, °С.

Інструментальні похибки барометрів-анероїдів ураховуються шляхом введення шкалової й додаткової поправок. Такий розподіл інструментальної поправки зроблено з такою метою: з одного боку, інструментальні похибки спричинені факторами, що не залежать від часу. Сюди відносять похибки виготовлення і збирання приладів. З іншого боку, на показання анероїдів впливає зміна з плином часу пружності металу анероїдних коробок; крім того, у процесі експлуатації приладу можливе з яких-небудь причин зміщення стрілки чи шкали приладу. Ось чому інструментальну поправку поділяють на дві: одна з них не залежить від часу, але змінюється за шкалою приладу (шкалова поправка), а інша (однакова для всієї шкали) змінює свою величину з плином часу (додаткова поправка).

Шкалові поправки наводять в перевірному свідоцтві для всього діапазону вимірюваних тисків через 10 мм рт. ст. відносно тиску 760 мм рт. ст., для якого ця поправка дорівнює нулю; (шкалова поправка для тиску 760 мм рт. ст. вноситься в додаткову поправку). Для проміжних положень стрілки шкалові поправки знаходять шляхом інтерполяції.

Додаткову поправку наводять в перевірному свідоцтві одним числом.

Порядок визначення наземного тиску за допомогою барометра-анероїда наведено у прикладі 6.

### **Приклад 6**

*На метеостанції стрілка барометра-анероїда № 2-1248 показує тиск 765 мм рт. ст., температура за*

термометром при барометрі дорівнює  $+23,3$  °C. Визначити наземний тиск у мілібарах.

### **Розв'язання**

1. Визначити наземний атмосферний тиск за формулами (46, 47), використовуючи поправки (Додаток Б):

$$P_0 = P + \delta P_{\text{ш}} + \delta P_t + \delta P_d;$$

$$P_0 = 765 + 0,0 + (0,06 \cdot 23,3) + (-1,4) = 765 \text{ мм рт .ст.}$$

$$P_0 = 4/3 \cdot 765 = 1020 \text{ мб.}$$

Запис зміни тиску атмосфери з плином часу в метеорологічних підрозділах проводиться з метою визначення величини, знаку і характеру цієї зміни. Характеристика зміни тиску (**барична тенденція**) є гарною ознакою для прогнозування про можливу зміну погоди в найближчий час. Визначається барична тенденція за проміжок часу в 3 години, що передує моменту спостереження.

Приладом, що безупинно записує зміну тиску з плином часу, є **барограф** (рис. 14).

Барограф складається з приймальної частини, передаточного механізму і записуючої частини. Всі частини механізму барографа розміщені на загальній основі та закриті зверху кришкою зі скляними стінками.

Приймальну частину барографа складає стовпчик анероїдних коробок (1). Число коробок у стовпчику може бути різне (від 3 до 9), але зазвичай воно дорівнює п'яти. Збільшення кількості анероїдних коробок у барографі сприяє збільшенню чутливості всього приймача.



Рисунок 14 – Барограф:

- 1 – приймач тиску; 2 – передаточний механізм;
- 3 – стрілка; 4 – барабан із годинниковим механізмом;
- 5 – стрічка; 6 – перо;
- 7 – рамка для регулювання натиску пера; 8 – важіль

У свою чергу, передаточний механізм (2) барографа, що є системою важелів і тяг, не просто передає на стрілку (3) лінійну зміну висоти стовпчика анероїдних коробок, а, перетворюючи цю зміну в кутове переміщення стрілки, збільшує його для кінця стрілки в 80-100 разів. Усе це разом узятє навіть при невеликих змінах тиску з плином часу дозволяє одержувати за допомогою станційного барографа криву запису тиску, що чітко виражає і величину, і характер його зміни.

Записуюча частина барографа складається з барабана (4) з годинниковим механізмом усередині, закріпленим на барабані паперової стрічки (5) і пера (6), закріпленого на кінці стрілки. Перо, що має вигляд трикутної ложечки, наповнюється невисихаючими і незамерзаючими чорнилами, виготовленими на основі гліцерину. Регулювання натиску пера проводиться шляхом повороту рамки (7). Для відве-

дення пера від стрічки в барографі є спеціальний важіль (8).

Стрічка є смужкою паперу, розграфленою горизонтальними прямими лініями і вертикальними дугами. Горизонтальні лінії показують тиск у мілібарах або в міліметрах ртутного стовпчика. Межі шкали: від 960 до 1050 мб. Вертикальні дуги на стрічці відповідають часу. У барографа з тижневим оборотом барабана проміжок між двома сусідніми дугами відповідає 2 годинам.

Для визначення баричної тенденції під час спостереження з кривої запису барографа знімають два відліки: перший, який відповідає положенню пера на стрічці в даний момент, другий – на 3 години раніше. Показання знімають з точністю до 0,1 мб (мм рт. ст.).

Величину баричної тенденції знаходять як різницю першого і другого відліків. Різниці присвоюють знак «+», якщо перший відлік більше другого (тиск зростає), і знак «-» – якщо тиск спадає.

Характеристика баричної тенденції виражається у вигляді відрізка кривої запису барографа в інтервалі між його показаннями. Позначають характеристику баричної тенденції умовним знаком, який приписують після величини тенденції (додаток Д) [2].

Порядок визначення баричної тенденції за результатами спостережень наведений у прикладі 7.

### **Приклад 7**

*Визначити баричну тенденцію за такими результатами спостережень: час – 10.00, тиск – 1011,2 мб; час – 07.00, тиск – 1010,0 мб; тиск зростає рівномірно.*

#### **Розв'язання**

1. *Визначити баричну тенденцію за формулою*

$$\Delta P = P_1 - P_2 = 1011,2 - 1010,0 = 1,2.$$

2. *Барична тенденція в бланк метеорологічних спосте-*

*режень записується у вигляді: +1,2 мб /.*

### 3.1.4. Визначення густини повітря

На сьогодні не існує метеорологічних приладів для безпосереднього вимірювання густини повітря. Її доводиться обчислювати за вимірними значеннями атмосферного тиску і температури повітря (вплив вологості повітря на його густину враховується при цьому шляхом введення віртуальних поправок у температуру).

У метеорологічних підрозділах обчислюють не саму густину повітря, а її відносне відхилення від табличного значення та виражають це відхилення у відсотках. Наземне відносне відхилення густини повітря може бути обчислене розрахунковим шляхом за формулою

$$\Delta\rho = \left(a \frac{P}{T_v} - 1\right) \cdot 100, \quad (48)$$

де  $a$  – коефіцієнт ( $a = 0,289$ , якщо тиск виміряний у мілібарах і  $a = 0,385$  – якщо у мм рт. ст.);  $P$  – наземний атмосферний тиск, мб (мм рт. ст.);  $T_v$  – віртуальна абсолютна наземна температура, °К.

Порядок визначення відносного відхилення густини повітря наведено у прикладі 8.

#### **Приклад 8**

*Наземний тиск атмосфери  $P = 734,0$  мм рт. ст.; наземна температура повітря  $t = 19,8$  °С. Визначити відносне відхилення густини повітря.*

#### **Розв'язання**

1. Знайти з табл. 3 віртуальну поправку:

$$\Delta t_v = +1,3 \text{ °С.}$$

2. Розраховувати віртуальну абсолютну наземну температуру за формулою

$$T_v = T + t + \Delta t_v = 273 + 19,8 + 1,3 = 294,1 \text{ } ^\circ\text{K}.$$

3. Розрахувати відносне відхилення густини повітря за формулою (48):

$$\Delta\rho = (0,385 \cdot \frac{734,0}{294,1} - 1) \cdot 100 = -3,9\%.$$

### **3.2. Визначення наземних значень метеорологічних елементів за допомогою десантного метеорологічного комплексу**

До складу сучасних метеорологічних комплексів, а також комплексів артилерійської розвідки для проведення наземних метеорологічних вимірювань у польових умовах входить десантний метеорологічний комплект (рис. 15).

**Десантний метеорологічний комплект** призначений для вимірювання в польових умовах таких наземних метеоелементів [9]:

- атмосферного тиску – від 560 до 800 мм рт. ст.;
- температури повітря – від -55 до +45 °С;
- миттєвої швидкості вітру – від 1,5 до 40 м/с;
- напрямку вітру – від 0 до 360°;
- відносної вологості повітря – від 30 до 100%.

Вимірювання швидкості та напрямку вітру, температури і вологості повітря ґрунтується на перетворенні значення відповідного метеорологічного елемента в кут повороту безконтактного сельсин-датчика з подальшою обробкою цього кута системою спостереження, розташованою в показнику метеорологічних елементів.



а)



б)



в)



г)



д)

Рисунок 15 – Десантний метеорологічний комплект:  
а – у контейнері; б – показчик метеоелементів,  
в, г – порядок укладання; д – у процесі розстановки



До складу десантного метеорологічного комплексу входять:

- датчик швидкості та напрямку вітру;
- блок датчика температури й вологості повітря;
- показчик метеорологічних елементів;
- метеорологічна щогла;
- тринога;
- розтяжки;
- з'єднувальний кабель довжиною 10 м;
- компас (для орієнтування датчика напрямку вітру за сторонами горизонту);
- укладальний ящик;
- пенал із ЗП.

Як показчик атмосферного тиску в десантному метеорологічному комплекті використовується авіаційний висотомір зі шкалою, градуйованою в мм рт. ст. Основою датчика напрямку і швидкості вітру є вертушка, що створює електричний струм, і флюгерка. Як датчик температури використовується біметалічна спіраль, а датчик вологості – мембрана з тваринної плівки. Живлення десантного метеорологічного комплексу здійснюється від акумуляторної батареї з номінальною напругою 6В.

Схема розгорнутого десантного метеорологічного комплексу зображена на рис. 16.

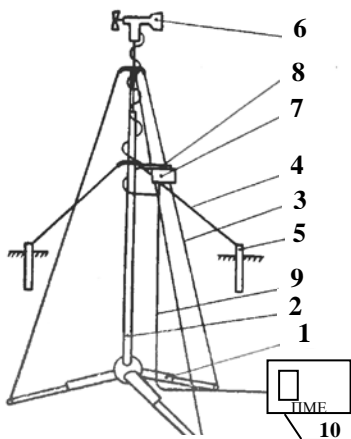


Рисунок 16 – Схема розгорнутого ДМК:

- 1 – тринога;
- 2 – ствол щогли;
- 3, 4 – розтяжка;
- 5 – штир;
- 6 – датчик вітру;
- 7 – датчик температури і вологості;
- 8 – кронштейн;
- 9 – кабель.
- 10 – показчик метеорологічних елементів

Для розгортання десантного метеорологічного комплекту необхідно:

- зняти задню кришку укладального ящика та вийняти з неї частини щогли;

- зібрати стовбур щогли (2), з'єднуючи трубки кінцями з однаковим маркуванням, і надіти верхні та нижні розтяжки (3, 4);

- вийняти датчики з контейнера, зібрати датчик швидкості та напрямку вітру (6) і встановити його на верхній трубці стовбура щогли за допомогою хомута;

- блок датчиків швидкості та напрямку вітру встановити так, щоб літера «С» на стійці блока збігалася з літерою «С» на верхній трубці ствола щогли;

- у вибраному місці встановити триногу (1) і зорієнтувати її за сторонами горизонту за допомогою компаса, який з вивільненою стрілкою утримують над центром триноги і, повертаючи триногу, добиваються збігу ніжки триноги з літерою «С» з напрямком на північ;

- установити щоглу в триногу так, щоб літера «С» на нижній трубці збігалася з літерою «С» на ніжці триноги, і

натягнути розтяжки за допомогою гвинтової пари в нижній трубі щогли;

- установити датчик температури і вологості повітря (7) на кронштейн щогли;

- з'єднати розніми з'єднувального кабеля (9) відповідно до маркування;

- перевірити справність датчика температури і вологості повітря (при видиханні повітря під захисний кожух шкали температури і вологості повинні плавно переміщуватися і поступово повертатися в початкове положення);

- перевірити напругу натисканням кнопки «ПУСК»;

- перевірити роботу всіх датчиків шляхом їх почергового підключення.

*Примітка:*

1. Блок датчиків температури і вологості повітря має бути встановлений на щоглі не пізніше, ніж за 10 хв (влітку) і за 20 хв (взимку) до початку вимірювань.

2. Показчик метеоелементів (10) може бути розміщений в укріпті (окопі) на відстані 10 м від метеорологічної щогли.

Наземний атмосферний тиск визначають за шкалою барометра, розміщеною на панелі управління десантного метеорологічного комплексу, за показаннями двох стрілок (маленької та великої). Маленька стрілка вказує номер шкали, з якої необхідно зняти показання, які знаходяться над великою стрілкою. За великою стрілкою знімають відлік величини наземного тиску з точністю до 1 мм рт. ст. За необхідності вмикають підсвічування шкали.

Для вимірювання температури на панелі управління десантного метеорологічного комплексу ручку перемикачів вимірюваних метеоелементів переключають у положення «ТЕМПЕР», натискають кнопку «ПУСК» (час натискання – не менше 4 с) і знімають відлік за шкалою з точністю до 1 °С.

Для вимірювання напрямку вітру необхідно:

- переключити на панелі управління ручку перемикач-  
ня метеоелементів у положення «НАПРАВ»;

- натиснути кнопку «ПУСК» (час натискання – не менше 4 с);

- за шкалою відліку вимірних елементів швидко зняти відлік з точністю до 5° і занести в бланк спостереження.

Для вимірювання швидкості вітру необхідно:

- ручку перемикач-  
ня вимірюваних метеоелементів переключити в положення «СКОР»;

- натиснути кнопку «ПУСК» (час натискання – не менше 4 с);

- зняти відлік за шкалою з точністю до 1 м/с і записати в бланк спостереження.

Напрямок і швидкість наземного вітру за допомогою десантного метеорологічного комплексу визначають як середнє арифметичне значення за результатами 10 показань напрямку і швидкості, зчитаних упродовж 5 хв.

Для згортання десантного метеорологічного комплексу необхідно:

- від'єднати штепсельні розніми, кабелі живлення;

- вийняти з ґрунту штирі коротких розтяжок;

- обертанням рукоятки гвинтової пари проти годинникової стрілки послабити навантаження довгих розтяжок;

- від'єднати верхню частину щогли (5, 6 і 7 трубки) від нижньої і обережно опустити її вертикально на землю;

- зняти блок датчиків вітру і блок датчиків температури і вологості;

- розібрати ствол щогли, завчасно витягнувши її нижню частину з триноги;

- у задню кришку ящика вкласти розібрану щоглу (завчасно вставивши трубки одна в одну), триногу, розтяжки, кабель і спеціальний захист із блока датчиків температури і вологості. Триногу замотати довгими розтяжками;

- у рамку ящика метеорологічних елементів вкласти і закріпити спеціальними скобами датчик швидкості та напрямку вітру (при цьому флюгерка з вставленою в неї вертушкою укладається окремо), датчик температури і вологості. З'єднувальні кабелі укласти між датчиками.

### **3.3. Зондування атмосфери**

#### **3.3.1 Вітрове зондування атмосфери**

**Вітровим зондуванням** називають вимірювання швидкості та напрямку вітру у вільній атмосфері [2–4].

Вітрове зондування атмосфери може проводитися шляхом безпосереднього вимірювання вітру під час підняття спеціальних приладів на різні висоти за допомогою повітряних «змій», прив'язних аеростатів або шляхом спостережень за переміщенням яких-небудь об'єктів в атмосфері, які вільно захоплюються повітряним потоком (вітром) і тому мають його напрямок і швидкість. Такими об'єктами можуть бути хмари, штучні дими або спеціальні кулі.

Спостереження за переміщенням хмар і штучних димів дозволяють скласти лише приблизне уявлення про швидкість і напрямок вітру, причому тільки на тих висотах, на яких вони спостерігаються. Спостереження ж за переміщенням куль (типу вільних аеростатів) дають можливість точно визначати швидкість і напрямок вітру на різних висотах в атмосфері до максимальних висот їх підйому. Тому такі спостереження широко застосовуються в метеорологічній практиці.

Об'єктами спостереження при такому способі вітрового зондування є кулі-пілоти (радіопілоти).

Сутність кулепілотного методу вітрового зондування полягає в тому, що за переміщенням кулі-пілота, починаючи з моменту її випуску, ведуть безупинні спостереження,

використовуючи кутовимірювальні прилади. За допомогою цих приладів через визначені проміжки часу визначають координати кулі в просторі. За ними розраховують горизонтальні проекції шляху кулі-пілота, її висоти і, нарешті, швидкість і напрямок вітру в атмосфері.

Куля-пілот є гумовою кулею, яка наповнена воднем настільки, що вона стає легшою за повітря і, будучи випущеною у вільний політ, безупинно піднімається вгору й одночасно захоплюється потоком повітря в горизонтальному напрямку.

Рух у вертикальному напрямку куля-пілот здійснює під дією властивої їй вільної піднімальної сили ( $A$ ) (рис. 17), яка дорівнює різниці повної піднімальної сили ( $E$ ) і ваги кулі ( $G$ ):

$$A = E - G.$$

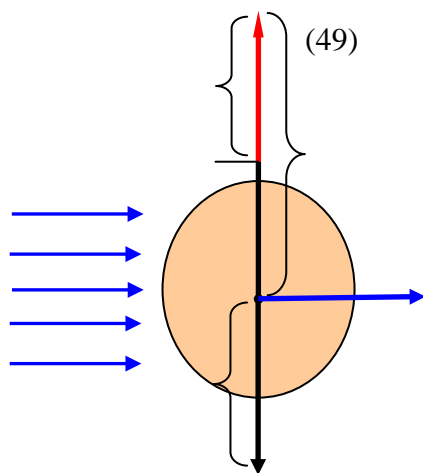


Рисунок 17 – Сили, що діють на кулю-пілот

- Тут:  $E$  – повна піднімальна сила;
- $G$  – вага кулі;
- $A$  – вільна піднімальна сила;
- $F_w$  – сила вітру

Повна піднімальна сила ( $E$ ) за законом Архімеда дорівнює вазі витиснутого кулею повітря, а вага кулі ( $G$ ) – вазі оболонки і водню, що знаходиться всередині цієї оболонки.

Завдяки тонкій гумовій оболонці, що легко розтягується, куля-пілот має невелику вагу. Водень є газом значно легшим, ніж повітря. Тому достатньо незначного наповнення оболонки воднем, щоб вага кулі стала дорівнювати вазі повітря такого ж об'єму, як і куля, і щоб куля отримала піднімальну силу ( $E$ ), що дорівнює ( $G$ ), яка зрівноважить її в повітрі. При подальшому наповненні оболонки воднем вага кулі стає меншою від ваги витиснутого нею повітря, куля отримує піднімальну силу ( $E$ ), що стає більшою за ( $G$ ), у результаті чого з'являється вільна піднімальна сила ( $A$ ), під дією якої куля й піднімається вгору.

Рух у горизонтальному напрямку куля-пілот здійснює під дією сили вітру ( $F_w$ ). Зі збільшенням швидкості горизонтального руху кулі тиск потоку повітря на її бічну поверхню зменшується й повністю зникає, коли швидкість кулі починає дорівнювати швидкості руху повітря. Будучи малоінерційною, куля-пілот швидко сприймає рух повітря і переміщується в потоці повітря як його частинка зі швидкістю й у напрямку потоку (вітру).

Оскільки вітер є нестійким метеорологічним елементом (його напрямок і швидкість безупинно коливаються (пульсують), то й напрямок і швидкість горизонтального руху кулі також безупинно коливаються. Величина коливань вітру залежить від швидкості вітру та турбулентності атмосфери, тому при сильному вітрі та розвинутій турбулентності коливальний характер руху кулі виражений найбільш різко.

Рухаючись одночасно в двох напрямках (вертикальному – під дією вільної піднімальної сили та горизонтально-

му – під дією вітру), куля-пілот переміщується в атмосфері складною траєкторією (рис. 18).

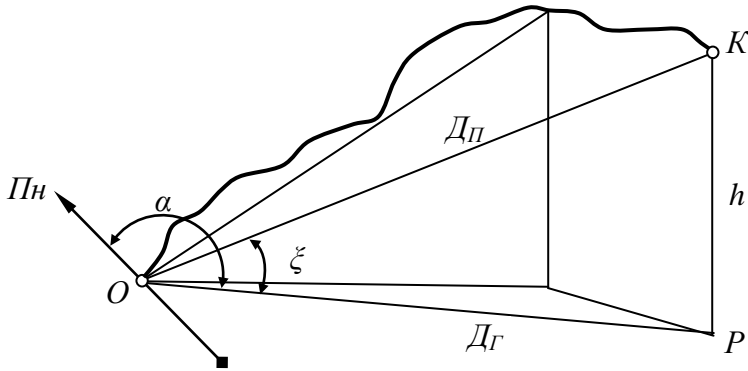


Рисунок 18 – Траєкторія кулі-пілота

Тут:  $O$  – точка випуску кулі;  $K$  – поточне положення;  
 $D_{П}$  – похила дальність,  $D_{Г}$  – горизонтальна дальність;  
 $P$  – проекція точки  $K$  на горизонтальну площину;  
 $h$  – висота кулі;  $\alpha$  – горизонтальний кут на кулю;  
 $\zeta$  – вертикальний кут на кулю.

З рис. 18 видно, що в кожний момент часу положення кулі в просторі може бути визначене, якщо відомі такі її координати:

- горизонтальний кут на кулю ( $\alpha$ ) (від півночі чи від будь-якого напрямку, дирекційний кут якого відомий);
- вертикальний кут ( $\zeta$ );
- висота кулі ( $h$ ).

Цих координат, визначених через деякі проміжки часу, цілком достатньо, щоб визначити швидкість і напрямок вітру в атмосфері.

Під час вітрового зондування атмосфери методом куль-пілотів за ними можна спостерігати за допомогою оптичних або радіотехнічних засобів.



Застосування *оптичних засобів спостереження* при вітровому зондуванні атмосфери обмежене умовами видимості. Радіотехнічні засоби дозволяють проводити вітрове зондування практично за будь-яких погодних умов. Тому в сучасних умовах спостереження за кулями-пілотами за допомогою радіотехнічних засобів є основним способом вітрового зондування атмосфери, а спостереження за допомогою оптичних засобів не застосовується.

Спостереження за кулями-пілотами (радіопілотами) за допомогою *радіотехнічних засобів* може проводитися радіолокаційним або радіопеленгаційним способом.

При будь-яких способах спостереження визначають:

- час ( $t$ ) із моменту випуску кулі;
- горизонтальний кут ( $\alpha$ ), що характеризує напрямок на кулю з пункту стояння приладу (пункту випуску кулі) відносно деякого вихідного напрямку (зазвичай напрямку на північ);
- вертикальний кут ( $\zeta$ ) відносно горизонту приладу, тобто кут місця кулі;
- висоту кулі ( $h$ ) над горизонтом приладу.

Перші три фактори ( $t$ ,  $\alpha$  і  $\zeta$ ) визначаються принципово однаковими прийомами: час ( $t$ ) – за секундоміром, включеним у момент випуску кулі-пілота; кутові координати кулі ( $\alpha$  і  $\zeta$ ) – шляхом зчитування в момент часу ( $t$ ) значень горизонтальних і вертикальних кутів за шкалами орієнтованих і наведених на кулю приладів, за допомогою яких ведуться спостереження.

Різними прийомами визначається тільки третя координата кулі – її висота ( $h$ ), причому вона при будь-яких способах спостережень безпосередньо не вимірюється, а розраховується.

Принцип зондування атмосфери *радіолокаційним* способом ґрунтується на властивості тіл відбивати радіохвилі. Різні тіла (земля, вода, лід, метал, дерево й ін.) відбивають

радіохвилі з різною інтенсивністю, що залежить від речовини, характеру і розмірів поверхні відбиваючого тіла, а також від довжини радіохвиль, що попадають на них.

Кількість відбитої енергії буде найбільшою при розмірах тіл, що дорівнюють половині довжини радіохвилі чи кратних їй. Краще за все відбивають радіохвилі метали й інші провідники електрики.

Антену радіолокаційної станції випромінює електромагнітну енергію вузьким променем, подібним до променя прожектора, і, безупинно обертаючись, «оглядає» заданий простір. Якщо на шляху поширення радіохвиль будь-які об'єкти відсутні, то радіохвилі підуть у простір. Як тільки на їхньому шляху зустрінеться тіло, здатне відбивати радіохвилі, частина енергії повернеться до радіолокаційної станції, буде прийнята антеною і після посилення потрапить на індикатори станції та з'явиться на екранах.

При вітровому зондуванні атмосфери за допомогою радіолокаційної станції до куль-пілотів підвішують спеціальні мішені-відбивачі. Такі кулі називаються *«радіопілотами»*.

Визначення відстані до радіопілота в більшості сучасних радіолокаційних станцій ґрунтується на застосуванні так званого імпульсного методу. Сутність цього методу полягає в тому, що антеною радіолокаційної станції в напрямку радіопілота випромінюються короточасні та потужні імпульси енергії. Індикатори дальності станції вимірюють час ( $t$ ) між моментом випромінювання імпульсу і поверненням відбитого сигналу (час запізнення відбитого сигналу). Знаючи цей час і швидкість поширення електромагнітної енергії ( $c \approx 300000$  км/с), можна визначити дальність ( $D_{II}$ ) до радіопілота за формулою

$$D_{II} = \frac{c \cdot t}{2}. \quad (50)$$

Таким чином, за допомогою радіолокаційної станції за індикаторами дальності та шкалами дирекційного кута і кута місця можна точно визначити місцезнаходження кулі в просторі шляхом вимірювання її координат:  $(\alpha, \xi \text{ і } D_{\Pi})$ .

Принцип зондування атмосфери **радіопеленгаційним** способом ґрунтується на прийманні радіохвиль, випромінюваних яким-небудь радіопередавачем. Приймання цих радіохвиль здійснюється за допомогою радіоприймача, який має радіопеленгатор.

За допомогою радіопеленгатора можна визначити дирекційний кут  $(\alpha)$  і кут місця  $(\xi)$  радіопередавача, підвішеного до кулі-пілота. Однак дальність до такого радіопілота визначити неможливо. Отже, за радіопеленгаційним спостереженням з одного пункту неможливо визначити третю координату положення радіопілота в просторі – висоту.

Висоту визначають або тригонометричним шляхом при спостереженнях за радіопілотом за допомогою декількох (не менше двох) радіопеленгаторів, установлених на певній відстані один від одного, або за допомогою датчика висоти, підвішеного до кулі, який дозволяє вести спостереження за допомогою одного радіопеленгатора. Висоту кулі у цьому випадку визначають за значеннями тиску, які передає датчик висоти.

### 3.3.2. Температурне зондування атмосфери

Основним методом визначення температури на висотах є безпосереднє вимірювання, тобто температурне зондування [2, 4].

На практиці в метеорологічних підрозділах використовується метод зондування атмосфери радіозондами. Сутність цього методу полягає в тому, що за допомогою кулі, наповненої воднем, в атмосферу піднімається легкий автоматичний прилад – **радіозонд**, у якому датчики температу-

ри, тиску і вологості повітря керують сигналами коротковильового радіопередавача.

Під час піднімання радіозонд безперервно посилає радіосигнали, від яких залежить від значень метеорологічних елементів на висоті, з якої передається сигнал. Ці сигнали приймаються радіоприймачами метеорологічної станції, розшифровуються і в результаті цього отримуються значення висот і метеорологічних елементів на них.

Для температурного зондування атмосфери на метеорологічних станціях головним чином використовуються радіозонди, датчиком температури в яких є терморезистор – чутливий напівпровідниковий елемент, який має властивість змінювати свою електропровідність зі зміною температури навколишнього середовища. Зі зниженням температури збільшується опір терморезистора і навпаки.

Терморезистор включений у ланцюг роботи радіоблока, який передає на метеорологічну станцію імпульси надвисокої частоти. Зміна температури середовища змінює опір терморезистора, який, у свою чергу, впливає на частоту електромагнітних імпульсів, які посилає на станцію радіоблок. За значенням температурної частоти проводиться визначення температури повітря.

### 3.3.3. Комплексне зондування атмосфери

Під час зондування атмосфери за допомогою радіотехнічних метеорологічних комплексів метод куль-пілотів і метод радіозондів зливаються в єдиному процесі *температурно-вітрового (комплексного) зондування* атмосфери. Сигнали радіозонда використовуються не тільки для визначення температури повітря, а й для визначення координат положення кулі з радіозондом у просторі, за якими розраховуються висота, швидкість і напрямок вітру.

Загальна схема організації комплексного зондування атмосфери показана на рис. 19 [4].



Рисунок 19 – Схема організації комплексного зондування атмосфери

Безпосередньо комплексному зондуванню передують етапи попередньої підготовки радіозондів і радіозондових оболонок. Підготовка радіозондів до випуску починається за 18–25 хв до призначеного часу. Переважно цей час витрачається на підготовку батареї живлення радіозонда. У цей самий час готується і наповнюється воднем оболонка радіозонда. Після підготовки батареї живлення проводиться збирання радіозонда, потім він установлюється на стіл для витримки. Під час витримки проводиться перевірка радіозонда на точність визначення за його допомогою температури навколишнього повітря. З цією метою радіозонд

деякий час витримують на повітрі, щоб терморезистор набув температури навколишнього середовища. У цей самий час на станції перевіряють і настроюють приймальну і передавальну системи. Порівнюючи показання термометра та розраховану за сигналами радіозонда температуру, роблять висновок про придатність приладу до випуску.

Відповідно до отриманих начальником вказівок або обстановки комплексне зондування атмосфери здійснюють: у режимі безупинного супроводу радіозонда за всіма координатами (радіолокаційному режимі); у режимі безупинного супроводу за кутовими координатами і періодичному вимірюванні похилої дальності (регламентному режимі); у радіопеленгаційному режимі.

Радіолокаційний режим роботи метеорологічної станції дозволяє постійно й з найбільшою точністю отримувати координати радіозонда та виміряні ним параметри атмосфери. Але в цьому режимі станція постійно працює на випромінювання, що є демаскуючою ознакою.

Регламентний режим застосовується для значного зменшення часу роботи станції на випромінювання високочастотної енергії. Якщо при роботі в першому режимі станція демаскує себе безупинно впродовж усього часу зондування (1,5–2 год), то в регламентному режимі передавальна система радіолокаційної станції включається періодично (20–25 разів за час зондування), кожного разу на час, не більше 15–35 с. Це підвищує радіомаскування станції, але дещо знижує точність визначення координат радіозонда.

У радіопеленгаційному режимі радіомаскування позиції метеостанції значно підвищується, оскільки передавальна система в цьому випадку не включається. У цьому режимі роботи координати радіозонда вимірюються зі значно меншою точністю, ніж у перших двох, але задовольняють потреби підготовки даних для пусків ракет.

Таким чином, у цьому розділі показано порядок і послідовність здійснення метеорологічних вимірювань. Значна увага приділена порядку визначення наземних значень метеорологічних елементів за допомогою десантного метеорологічного комплекту, а також питанням щодо вітрового і температурного зондування атмосфери. Наведені приклади і методика визначення значень різних метеорологічних елементів суттєво доповнюють матеріал глави. Отже, ґрунтовні знання навчального матеріалу цього розділу є запорукою чіткої роботи командирів ракетних і артилерійських підрозділів щодо своєчасної та точної підготовки установок для нанесення ударів (стрільби).

## **Навчальний тренінг**

### **Основні поняття і терміни**

*Термометричне тіло, термометр, термонара, психрометричний метод, вентиляційний психрометр, барометр-анероїд, барограф, барична тенденція, перевірне свідоцтво, шкалова поправка, температурна поправка, вітрове, температурне та комплексне зондування атмосфери, десантний метеорологічний комплект.*

### **Питання для повторення та самоконтролю**

1. *Що включають наземні метеорологічні спостереження?*
2. *Назвіть способи і прилади, які використовують для вимірювань тиску атмосфери.*
3. *Дайте характеристику способам вимірювання температури і вологості повітря. Які прилади використовують для цього?*
4. *Яким чином вимірюють вітер?*

5. Поясніть методику визначення наземних значень метеорологічних елементів за допомогою ДМК.

6. Розкрийте сутність вітрового, температурного та комплексного зондування атмосфери.

### **Завдання для самопідготовки**

1. Провести тренування у визначенні наземних значень метеорологічних елементів.

2. Відпрацювати норматив із розстановки ДМК на оцінку «добре» («відмінно»).

### **Теми, що пропонуються для розроблення рефератів**

1. Історія створення перших приладів для проведення метеорологічних спостережень.

2. Зміст метеорологічної підготовки у підрозділах ракетних військ провідних у військовому відношенні країн.



## Розділ 4

### МЕТЕОРОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА ПУСКІВ РАКЕТ І РЕАКТИВНИХ СНАРЯДІВ

#### 4.1. Зміст та завдання метеорологічної підготовки

Для оцінки та урахування метеорологічних умов організовується та проводиться такий вид бойового забезпечення, як *гідрометеорологічне забезпечення*. Воно передбачає такі заходи:

- отримання інформації від гідрометеорологічної служби старшого командира щодо гідрологічної та метеорологічної обстановки в районі бойових дій (довідки, прогнози штормових сповіщень та попереджень);

- доведення цієї інформації до штабів дивізіонів і підрозділів;

- отримання метеорологічних бюлетенів із пунктів зондування старшого командира, їх обробка та доведення до підрозділів;

- метеорологічна підготовка.

**Метеорологічна підготовка** в ракетних і артилерійських підрозділах є основною складовою гідрометеорологічного забезпечення. Вона організується та здійснюється з метою урахування метеорологічних умов для підвищення ефективності стрільби [4, 8].

Метеорологічна підготовка передбачає:

- наземні метеорологічні вимірювання;

- комплексне зондування атмосфери;

- складання метеорологічних бюлетенів та передавання їх у штаби дивізіонів;

- спостереження за небезпечними явищами погоди та гідрологічного режиму.

Особливістю метеорологічної підготовки є те, що точність її не залишається незмінною – вона безперервно знижується зі збільшенням давності метеорологічного бюлетеня та віддаленням стартових (вогневих) позицій від метеостанції. Тому метеорологічна підготовка повинна здійснюватися безперервно, бути своєчасною, повною, точною та прихованою.

Завдання метеорологічної підготовки полягає у визначенні відхилень реальних метеорологічних умов від їх табличних значень. Відхилення метеорологічних умов після перетворення їх у відповідні поправки використовуються при розрахунках установок.

У прийнятій системі метеорологічних поправок під час розрахунку установок ураховують: відхилення тиску атмосфери на висоті стартової (вогневої) позиції, балістичне відхилення температури повітря та балістичний вітер у межах висоти траєкторії.

Під час наземних метеорологічних вимірювань та зондування атмосфери визначають:

$P_M$  – наземне значення тиску на рівні метеостанції, мб;

$t_{vm}$  – наземну віртуальну температуру повітря на рівні метеостанції, °С;

$\Delta t_{vm}$  – балістичне відхилення віртуальної температури повітря від табличних значень на висотах траєкторії, °С;

$\alpha_{w\delta}$ ,  $W_\delta$  – напрямок і швидкість балістичного вітру на стандартних висотах траєкторії, градус і м/с, відповідно.

Основним бюлетенем, який використовується під час підготовки пусків ракет і стрільби реактивними снарядами, є метеорологічний бюлетень «Метеосередній» («Метео-11»).

## 4.2. Загальні правила складання метеорологічних бюлетенів

Дані, визначені метеорологічними підрозділами, передаються підрозділам ракетних військ і артилерії у вигляді спеціальних метеорологічних бюлетенів.

*Метеорологічний бюлетень* – це документ, який містить відомості про метеорологічні елементи (їх відхилення від табличних значень) у вигляді спеціального коду [2, 4].

Метеорологічні бюлетені складаються тільки з цифр. Цифри розташовуються групами таким чином, що значення кожної цифри визначається її місцем у групі та місцем групи в бюлетені. Групи відокремлюються одна від одної знаком тире.

При складанні метеорологічних бюлетенів керуються такими загальними правилами.

Для даних, що розміщуються в метеорологічних бюлетенях, виділяється визначена кількість цифр відповідно до схеми коду того чи іншого бюлетеня. Якщо які-небудь дані фактично мають меншу кількість цифр, ніж їм відведено за схемою коду, то місця, що залишаються попереду цих цифр, заповнюються нулями. Наприклад, для висоти метеостанції над рівнем моря за схемою виділяються чотири цифри; якщо фактична висота над рівнем моря 80 м, у бюлетень записують 0080.

Знак мінус, що позначає від'ємне значення тих чи інших метеорологічних даних, у бюлетень не заносять. Для умовного позначення від'ємного значення якого-небудь метеорологічного фактора до першої цифри групи, відведеної для нього, замість мінуса додають умовне число 5.

Наприклад, висота розташування метеорологічної станції -20 м позначається в бюлетені 5020; відхилення наземного тиску атмосфери -26 мм рт. ст. – 526; відхилення наземної температури повітря чи середнє відхилення темпе-

ратури  $-12^{\circ}\text{C}$  – 62; середнє відхилення густини повітря  $-8\%$  – 58.

Якщо від'ємне відхилення температури, для якої за схемою коду відведено дві цифри, сягає  $-50^{\circ}\text{C}$  і більше, то в бюлетені записують це відхилення без додавання умовного числа 5. Такі відхилення можуть мати місце лише взимку і спостерігатися будуть більш за все біля поверхні землі. Тому при розшифруванні бюлетеня просто за відчуттям температури повітря легко встановити, що, наприклад, записаному в бюлетені числу 52 відповідає відхилення наземної температури  $-52^{\circ}\text{C}$ , а не  $-2^{\circ}\text{C}$ .

Дані про значення (відхилення) метеорологічних елементів у бюлетені округлюються: висота розташування метеорологічної станції – до 10 м; досягнуті висоти температурного й вітрового зондування – до 1 км; відхилення наземного тиску атмосфери – до 1 мм рт. ст.; відхилення наземної температури повітря та середнє відхилення температури – до  $1^{\circ}\text{C}$ ; середнє відхилення густини повітря – до 1%; напрямок середнього вітру – до 1-00 поділ. кут.; швидкість середнього вітру – до 1 м/с. Округлення до цілих одиниць здійснюють у бік найближчого цілого; якщо ж дробова частина дорівнює половині одиниці (0,5 чи 0-50), то значення округлюють у бік парного цілого.

Від'ємні значення від  $-0,5$  до 0 округлюють до нуля і записують у бюлетень без додавання умовного числа 5. Наприклад, відхилення температури  $-0,4^{\circ}\text{C}$  записують як 00.

Час (години і хвилини) записують в першій групі всіх бюлетенів за моментом закінчення спостережень. Хвилини округлюють до найближчого цілого десятка. Наприклад, якщо зондування проводилося 29 числа поточного місяця і спостереження було закінчене о 18 год 52 хв, у метеобюлетень записується 29185.

### 4.3. Метеорологічний бюлетень «Метеосередній»

Метеорологічний бюлетень «Метеосередній» (умовне позначення «Метео-11») містить у собі середні значення метеорологічних факторів у шарах атмосфери від поверхні землі до стандартних висот бюлетеня. Він містить усі необхідні відомості для обліку умов стрільби артилерії та РС. Метеорологічний бюлетень «Метеосередній» складається за схемою:

«Метео 11NN» – ДДГГХ – ВВВВ – ППТ<sub>0</sub>T<sub>0</sub> – 02ГГ – ТТННШШ – 04ГГ – ТТННШШ – 08ГГ – ТТННШШ – 12ГГ – ТТННШШ – 16ГГ – ТТННШШ – 20ГГ – ТТННШШ – 30ГГ – ТТННШШ – 40ГГ – ТТННШШ – 50ГГ – ТТННШШ – 60ГГ – ТТННШШ – 80ГГ – ТТННШШ – 10ГГ – ТТННШШ – 12 – ТТННШШ – 14 – ТТННШШ – 18 – ТТННШШ – 22 – ТТННШШ – 26 – ТТННШШ – 30 – ТТННШШ – В<sub>Т</sub>В<sub>Т</sub>В<sub>В</sub>В<sub>В</sub>.

Значення символів схеми наведені в табл. 5.

Таблиця 5 – Пояснення схеми складання бюлетеня «Метеосередній»

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Метео-11                      | Умовне позначення бюлетеня «Метеосередній»   |
| NN                            | Умовний номер МС   |
| ДД                            | День (число) місяця складання бюлетеня   |
| ГГХ                           | Години (ГГ) і десятки хвилин (Х) закінчення зондування атмосфери   |
| ВВВВ                          | Висота розміщення МС над рівнем моря, м  |
| ППП                           | Відхилення назем. тиску атмосфери від табличного на рівні МС, мм рт. ст.   |
| T <sub>0</sub> T <sub>0</sub> | Відхилення назем. віртуальної температури від табличного значення на рівні МС на момент закінчення зондування атмосфери, °С        |
| 02, 04, ..., 80               | Стандартні висоти над рівнем МС, сотні метрів (200 м, 400 м..., 8000 м)  |
| ГГ                            | Середнє відхилення густини повітря в шарі від поверхні землі до відповідної висоти, %  |
| ТТ                            | Середнє відхилення віртуальної температури повітря від її табличного розподілу в шарі від поверхні землі до відповідної висоти, °С |
| НН                            | Дирекційний кут напрямку середнього вітру в шарі від поверхні землі до відповідної висоти, поділ. кут.                             |
| ШШ                            | Швидкість вітру в тому ж шарі, м/с   |
| 10, ..., 30                   | Стандартні висоти над рівнем МС, км  |
| В <sub>Т</sub> В <sub>Т</sub> | Досягнута висота температурного зондування, км   |
| В <sub>В</sub> В <sub>В</sub> | Досягнута висота вітрового зондування, км  |

Бюлетень «Метеосередній» складається для 20 стандартних висот (за умови, що висота метеорологічної станції дорівнює 0 м).

Прийнята кількість стандартних висот дозволяє відобразити розподіл за висотою метеорологічних факторів із такою детальністю, за якої похибки лінійної інтерполяції даних бюлетеня є незначними.

Крок стандартних висот відповідає характеру зміни метеорологічних факторів із висотою. Для невеликих висот, де ці зміни найбільші, стандартні висоти обрані частіше. Зі збільшенням висоти крок висот відповідно збільшується.

Бюлетень «Метеосередній» завжди складається до висоти 30 км. Відомості, яких не вистачає, отримують шляхом екстраполяції.

Вхідними даними для складання бюлетеня «Метеосередній» є результати обробки комплексного зондування атмосфери.

Порядок складання метеобюлетеня «Метео-11» наведено у прикладі 9.

### **Приклад 9**

*Скласти бюлетень «Метео-11» за такими даними.*

*Зондування атмосфери на метеорологічній станції № 2 закінчене 19 лютого о 17 год 42 хв. Висота розміщення метеорологічної станції – 182 м над рівнем моря. У результаті проведення наземних метеорологічних вимірювань отримано: тиск атмосфери – 755,2 мм рт. ст., температура повітря – -20,6 °С. Досягнута висота температурного та вітрового зондування 26 км. За результатами зондування атмосфери до висоти 25850 м обчислені, а вище – отримані шляхом екстраполяції такі дані:*

| Стандартні висоти, м        | Густина повітря, % | Відхилення віртуальної температури, °С | Напрямок вітру, поділ. кут. | Швидкість вітру, м/с |
|-----------------------------|--------------------|--|-----------------------------|----------------------|
| 200                         |                    | -34,4                                  | 27-10                       | 4,0                  |
| 400                         |                    | -31,4                                  | 27-70                       | 5,3                  |
| 800                         |                    | -27,4                                  | 29-10                       | 6,3                  |
| 1200                        | 14,0               | -25,3                                  | 31-30                       | 6,8                  |
| 1600                        | 12,6               | -24,0                                  | 33-20                       | 6,9                  |
| 2000                        | 10,8               | -23,2                                  | 35-70                       | 6,7                  |
| 2400                        | 9,9                | -22,7                                  | 38-35                       | 6,1                  |
| 3000                        | 9,1                | -22,5                                  | 41-70                       | 5,4                  |
| 4000                        | 8,6                | -23,5                                  | 46-10                       | 4,7                  |
| 5000                        | 8,1                | -24,6                                  | 48-55                       | 5,6                  |
| 6000                        | 7,8                | -25,3                                  | 47-90                       | 6,9                  |
| 8000                        | 7,7                | -25,0                                  | 48-35                       | 8,6                  |
| 10000                       | 7,6                | -24,2                                  | 49-10                       | 9,1                  |
| 12000                       | 7,4                | -23,8                                  | 52-55                       | 10,7                 |
| 14000                       | 6,4                | -24,1                                  | 53-50                       | 11,5                 |
| 18000                       | 5,1                | -24,1                                  | 53-80                       | 12,6                 |
| 22000                       |                    | -24,1                                  | 52-95                       | 12,8                 |
| 26000                       |                    | -23,4                                  | 51-50                       | 13,4                 |
| <i>Екстрапольовані дані</i> |                    |  |                             |                      |
| 30000                       |                    | -22,9                                  | 51-50                       | 13,4                 |

### **Розв'язання**

1. Знайти відхилення наземного тиску атмосфери:

$$\Delta P = 755,2 - 750,0 = 5,2 \text{ мм рт. ст.}$$

2. Розрахувати наземну віртуальну температуру (для відносної вологості 50%) та її відхилення:

$$t_v = -20,6 + 0,0 = -20,6 \text{ °С};$$

$$\Delta t_v = -20,6 - 15,9 = -36,5 \text{ °С.}$$

3. Скласти бюлетень «Метеосередній»:

«Метео 1102 – 19174 – 0180 – 00586 – 0214 – 842704 – 0413 – 812805 – 0811 – 772906 – 1210 – 753107 – 1609 – 743307 – 2009 – 733607 – 2408 – 733806 – 3008 – 724205 – 4008 – 744605 – 5008 – 754906 – 6007 – 754807 – 8006 – 754809 – 1005 – 744909 – 12 – 745311 – 14 – 745412 – 18 – 745413 – 22 – 745313 – 26 – 735213 – 30 – 735213 – 2626».

#### 4.4. Гарантована зона дії та термін придатності бюлетенів

Під *гарантованою зоною* дії бюлетенів розуміють площу круга, в якій точність метеорологічного забезпечення пусків ракет та стрільби реактивними снарядами відповідає вимогам повної підготовки [4]. Розміри гарантованої зони залежать від типу озброєння, режиму (інтервалу) зондування атмосфери, часу на доведення бюлетенів до підрозділів і розрахунок установок, характеру місцевості. Радіус гарантованої зони дії бюлетенів визначається

$$R_{\text{гар}} = [\Delta t_{\text{max}} - (\Delta t^* + \delta t)] \cdot \beta, \quad (51)$$

де  $R_{\text{гар}}$  – радіус гарантованої зони дії бюлетеня, км;  $\Delta t_{\text{max}}$  – максимальний час придатності бюлетеня для повної підготовки, год;  $\Delta t^*$  – режим (інтервал) зондування атмосфери, год;  $\delta t$  – час на доведення бюлетеня до підрозділів і розрахунок поправок, год;  $\beta$  – коефіцієнт пропорційності між відстанню та часом при однаковій зміні метеорологічних умов, км/год:  $\beta = 25$  км/год – на місцевості рівнинного характеру незалежно від абсолютної висоти;  $\beta = 20$  км/год – у приморських районах із рівнинним береговим рельєфом;  $\beta = 10$  км/год – у гірській місцевості.

Під *терміном придатності* бюлетеня розуміють проміжок часу, впродовж якого бюлетень придатний для визначення установок для пусків ракет і стрільби реактивними снарядами на основі повної підготовки. Величину його оцінюють за формулою

$$\Delta t = \Delta t_{\text{max}} - \frac{\Delta d}{\beta}, \quad (52)$$

де  $\Delta t$  – термін придатності бюлетеня, год;  $\Delta t_{\text{max}}$  – максимальний час придатності бюлетеня для повної підготов-



ки, год;  $\Delta d$  – віддаленість СП (ВП) від метеостанції, км;  $\beta$  – коефіцієнт пропорційності між відстанню та часом при однаковій зміні метеорологічних умов, км/год.

#### **4.5. Спостереження за небезпечними явищами погоди**

Одним із завдань метеорологічної підготовки є спостереження за небезпечними явищами погоди та гідрологічного режиму. Взагалі відомості про метеорологічну та гідрологічну обстановку в районах бойових дій та на маршрутах переміщення готують, оцінюють та доводять до підрозділів органи гідрометеорологічної служби об'єднання. Але всі метеорологічні станції, в тому числі ракетних та артилерійських підрозділів, постійно ведуть спостереження за небезпечними явищами для своєчасного попередження командирів про можливу небезпечну метеорологічну обстановку [7].

Метеорологічна інформація доводиться органами гідрометеорологічної служби до частин і підрозділів у вигляді аерокліматичних та гідрологічних довідок про район бойових дій, а також довгострокових та короткострокових прогнозів погоди.

Короткострокові прогнози робляться на термін до 36 год, довгострокові – до 3 діб. За призначенням прогнози можуть бути загального призначення або спеціальні.

У короткострокові прогнози загального призначення та довгострокові прогнози вноситься така інформація: хмарність, явища погоди, горизонтальна видимість та вітер біля поверхні землі, температура повітря, характеристика стану доріг [1].

Хмарність характеризується: безхмарно або малохмарно; невелика хмарність; перемінна хмарність; хмарна погода.

Явища погоди характеризуються термінами: дощ, сніг, зливовий дощ, зливовий сніг, дощ зі снігом, мокрий сніг, туман, пелена, імла, хуртовина, поземок, пилова (піщана) буря, гроза, смерч, шквал, град, ожеледиця.

При прогнозуванні значень горизонтальної видимості біля поверхні землі використовуються градації: менше 1000 м, 1-2 км, 2-4 км, більше 6 км.

Вітер біля поверхні землі та на висотах прогнозується з зазначенням напрямку та швидкості (біля поверхні землі – в м/с, у шарах атмосфери – в км/год). Напрямок вітру зазначають у градусах з інтервалом в 20°. Якщо вітер біля поверхні землі 3м/с і менше, дозволяється зазначити термін «слабкий».

Температура повітря характеризується в градусах Цельсія з інтервалом в 3°C. Використання терміну «близько нуля» дозволяється, коли температура очікується від -2 °C до +2 °C.

Стан доріг характеризується термінами: дороги сухі; дороги мокрі; на дорогах ожеледь; на дорогах снігові (піщані) заноси; дороги місцями ушкоджені дощовими (селевими) потоками; на дорогах лісові завали.

Термін «короткостроковий» використовується при прогнозуванні явища з загальною протяжністю не більше третини дії періоду прогнозу. Термін «місцями» використовується у випадку, коли очікується, що явище погоди буде спостерігатися на площі, що не перевищує третини території чи району.

Термін «можливо» або «ймовірно» використовувати в прогнозах погоди забороняється.

Штормовим попередженням називають прогноз виникнення (зберігання, підсилення) небезпечного (особливо небезпечного) метеорологічного, гідрологічного чи геофізичного явища.

Штормовим сповіщенням називають повідомлення про небезпечне чи особливо небезпечне метеорологічне явище, яке почалося.

Штормові попередження та сповіщення про небезпечні явища погоди і гідрологічного режиму організуються з метою забезпечення безпеки виконання завдань частинами і підрозділами, своєчасного прийняття заходів щодо збереження техніки, озброєння, особового складу від впливу небезпечних метеорологічних, геофізичних та гідрологічних явищ.

Небезпечні метеорологічні явища: гроза, інтенсивні опади (зливовий сніг, зливовий дощ, град), хуртовина, піщана буря, туман, ожеледь, вітер біля поверхні землі 15 м/с і більше, снігові (піщані) заноси і ожеледиця на дорогах, температура повітря нижче  $-40^{\circ}\text{C}$  і вище  $+40^{\circ}\text{C}$ , різка зміна температури (більше ніж на  $10^{\circ}\text{C}$  за 12 годин), перехід температури через  $0^{\circ}\text{C}$  у бік її зниження.

Небезпечні гідрологічні явища: різкий підйом (спад) рівня води в річках та водоймищах; льодяні затори на річках; інтенсивне танення снігу; льодохід та льодостав на річках.

Небезпечні геофізичні явища: лісові (степові) пожежі та сильна задимленість повітря.

Особливо небезпечні метеорологічні, гідрологічні та геофізичні явища: шквали; смерчі; урагани; град діаметром 30 мм і більше; підвищення рівня води у водоймищах до критичного значення; паводки, які загрожують затопленням районів; селі; схід гірських лавин; землетруси; виверження вулканів.

#### **4.6. Сили та засоби для виконання завдань метеорологічної підготовки**

Для виконання завдань метеорологічної підготовки в штаті частин РВіА є метеорологічна батарея, яка складається з трьох метеорологічних взводів та відділення зв'язку.

На озброєнні кожного метеорологічного взводу є радіопеленгаційний метеорологічний комплекс типу 1Б44 («Улыбка») (рис. 20).

Комплекс може працювати як у радіолокаційному, так і радіопеленгаційному режимі. До складу комплексу входять:

1Б44-1 – апаратна машина (на базі автомобіля «Урал»), в якій розміщується радіотехнічна апаратура, що забезпечує автоматичний супровід радіозонда під час польоту, обробку інформації про параметри атмосфери та передачу абонентам результатів зондування;

1Б44-2 – допоміжна машина (на базі автомобіля «Урал»), в якій розміщуються: агрегат живлення; прилади для наземних метеорологічних спостережень; ДМК; пристосування для випуску радіозонда; запас радіозондів, батарей живлення до них та радіозондових оболонок; ящик із обладнанням пункту випуску радіозондів; побутовий відсік для персоналу;

1Б44-3 – автопричіп, призначений для розміщення та перевезення балонів для водню, обладнання для заповнення оболонок воднем, ЗІП та іншого обладнання.

Основні тактико-технічні характеристики комплексу наведені в додатку Е.



а)



б)

Рисунок 20 – Радіопеленгаційний метеорологічний комплекс:  
1Б44 «Улыбка»:  
а – на марші; б – на позиції

Для виконання завдань щодо зондування атмосфери метеорологічна батарея розгортається на позиції розмірами 2–3 км за фронтом і в глибину, ззовні позиційних районів дивізіонів на відстані не менше 5 км від стартових (вогневих) позицій і командних пунктів. Максимальна віддаленість метеостанцій від стартових (вогневих) позицій не повинна перевищувати 100 км. У межах району метеорологічної батареї обираються і готуються позиції метеорологічних взводів (метеостанцій). Відстань між ними вибирається близько 2 км, що дозволяє виключити взаємні перешкоди під час роботи радіолокаторів та забезпечує надійне

управління та контроль за їх роботою з боку командира батареї.

Для виконання завдань метеостанції призначають район розгортання, в якому командир метеорологічного взводу вибирає позицію з розмірами 100 на 100 м. Позиція повинна забезпечувати:

- можливість швидкого маневру під час зайняття та залишення позиції;
- приховане розташування пунктів;
- наявність рівного майданчика з розмірами 8 на 3 м і нахилом не більше  $5^\circ$ , з твердим ґрунтом;
- можливість випуску радіозонда на відстані не менше 80 м від апаратної машини з підвітряного боку та пряму видимість між апаратною машиною та місцем випуску;
- наявність відкритої місцевості (щоб радіозонд не зачіпав місцевих предметів під час випуску);
- відсутність місцевих предметів, що заважають супроводженню радіозонда до висоти 30 км;
- наявність відкритого майданчика для вимірювання наземного вітру.

Розташування метеорологічної станції в позиційному районі не повинно демаскувати позиційні райони дивізіонів і командні пункти бойових підрозділів.

Нормативи часу для виконання завдань метеорологічною батареєю та порядок оцінки її роботи визначені в Курсі підготовки Ракетних військ ЗС України КПРВ-96 [10, 11]. Виконання завдань метеорологічною батареєю оцінюється за: час виконання завдання, досягнуту висоту зондування, точність визначення метеорологічних даних та технічне виконання операцій і визначається:

- «відмінно» – якщо час виконання завдання та досягнута висота зондування оцінені на «відмінно», технічне виконання операцій не нижче «добре», а відхилення в точності не більші за допустимі;

- «добре» – якщо час виконання завдання та досягнута висота зондування, технічне виконання операцій оцінені не нижче «добре», а відхилення в точності не більші за допустимі;

- «задовільно» – якщо час виконання завдання та досягнута висота зондування, технічне виконання операцій оцінені не нижче «задовільно», а відхилення в точності не більші за допустимі;

Час виконання завдання № 1 «Комплексне зондування атмосфери» на оцінки «відмінно», «добре», «задовільно» відповідно становить (вдень/вночі):

- із розгортанням обладнання – 24/31 хв; 29/35 хв; 33/40 хв;

- із розгорненим обладнанням – 19/22 хв; 21/24 хв; 25/28 хв.

Технічне виконання завдання щодо зондування атмосфери оцінюється на оцінки «відмінно», «добре», «задовільно», якщо допущено відповідно не більше 1, 2, 4 помилок.

Висота зондування оцінюється:

- «відмінно» – 26, 22, 20 км для оболонок №200,150,100 або 16 км при дальності супроводження не менше 100 км;

- «добре» – 20, 18, 17 км для оболонок № 200,150,100 або 15 км при дальності супроводження не менше 80 км;

- «задовільно» – якщо висота зондування не менше 14 км.

Точність визначення метеорологічних даних визначається величинами допустимих помилок метеобюлетеня. Якщо помилка однієї з груп метеобюлетеня порівняно з результатами контрольної групи, отриманими в ході обробки даних того ж зондування, перевищує за балістичною температурою 1 °С, напрямком балістичного вітру – 3°,

швидкістю вітру – 1 м/с та наземним тиском – 2 мб, виконання завдання оцінюється «незадовільно».

Метеорологічна підготовка в підрозділах здійснюється на основі розпоряджень штабу, в яких зазначається порядок проведення метеорологічної підготовки до початку і в ході бойових дій, терміни передачі метеобюлетенів і дані радіомережі метеорологічного забезпечення, порядок доведення гідрометеорологічної інформації, штормових попереджень і оповіщень, заходи щодо прихованості передачі метеобюлетенів і сигнали управління.

Штаб дивізіону організовує отримання бюлетенів «Метео-11» і передачу їх у батареї, а також доведення до батарей інформації про небезпечні явища погоди і гідрологічного режиму, слідкує за дотриманням строку давності метеобюлетенів.

Згідно з [10, 11] під час оцінювання якості метеорологічної підготовки враховуються:

- доведення до частин і підрозділів інформації про метеорологічний стан у районі бойових дій;
- попередження про небезпечні гідрологічні та метеорологічні явища;
- організація прийняття метеобюлетенів.

Відсутність метеоданих, необхідних для розрахунку установок для пусків ракет і стрільби реактивними снарядами, а також використання метеоданих із простроченим терміном придатності в мирний час на навчаннях веде до зниження оцінки за метеорологічну підготовку до «незадовільно», а в період бойових дій – до невиконання бойових завдань.

У цьому розділі розглянуті зміст та завдання метеорологічної підготовки, наведена методика складання та розшифрування метеорологічних бюлетенів. Достатньо уваги приділено порядку ведення спостереження за небезпечними явищами погоди та інформування про них командирів



ракетних і артилерійських підрозділів. Слід зазначити, що наявність таких характерних недоліків, як: невміння посадовими особами складати метеорологічні бюлетені та розшифровувати їх; незнання особовим складом сигналів сповіщення про небезпечні явища та порядок дій за ними; відсутність метеоданих для оцінки радіаційної та хімічної обстановки; відсутність гідрологічної інформації; здійснення планування бойових дій без урахування змін гідрометеорологічних умов у районі бойових дій у мирний час веде до зниження оцінки підрозділу за тактичні дії, а у воєнний час може поставити під загрозу успішне ведення бойових дій.

Тому необхідно у повному обсязі знати зміст та завдання метеорологічної підготовки, сили і засоби для виконання цих завдань з метою ефективного використання їх в умовах ведення бойових дій.

## **Навчальний тренінг**

### **Основні поняття і терміни**

*Гідрометеорологічне забезпечення, метеорологічна підготовка, завдання метеорологічної підготовки, метеорологічний бюлетень, загальні правила складання метеорологічних бюлетенів, метеобюлетень «Метеосередній», зона дії та термін придатності метеорологічних бюлетенів, небезпечні явища погоди, радіопеленгаційний метеорологічний комплекс.*

### **Питання для повторення та самоконтролю**

- 1. Розкрити зміст та завдання метеорологічної підготовки.*
- 2. Пояснити зміст метеорологічного бюлетеня «Метео-11».*

3. Який порядок складання метеорологічного бюлетеня?
4. Які зону дії і термін придатності має бюлетень «Метео-11»?
5. Дати характеристику небезпечних явищ погоди.
6. Сили і засоби для виконання завдань метеорологічної підготовки.

### **Завдання для самопідготовки**

1. Провести тренування у складанні метеорологічного бюлетеня «Метео-11».
2. Провести тренування у розшифруванні метеорологічного бюлетеня «Метео-11».

### **Теми, що пропонуються для розроблення рефератів**

1. Історія створення метеорологічних комплексів.
2. Сили та засоби для виконання завдань метеорологічної підготовки у підрозділах ракетних військ провідних у військовому відношенні країн.

## Висновки

Розвиток і вдосконалення сучасної ракетної та артилерійської техніки серед інших напрямів мають на меті подолання негативного впливу погодних умов. На озброєнні ракетних військ і артилерії є керовані ракети, що практично не потребують урахування метеорологічних умов під час визначення установок для пусків. Більшість зразків озброєння і техніки ракетних військ і артилерії стали надійнішими в роботі за будь-яких гідрометеорологічних умов. Але «всепогодною» назвати ракетну техніку ще не можна. Так, наприклад, ракетні комплекси (реактивні системи залпового вогню) мають обмеження на пуски при певних значеннях метеорологічних елементів. Від погодних умов залежить робота систем самонаведення. Погодні умови вносять свої корективи під час ведення бойових дій. Від них залежать маршові швидкості, маневреність, час підготовки та виконання бойових завдань, технічний стан озброєння і бойової техніки, морально-психологічний стан особового складу. Тому без урахування реальних погодних умов неможливе успішне ведення бойових дій. Доведення до командирів і штабів усіх рівнів гідрометеорологічної інформації є важливим заходом бойового забезпечення.

Наразі, ураховуючи фактор швидкоплинності бойових дій, різко підвищилися вимоги до точності ураження цілі. Це підтверджується досвідом ведення бойових дій у локальних війнах і збройних конфліктах останніх років. Частка обсягу вогневих завдань з ураження противника, яка покладається на ракетні війська і артилерію, становить не менше 70%, особливо коли мова йде про нанесення ракетних ударів (стрільби РС) по об'єктах (цілях), розташованих на значній відстані та в недоступних місцях.

Урахування реальних метеорологічних умов під час підготовки пусків ракет (стрільби РС) сприяє ефективному

застосуванню ракетної зброї, оскільки метеорологічні умови вагомо впливають на точність ракетних ударів (стрільби РС), особливо під час застосування балістичних, керованих на активній ділянці траєкторії, ракет (РС). Для ефективного застосування керованих ракет (РС) із бойовими частинами в касетному спорядженні необхідно враховувати метеорологічні умови в районі об'єктів ураження (цілі).

Глибоке розуміння суті метеорологічної підготовки пусків ракет (стрільби РС), основ її організації, вміння обробляти метеорологічну інформацію і використовувати її під час підготовки і управління ракетними ударами – обов'язкова умова високої професійної культури і майстерності офіцера ракетних військ і артилерії.

Для підвищення рівня професійної підготовки фахівців ракетних військ і артилерії з метеорологічної підготовки в Додатку Г наведений Збірник практичних задач з декількома варіантами вхідних даних та бланками розв'язків.

Автори навчального посібника будуть вдячні тим читачам, які вважатимуть за доцільне висловити свої зауваження та надати конструктивні пропозиції щодо змін та доповнень до цього посібника у майбутніх перевиданнях.

## Список використаної літератури

1. Астапенко П. Д. Вопросы о погоде. – Л. : Гидрометеоздат, 1986. – 44 с.
2. Вороновский А. Г. Метеорология в артиллерии / А. Г. Вороновский, И. К. Зеленой, В. В. Коваленко. – М. : Воениздат, 1959. – 488 с.
3. Коваленко В. В. Метеорологическая подготовка стрельбы артиллерии / В. В. Коваленко, В. И. Шевкунов. – Л. : ВАА им. Калинина, 1975. – 132 с.
4. Метеорологическая подготовка: учебник сержанта ракетных войск и артиллерии. – М. : Воениздат, 1973. – 272 с.
5. Физические основы ракетного оружия. – М. : Воениздат, 1990. – 194 с.
6. Овчінніков В. О. Основи теорії ракетних двигунів / В. О. Овчінніков, В. М. Сай. – Суми : ВІРВіА СумДУ, 2005. – 188 с.
7. Савкин Л. С. Метеорология и стрельба артиллерии / Л. С. Савкин, Б. Д. Лебедев. – М. : Воениздат, 1974. – 56 с.
8. Метеорологическое обеспечение стрельбы ракетных войск и артиллерии. – Часть I. – М. : Воениздат, 1964. – 84 с.
9. Десантный метеорологический комплект. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М. : Воениздат, 1999. – 54 с.
10. Курс підготовки ракетних військ Збройних сил України (КП РВ-96). – К. : Міністерство оборони України. Головне управління РВіА, 1996. – 96 с.
11. Додатки до курсу підготовки ракетних військ Збройних сил України (КП РВ-96). – К. : Міністерство оборони України. Головне управління РВіА, 1996. – 42 с.
12. Сборник задач по метеорологической подготовке. – М. : Воениздат, 1979. – 24 с.

13. Теоретические основы управления огнем наземной артиллерии: учебник под. ред. А. И. Аверьянова. – Л. : Издание ВВА, 1978. – 454 с.

14. Красюк А. П. Будова та застосування метеорологічного комплексу 1Б44. – Львів : АСВ, 2009. – 167 с.

15. Гайда П. І. Основи теорії польоту і конструкції ракет: навчальний посібник / П. І. Гайда, П. Є. Трофименко, М. М. Ляпа. – Суми : Видавництво СумДУ, 2011. – 248 с.

## Предметний покажчик

### А

**АБСОЛЮТНА ВИСОТА** – висота точки місцевості над середнім рівнем Балтійського моря. Підписи А. в. на карті називаються відмітками (відм. 96,2), а на випадок, коли підписана вершина гори, висотами (вис. 143,8). Підписи висот рівнів води називаються зрізами води, 115.

**АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РАКЕТНИМИ ВІЙСЬКАМИ І АРТИЛЕРІЄЮ** – система, що забезпечує автоматизоване збирання й обробку інформації, необхідної для оптимізації управління, з метою найбільш ефективного застосування підрозділів, частин та з'єднань РВіА. Головні завдання АСУ РВіА: підвищення надійності та ефективності збирання, обробки, видачі та відображення даних обстановки на робочих місцях посадових осіб; запровадження у стислі терміни оперативно-тактичних розрахунків; досягнення оптимальності рішень, що приймаються, і планування бойового застосування РВіА в бою (операції); своєчасне і якісне доведення до підрозділів, частин, з'єднань РВіА бойових завдань, команд сигналів управління і забезпечення контролю за їх виконанням; скорочення термінів оформлення, розмноження і передавання бойових документів, 115.

**АВТОМАТИЗАЦІЯ УПРАВЛІННЯ РАКЕТНИМИ ВІЙСЬКАМИ І АРТИЛЕРІЄЮ** – застосування в процесі управління РВіА електронної обчислювальної техніки та інших спряжених з нею високопродуктивних технічних пристроїв інформаційного та математичного забезпечення. Вона має на меті підвищення оперативності (швидкодії) управління для найбільш ефективного використання бойових можливостей РВіА під час виконання ними завдань в бою (операції). Технічну основу А.у. РВіА складають різні

ЕОМ з пристроями введення і виведення інформації, апаратурою її відображення та документації, телекодовою приймально-передавальною апаратурою та інформаційними логічними пристроями, 116.

**АЕРОДИНАМІЧНА СИЛА** – сили, що діють на тіло, що рухається у повітряному або газовому середовищі. А. с. залежать від форми і стану поверхні тіла, його розмірів, швидкості та напрямку потоку, що набігає, щільності газового середовища, 40.

**АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ** – сукупність величин, що характеризують взаємодію літального апарата або будь-якого тіла з повітряним (газовим) середовищем у конкретних умовах відносного руху, А. х. виражають через аеродинамічні коефіцієнти сил, моменти та співвідношення між ними, 116.

**АКТИВНО-РЕАКТИВНИЙ АРТИЛЕРІЙСЬКИЙ СНАРЯД** – артилерійський снаряд, що має реактивний двигун. Постріл із таким снарядом включає: снаряд із підривником і гільзу з зарядом. Стрільба ведеться зі звичайної гармати. Під час пострілу від дії порохових газів або спеціального пристрою спрацьовує пороховий сповільнювач реактивного заряду. Снаряд викидається зі ствола гармати з визначеною початковою швидкістю. Після вильоту із каналу ствола через визначений час (що зумовлений дією сповільнювача) вмикається реактивний двигун, який збільшує швидкість польоту снаряда. За рахунок застосування реактивного двигуна дальність стрільби збільшується на 25–30%, але трохи зменшується ефективність дії снаряда порівняно з артилерійським снарядом такого ж калібру, 116.

**АНЕМОМУБОМЕТР (ВІТРОМІР)** – прилад для вимірювання швидкості і напрямку вітру. Швидкість вітру визначається за тиском вітру на рухому частину приладу – анемометричну вертушку, напрям – за поворотом флюгера.



Входить до комплекту приладів артилерійських метеорологічних станцій, 67.

**АНТЕНА** – пристрій для випромінювання і приймання радіохвиль. Залежно від призначення А. поділяються на приймальні, передавальні та приймально-передавальні. Приймальну антену у вигляді піднятого довгого проводу вперше застосував О. С. Попов (1895 р.), 88.

**АПАРАТУРА БОРТОВА** – сукупність приладів та інших технічних пристроїв, розміщених на борту ракети для керування рухом і виконання інших завдань щодо забезпечення її бойового функціонування, 105.

**АРТИЛЕРІЙСЬКА МЕТЕОРОЛОГІЯ** – розділ військової метеорології. А. м. передбачає вивчення питань впливу метеорологічних умов на бойове застосування РВіА, особливо на стрільбу артилерії і пуск ракет, а також розроблення методів визначення і врахування цих умов під час підготовки стрільби і пусків, дослідження фізичних закономірностей мінливості метеорологічних величин у просторі й часі, дослідження принципів і методів організації гідрометеорологічного забезпечення РВіА, 117.

**АРТИЛЕРІЙСЬКИЙ СНАРЯД** – основний елемент артилерійського пострілу, призначений для виконання бойового завдання відповідно до його призначення та дії. А. с. поділяють на такі види: основного, спеціального і допоміжного призначення. До снарядів *основного* призначення належать: осколкові, фугасні, осколково-фугасні, кумулятивні, бронебійні, бронебійно-фугасні, запальні та інші, призначені для ураження цілей; до снарядів *спеціального* призначення – димові, освітлювальні, агітаційні та інші, призначені для виконання завдань, що сприяють ураженню цілі або створенню перешкод діям противника; до снарядів *допоміжного* призначення – практичні, плитопробні, лафетопробні, навчальні та інші, призначені для

навчально-бойових і випробувальних стрільб, вивчення їх будови і навчання правил поведінки з ними, 118.

**АРТИЛЕРІЯ:** – 1) складова частина основного роду військ Сухопутних військ – ракетних військ і артилерії; 2) вид зброї або сукупність предметів озброєння, що містить весь комплекс артилерійського озброєння й бойової техніки, призначених для розвідки та ураження об'єктів (цілей) у бою (операції); 3) наука про артилерійське озброєння та його застосування.

Як вид зброї А. містить пушки, гаубиці, міномети, гармати, реактивні системи залпового вогню (РСЗВ), бойові машини і пускові установки ПТКР, а також боеприпаси до них, прилади управління, засоби розвідки і забезпечення стрільби, засоби пересування. За *способом* пересування А. поділяється на самохідну, причіпну і перевізну.

*А. як наука* – сукупність знань у галузі будови, проектування, виробництва й експлуатації артилерійського озброєння і бойової техніки, їх бойових властивостей, способів бойового застосування і стрільби. Головні розділи артилерійської науки: внутрішня і зовнішня балістика; основи будови матеріальної частини А.; вибухові речовини і порохи; технологія артилерійського виробництва; бойове застосування А.; теорія стрільби і управління вогнем; історія А.

Основні принципи бойового застосування А. в бою (операції): масування її на найважливіших напрямках; зосередження і масування вогню А. по найважливіших об'єктах (цілях) противника; застосування раптового і ефективного вогню; безперервна підтримка мотопіхоти і танків; тісна взаємодія А. з іншими родами військ і авіацією, а на приморських напрямках – і з силами флоту; безперервне і гнучке управління А. під час підготовки і ведення вогню та здійснення маневру, 119.

**АТМОСФЕРА** – повітряна оболонка Землі, що бере участь у її добовому і річному обертанні. Простягається до висоти кількох тисяч кілометрів (приблизно 36000 км) і поступово переходить у міжпланетний простір.

Маса атмосфери –  $5,15710^5$  т, тобто менше однієї мільйонної маси Землі. Близько 99% маси атмосфери зосереджено внизу (30–35 км), причому 0,9 маси атмосферного повітря приходиться на перші 20 км, а 0,5 – на перші 5 км.

Атмосфера Землі складається із механічної суміші газів. Склад сухого повітря у відсотковому відношенні до загального об'єму: азот – 78,08%; кисень – 20,95%; аргон – 0,93%. На частку інших газів припадає менше 0,04%. У повітрі завжди присутні водяна пара (від 0 до 4%), вуглекислий газ (від 0,02 до 0,04%) і різні домішки.

За характером зміни температури повітря з висотою А. поділяють на низку шарів: тропосферу, стратосферу, мезосферу і термосферу. Перехідні шари між основними атмосферними шарами називаються: між тропосферою і стратосферою – тропопаузою, між стратосферою і мезосферою – стратопаузою, між мезосферою і термосферою – мезопаузою, 14, 16.

**АТМОСФЕРНИЙ ТИСК** – тиск, що його зазнають всі предмети, які знаходяться в атмосфері, а також земна поверхня. А.т. у кожній точці атмосфери дорівнює масі стовпа повітря, що лежить вище і має основу в одну одиницю площі та простягається від даного рівня до верхньої межі атмосфери.

Згідно з Міжнародною системою одиниць (СІ) одиницею тиску є паскаль (Па) – тиск, що викликається силою в один Ньютон, рівномірно розподіленою по нормальній до неї поверхні площею  $1 \text{ м}^2$ ; 1 мілібар (мб) у цій системі одиниць чисельно дорівнює 100 Па або 1 ГПа (гектопаскаль), а один міліметр ртутного стовпчика – 1,333 ГПа, тобто

1 ГПа = 1 мбар = 0,75 мм рт. ст., 1 мм рт. ст. = 1,333 ГПа = 1,333 мбар, 25.

## Б

**БАЛІСТИКА** – наука про закони руху ракет, артилерійських снарядів, куль, мін, реактивних снарядів тощо. Б. поділяється на внутрішню і зовнішню. *Внутрішня* Б. висвітлює закони руху снарядів у стволі вогнепальної зброї, а *зовнішня* Б. – рух снарядів після вильоту їх зі ствола, 120.

**БАЛІСТИЧНА ПІДГОТОВКА СТРІЛЬБИ** – визначення відхилень балістичних умов стрільби від табличних, що включає вимірювання відхилень початкової швидкості снарядів, виявлення різнобою гармат, температури зарядів, балістичних характеристик боєприпасів, розподіл боєприпасів між підрозділами і гарматами, їх сортування стосовно балістичних характеристиках і облік під час підготовки стрільби, 120.

**РАКЕТА ТАКТИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ** – некерована або керована (самонавідна) ракета з бойовими частинами, що не відділяються в польоті, призначена для ураження об'єктів противника в тактичній глибині, 120.

**БАЛІСТИЧНА ТРАЄКТОРІЯ РАКЕТИ** – траєкторія ракети у разі відсутності аеродинамічної піднімальної сили. Б. т. р. складається з активної (з працюючим двигуном) і пасивної (після вимкнення двигуна) ділянок, 122.

**БАЛІСТИЧНА ТРАЄКТОРІЯ СНАРЯДА** – траєкторія снаряда під впливом сили ваги та сили лобового опору повітря, 122.

**БАЛІСТИЧНЕ ВІДХИЛЕННЯ МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ВЕЛИЧИНИ** – умовне, постійне у межах висоти траєкторії польоту снаряда (ракети) відхилення від табличного розподілу метеовеличини, яке щодо свого впливу на політ снаряда (ракети) еквівалентне впливу дійсних, неод-

накових на різних висотах відхилень метеорологічної величини. Таке відхилення метеорологічної величини називається *балістичним* тому, що воно залежить від балістичних характеристик артилерійської системи, снаряда, заряду або балістичних характеристик ракети, 53.

**БАЛІСТИЧНЕ ВІДХИЛЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ** – розраховане (умовне), постійне у межах висоти траєкторії снаряда (ракети) відхилення віртуальної температури повітря від її табличного значення, яке викликає таке саме відхилення точки падіння снаряда (ракети) за дальністю, як і змінне з висотою дійсне відхилення температури повітря, 54.

**БАЛІСТИЧНИЙ ВІТЕР** – розрахований (умовний) постійний у межах висоти траєкторії артилерійського снаряда (ракети) вітер, який викликає таке ж відхилення точки падіння снаряда (ракети) за дальністю і напрямом, як і змінний з висотою дійсний вітер, 56, 57.

**БАЛІСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ** – основні дані, що визначають закономірність розвитку процесу пострілу (пуску) і руху снаряда (ракети) на траєкторії, 121.

**БАЛІСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БОЄПРИПАСУ** – основні дані, що визначають закономірність розвитку процесу руху снаряда (міни) у каналі ствола (внутрішньобалістичні) або на траєкторії (зовнішньобалістичні). Основні *внутрішньобалістичні* характеристики боєприпасу: калібр, щільність заряджання, довжина шляху в каналі ствола, відносна маса заряду (відношення її до маси снаряда), сила пороху, максимальний тиск порохових газів, тиск форсування, характеристики прогресивності горіння пороху і т. ін. До основних *зовнішньобалістичних* характеристик належать: початкова швидкість, балістичний коефіцієнт, кути кидання і вильоту, серединні відхилення і т. ін., 121.

**БАЛІСТИЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ РАКЕТИ** – основні дані, що визначають закономірність розвивання процесу руху ракети на траєкторії.

**БАРОГРАФ** – прилад для безперервної реєстрації (запису) атмосферного тиску. Складається із приймальної частини, з'єднаної з реєструвальним пристроєм системою важелів, і барабана зі стрічкою, який обертається годинниковим механізмом. Залежно від принципу дії розрізняють Б. анероїдний і ртутний, залежно від швидкості обертання барабана - добовий і тижневий. Найбільш поширені анероїдні барографи. Приймальна частина анероїдного барографа складається із декількох (залежно від потрібної чутливості) анероїдних коробок, скріплених у вигляді стовпчика (анероїдний стовпчик). Деформація анероїдного стовпчика через систему важелів, що надто збільшує розмах коливань висоти стовпчика, передається на перо самописця, яке переміщується по стрічці. Входить до комплекту приладів артилерійських метеорологічних станцій, 73, 74.

**БАРОМЕТР** – прилад для вимірювання атмосферного тиску. За принципом дії розрізняють: рідинний барометр, що ґрунтується на законах гідростатистики; атмосферний тиск вимірюється у ньому висотою стовпчика ртуті, який зрівноважує тиск; барометр-анероїд, побудований на використанні пружних деформацій тіл. Барометр-анероїд входить до комплекту приладів артилерійських метеорологічних станцій, 68, 69.

**БАРОМЕТРИЧНИЙ (БАРИЧНИЙ) СТУПІНЬ** – висота в метрах, на яку необхідно піднятися або опуститися, щоб тиск атмосфери зменшився або збільшився на 1мб (мм), 28.

**БАРОМЕТРИЧНЕ НІВЕЛЮВАННЯ** – визначення різниць висот точок шляхом вимірювання атмосферних тисків у цих точках за допомогою барометрів. Різниця висот двох точок знаходиться як добуток баричного ступеня

висоти на різницю показань барометра у точках. Цей спосіб застосовується для визначення висот елементів бойового порядку ракетних і артилерійських підрозділів у гірських умовах, 122.

**БАТАРЕЙНИЙ ТЕРМОМЕТР** – прилад для вимірювання температури металевих зарядів артилерійських пострілів, 123.

**БАТАРЕЯ** – вогневий і тактичний підрозділ в артилерії. Б. можуть бути окремими (у батальйонній і полковій артилерії) або входити до складу артилерійського дивізіону (полку). Складається із двох-трьох вогневих взводів, взводу (відділення) управління і може мати 4–8 гармат (мінометів, РСЗВ, установок ПТКР) і більше. У бою батарея виконує завдання самостійно або у складі дивізіону у повному складі або окремими взводами. Вона може одночасно виконувати одно або декілька вогневих завдань, але не більше кількості гармат у батареї. Артилерійська (реактивна) Б. може стріляти із закритих ВП і прямою наводкою, а мінометна – із закритих ВП.

Батареями називаються також підрозділи артилерійської розвідки (оптичної, звукометричної, топографічної, радіотехнічної і т. ін.) та управління. У ракетних військах Б. називаються стартовими і технічними, є Б. паркові, навчальні та ін., 123.

**БЕЗПЕРЕРВНІСТЬ УПРАВЛІННЯ** – полягає у постійному впливі командира, штабу, інших органів управління на підлеглі війська в інтересах успішного виконання поставлених завдань, 123.

**БОЙОВА ГОТОВНІСТЬ** – стан військ (сил), що забезпечує реалізацію їх бойового потенціалу в інтересах вирішення поставлених завдань у заданий термін із заданою ефективністю в умовах бойового впливу (можливого нападу) противника, 123.

**БОЙОВА ГОТОВНІСТЬ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І АРТИЛЕРІЇ** – здатність за будь-яких умов обстановки розпочати бойові дії у встановлені терміни і ефективно виконувати завдання вогневого ураження противника. Визначається бойовою здатністю ракетних і артилерійських підрозділів, частин, з'єднань, правильним розумінням командирами, штабами, органами виховної роботи своїх завдань, своєчасною підготовкою до наступних дій, передбаченням можливих змін обстановки. Ступінь Б. г. РВіА у мирний час повинен забезпечувати швидкий перехід їх на воєнне положення й успішне виконання поставлених завдань, 124.

**БОЙОВА СТРІЛЬБА АРТИЛЕРІЇ** – стрільба артилерії в цілях виконання вогневого завдання (завдань) в бою (операції). На полігоні Б. с. проводиться по мішенях (цілях) для виконання вогневого завдання відповідно до Курсу підготовки артилерійських частин в умовах, максимально наближених до бойової обстановки. Такі стрільби проводяться зазвичай на завершальному етапі злагожденості артилерійських підрозділів і частин і є найвищою формою підготовки (навчання) особового складу (підрозділів, частин) щодо застосування артилерії, 124.

**БОЙОВЕ ЗАСТОСУВАННЯ РАКЕТНИХ ВІЙСЬК І АРТИЛЕРІЇ В БОЮ (ОПЕРАЦІЇ)** – організоване застосування в бою і операції ракетних і артилерійських з'єднань (частин, підрозділів) у взаємодії із з'єднаннями (частинами, підрозділами) інших родів військ, спеціальних військ і авіації, на приморських напрямках – із силами флоту, а інколи і самостійно з метою виконання поставлених бойових завдань, 124.

**БОЙОВИЙ ПОРЯДОК** ракетної, артилерійської частини (підрозділу) – побудова (розташування) частини (підрозділу) на місцевості для виконання завдань вогневого ураження противника.



Б. п. повинен забезпечувати найбільш ефективне і надійне виконання поставлених завдань, найкраще використання бойових можливостей частини (підрозділу) відповідно до їх призначення, зручність організації стійкого управління, можливість здійснення своєчасного маневру; прихованість і найменшу уразливість від ядерної та звичайної зброї противника. Б. п., крім того, повинен дозволяти підтримувати тісну взаємодію із загальновійськовими частинами (підрозділами). Тому артилерійські частини (підрозділи) розгортаються, як правило, в Б. п. у смугах (на ділянках) дій тих загальновійськових частин (підрозділів), яким вони додані, або які вони підтримують. Б. п. *артилерійської частини*, як правило, складається із бойових порядків підрозділів, командного і спостережного пунктів, позицій (порядків) підрозділів артилерійської розвідки, а також місць розташування тилу частини (підрозділу обслуговування) Б. п. *ракетної частини*, як правило, передбачає бойові порядки ракетних підрозділів, командний пункт частини, позиції технічних підрозділів і місця розташування підрозділів забезпечення. Ракетна частина (підрозділ) займає позиційний район (стартову позицію), артилерійська частина (підрозділ) – район вогневих позицій (вогневу позицію), район (рубіж командно-спостережних і спостережних пунктів і рубіж (позиції, пост) розгортання підрозділів артилерійської розвідки, 125.

**БОЙОВІ МОЖЛИВОСТІ** – кількісні та якісні показники, що характеризують можливості ракетних і артилерійських з'єднань (груп, частин, підрозділів) щодо виконання бойових завдань за установлений час у конкретній обстановці. Б. м. залежать від наявності і стану сучасної зброї та бойової техніки, рівня бойової підготовки особового складу, його морально-психологічного стану, мистецтва командного складу в управлінні військами (силами), організаційної структури військ, забезпеченості їх матеріа-

льно-технічними засобами, а також від характеру протидії противника, умов місцевості, метеорологічних умов та інших чинників. Б. м. ракетних військ і артилерії характеризуються глибиною ураження противника, можливістю ураження противника ракетами і артилерійськими снарядами у різному спорядженні, маневровими можливостями з'єднань (частин, підрозділів). Окремо визначаються можливості щодо створення щільності артилерії на 1 км фронту під час стрільби з закритих ВП і прямою наводкою. Б. м. оцінюються імовірністю знищення об'єктів (цілей), математичним очікуванням числа цілей або частини площі, що уражається із заданим ступенем, бойовою (пошуковою) продуктивністю та іншими показниками, 126.

**БЮЛЕТЕНЬ «МЕТЕОСЕРЕДНІЙ»** – зведення даних про метеорологічні умови стрільби, що складається із цифр. Цифри розташовуються по групах так, що значення кожної цифри визначається її місцем у групі і місцем групи у бюлетені. Групи відокремлюються одна від одної знаком «тире», який називається розділом.

У бюлетені зазначають відхилення наземного тиску атмосфери і наземної віртуальної температури повітря від їх табличних значень на рівні метеостанції; у шарах від поверхні землі до відповідних стандартних висот бюлетеня зазначають середні відхилення щільності і температури повітря, дирекційний кут напрямку (звідки віє) і швидкість середнього вітру; у титульній частині бюлетеня записують шифр бюлетеня – «Метео-11», умовний номер метеостанції, яка склала бюлетень, дату його складання, години та десятки хвилин закінчення зондування, висоту метеостанції над рівнем моря. В останній групі бюлетеня наводять досягнуті висоти температурного і вітрового зондування атмосфери в кілометрах. Бюлетень містить усі необхідні дані для урахування умов стрільби наземної, зенітної і

морської артилерії та урахування метеорологічних умов під час ведення звукової розвідки, 95, 98.

## **В**

**ВИСОКОТОЧНА ЗБРОЯ (ВТЗ)** – керована зброя, здатна уражати ціль з першого пуску (пострілу) з імовірністю не менш як 0,5 на будь-якій дальності у межах досяжності зброї. Висока імовірність влучення в ціль досягається застосуванням спеціальних систем наведення засобів ураження або їх носіїв, у тому числі автономних систем керування з коригуванням траєкторій ракет, систем радіотелекерування, різних головок самонаведення і т. ін. З поглядів зарубіжних військових фахівців до ВТЗ належать різні наземні, авіаційні й корабельні ракетні комплекси і артилерійські комплекси керованої зброї, а також розвідувально-ударні комплекси, 127.

**ВІДНОСНА ВОЛОГІСТЬ** – відношення фактичної абсолютної вологості до абсолютної вологості для стану насичення при однаковій температурі. В. в. виражається у відсотках (від 0 до 100%). У цілком сухому повітрі В. в. дорівнює 0, при повному насиченні повітря водяними парами - 100%, 31.

**ВІДХИЛЕННЯ НАЗЕМНОГО ТИСКУ АТМОСФЕРИ** – різниця між вимірним наземним тиском атмосфери і табличним значенням наземного тиску, який дорівнює 750 мм рт. ст., 52, 126.

**ВІДХИЛЕННЯ НАЗЕМНОЇ ВІРТУАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ** – різниця між вимірюваною наземною віртуальною температурою і наземною табличною віртуальною температурою, що дорівнює 15,9 °С, 53, 95.

**ВІДХИЛЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ЗАРЯДУ** – величина різниці дійсної температури металюного заряду артиле-

рійського пострілу і табличної температури, яка дорівнює 15 °С, 127.

**ВІТЕР** – переміщення повітряних мас відносно земної поверхні. Характеризується швидкістю; що виражається у метрах за секунду (м/с), і напрямом (звідки вітер віє), що визначається в поділках кутоміра або в градусах кута, 34, 35.

**ВІТРОВА РУШНИЦЯ** – стрілецький вітровимірювальний прилад для визначення вітру у шарі активної ділянки траєкторії некерованих реактивних снарядів. Визначення вітру за допомогою В. р. ґрунтується на тому, що швидкість вітру пропорційна величині зносу кулі, що парашутує, і яка закидається вертикально вверх на визначену висоту пострілом із В. р. Напрямок вітру визначається за дирекційним кутом на точку падіння вітрової кулі, 128.

**ВІТРОМІР** – прилад для визначення напрямку і швидкості вітру, 67.

## Г

**ГАЗОВІ РУЛІ** – рульові поверхні, встановлені на шляху руху реактивного струменя, що витікає із сопла працюючого двигуна. Г. р., обертаючись, створюють керівні сили шляхом відхилення реактивного струменя від осі ракети, внаслідок чого виникає момент, що обертає ракету у потрібному напрямі. Г. р. діють тільки під час роботи двигуна, 128.

**ГІГРОМЕТР** – прилад для вимірювання відносної вологості повітря. Принцип дії Г. ґрунтується на властивості деяких матеріалів (людське волосся, органічна плівка і т. ін.) змінювати свої розміри у разі змінювання вологості повітря, 128.

**ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНА ОБСТАНОВКА (ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ)** – комплекс гідрологі-

чних і метеорологічних умов, який чинить той чи інший вплив на бойові дії військ, застосування зброї і військової техніки. Г. о. зумовлюється фізичними процесами, що відбуваються в атмосфері, і характеризується визначеним поєднанням гідрометеорологічних величин і явищ, таких, як напрям і швидкість вітру, температура і вологість повітря, атмосферний тиск, кількість і висота хмари, видимість (прозорість атмосфери), дощ, гроза, ожеледиця, сніг, хуртовина, пилова буря, наявність і товщина снігового і крижаного покривів і т. ін., що змінюються за часом і простором. Г. о. може полегшувати або погіршувати виконання поставленого вогневого завдання, 94.

**ГІДРОМЕТЕОРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ** – один із видів бойового забезпечення ракетних військ і артилерії. Організовується з метою підвищення ефективності завдання ракетних ударів та ведення вогню артилерії, обліку гідрометеорологічних умов під час планування і ведення бойових дій і вживання заходів щодо зниження втрат від зброї масового ураження і погодного лиха. Основні завдання Г. з.: організація метеорологічного забезпечення (метеорологічної підготовки) пусків ракет і стрільби артилерії; отримання від органів і підрозділів гідрометеослужби кліматичних і гідрологічних довідок, даних про прогностичні і фактичні гідрометеорологічні умови, штормових повідомлень та попереджень про небезпечні явища погоди і гідрометеорологічного режиму водних басейнів; доведення гідрометеорологічної інформації до частин та підрозділів, 94.

**ГОЛОВНА ЧАСТИНА РАКЕТИ** – передня частина ракети, в якій, як правило, розташовується бойова частина, призначена для безпосереднього ураження об'єкта (цілі), 129.

## Д

**ДЕСАНТНИЙ МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКТ (ДМК)** – сукупність метеорологічних приладів, функціонально та конструктивно об'єднаних в один прилад ДМК, забезпечує вимірювання таких метеорологічних величин: миттєвої швидкості і напряму приземного вітру, температури повітря, тиску атмосфери, відносної вологості повітря. Він складається із пристрою, що реєструє, і датчиків. Датчики закріплюються на щоглі висотою 4 м. Реєструвальний пристрій з'єднується з датчиками за допомогою десятиметрового кабеля, що забезпечує дистанційне вимірювання величин вітру (напрямку та швидкості), температури і вологості повітря. Перебуває на озброєнні артилерійських метеопостів, 77, 78.

**ДІЙСНИЙ ВІТЕР** – вітер на даній висоті. Під час визначення вітру методом радіозондів (куль-пілотів) за дійсний вітер беруть середнє значення вітру у межах невеликого щодо протяжності шару атмосфери, віднесене до висоти середини шару, 21, 56.

## Е

**ЕФЕКТИВНІСТЬ** – успішність, результативність, дієвість, повнота виконання будь-чого (наприклад, вирішення завдання, досягнення мети). Категорія, що оцінює діяльність системи і визначається за результатами вирішення поставлених завдань. Очікувана ефективність прогнозується і розраховується заздалегідь, виходячи із реальних можливостей системи, 130.

**ЕФЕКТИВНІСТЬ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ СТРІЛЬБИ** – ступінь відповідності результатів стрільби поставленому вогневому завданню. Е. а. с. визначається результатами стрільби, тобто ступенем ураження цілі. Е. а. с. під час

планування вогневого ураження може оцінюватися величиною показника ефективності. Показниками ефективності можуть бути: імовірність ураження цілі, математичне очікування числа уражених цілей, математичне очікування сумарної втрати угруповання противника та ін, 130.

## Є

**ЄМНІСТЬ ПАМ'ЯТІ** – найбільша кількість одиниць даних, яка може одночасно зберігатися в основній або зовнішній пам'яті ЕОМ, 131.

## Ж

**ЖИВУЧИСТЬ АРТИЛЕРІЙСЬКОЇ ГАРМАТИ** – здатність артилерійської гармати зберігати бойові властивості і високу готовність у бойовій обстановці. Досягається міцністю конструкції, високою маневреністю, застосуванням маскувального фарбування, стійкістю щодо впливу засобів масового ураження, старанним доглядом під час експлуатації, а також взаємозамінністю номерів гарматної обслуги, їх високою виучкою і майстерністю, 131.

**ЖИВУЧИСТЬ ПУСКОВОЇ УСТАНОВКИ** – здатність пускової установки протистояти бойовим і аварійним ушкодженням, відновлювати і підтримувати при цьому свої бойові функції, 131.

**ЖИВУЧИСТЬ РАКЕТИ** – властивість ракети зберігати здатність уражати призначену ціль в умовах зовнішніх уражаючих впливів. Показником Ж. р. може бути ймовірність подолання ППО противника. Ж. р. характеризується живучістю всіх її складових частин у польоті і значною мірою визначає бойову ефективність ракетного комплексу, 131.

### З

**ЗОНДУВАЛЬНИЙ ПАТРОН (ЗП)** – боеприпас до вітрової рушниці (ВР-2), в якому шароподібна куля зі стрічкою (вітрова куля), пороховий заряд і засіб запалення з'єднані в одне ціле за допомогою паперової гільзи. Вітрова куля призначена для визначення вітру у пройденому нею шарі атмосфери. Кіперна стрічка, забарвлена у червоний колір, призначена для збільшення парусності кулі під час її польоту, спостереження кулі у повітрі та полегшення пошуку місця її падіння. Для визначення вітру застосовуються зондувальні патрони трьох видів: ЗП-1 (висота закидання кулі – 130 м, час польоту кулі –11 с), ЗП-2 (висота закидання кулі – 185 м), НЗП (нічний зондувальний патрон із висотою закидання кулі 190 м). Час польоту кулі ЗП-2 і НЗП - 13 с. ЗП-1 і ЗП-2 застосовують у денних умовах, НЗП – в умовах обмеженої видимості. У НЗП вітрова куля споряджена трасувальним пристроєм, який запалюється на 11с польоту кулі. Місце падіння кулі НЗП визначають за горінням трасувального пристрою, 132.

### К

**КЕРУВАННЯ РАКЕТОЮ** – забезпечення руху ракети за визначеною траєкторією для влучення її у ціль. К. р. здійснюється на всій траєкторії польоту або тільки на визначеній частині цієї траєкторії за допомогою різних типів систем керування: автономних систем керування, системи самонаведення, системи телекерування, комбінованих систем, 132.

**КІНЦЕВА ДІЛЯНКА ТРАЄКТОРІЇ** – ділянка на низхідній гілці траєкторії від деякої точки до точки зустрічі снаряда (ракети) з ціллю (перешкодою), 39, 132.



**КООРДИНАТИ РЕАКТИВНОГО СНАРЯДА (РАКЕТИ)** – лінійні та кутові величини, що характеризують положення реактивного снаряда (ракети) у просторі. Положення центра мас у просторі визначається трьома лінійними координатами, положення реактивного снаряда (ракети) – трьома кутовими координатами: кутами тангажа, рискання та крену, 39, 133.

**КОРПУС РАКЕТИ** – основна частина ракети, призначена для з'єднання всіх частин ракети в єдину конструкцію. Поділяється на відсіки, у яких розміщуються необхідні системи, вузли і механізми, а також служить для сприймання навантажень, що діють на ракету під час польоту, транспортування та пуску, 43, 133.

**КОСМІЧНА ШВИДКІСТЬ** – критичне значення швидкості космічного апарату в момент його виходу на орбіту в гравітаційне поле Землі. Розрізняють: першу К. ш. – 7,91 км/с; другу К. ш. – 11,2 км/с; третю К. ш. – 16,7 км/с, 133.

**КРИЛАТА РАКЕТА** – керований літальний апарат з крилом. Головну роль у системі сил, що визначають її політ за траєкторією, відіграє аеродинамічна піднімальна сила крила, 133.

**КРИТЕРІЙ** – показник, за допомогою якого оцінюється якість системи або повнота досягнення системою мети. Таким чином, якщо за допомогою показників вимірюються окремі відмітні ознаки різних систем, то за допомогою К. – їх інтегральні властивості, 133.

**КУТ АТАКИ** – кут між поздовжньою віссю ракети і проекцією векторів повітряної швидкості на площину симетрії, 43, 133.

**КУТ ВІТРУ** – кут між напрямом стрільби і напрямом балістичного вітру, відлічений від напрямку стрільби проти ходу годинникової стрілки, 133.

**КУТ КОВЗАННЯ** – кут між вектором повітряної швидкості ракети та її площиною симетрії, 134.

**КУТ НАХИЛУ ТРАЄКТОРІЇ** – кут між вектором швидкості цілі у земній системі координат та горизонтальною площиною, 134.

**КУТ ПРЕЦЕСІЇ** – двогранний кут між вертикальною площиною і площиною опору, 134.

**КУТОМІР** – 1) пристрій кутовимірювальних приладів і прицільних пристроїв артилерійських гармат, мінометів, бойових машин, використовується для їх наведення у горизонтальній площині під час стрільби із закритих вогневих позицій; 2) горизонтальний кут у точці стояння гармати, який відлічується проти ходу годинникової стрілки між зворотним напрямом ствола наведеної гармати і напрямом на точку наводки, 134.

## Л

**ЛОБОВИЙ ОПІР** – складова повної аеродинамічної сили, спрямована протилежно вектору швидкості ракети (снаряда). Л. о. зростає пропорційно квадрату швидкості ракети (снаряда). Він залежить від щільності повітря, форми, швидкості та поперечного перерізу ракети, а також від положення ракети у потоці повітря та інших причин, 42, 43.

**ЛОКАТОР** – пристрій для локації (визначення місцезнаходження). Сучасні локатори, крім визначення положення об'єкта у заданій системі координат, вирішують також інші завдання (визначення параметрів руху, розпізнавання, супроводження, наведення ракет та інших літальних апаратів). Залежно від фізичної природи коливань, що використовуються, розрізняють радіолокатори, оптичні локатори, гідролокатори і т. ін., 134.

## М

**МАТЕМАТИЧНЕ ОЧІКУВАННЯ** – одна із найбільш важливих чисельних характеристик розподілу випадкових величин. М. о. чисельно дорівнює сумі добутків можливих значень випадкової величини та ймовірностей цих значень. М. о. використовується як показник ефективності стрільби артилерії (ракетних ударів) по групових цілях та угрупованню противника, 135.

**МЕТЕОРОЛОГІЧНА ІНФОРМАЦІЯ** – повідомлення метеорологічного характеру всіх видів: метеорологічні бюлетені, штормові попередження, прогнози погоди і т. ін., 102, 135.

**МЕТЕОРОЛОГІЧНА ПІДГОТОВКА** – складова частина метеорологічного забезпечення. М. п. організовується з метою підвищення ефективності нанесення ракетних ударів та ведення вогню артилерії. Метеорологічна підготовка передбачає: наземні метеорологічні вимірювання; комплексне зондування атмосфери; складання метеорологічних бюлетенів та передавання їх у штаби дивізіонів; спостереження за небезпечними явищами погоди та гідрологічного режиму, 8, 94, 108.

**МЕТЕОРОЛОГІЧНА СТАНЦІЯ** – військовий підрозділ, оснащений радіотехнічним комплексом зондування атмосфери і комплектом метеорологічних приладів, призначений для визначення відхилень метеорологічних умов стрільби та пересилання їх в артилерійські підрозділи у вигляді метеорологічних бюлетенів, 7, 165.

**МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ БЮЛЕТЕНЬ** – зведення відомостей про метеорологічні величини. Залежно від призначення М. б. може включати стан або прогнози погоди, кліматичні та інші дані, що представляють у вигляді тексту, карт, графіків і таблиць за установленою схемою і формою. М. б., призначені для різних видів Збройних сил

України та родів військ, розрізняють за змістом і формою, 94, 98.

**МЕТЕОРОЛОГІЧНИЙ ПОСТ** – військовий підрозділ оснащений залежно від його призначення та штатної належності різними метеорологічними приладами. Основне завдання М. п. – визначення вітру у межах активної ділянки траєкторії реактивних снарядів. Вимірюючи наземну температуру повітря і тиск атмосфери, М. п. за необхідності може вирішувати допоміжні завдання – визначати метеорологічні умови стрільби наближеними методами та складати і пересилати наближені бюлетені «Метеосередній», 136.

**МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ВЕЛИЧИНИ** – характеристики стану атмосфери: температури і вологості повітря, швидкості і напрямку вітру, тиску атмосфери, кількості та висоти хмар, інтенсивності опадів, дальності видимості та ін., 21, 136.

**МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПРИЛАДИ** – прилади для вимірювання метеорологічних величин (температури і вологості повітря, швидкості та напрямку вітру, тиску атмосфери та ін.), 7, 58, 59.

**МЕТЕОРОЛОГІЧНІ УМОВИ СТРІЛЬБИ АРТИЛЕРІЇ** – стан атмосфери, зумовлений фізичними процесами, що відбуваються в атмосфері, характеризується сукупністю метеорологічних величин, що враховуються під час стрільби, наземний тиск атмосфери, віртуальна температура повітря, напрямку вітру та його швидкість у межах траєкторії. Через віртуальну температуру враховується вплив на політ снаряда одночасно температури і вологості повітря. Під час складання таблиць стрільби враховують нормальні (табличні) значення метеорологічних умов, під час підготовки до стрільби – відхилення реальних величин метеоумов від їх нормальних (табличних) значень, 9, 51.

**МЕТЕОРОЛОГІЯ ВІЙСЬКОВА** – галузь метеорології, що вивчає вплив метеорологічних умов на дію військ (сил) та застосування зброї і військової техніки, а також метеорологічні та кліматичні особливості ТВД і районів базування військ (сил). М. в. розробляє засоби і способи метеорологічного забезпечення бойових дій. Поділяється на артилерійську, авіаційну, військово-хімічну метеорологію. Включає також військову кліматологію, що займається головним чином описом кліматичних умов ТВД і районів бойових дій, 137.

**МЕТОД** – прийом (спосіб) наукового пізнання того чи іншого явища (об'єкта, процесу), 137.

**МЕТОДИКА** – сукупність прийомів (способів), що застосовуються у визначеній логічній послідовності для проведення розрахунків, досліджень, 137.

**МЕТРОЛОГІЯ** – наука, що вивчає питання єдності та точності вимірювань.

**МІНЛИВІСТЬ МЕТЕОРОЛОГІЧНОЇ ВЕЛИЧИНИ (ЕЛЕМЕНТА)** – характеристика неперіодичних змін метеорологічної величини за часом або з відстанню. Характеристики М.м.в. – це середнє квадратичне відхилення, середнє відхилення та ін., 137.

## О

**ОПЕРАТИВНЕ МИСТЕЦТВО** – складова частина воєнного мистецтва, що охоплює теорію та практику підготовки і ведення загальновійськових, спільних і самостійних операцій (бойових дій) різних видів Збройних сил. О. м. займає проміжне положення між воєнною стратегією і тактикою. Основні завдання теорії О. м.: дослідження закономірностей, змісту і характеру сучасних операцій та інших форм оперативного застосування об'єднань; розроблення способів і методів організації і підтримання взаємо-

дії, всебічного забезпечення військ (сил), що беруть участь в операціях (бойових діях), і управління ними; розроблення оперативних вимог щодо організації і озброєння об'єднань; вироблення рекомендацій щодо оперативного обладнання ТВД; вивчення поглядів імовірних противників на ведення воєнних дій оперативного масштабу.

Практика О. м. включає діяльність командування, штабів і військ (сил) об'єднань щодо підготовки і ведення операцій, управління військами (силами) і всебічного забезпечення операцій (бойових дій), 137.

**ОПЕРЕНІ РЕАКТИВНІ СНАРЯДИ** – реактивні снаряди, стабілізація (стійкість) яких у польоті досягається за допомогою оперення (вертикальних і горизонтальних аеродинамічних поверхонь, розташованих у хвостовій частині снаряда), 138.

**ОРГАНІЗАЦІЯ ВИЗНАЧЕННЯ УСТАНОВОК ДЛЯ СТРІЛЬБИ (ПУСКУ РАКЕТ)** – упровадження комплексу заходів, що забезпечують отримання установок для стрільби (пуску ракет). О. в. у. д. с. передбачає: з'ясування бойового завдання загальновійськового підрозділу, частини, з'єднання та вогневих завдань, поставлених загальновійськовим командиром і старшим артилерійським командиром (начальником); призначення (з'ясування) основного напрямку стрільби; вибір (з'ясування) способу визначення та оновлення установок для стрільби щодо завдань бою (періодів вогневого ураження); уточнення даних щодо підрозділів та умов стрільби, необхідних для визначення установок; визначення поправок на відхилення умов стрільби від табличних та побудову графіків обчислених поправок і коефіцієнта стрільби, а за необхідності і передавання поправок у батареї; підготовку засобів визначення установок для стрільби і контроль точності їх підготовки, 8, 111, 138.

**ОСНОВНИЙ НАПРЯМ** – єдиний напрям, в якому орієнтуються гармати і прилади розвідки декількох арти-

лерійських підрозділів (частин), об'єднаних загальним управлінням. О. н. задається дирекційним кутом із точністю до 1-00, 138.

**ОЦІНКА ОБСТАНОВКИ** – вивчення й аналіз факторів та умов, що впливають на виконання завдань у досягненні мети операції (бою). Здійснюється командувачами (командирами) особисто, за допомогою штабів, командувачів (начальників) родів військ (спеціальних військ і служб) під час розроблення рішення на операцію (бій) і управління військами у ході бойових дій. Включає: вивчення й аналіз даних про противника, свої війська (сили), район бойових дій, метеорологічні і кліматичні умови, час та інші елементи обстановки. Під час оцінки обстановки використовують розрахунки, довідки, схеми та інші матеріали, що підготовляються офіцерами штабу, 139.

**ОЦІНКА РАЙОНУ БОЙОВИХ ДІЙ** – вивчення місцевості, характеру природних перешкод (річок, каналів гірських масивів), об'єктів атомної промисловості, гідротехнічних споруд із метою зменшення негативного впливу умов на ведення бойових дій військ і використання військами сприятливих даних району в операції (бою), 139.

## II

**ПАРАМЕТР** – величина, що характеризує певну суттєву властивість фізичного процесу, явища або системи, машини, приладу. Напр., абсолютна температура і абсолютний тиск на вході сопла, 139.

**ПАСИВНА ДІЛЯНКА ТРАЄКТОРІЇ** – частина траєкторії, на якій ракета, отримавши значну кінетичну енергію за час роботи двигуна, здійснює політ за інерцією за балістичною кривою як вільно кинуте тіло, 39, 139.

**ПЛАНУВАННЯ РАКЕТНИХ УДАРІВ** (ракетами у звичайному спорядженні) – визначення об'єктів ураження,

типу та кількості ракет і ракетних підрозділів (частин), точок прицілювання і часу нанесення ударів. Результати П. р. у. відображаються у відповідних планах і графіках, 139.

**ПОВНА ПІДГОТОВКА** – спосіб визначення установок для стрільби, що ґрунтується на урахуванні відхилень усіх умов стрільби від нормальних (табличних) значень. Точність цього способу дозволяє уражати спостережувані та неспостережувані цілі без пристрілювання. Для нанесення ракетних ударів установки прицільних пристроїв визначають тільки способом повної підготовки, 140.

**ПОГОДА** – стан атмосфери у місці, що розглядається, у визначений момент або за обмежений проміжок часу (добу, місяць, рік). П. характеризують метеорологічні величини: тиск, температура, вологість повітря; напрям і швидкість вітру, опади, хмарність та інші атмосферні явища, 6, 140.

**ПОЗИЦІЙНИЙ РАЙОН (ПР)** – ділянка місцевості, зайнята або підготовлена для розгортання ракетних, артилерійських і мінометних підрозділів, частин у бойовий порядок. У ПР обладнуються стартові (вогневі) позиції, командні пункти, місця розташування інших елементів бойового порядку та шляхи маневру, 140.

**ПОКАЗНИК** – якісна або кількісна характеристика окремої властивості або сукупності властивостей об'єкта (процесу), що розглядається, 6, 21.

**ПОКАЗНИКИ ЕФЕКТИВНОСТІ СТРІЛЬБИ** – числові характеристики, за допомогою яких оцінюється випадковий очікуваний результат стрільби. П. е. с. є: по *окремих* цілях – імовірність її ураження; по *групових* цілях – математичне очікування числа (відносного числа, відсотка) уражених окремих цілей зі складу групової цілі; по *угрупованню* – математичне очікування сумарного збитку, 140.

**ПОМИЛКА** – оцінка логічного твердження або висновків про щось неправильне, хибне. П., напр., є: спотворення



кодового сигналу інформації у разі неправильного, хибного відображення значення елемента кодової послідовності сигналу одиниці чи нуля; визначення відмови як дії, що не відбулася (хибна відмова); незнаходження відмови (невиявлена відмова), 140.

**ПОМИЛКА ВИМІРЮВАНЬ (СЕРЕДИННА, СЕРЕДНЯ, СЕРЕДНЯ КВАДРАТИЧНА, АБСОЛЮТНА, ВІДНОСНА)** – різниця між отриманим значенням вимірюваної величини та її істинним значенням. Помилками вимірювань є:

1) *абсолютна помилка* – різниця між отриманим та істинним значеннями вимірюваної величини;

2) *відносна помилка* – відношення абсолютної помилки до істинного значення вимірюваної величини;

3) *середня помилка*, яка визначається як середнє арифметичне із помилок вимірювань. Середня помилка є випадковою. Чим більша кількість вимірювань, тим ближче середня помилка до істинного значення вимірюваної величини;

4) *серединна помилка* – числова характеристика нормального закону розподілу випадкових помилок, що характеризує розкид випадкових помилок навколо центра розсіву;

5) *середня квадратична помилка* – числова характеристика будь-якого закону розподілу випадкових помилок, що характеризує розкид випадкових помилок навколо центра розсіву. Середня квадратична помилка дорівнює додатному значенню квадратного кореня із дисперсії, 141.

**ПОЧАТКОВА МАСА РАКЕТИ (СТУПІНЬ РАКЕТИ)** – маса ракети (ступеня ракети), повністю підготовленої до старту, 141.

**ПРАВИЛА СТРІЛЬБИ** – основні положення і рекомендації щодо підготовки стрільби і управління вогнем артилерії, стрільби на ураження різних цілей, управління

вогнем артилерійських підрозділів у різних умовах бойових дій, 141.

**ПРИВ'ЯЗУВАННЯ ПОЗИЦІЙНИХ РАЙОНІВ (ВОГНЕВИХ ПОЗИЦІЙ) РАКЕТНИХ (АРТИЛЕРІЙСЬКИХ) ЧАСТИН** – визначення координат і висоти позицій, дирекційних кутів орієнтирних напрямів. Прив'язування позицій у *ракетних* частинах полягає у визначенні координат точок стояння пускової установки та дирекційних кутів основного і контрольного напрямів. В *артилерійських* частинах прив'язування позицій – визначення координат основних гармат батареї, інших елементів бойового порядку, дирекційного кута основного напрямку стрільби. Здійснюється на геодезичній основі або за картою (аерофотознімком місцевості), 142.

**ПРИЗЕМНИЙ ВІТЕР** – вітер, напрям і швидкість якого вимірюються на малих висотах над земною поверхнею, 36, 142.

**ПРИНЦИПИ БОЙОВОГО ЗАСТОСУВАННЯ РАКЕТНИХ ЧАСТИН І АРТИЛЕРІЇ** – основні положення і рекомендації щодо способів і форм бойових дій РВіА з метою найбільш ефективного виконання ними завдань в операції (бою), що впливають із об'єктивних законів та закономірностей збройної боротьби. Основні П. б. з. РВіА: масування РВіА, ракетних ударів і вогню артилерії на найважливіших напрямках для виконання головних завдань в операції: раптовість, своєчасність і висока ефективність нанесення ударів та ведення вогню; безперервна підтримка військ вогнем; широкий маневр підрозділами, частинами, з'єднаннями, а також ударами і вогнем; тісна взаємодія РВіА з силами і засобами інших родів військ, авіацією, а на приморських напрямках — і з силами ВМФ, 142.

**ПРИХОВАНЕ УПРАВЛІННЯ ВІЙСЬКАМИ (ПУВ)** – комплекс заходів щодо збереження у таємниці від противника відомостей, які використовуються військами (сила-

ми) у мирний та воєнний час. В інтересах ПУВ проводиться робота з особовим складом щодо підвищення пильності, обмежується коло осіб, які допускаються до планування бойових дій і до ознайомлення з таємними відомостями, приховано розміщуються і пересуваються пункти управління, установлюються правила листування і порядок переговорів технічними засобами зв'язку, застосовуються засекречувальна апаратура, шифрування й кодування відомостей, що пересилаються закритими каналами, здійснюються технічні й організаційні заходи щодо захисту інформації, яка використовується в АСК, застосовуються таблиці позивних і сигналів і т. ін. Відповідальність за організацію і стан ПУВ покладається на начальника штабу, 142.

**ПРОГРАМА ПОЛЬОТУ РАКЕТИ** – сукупність керуючих функцій, що регламентують політ ракети за траєкторією, 143.

**ПСИХРОМЕТР** – прилад, що вимірює температуру і вологість повітря в опалювальних сховищах і артилерійських погребках, 61, 62, 63.

**ПУНКТ ЗОНДУВАННЯ** – район місцевості, радіусом не більше 2,5 км, в якому здійснюється або планується зондування атмосфери за допомогою радіотехнічного комплексу (метеорологічної станції). П. з. створюються, як правило, у складі двох метеорологічних станцій, які працюють позмінно і розташовуються одна від одної на відстані, що забезпечує зручність керування їх роботою за єдиним планом, 143.

**ПУНКТ УПРАВЛІННЯ** – спеціально обладнане і оснащене технічними засобами місце, з якого командувач (командир) із офіцерами штабу здійснює управління військами (силами, засобами) під час підготовки і ведення бойових дій або під час несення засобами бойового чергування. Створюються командні, передові командні, запасні,

тилові та допоміжні П. у. П. у. можуть бути рухомими і стаціонарними, 143.

**ПУСКОВА УСТАНОВКА** – агрегат наземного устаткування ракетного комплексу, призначений для розміщення, транспортування, тимчасового зберігання, проведення необхідних перевірок, прицілювання, підготовки до пуску і пуску однієї чи декількох ракет; бойовий засіб ракетного комплексу, 144.

## Р

**РАДІОЗОНД** – аерологічний прилад, що автоматично визначає у вільній атмосфері температуру і вологість повітря та інші величини, кодує виміряні величини і пересилає їх у вигляді радіосигналів на землю. Ці сигнали приймаються наземною радіолокаційною (радіопеленгаційною) метеостанцією і використовуються не тільки для визначення температури і вологості повітря, але й для визначення координат радіозонда у просторі. За координатами обчислюється висота підймання радіозонда, напрям і швидкість вітру. Р. підіймається в атмосферу спеціальною кулею, наповненою воднем, 89, 90.

**РАДІОЗОНДУВАННЯ** – отримання інформації про вертикальний розподіл метеорологічних величин у вільній атмосфері за допомогою радіозондів, 89, 90.

**РАДІУС ГАРАНТОВАНОЇ ЗОНИ ДІЇ БЮЛЕТЕНІВ** – величина, що характеризує розміри кола, у межах якого метеорологічні бюлетені у будь-який час придатні для визначення установок для стрільби артилерії і пусків ракет способом повної підготовки. Р. г. з. залежить від максимального терміну придатності бюлетеня, режиму (інтервалу) зондування, часу на доведення бюлетенів до підрозділів і на розрахунок метеорологічних поправок, характеру місцевості району бойових дій, 101.

**РАКЕТА** – літальний апарат, що рухається за рахунок реактивної сили, яка виникає під час відкидання частини власної маси; вид літального апарата, 145.

**РАКЕТА З КОМБІНОВАНОЮ СИСТЕМОЮ НАВЕДЕННЯ** – ракета, що несе два (три) блоки наведення, конструктивно об'єднаних в один, напр., теленаведення і активне самонаведення, 145.

**РЕАКТИВНА ЗБРОЯ** – вид зброї, в якій засоби ураження доставляються до цілі за рахунок реактивної тяги двигуна боєприпасу. До Р. з. належать наземні, авіаційні та морські реактивні системи залпового вогню і реактивні гранатомети. Використання принципу реактивного руху дозволяє створювати малогабаритні, багатоствольні та прості за будовою пускові установки. Багатозарядність реактивних систем визначає їх високу вогневу продуктивність і здатність одночасного ураження об'єктів значних розмірів. Залповий вогонь Р. з. дозволяє досягати раптовості та високої ефективності ураження об'єктів у стислі терміни, 145.

**РЕАКТИВНИЙ РУХ** – рух під дією реактивної сили. Швидкості ракеті надає сила, що виникає під час витікання із сопла двигуна робочого тіла: продуктів згоряння твердого, рідкого палива та інших різновидів палива. Переміщення ракети відбувається шляхом відкидання деякої маси цих продуктів у напрямку, зворотному руху ракети, 145.

**РЕАКТИВНИЙ СНАРЯД** – некерований літальний апарат із реактивним двигуном, 145.

**РОЗВІДКА ПОГОДИ** – інструментальні й візуальні спостереження за погодою в заданий момент (проміжок) часу у визначеному районі; складова частина метеорологічного забезпечення. Ведеться з метою визначення (уточнення) зон хмарності, опадів, грозових явищ, швидкості та напрямку їх руху та інших явищ погоди, що впливають на бойові дії військ, 145.

## С

**СЕРЕДНЄ ВІДХИЛЕННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ** – середнє значення відхилення температури повітря від табличного розподілу у шарі атмосфери від поверхні землі до будь-якої висоти (в градусах Цельсія), 52, 53.

**СЕРЕДНЄ ВІДХИЛЕННЯ ЩІЛЬНОСТІ ПОВІТРЯ** – середнє відносне відхилення щільності повітря від табличного розподілу у шарі атмосфери від поверхні землі до будь-якої висоти, виражене у відсотках, 52, 53.

**СЕРЕДНІЙ ВІТЕР** – середнє значення напряму і швидкості вітру у шарі від поверхні землі до будь-якої висоти (у поділках кутотіра і в метрах за секунду), 52, 53.

**СИЛА ТЯГИ РАКЕТНОГО ДВИГУНА** – сила, що розвивається двигуном і дорівнює реактивній силі за відрахуванням добутку зовнішнього (атм.) тиску на площу вихідного перерізу сопла, 40, 146.

**СИСТЕМА ВОГНЮ АРТИЛЕРІЇ** – організований за єдиним планом вогонь усіх видів артилерії в інтересах досягнення мети бою (операції). Включає райони, ділянки і рубежі масованого, зосередженого і загороджувального вогню, вогонь окремих гармат, установок ПТКР на підступах, перед переднім краєм, на флангах і вглибині оборони, маневр вогнем для швидкого його масування і зосередження на будь-якому загрозовому напрямі або ділянці, а також систему спостереження і сповіщення про дії противника. С. в. а. будується з урахуванням характеру місцевості та інженерних загороджень, 146.

**СИСТЕМА ЗВ'ЯЗКУ** – організаційно-технічне об'єднання сил і засобів зв'язку в об'єднаннях, з'єднаннях, частинах для управління військами в операції (бою) і в повсякденній діяльності. Включає: опорну мережу зв'язку, вузли зв'язку пунктів управління, лінії прямого зв'язку, лінії прив'язування вузлів зв'язку пунктів управління до опо-

рної мережі, систему технічного забезпечення зв'язку і АСУ військами (силами), мережу фельд'єгерсько-поштового зв'язку, систему керування зв'язку, резерви сил та засобів зв'язку. С. з. створюється відповідно до завдань військ (сил) і прийнятої системи управління військами (силами). С. з. може бути стаціонарною або польовою (рухомою). Вимоги до С. з.: постійна бойова готовність, стійкість, висока мобільність, необхідна перепускна спроможність, забезпечення достовірності, потайності та безпеки пересилання всіх видів інформації, 147.

**СИСТЕМА КЕРУВАННЯ РАКЕТОЮ** – комплекс апаратури і пристроїв, призначених для керування ракетою або її головною частиною у польоті. Залежно від способу отримання інформації і способу наведення розрізняють автономні системи керування, системи телекерування і самонаведення, а також комбіновані системи керування, 147.

**СИСТЕМА НАВЕДЕННЯ ПУСКОВОЇ УСТАНОВКИ** – 1) наземна частина системи наведення ракети з автономною інерціальною системою керування, що розташована на пусковій установці. Призначена для наведення ракети на ціль за напрямом корпусу ракети, що стоїть вертикально (під час використання принципу наведення корпусом) або командного гіроскопічного приладу ракети, що знаходиться у похідному положенні; 2) сукупність механізмів і пристроїв, призначених для надання потрібних кутів напрямним ракетної пускової установки і бойової машини РСЗВ, 147.

**СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ РАКЕТНИМИ ВІЙСЬКАМИ І АРТИЛЕРІЄЮ В БОЮ І ОПЕРАЦІЇ** – сукупність органів і пунктів управління, системи зв'язку та інших технічних засобів керування, призначених для управління РВіА в бою і операції. С.у. РВіА включає: органи управління, пункти управління, систему зв'язку, засоби автоматизованого керування. Вона повинна мати високу бо-

йову готовність і припустити здійснення централізованого управління РВіА, а також децентралізоване управління ударами і вогнем, 147.

**СТАРТОВА ПОЗИЦІЯ (СП)** – ділянка місцевості, на якій розташовуються пускові установки, необхідні прилади і машини. На СП здійснюються передстартова (передпускова) підготовка і пуск ракети. СП можуть бути: основними і запасними, 148.

**СТРАТОСФЕРА** – шар атмосфери, що розташований над тропопаузою до висот 45–55 км і відрізняється розподілом температури, близьким до ізотермічного у нижній частині і підвищенням температури з висотою – у верхній. Положення нижньої межі С. – тропопаузи залежно від широти, пори року і розвитку атмосферних процесів може коливатися у межах декількох кілометрів (над полярними областями вона знаходиться на висоті 8–10 км, над помірними широтами – на висоті 10–12 км, над екватором – на висоті 16–18 км). Середні температури на нижній межі С. - від  $-45^{\circ}\text{C}$  до  $-75^{\circ}\text{C}$  залежно від широти і пори року, на верхній межі С. - від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+20^{\circ}\text{C}$ , 15.

## Т

**ТАБЛИЧНІ МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ПОПРАВКИ** – поправки, взяті з оберненим знаком відхилення снаряда за дальністю і напрямом від табличної точки падіння, зумовлені постійними на усіх висотах у межах траєкторії відхиленнями метеорологічних величин і що дорівнюють 10 одиницям (10 м/с,  $10^{\circ}\text{C}$ , 10 мм рт. ст.), 148.

**ТАБЛИЧНІ УМОВИ СТРІЛЬБИ** – сукупність заздалегідь фіксованих умов, для яких розраховуються таблиці стрільби, 49.

**ТАБЛИЦЯ СТРІЛЬБИ** – збірник обчислених даних, необхідних для визначення установок для стрільби по ви-



значеній цілі залежно від дальності до неї та інших умов, стосовно будь-яких боєприпасів конкретного зразка зброї, 51.

**ТАКТИЧНІ ЗАВДАННЯ АРТИЛЕРІЇ** – завдання, що вирішуються артилерійськими підрозділами (частинами, групами) у загальновійськовому бою, 149.

**ТАКТИКО-ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОЗБРОЄННЯ (ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ)** – визначені кількісно-якісні дані, що характеризують властивості (бойові можливості) визначеного зразка озброєння (бойової техніки). Т. т. х. о. використовуються під час планування застосування озброєння та бойової техніки, 149.

**ТАНГАЖ** – кутовий рух ракети відносно осі, що проходить через центр мас ракети і перпендикулярна до поздовжньої площини симетрії, 13.

**ТЕМПЕРАТУРА ПОВІТРЯ** – температура, яку показує термометр в умовах його повного теплового контакту з атмосферним повітрям. Т. п. характеризує тепловий стан атмосфери і є мірою середньої кінетичної енергії руху молекул і атомів, що складають атмосферне повітря, 20.

**ТЕОРІЯ ЙМОВІРНОСТЕЙ** – математична наука, що вивчає закономірності масових випадкових явищ, 149.

**ТЕРМОГРАФ** — метеорологічний прилад для автоматичного запису змін температури. Дія Т. ґрунтується на властивості біметалевої пластини чутливого елемента деформуватися під час зміни температури повітря. Температура (зміна температури) реєструється самописним приладом на паперовій стрічці, 60.

**ТЕРМОПАРА** — датчик температури, що складається із двох з'єднаних (спаяних) між собою різнорідних електропровідних елементів, зазвичай металевих провідників. Якщо контакти струмопровідних елементів, що утворюють Т. (їх часто називають термоелектродами), знаходяться при різних температурах, в ланцюгу Т. виникає електрорушій-

на сила (ЕРС) (термоелектрорушійна сила), величина якої визначається температурою «гарячого» і «холодного» контактів і природою матеріалів, що застосовуються як термоелектроди. Т. застосовується у термоелектричних приймачах променистої енергії координаторів цілі (головок самонаведення), що використовують термоелектричний ефект, 60.

**ТРАЄКТОРІЯ** – лінія, що описується у просторі рухомою матеріальною точкою відносно обраної системи координат, 38.

**ТРАЄКТОРІЯ РАКЕТИ** – траєкторія центра мас ракети після втрати нею механічного зв'язку з пусковою установкою, 38.

**ТРОПОСФЕРА** – нижня, основна частина атмосфери, що характеризується зменшенням температури з висотою із середнім вертикальним градієнтом близько  $0,65\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{м}$  і з можливими відхиленнями його значення до  $0,3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{м}$  у той або інший бік. Т. простягається від поверхні землі до висоти 10–12 км у помірних широтах, до 8–10 км – у полярних і до 16–18 км у тропіках. Найнижчі десятки метрів у Т. створюють приземний шар, нижні 1–2 км – шар тертя. У Т. спостерігається найбільша зміна метеорологічних величин як за вертикаллю, так і за горизонталлю, в ній сильно розвинута турбулентність, часто зустрічаються інверсії, утворюються основні види хмар, формуються повітряні маси та атмосферні фронти, метеорологічні явища (опади, тумани, завірюхи та ін.), циклони та антициклони, 15.

## У

**УГРУПОВАННЯ АРТИЛЕРІЇ** – 1) встановлений рішенням командувача загальновійськового об'єднання (командира з'єднання, частини) розподіл, склад, тимчасове об'єднання в групи і розміщення в оперативній і бойовій

(похідній) побудові військ артилерійських з'єднань, частин і підрозділів для виконання поставлених завдань в операції (бою). У. а. має відповідати задуму операції (бою) і забезпечувати: масування (зосередження) більшої частини артилерії на головному напрямі, найбільш ефективне вирішення завдань вогневого ураження противника, найкраще використання артилерійських з'єднань, частин і підрозділів відповідно до їх призначення, тісну взаємодію їх із загальновійськовими з'єднаннями, частинами і підрозділами, зручність управління ними. У. а. створюється в об'єднаннях і з'єднаннях першого ешелону під час підготовки операції (бою), а у другому ешелоні – під час введення його в бій і уточнюються у ході ведення бойових дій з урахуванням зміни умов обстановки та нових завдань; 2) визначена кількість артилерії, розгорнена на тому чи іншому напрямку, 152.

**УПРАВЛІННЯ ПІДРОЗДІЛАМИ** – цілеспрямована діяльність загальновійськових і артилерійських командирів і штабів щодо підтримки постійної бойової готовності ракетних і артилерійських підрозділів, підготовки їх до бойових дій і управління ними під час виконання поставлених завдань в бою, 152.

**УПРАВЛІНСЬКА ДІЯЛЬНІСТЬ ОФІЦЕРА** – самостійна діяльність командира (керівника) військового формування, спрямована на виконання поставлених завдань. Вона передбачає: організацію, планування, мотивування, контроль і регулювання технологічних, соціальних, індивідуально-психологічних та інших процесів, що відбуваються у підрозділі (частині, з'єднанні), 152.

**УСТАНОВКИ ДЛЯ СТРІЛЬБИ (ПУСКУ)** – установки прицільних пристроїв і підричника (трубки), на яких ведеться вогонь (пуск), 152.

## Ф

**ФОРСУНКА** – елемент форсункової головки для вприскування, розпилення і змішування компонентів ракетного палива у камері згоряння і газогенераторі РРД. Залежно від агрегатного стану компонентів, що надходять, розрізняють Ф. рідинні, газові, газорідинні та ін. За конструкцією Ф. можуть бути струминними, відцентровими, струминно-відцентровими. *Струминна Ф.* являє собою корпус із просвердленими у ньому отворами. У *відцентрових Ф.* компонент палива, що подається під тиском, закручується, вприскується у камеру і під впливом відцентрових сил на виході із Ф. створюється так званий факел розпилення у вигляді тонкої конічної плівки, що швидко розпадається на краплі, 153.

## Ц

**ЦІЛЕВКАЗАННЯ** – повідомлення даних про характер, місцезнаходження і дії цілі. Здійснюється командирами, штабами, органами розвідки і спостереження. Цілевказання може виконуватися від орієнтирів (місцевих предметів), наведенням на ціль приладу або зброї, в полярних, прямокутних або географічних координатах, за картою, аерофотознімком, розривами артилерійських снарядів і т. ін., 153.

**ЦІЛЬ** – об'єкт противника, намічений для ураження. Ц. поділяють: *за розташуванням у просторі* – на наземні, підземні, повітряні, надводні та ін.; *за складом* – поодинокі (танк, корабель, літак та ін.), групові та складні; *за розмірами* – на точкові, площинні, лінійні; *за характером діяльності* – на активні, пасивні, рухомі, у тому числі маневрові, нерухомі й на такі, що з'являються; *за ступенем захищеності* – на відкриті, укриті, броньовані; *за умовами спо-*

*стерезення* – на спостережувані і неспостережувані; *за специфічними відмітними ознаками*, напр., за оптичною, тепловою, радіолокаційною контрастністю. Ц. можуть поділятися за важливістю, швидкістю руху (маневреністю) та іншими ознаками, 153.

**ЦЕНТР МАСИ** – точка, на якій може вважатися зосередженою вся маса ЛА під час розглядання його руху, 39, 40.

**ЦЕНТР ТИСКУ** – точка прикладення рівнодійної аеродинамічної сили снаряда (ракети і т. ін.). Ц. т. знаходиться на поздовжній осі симетрії снаряда (ракети і т. ін.) і зазвичай не збігається з центром мас (Ц. м.). Залежно від взаємного положення Ц. т. і Ц. м. виникає стабілізуючий аеродинамічний момент, 39, 40.

## Ч

**ЧИСЛО ЦІОЛКОВСЬКОГО** – відношення маси робочого запасу палива до кінцевої маси ракети або її ступеня після витрати палива (Мп/Мк), 154.

## Ш

**ШВИДКІСТЬ ВІТРУ** – шлях, пройдений повітрям за одиницю часу. Одиниця вимірювання швидкості вітру: метр за секунду (м/с), кілометр за годину (км/г), 35, 154.

**ШВИДКІСТЬ ЗВУКУ** – швидкість поширення звукових хвиль у пружних середовищах (газах, рідинах та твердих тілах). Ш. з. у повітрі залежить від температури повітря. При табличній температурі повітря швидкість звуку дорівнює 340,9 м/с, 44, 45.

**ШТАБНА КУЛЬТУРА ОФЦЕРА** – сукупність якостей, необхідних для успішної управлінської діяльності. Полягає у високій організованості, оперативності, ініціати-

вності, ретельності, здатності у найбільш доцільній послідовності і якісно виконувати великий обсяг різноманітних завдань, грамотно, стисло і чітко оформлювали всі штабні документи; в умілому застосуванні математичних моделей операцій і методики, наукової організації штабної роботи, 154.

**ШТОРМОВЕ СПОВІЩЕННЯ** – повідомлення про початок небезпечного або особливо небезпечного явища погоди і гідрологічного режиму, 7, 104.

**ШТОРМОВЕ ПОПЕРЕДЖЕННЯ** – прогноз небезпечного або особливо небезпечного явища погоди і гідрологічного режиму, 105.

## Ю

**ЮСТУВАННЯ** – вивірення і налагодження приладів або механізмів, що полягає у встановленні правильної взаємодії, взаємного розташування і відносного переміщення деталей, вузлів і систем об'єктів, що юстуються. Ю. застосовують під час вивірення артилерійських приладів, прицілів, 155.

## Я

**ЯДЕРНІ БОЄПРИПАСИ** – боєприпаси, дія ураження яких ґрунтується на використанні енергії ядерного вибуху. До них належать: ядерні бойові частини ракет і торпед, ядерні бомби, артилерійські снаряди, глибинні бомби, міни (фугаси). Потужність ядерних боєприпасів характеризується тротиловим еквівалентом, за величиною якого вони поділяються на п'ять груп: надто малі (до 1 кт), малі (1–10 кт), середні (10–100 кт), великі (100–1 Мт) і надто великі (більше 1 МТ), 155.

**ЯКІСТЬ УПРАВЛІННЯ** — всебічне обґрунтування рішень, що приймаються, вмале керування підлеглими військами щодо їх реалізації, враховуючи конкретні обставини, та їх забезпеченість, 156.

# ДОДАТКИ



**Додаток А**  
**(обов'язковий)**  
**Розподіл метеорологічних факторів за висотою**  
**(нормальний розподіл)**

| <b>Висота, м</b> | <b>Віртуальна температура, °С</b> | <b>Атмосферний тиск, мм рт.ст.</b> | <b>Густина, кг/м<sup>3</sup></b> |
|------------------|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| 0                | + 15,9                            | 750,0                              | 1,206                            |
| 500              | + 12,7                            | 706,8                              | 1,149                            |
| 1000             | + 9,6                             | 665,6                              | 1,094                            |
| 2000             | + 3,2                             | 589,0                              | 0,990                            |
| 3000             | - 3,1                             | 519,6                              | 0,894                            |
| 4000             | - 9,4                             | 457,2                              | 0,806                            |
| 5000             | - 15,7                            | 401,0                              | 0,724                            |
| 6000             | - 22,1                            | 350,5                              | 0,649                            |
| 7000             | - 28,4                            | 305,4                              | 0,580                            |
| 8000             | - 34,7                            | 265,0                              | 0,517                            |
| 9000             | - 41,1                            | 229,1                              | 0,459                            |
| 9300             | - 43,0                            | 219,1                              | 0,443                            |
| 10000            | - 46,8                            | 197,5                              | 0,405                            |
| 11000            | - 50,4                            | 169,6                              | 0,354                            |
| 12000            | - 51,5                            | 145,4                              | 0,305                            |
| 13000            | - 51,5                            | 124,6                              | 0,261                            |
| 14000            | - 51,5                            | 106,8                              | 0,224                            |
| 15000            | - 51,5                            | 91,5                               | 0,192                            |
| 16000            | - 51,5                            | 78,4                               | 0,164                            |
| 17000            | - 51,5                            | 67,2                               | 0,141                            |
| 18000            | - 51,5                            | 57,6                               | 0,121                            |
| 19000            | - 51,5                            | 49,4                               | 0,104                            |
| 20000            | - 51,5                            | 42,3                               | 0,089                            |

**Додаток Б**  
**(обов'язковий)**  
**Зразок перевірного свідоцтва на**  
**метеорологічний прилад**

*Перевірне свідоцтво*  
*Барометр-анероїд № 2-1248*

1. Шкалова поправка

| <b>Показання,<br/>мм рт. ст.</b> | <b>Поправка,<br/>мм рт. ст.</b> | <b>Показання,<br/>мм рт. ст.</b> | <b>Поправка,<br/>мм рт. ст.</b> |
|----------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 790                              | - 0,1                           | 680                              | + 0,1                           |
| 780                              | - 0,1                           | 670                              | + 0,1                           |
| 770                              | 0,0                             | 660                              | + 0,1                           |
| 760                              | 0,0                             | 650                              | 0,0                             |
| 750                              | + 0,2                           | 640                              | 0,0                             |
| 740                              | + 0,2                           | 630                              | 0,0                             |
| 730                              | + 0,3                           | 620                              | - 0,1                           |
| 720                              | + 0,3                           | 610                              | - 0,1                           |
| 710                              | + 0,3                           | 600                              | - 0,2                           |
| 700                              | + 0,2                           | 590                              | - 0,2                           |
| 690                              | + 0,2                           | 580                              | - 0,2                           |

2. Температурна поправка на 1°C дорівнює +0,06 мм рт. ст.

3. Додаткова поправка дорівнює -1,4 мм рт. ст.

Дата перевірки " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ р.

Начальник ЦБП ГМП \_\_\_\_\_

(прізвище, підпис)

Відповідальний перевіряючий \_\_\_\_\_

(прізвище, підпис)

**Додаток В**  
**(обов'язковий)**  
**Психрометрична таблиця**

| $t$ ,<br>°C | Психрометрична різниця $\Delta t$ , °C |            |                    |            |                    |            |                    |            |                       |            |
|-------------|--|------------|--------------------|------------|--------------------|------------|--------------------|------------|-----------------------|------------|
|             | 0                                      |            | 1                  |            | 2                  |            | 3                  |            | 4                     |            |
|             | $e$ ,<br>мм рт. ст                     | $r$ ,<br>% | $e$ ,<br>мм рт. ст | $r$ ,<br>% | $e$ ,<br>мм рт. ст | $r$ ,<br>% | $e$ ,<br>мм рт. ст | $r$ ,<br>% | $e$ ,<br>мм<br>рт. ст | $r$ ,<br>% |
| -10         | 1,9                                    | 100        | 1,3                | 66         | 0,6                | 33         | –                  | –          | –                     | –          |
| -9          | 2,1                                    | 100        | 1,4                | 68         | 0,8                | 37         | –                  | –          | –                     | –          |
| -8          | 2,3                                    | 100        | 1,6                | 70         | 0,9                | 41         | –                  | –          | –                     | –          |
| -7          | 2,5                                    | 100        | 1,8                | 72         | 1,1                | 44         | 0,4                | 18         | –                     | –          |
| -6          | 2,8                                    | 100        | 2,0                | 74         | 1,3                | 48         | 0,6                | 23         | –                     | –          |
| -5          | 3,0                                    | 100        | 2,3                | 75         | 1,5                | 51         | 0,8                | 27         | –                     | –          |
| -4          | 3,3                                    | 100        | 2,5                | 77         | 1,8                | 54         | 1,0                | 32         | 0,3                   | 10         |
| -3          | 3,6                                    | 100        | 2,8                | 78         | 2,0                | 56         | 1,3                | 35         | 0,5                   | 15         |
| -2          | 3,9                                    | 100        | 3,1                | 79         | 2,3                | 59         | 1,5                | 39         | 0,8                   | 20         |
| -1          | 4,2                                    | 100        | 3,4                | 80         | 2,6                | 61         | 1,8                | 42         | 1,0                   | 24         |
| 0           | 4,6                                    | 100        | 3,7                | 81         | 2,9                | 63         | 2,1                | 45         | 1,3                   | 28         |
| 1           | 4,9                                    | 100        | 4,1                | 83         | 3,2                | 65         | 2,4                | 48         | 1,6                   | 32         |
| 2           | 5,3                                    | 100        | 4,4                | 84         | 3,6                | 68         | 2,7                | 51         | 1,9                   | 35         |
| 3           | 5,7                                    | 100        | 4,8                | 84         | 3,9                | 69         | 3,1                | 54         | 2,2                   | 39         |
| 4           | 6,1                                    | 100        | 5,2                | 85         | 4,3                | 70         | 3,4                | 56         | 2,6                   | 42         |
| 5           | 6,5                                    | 100        | 5,6                | 86         | 4,7                | 72         | 3,8                | 58         | 2,9                   | 45         |
| 6           | 7,0                                    | 100        | 6,0                | 86         | 5,1                | 73         | 4,2                | 60         | 3,3                   | 47         |
| 7           | 7,5                                    | 100        | 6,5                | 87         | 5,5                | 74         | 4,6                | 61         | 3,7                   | 49         |
| 8           | 8,0                                    | 100        | 7,0                | 87         | 6,0                | 75         | 5,0                | 63         | 4,1                   | 51         |
| 9           | 8,6                                    | 100        | 7,5                | 88         | 6,5                | 76         | 5,5                | 64         | 4,5                   | 53         |
| 10          | 9,2                                    | 100        | 8,1                | 88         | 7,0                | 76         | 6,0                | 65         | 5,0                   | 54         |

**Додаток Г**  
**(обов'язковий)**  
**Збірник задач**  
**Задача 1**

1. Провести наземні метеорологічні вимірювання, результати яких занести до журналу.

|                            |                                    |                  |             |                   |             |            |  |
|----------------------------|------------------------------------|------------------|-------------|-------------------|-------------|------------|--|
| Дата, час                  |                                    |                  |             |                   |             |            |  |
| Навчальна точка            | №1 _____                           |                  | №2 _____    |                   | №3 _____    |            |  |
| Барометр-анероїд           | Термометр                          |                  | Термометр   |                   | Термометр   |            |  |
|                            | Стрілка                            |                  | Стрілка     |                   | Стрілка     |            |  |
|                            | Поправка                           |                  | Поправка    |                   | Поправка    |            |  |
|                            | Тиск                               |                  | Тиск        |                   | Тиск        |            |  |
| Термометр                  | Відлік                             |                  | Відлік      |                   | Відлік      |            |  |
|                            | Поправка                           |                  | Поправка    |                   | Поправка    |            |  |
|                            | Температура                        |                  | Температура |                   | Температура |            |  |
| Барограф                   | Дата                               | Час              | Відлік      | Барична тенденція |             |            |  |
|                            |                                    |                  |             |                   |             |            |  |
| ДМК                        | Значення                           | Температура      |             |                   |             |            |  |
|                            |                                    | Тиск             |             |                   |             |            |  |
|                            |                                    | Вологість        |             |                   |             |            |  |
|                            | Відлік напрямку та швидкості вітру |                  |             | $W$               |             | $\alpha_w$ |  |
|                            |                                    | 1                |             |                   |             |            |  |
|                            |                                    | 2                |             |                   |             |            |  |
|                            |                                    | 3                |             |                   |             |            |  |
|                            |                                    | 4                |             |                   |             |            |  |
|                            |                                    | 5                |             |                   |             |            |  |
|                            |                                    | 6                |             |                   |             |            |  |
|                            |                                    | 7                |             |                   |             |            |  |
|                            |                                    | 8                |             |                   |             |            |  |
|                            |                                    | 9                |             |                   |             |            |  |
|                            | 10                                 |                  |             |                   |             |            |  |
| Швидкість                  |                                    |                  |             |                   |             |            |  |
| Дирекційний кут $\alpha_w$ |                                    | Поділки кутоміра |             |                   |             |            |  |
|                            |                                    | Градуси          |             |                   |             |            |  |

2. За отриманими результатами визначити:

- різницю висот між всіма навчальними точками;
- відхилення віртуальної температури на рівні навчальних точок

№ 1; 2; 3.

### Задача 2

1. За допомогою метеорологічного комплексу проведені наземні метеорологічні вимірювання та комплексне зондування атмосфери. Визначено, що температура біля поверхні землі  $t_1$ , а на висоті  $h_2 - t_2$ .

#### Вхідні дані

| №<br>пор. | $t_1, ^\circ\text{C}$ | $t_2, ^\circ\text{C}$ | $t_4, ^\circ\text{C}$ | $h_2, \text{м}$ | $h_3, \text{м}$ | Результат                        |  |                          |                 |
|-----------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------|-----------------|----------------------------------|--|--------------------------|-----------------|
|           |                       |                       |                       |                 |                 | $T_{\text{сер}}, ^\circ\text{K}$ | $\text{ВТГ}, ^\circ\text{C}/100\text{м}$ | $t_{3v}, ^\circ\text{C}$ | $h_4, \text{м}$ |
| 1         | 0                     | 15                    | 6                     | 1000            | 350             |                                  |  |                          |                 |
| 2         | -2                    | 26                    | 30                    | 2500            | 420             |                                  |  |                          |                 |
| 3         | -24                   | -32                   | -44                   | 450             | 100             |                                  |  |                          |                 |
| 4         | 28                    | -1                    | 13                    | 560             | 1000            |                                  |  |                          |                 |
| 5         | 2                     | -31                   | -18                   | 2300            | 660             |                                  |  |                          |                 |
| 6         | 32                    | 3                     | -6                    | 880             | 1000            |                                  |  |                          |                 |
| 7         | -4                    | -24                   | -11                   | 690             | 100             |                                  |  |                          |                 |
| 8         | 1                     | 21                    | 13                    | 700             | 1200            |                                  |  |                          |                 |
| 9         | -32                   | -48                   | -50                   | 1200            | 600             |                                  |  |                          |                 |
| 10        | 2                     | -10                   | -8                    | 790             | 1000            |                                  |  |                          |                 |
| 11        | 14                    | 2                     | -18                   | 2100            | 490             |                                  |  |                          |                 |
| 12        | 7                     | -14                   | 2                     | 660             | 1100            |                                  |  |                          |                 |
| 13        | 21                    | -3                    | 14                    | 2200            | 360             |                                  |  |                          |                 |
| 14        | -4                    | -22                   | -20                   | 980             | 320             |                                  |  |                          |                 |
| 15        | -5                    | 18                    | 28                    | 1400            | 390             |                                  |  |                          |                 |

2. За отриманими результатами визначити:

- середню абсолютну температуру  $T_{\text{сер}}$ ;
- вертикальний температурний градієнт (на 100 м) у шарі від поверхні землі до висоти  $h_2$ ;
- віртуальну температуру  $t_{3v}$  на рівні СП 1 *сбатр*, яка знаходиться на висоті  $h_3$ ;
- висоту  $h_4$ , де розміщена СП 2 *сбатр* і на якій за допомогою термометра виміряна температура  $t_4$ .

### Задача 3

1. У районі метеостанції, яка розміщена на висоті  $h_2$ , визначені наземні значення температури повітря  $t_2$  та атмосферного тиску  $П_2$ .

#### Вхідні дані

| № пор | $t_2, ^\circ\text{C}$ | $t_3, ^\circ\text{C}$ | $П_2, \text{мб}$ | $h_1, \text{м}$ | $h_2, \text{м}$ | Результат               |                                 |                           |                       |
|-------|-----------------------|-----------------------|------------------|-----------------|-----------------|-------------------------|---------------------------------|---------------------------|-----------------------|
|       |                       |                       |                  |                 |                 | $\Delta П_1, \text{мб}$ | $\Delta П_1, \text{мм рт. ст.}$ | $\Delta Б, \text{м/мбар}$ | $t_4, ^\circ\text{C}$ |
| 1     | 4                     | 12                    | 1020             | 360             | 650             |                         |                                 |                           |                       |
| 2     | -8                    | 21                    | 980              | 640             | 380             |                         |                                 |                           |                       |
| 3     | -16                   | 0                     | 1012             | 1000            | 790             |                         |                                 |                           |                       |
| 4     | 21                    | 3                     | 1010             | 768             | 650             |                         |                                 |                           |                       |
| 5     | -3                    | 16                    | 999              | 700             | 1000            |                         |                                 |                           |                       |
| 6     | 21                    | -12                   | 1014             | 560             | 780             |                         |                                 |                           |                       |
| 7     | 16                    | 3                     | 1020             | 1020            | 970             |                         |                                 |                           |                       |
| 8     | -1                    | -16                   | 900              | 240             | 360             |                         |                                 |                           |                       |
| 9     | 8                     | -12                   | 1002             | 690             | 600             |                         |                                 |                           |                       |
| 10    | -21                   | 34                    | 1001             | 870             | 560             |                         |                                 |                           |                       |
| 11    | 4                     | 23                    | 1019             | 650             | 780             |                         |                                 |                           |                       |
| 12    | 21                    | -4                    | 1016             | 400             | 340             |                         |                                 |                           |                       |
| 13    | 32                    | 10                    | 980              | 1200            | 1009            |                         |                                 |                           |                       |
| 14    | -4                    | -34                   | 975              | 1020            | 1000            |                         |                                 |                           |                       |
| 15    | 6                     | 12                    | 1000             | 450             | 780             |                         |                                 |                           |                       |

2. За отриманими результатами визначити:

- відхилення наземного тиску  $\Delta П_1$  в мм рт. ст. та в мб на рівні СП батареї, яка знаходиться на висоті  $h_1$ ;

- як зміниться баричний ступінь, якщо через 2 години температура в районі метеостанції при тиску  $П_2$  змінилася до  $t_3$ ;

- знаючи наземне значення атмосферного тиску  $П_1$  в районі СП, визначити таку температуру  $t_4$ , при якій баричний ступінь в районі СП буде мати таке ж значення, як і за табличних значень тиску і температури.

**Задача 4**

Розшифрувати метеорологічний бюлетень «Метео-11».

**Метео**–1108 – 19174 – 0180 – 00586 – 0214 – 842704 – 0413 – 812805 – 0811 – 772906 – 1210 – 753107 – 1609 – 743307 – 2009 – 733607 – 2408 – 733806 – 3008 – 724205 – 4008 – 744605 – 5008 – 754906 – 6007 – 754807 – 8006 – 754809 – 1005 – 744909 – 12 – 745311 – 14 – 745412 – 18 – 745413 – 22 – 745313 – 26 – 735213 – 30 – 735213 – 2626.

**Розв'язання**

Дата зондування:

Час закінчення зондування:

Висота метеостанції:





Висота зондування:

Наземні значення:  $t_v =$

$P =$

| У, км | $\Delta\rho, \%$ | $\Delta t_v, ^\circ\text{C}$ | $\alpha_w,$<br>поділ. кут | W, м/с |
|-------|------------------|------------------------------|---------------------------|--------|
| 200   |                  |                              |                           |        |
| 400   |                  |                              |                           |        |
| 800   |                  |                              |                           |        |
| 1200  |                  |                              |                           |        |
| 1600  |                  |                              |                           |        |
| 2000  |                  |                              |                           |        |
| 2400  |                  |                              |                           |        |
| 3000  |                  |                              |                           |        |
| 4000  |                  |                              |                           |        |
| 5000  |                  |                              |                           |        |
| 6000  |                  |                              |                           |        |
| 8000  |                  |                              |                           |        |
| 10000 |                  |                              |                           |        |
| 12000 |                  |                              |                           |        |
| 14000 |                  |                              |                           |        |
| 18000 |                  |                              |                           |        |
| 22000 |                  |                              |                           |        |
| 26000 |                  |                              |                           |        |
| 30000 |                  |                              |                           |        |

**Додаток Д**  
**(обов'язковий)**  
**Характеристика баричної тенденції**

| <b>Характеристика</b>     | <b>Умовне позначення</b>  |
|---------------------------|---|
| Зростання, потім спад     |  |
| Зростання, потім без змін |  |
| Нерівномірне зростання    |  |
| Рівномірне зростання      |  |
| Хід без змін              |  |
| Без змін, потім зростання |  |
| Спад, потім зростання     |  |
| Спад, потім без змін      |  |
| Нерівномірний спад        |  |
| Рівномірний спад          |  |
| Без змін, потім спад      |  |



**Додаток Е**  
**(обов'язковий)**

**Основні тактико-технічні характеристики РПК 1Б44**

| Характеристика   | Значення                          |
|--|-----------------------------------|
| 1. Висота зондування, км:<br>- у радіопеленгаційному режимі;<br>- у радіолокаційному режимі з МРЗ-3 (МРЗ-4)  | 30<br>40 (30)                     |
| 2. Дальність автоматичного супроводження радіозонда, км:<br>- у радіопеленгаційному режимі;<br>- у радіолокаційному режимі з МРЗ-3 (МРЗ-4)   | 150<br>200 (150)                  |
| 3. Середньоквадратичні помилки визначення:<br>- похилої дальності, м;<br>- кутових координат, поділ. кут.  | не $\geq$ 75<br>не $\geq$ 0-03    |
| 4. Помилки визначення:<br>- середньої температури, °С;<br>- швидкості середнього вітру, м/с;<br>- напрямку середнього вітру, поділ. кут.;<br>- атмосферного тиску, мб;<br>- відносної вологості, % | 0,7<br>0,7<br>0-30<br>2<br>5      |
| 5. Обслуга, осіб   | 5                                 |
| 6. Час розгортання з устанавленням палатки, хв   | 20                                |
| 7. Кількість транспортних одиниць, шт. (авто/причіп)   | 2/1                               |
| 8. Час готовності бюлетеня при зондуванні до висоти 30 км з маршру, год  | до 2,5-3                          |
| 9. Час готовності наступних бюлетенів, год   | до 1,5-2                          |
| 10. Швидкість руху, км/год:<br>- дорогами з твердим покриттям;<br>- ґрунтовими дорогами;<br>- в умовах бездоріжжя  | до 75<br>до 50<br>до 20           |
| 11. Експлуатація можлива при:<br>- температурі, °С;<br>- відносній вологості, %;<br>- висоті розміщення станції над рівнем моря, м;<br>- наземному вітрі, м/с                                      | -45–+40<br>98<br>до 3000<br>до 25 |

Для нотаток

Навчальне видання

**Трофименко** Павло Євгенович,  
**Сай** Валерій Миколайович,  
**Овчінніков** Володимир Олександрович,  
**Новак** Дмитро Анатолійович

## **Метеорологічна підготовка пусків ракет і реактивних снарядів**

Навчальний посібник

Художнє оформлення обкладинки В. М. Сая  
Редактор Т. Г. Чернишова  
Комп'ютерне верстання: В. М. Сая та П. Є. Трофименка

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 10,0. Обл.-вид. арк. 7,93. Тираж 300 пр. Зам. №

Видавець і виготовлювач  
Сумський державний університет,  
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №3062 від 17.12.2007.

