

**МЕХАНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**Кафедра якості, стандартизації, сертифікації  
та технології виготовлення матеріалів**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

**до практичних занять з дисципліни**

***“МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ”***

**Харків – 2015**

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технології виготовлення матеріалів 16 лютого 2015 р., протокол № 15.

Рекомендуються для магістрів спеціальності „Якість, стандартизація та сертифікація”.

Укладачі:

проф. Л.А. Тимофєєва,  
доц. Г.Л. Комарова

Рецензент

проф. Е.С. Геворкян

## МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з дисципліни

*“МЕТРОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ  
ЯКОСТІ ПРОДУКЦІЇ”*

Відповідальний за випуск Комарова Г.Л.

Редактор Буранова Н.В.

---

Підписано до друку 30.03.15 р.

Формат паперу 60x84 1/16. Папір писальний.

Умовн.-друк.арк. 1,00. Тираж 25. Замовлення №

Видавець та виготовлювач Українська державна академія залізничного транспорту,

61050, Харків-50, майдан Фейєрбаха, 7.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 2874 від 12.06.2007 р.

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО  
ТРАНСПОРТУ**

**Кафедра якості, стандартизації, сертифікації та технології  
виготовлення матеріалів**

**Методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни  
„Метрологічне забезпечення якості продукції”**

для магістрів спеціальності  
„Якість, стандартизація та сертифікація”

**Харків 2015**

Методичні вказівки до виконання практичних занять з курсу „Метрологічне забезпечення якості продукції” розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри якості, стандартизації, сертифікації та технології виготовлення матеріалів 16 лютого 2015 р., протокол № 15.

Рекомендуються для магістрів спеціальності „Якість, стандартизація та сертифікація”.

Укладачі:

проф. Л.А.Тимофєєва,  
доц. Г.Л. Комарова

Рецензент  
проф. Е.С. Геворкян

## **ВСТУП**

Метою практичних занять є вивчення методів та принципів забезпечення точності засобів вимірювань, що забезпечують потрібні експлуатаційні та споживчі характеристики продукції та послуг на залізничному транспорті.

Після закінчення практичного курсу дисципліни студенти повинні знати принципи організації метрологічного забезпечення якості продукції та послуг на залізничному транспорті, характеристики точності, що нормуються, засоби вимірювань та випробувань. А також уміти використовувати отримані знання при розробленні технічної документації; отримувати точність, яка забезпечує високу якість продукції та послуг; вільно володіти методикою розрахунку та аналізу точності отриманих результатів вимірювань; розробляти і брати участь у реалізації заходів щодо підвищення ефективності метрологічного забезпечення якості продукції та послуг; аналізувати причини браку і випуску продукції низької якості, розробляти заходи щодо їхнього попередження; розробляти заходи з підвищення якості продукції та послуг; використовувати методи теорії імовірності і математичної статистики при метрологічному забезпеченні якості продукції та послуг.

## **ЗАНЯТТЯ 1**

**Тема: Математичні основи параметричної стандартизації**

### **Мета заняття**

Повторити основні поняття стандартизації, ознайомитися з математичними основами параметричної стандартизації та з формами подання результатів вимірювань.

### **Частина 1**

(2 години)

Різноманітність типів, розмірів, параметрів виробів регламентується параметричними стандартами. Це є застосування на практиці принципу переважності – сутність

параметричної стандартизації полягає в тому, що параметри виробів установлюються відповідно до **рядів переважних чисел**.

Переважні числа будуються відповідно до математичних закономірностей. Найбільш простий випадок – побудова на основі арифметичної прогресії.

**Арифметичний ряд** характеризується тим, що у ньому різниця між будь-якими сусідніми числами завжди постійна:

$$N_n - N_{n-1} = d = \text{const}, \quad (1.1)$$

де  $d$  – різниця між двома числами ряду, наприклад: 1,2,3,4, ( $d=1$ ).

*Перевагою* арифметичних рядів є простота їх будови, при застосуванні арифметичних рядів не треба округлювати числа. Але в арифметичних рядів є й суттєвий *недолік*, який обмежує їх застосування у стандартизації. Це їх відносна нерівномірність – відносна різниця між членами ряду при зростанні ряду різко зменшується. Іншими словами постійна різниця для маленьких членів ряду має велике значення, а для великих – ні.

Щоб уникнути цього недоліку, стали застосовувати ступінчато-арифметичні ряди.

**Ступінчато-арифметичний ряд** – ряд, в якому різниця між сусідніми членами ряду постійна у межах призначеного інтервалу, а між інтервалами змінюється стрибком:

$$\text{наприклад, } \underbrace{1,0;1,1;1,2}_{d=0.1}; \underbrace{1,2;1,4;1,6;1,8;2,0}_{d=0.2}; \underbrace{2,0;2,5;3,0}_{d=0.5} .$$

Ступінчато-арифметичні ряди дають можливість частково, але не повністю уникнути недоліків арифметичної прогресії. Їх застосовують для побудови переважних рядів для деталей кріплення (болтів, гайок, скоб; наведений у прикладі ряд – це ряд стандартних діаметрів різьб).

Більш зручними у використанні показали себе ряди, які будуються на основі геометричної прогресії.

**Геометричні ряди**, побудовані на основі геометричної прогресії, характеризуються тим, що відносна різниця між сусідніми членами ряду завжди постійна.

Геометричний ряд будується за виразом:

$$N_i = q^i, \quad (1.2)$$

де  $N_i$  –  $i$ -й член прогресії;  $i$  – порядковий номер члена прогресії,  $q$  – знаменник прогресії.

Геометричний ряд має три важливі властивості:

- відношення двох сусідніх членів ряду постійне і дорівнює знаменнику прогресії:

$$q = N_n / N_{n-1}; \quad (1.3)$$

- добуток або частка будь-яких членів ряду є членом ряду

$$N_n N_m = N_{n+m} \quad N_n / N_m = N_{n-m}; \quad (1.4)$$

- ціла додатна або від'ємна степінь будь-якого члена ряду є членом ряду

$$N_n^m = N_{nm}. \quad (1.5)$$

Виходячи зі сказаного, для вибору побудови геометричного ряду необхідно обрати такий знаменник прогресії, який надасть змогу зручно користуватись переважними числами.

Це зробив французький військовий інженер Шарль Ренар. Обраний ним знаменник прогресії дав можливість включити до переважних чисел одиницю, тому ряд будується на основі десятинного інтервалу, що використовується нами як система лічення, що є дуже зручним при проведенні розрахунків. Ряди переважних чисел, побудовані на основі цього знаменника, мають назву **ряди Ренара**.

Відповідно до рекомендацій Міжнародної організації стандартів (ISO) та Міжнародної електротехнічної комісії (МЕК) ряди переважних чисел будуються на основі знаменників прогресії:

$$q = \sqrt[10]{10},$$

де  $R=5;10;20;40;80;160$ , при цьому останні два не рекомендовані до використання.

$$q = \sqrt[E]{10},$$

де  $E=3;6;12;24$ .

Побудуємо самостійно ряд переважних чисел при  $R=5$ . Вважаємо нульовим членом ряду одиницю:  $N_i = q^i$ ;  $q = 1,6$

$$\begin{aligned} N_1 &= 1 \cdot 1,6 = 1,6; \\ N_2 &= 1,6 \cdot 1,6 \approx 2,5; \\ N_3 &= 1,6^3 \approx 4,0; \\ N_4 &= 1,6^4 \approx 6,3; \\ N_5 &= \sqrt[5]{10} = 10. \end{aligned}$$

Після округлення отримаємо ряд переважних чисел, який позначається як  $R_5$ . Таким чином будуються інші ряди  $R$ , які можна побачити у таблиці (додаток А). Усі ряди в таблиці являють собою десятинні інтервали з округленими членами.

Кожний наступний ряд включає в себе попередній –  $R_5 \in R_{10} \in R_{20} \dots$ , що дає зручність у використанні принципу переважності – при розробленні стандартів перевагу віддають ряду  $R_{40}$ , коли це неможливо – ряду  $R_{10}$ , який включає в себе ряд  $R_5$  і так далі.

Ряди  $R$  – безкінечні, але для використання їх на практиці не потрібно мати великі таблиці або проводити кожного разу розрахунки членів ряду. Для користування достатньо одного десятинного інтервалу ряду.

Десятинний інтервал – це інтервал переважних чисел, які задовольняють нерівність:  $1 < a \leq 10$  (1), де  $a$  – переважні числа десятинного інтервалу.

Одиниця – не член цього інтервалу, а кінець попереднього десятинного  $0,1 < a \leq 1$ , тому у десятинному інтервалі (1) одиниця має нульовий порядковий номер.

Для переходу в інший десятинний інтервал треба помножити числа інтервалу на  $10^k$ , де  $k$  – ціле число, яке визначає віддалення десятинного інтервалу від заданого ( $k=0$ ):



наприклад,  $k=1 \rightarrow 10 < a \leq 100$ ;  
 $k=-1 \rightarrow 0,1 < a \leq 1$ .

В таблиці (додаток А) кожне переважне число має порядковий номер, що полегшує стандартизаторам розрахунки взаємозв'язаних показників стандартів.

Неважко примітити, що номер числа (N) – це логарифм переважного числа **a** по основі, яке дорівнює знаменнику прогресії

$$N = \log_q a. \quad (1.6)$$

Користуючись властивостями логарифмів, замість множення та ділення самих чисел, проводять додавання та віднімання їх номерів.

Наприклад:

Ряд R 5: 1,6 x 2,5 = 4,0 ↓   ↓   ↑ N1 +N2= N3	Ряд R 40: 2 <sup>3</sup> = 8,0 ↓   ↑ N12x3=N36
$(\log_{1,6} 1,6 + \log_{1,6} 2,5 = \log_{1,6} 1,6 \times 2,5). \quad (\log_{1,06} 2 \times 3 = \log_{1,06} 2^3).$	

В окремих випадках немає необхідності використовувати всі члени ряду. При цьому застосовують так звані похідні ряди.

**Похідні ряди** – це ряди, які отримують із основних шляхом відбору і-го числа ряду (кожного другого, третього), а також обов'язково доданням якого-небудь члена та обмеженням ряду з якого-небудь боку.

Наприклад:

- ряд R5/2 – будується на основі ряду R5 відбором кожного другого члена;
- ряд R10 (1; ... 100) – будується на основі ряду R10, обмежуючи його члени від 1 до 100;
- ряд R20/3 (... , 10, ...) – будується на основі ряду R20 з обов'язковим включенням у ряд члена (10).

Також дозволяється комбінувати ці вимоги.

Переважні числа є округлені у порівнянні з розрахованими. Але на практиці в окремих випадках необхідно додаткове округлення переважних чисел (наприклад, шестірня не може мати 31,5 зуба).

Ряди R застосовують в усіх галузях промисловості, наприклад: ГОСТ 23366 – 78 встановлює ряд номінальних напруг постійного та перемінного струму, який побудований на основі ряду R 20.

Усі ці правила та вимоги справедливі і для рядів E.

У радіоелектроніці розповсюджені ряди E, на основі яких вибирають номінали опору резисторів, ємність конденсаторів, наприклад ГОСТ 2825-67 “Резисторы постоянные. Ряды номинальных сопротивлений” побудований на основі ряду E 12.

### **Задача 1**

Визначити порядковий номер переважного числа 9500 та 0,00355.

#### **Розв’язання**

Представимо числа як добуток переважного числа зі стандартного десятинного інтервалу та  $10^n$ .

$$9500 = 9,5 \cdot 10^2; \quad 0,00355 = 3,55 \cdot 10^{-3}.$$

Числу 10 відповідає № 40, за таблицею рядів R (додаток А, ряд R40) знаходимо порядкові номери першого множника і згідно із властивостями логарифмів проводимо з порядковими номерами арифметичні дії – порядковий номер добутку переважних чисел відповідає сумі порядкових номерів множників.

У переважного числа 9,5 – порядковий № 39;  $10^2 \rightarrow$  №  $40 \cdot 2 = 80$ , виходячи з цього отримуємо: №  $39 + № 40 \cdot 2 = 119$ .

Аналогічно знаходимо порядковий номер числа 0,00355:

$$№ 22 + № 40 \cdot (-3) = № (-98).$$

Порядковий номер числа 9500 є № 109, а числа 0,00355 – № (-98).

## Задача 2

Визначити переважне число, порядковий номер якого 126 та -73.

### Розв'язання

Представимо порядковий номер переважного числа як суму кратного 40 та залишку.

$$\text{№}126 = 120 + 6 = 40 \cdot 3 + 6; \quad \text{№} -73 = 7 - 80 = 7 - 40 \cdot 2.$$

Порядковий номер 40 відповідає переважному числу 10, а помноження порядкового номера числа – еквівалентно піднесенню самого числа до степеня. Залишок – це порядковий номер переважного числа, номер якого ми знаємо і який перебуває у стандартному десятинному інтервалі.

$$\text{№} 6 + \text{№} 40 \cdot 3;$$

$$\begin{array}{c} \downarrow \quad \downarrow \\ 1,4 \cdot 10^3 = 1400. \end{array}$$

$$\text{№} 7 - \text{№} 40 \cdot 2$$

$$\begin{array}{c} \downarrow \quad \downarrow \\ 1,5 \cdot 10^{-2} = 0,015. \end{array}$$

Порядковому номеру 126 відповідає число 1400, а №-73 – число 0,015.

## Частина 2

(2 години)

### Форма подання результатів вимірювань

Результат вимірювання – це чисельне значення, яке присвоєно вимірюваній величині. Результат вимірювання можна подати у вигляді значення величини та показників точності. Як показники точності встановлені:

- межі, в яких із заданою ймовірністю знаходиться сумарна похибка вимірювання;
- оцінка середньоквадратичного відхилення похибки вимірювання.

Для подання результату вимірювання встановлені чотири форми:

1 За допомогою інтервалу, в якому із заданою ймовірністю знаходиться сумарна похибка вимірювання:

**A;  $\Delta$  від  $\Delta_{\text{нижні}}$  до  $\Delta_{\text{верхні}}$ , P,**

де A – результат вимірювання в одиницях вимірювання величини; P – установлена ймовірність;  $\Delta$  – похибка вимірювань.

2 При вираженні точності вимірювань інтервалом, в якому зі встановленою ймовірністю знаходиться похибка вимірювань стандартної апроксимації функції розподілення та її середнім квадратичним відхиленням, результат надається у вигляді:

**A;  $\Delta_c$  від  $\Delta_{\text{сн}}$  до  $\Delta_{\text{св}}$ ; P  $f_{\Delta}^{\text{CT}}(\xi), \sigma(\Delta^{\circ})$ .**

Наприклад: U=120 В,  $\Delta_c=-2$  до 2 В, P=0,99 для рівномірного закону розподілення  $\sigma(\Delta^{\circ})=0,5$ .

3 При вираженні точності стандартними апроксимаціями функцій розподілення систематичної та випадкової похибок та їх середнім квадратичним відхиленням результат вимірювання записується у вигляді:

**A;  $f_{\Delta_c}^{\text{CT}}(\xi), \sigma(\Delta_c)$ ;  $f_{\Delta}^{\text{CT}}(\xi), \sigma(\Delta)$ .**

Наприклад: U=120 В, для рівномірного закону розподілення  $\sigma(\Delta_c)=0,5$  В; для гаусовського  $\sigma(\Delta)=0,2$  В.

4 При вираженні точності вимірювань функціями розподілення систематичної та випадкової складових похибки результат записується у вигляді:

**A;  $f_{\Delta_c}(\xi)$ ;  $f_{\Delta}^{\text{CT}}(\xi)$ .**

Наприклад: U=120 В,  $f_{\Delta_c}(\xi)=1/5$  1/В, при  $1 \text{ В} < \xi < 2 \text{ В}$ ;  $f_{\Delta_c}(\xi)=0$  при  $\xi > 2 \text{ В}$  та  $\xi < 1 \text{ В}$ .

### **Задачі**

1 Знайти переважне число ряду R 40, яке дорівнює добутку двох переважних чисел  $m \times n$ .

Варіант	1	2	3	4	5
m	1,32	1,70	4,75	6,30	4,75

n	1,60	2,24	6,0	2,0	5,60
---	------	------	-----	-----	------

2 Знайти переважне число ряду R 40, яке дорівнює частці двох переважних чисел m/n:

Варіант	1	2	3	4	5
m	2,24	5,60	3,00	1,80	3,15
n	1,8	3,55	5,00	3,00	5,00

3 Побудувати ряди переважних чисел:

R 10 (1.25;...)

R 20 (45;...250)

R 5(...;2.0;...) у межах одного десятинного інтервалу.

### Завдання до самостійної роботи

Варіант 1

1 Сутність принципу системності.

2 Побудувати арифметичний ряд переважних чисел з  $d=2.5$ ,  $N_0=1$ .

Варіант 2

1 Сутність принципу прогресивності та оптимізації стандартів.

2 Побудувати ступінчато-арифметичний ряд переважних чисел з  $d_1=1$ ,  $d_2=2.5$ ,  $d_3=4$ ,  $N_0=1$ , кількість чисел в інтервалі дорівнює 5.

Варіант 3

1 Сутність принципу забезпечення функціональної залежності стандартизованих виробів.

2 Побудувати ступінчато-арифметичний ряд переважних чисел з  $d_1=6$ ,  $d_2=18$ ,  $d_3=24$ ,  $N_0=1$ , кількість чисел в інтервалі дорівнює 4.

Варіант 4

1 Сутність принципу взаємної ув'язки стандартів.

2 Побудувати геометричний ряд переважних чисел з  $q_r=2$ ,  $N_0=2$  до 7-го члена ряду.

### Варіант 5

1 Сутність принципу науково-дослідницької розробки стандартів.

2 Побудувати геометричний ряд переважних чисел з  $q_r=3$ ,  $N_0=3$  до 7-го члена ряду.

### Варіант 6

1 Сутність принципу мінімального питомого витрачання матеріалів.

2 Побудувати ряд R 20 (10,...,20).

### Варіант 7

1 Сутність принципу системності.

2 Побудувати ряд E 12 (10,...,20).

### Варіант 8

1 Сутність принципу системності.

2 Побудувати ряд R 5 (0.1,...,1.0).

### Варіант 9

1.Сутність принципу системності.

2.Побудувати ряд E 24/3 (1.0,...,10).

## **ЗАНЯТТЯ 2**

### **Мета заняття**

Засвоїти основні поняття щодо одиниць фізичних величин (ФВ), навчитись правильно користуватися одиницями ФВ та системами ФВ.

### **Частина 1**

(2 години)

### **Основні та додаткові одиниці фізичних величин**

Як відомо, метрологія – це наука про вимірювання. Для усвідомлення поняття та сутності вимірювання необхідно визначитися з тим, що будемо вимірювати, – об'єктом вимірювання.

Усі об'єкти навколишнього середовища – фізичні тіла, їх системи, процеси, що в них відбуваються, мають різноманітні властивості. Якісно однакові властивості можуть відрізнятися між собою кількісними характеристиками. Звідси впливає визначення фізичної величини.

При вимірюванні та розрахунках користуються багатьма різноманітними одиницями фізичних величин.

У природі всі ФВ зв'язані між собою залежностями, які виражають одні величини через інші. Вони називаються рівняннями зв'язку між величинами.

Щодо сукупності зв'язаних між собою такими залежностями величин, то серед них одні вважаються незалежними, а інші, що виражаються через них, називають системою величин.

**Система величин** – це сукупність залежних величин, серед яких одні вважаються незалежними, а інші виражаються через них. Незалежні величини називаються **основними**, а всі інші – **похідними**. Одиниці основних величин називаються **основними одиницями**, а похідних – **похідними одиницями**.

У побудові систем вибір основних величин і їх розмірів теоретично довільний, але він продиктований певними вимогами практики:

- кількість основних величин має бути невеликою;
- за основні мають бути вибрані величини, одиниці яких легко відтворити з високою точністю;
- розміри основних одиниць мають бути такими, щоб на практиці значення всіх величин не виражалися ні надто малими, ні надто великими числами;
- похідні одиниці мають бути когерентними, тобто входити в рівняння, що пов'язують їх з іншими одиницями системи.

Наприклад, у випадку механічних величин на підставі другого закону Ньютона

$$F=ma=m(dv/dt)=m(d^2 l/dt^2) \quad (2.1)$$

існує залежність між величинами: сили (F), маси (M), довжини (L) та часу (T). Щоб однозначно визначити всі величини,

достатньо трьох, які можна вважати основними. Тому можна утворити чотири системи:

FML – одиниця часу похідна – (T);

FMT – одиниця довжини похідна – (L);

LFT – одиниця маси похідна – (M);

LMT – одиниця сили похідна – (F).

Системи LMF та FMT не застосовуються на практиці.

Система LFT застосувалася в техніці. Основними одиницями її були метр, кілограм-сила, секунда (ця система мала назву МКГСС).

Система LMT дуже широко використовувалася у фізиці (основними одиницями системи були сантиметр, грам, секунда СГС), техніці (основні одиниці – метр, кілограм, секунда – МКС), теплотехніці (основні одиниці системи СГС та додання одиниці температури – градуса Цельсія) та в інших галузях. Широке використання цієї системи пов'язано з тим, що розмір маси, як і довжини і часу, на відміну від сили, не залежить від положення на земній кулі, а одиниці цієї системи легко відтворити з високою точністю.

Основні величини системи LMT, запропонованої К.Ф. Гаусом у 1832 році, відображають найзагальніші властивості матерії: масу і основні форми існування, тобто час і простір. Основними одиницями системи Гауса були міліметр, міліграм і секунда, що незручно на практиці. Після системи Гауса існували системи СГС (три її різновиди: електростатика СГСЕ, електромагнітна СГСМ та симетрична СГС).

У 1901 році італійський інженер Джорджі запропонував систему МКС з основними одиницями метр-кілограм, секунда і показав, що на її основі можна побудувати когерентну систему механічних та електричних одиниць, якщо за четверту взяти одну з існуючих практичних електричних одиниць. На той час існували такі практичні електричні одиниці, як: ом, вольт, ампер, фарада, джоуль, ват і генрі. Було обрано ампер і створена когерентна практична система електромагнітних одиниць МКСА, а разом – система теплових одиниць МКСК, де четвертою одиницею обрано кельвін, та система світлових одиниць МСК – метр, секунда, кандела. Всі ці системи когерентні, і на їх основі



побудована Міжнародна система одиниць (СІ, система інтернаціональна).

Ця система була прийнята у 1960 році XI Генеральною конференцією з мір і ваг.

Розглянемо основні одиниці СІ. Основних одиниць прийнято сім: це метр, кілограм, секунда, ампер, кельвін, кандела й моль (таблиця 2.1).

Сьома одиниця – кількість речовини – була прийнята пізніше інших через складнощі з визначенням величини – або кількістю структурних одиниць у якій-небудь масі або об'ємі.

Фізично ці одиниці визначаються:

**Метр** – дорівнює довжині шляху, який проходить у вакуумі світло за  $1/299\,792\,458$  частину секунди.

Початково метр було прийнято як  $1/40\,000\,000$  частина Паризького меридіана, де і виникла метрична система мір.

**Кілограм** – дорівнює масі міжнародного прототипу кілограма.

Початково кілограм був визначений як маса  $1\text{ дм}^3$  води при  $t = 4^\circ\text{C}$ .

**Секунда** дорівнює  $9192631770$  періодам випромінювання, що відповідає переходу між двома надтонкими рівнями основного стану атома цезію – 133.

**Ампер** є сила незмінного струму, який під час проходження по двох безмежно довгих паралельно прямолінійних провідниках малого кругового перерізу, розташованих на відстані  $1\text{ м}$  один від одного у вакуумі, викликав би на кожній ділянці провідника довжиною  $1\text{ м}$  силу взаємодії  $2 \cdot 10^{-7}\text{ Н}$ .

**Кельвін** дорівнює  $1/273,16$  частини термодинамічної температури потрійної точки води.

**Моль** дорівнює кількості речовини системи, яка містить стільки ж структурних елементів, скільки міститься у вуглеці, –  $12$  масою  $0,012\text{ кг}$ .

**Кандела** дорівнює силі світла джерела у заданому напрямку від джерела, що випромінює монохромне випромінювання частотою  $540 \cdot 10^{12}\text{ Гц}$ , енергетична сила світла якого в цьому напрямку становить  $1/683\text{ Вт / ср}$ .

Таблиця 2.1 – Основні одиниці фізичних величин

№ з\п	Величина (ФВ)	Назва одиниці (ОФВ)	Позначення	Розмірність
1	Довжина	метр	м	L
2	Маса	килограм	кг	M
3	Час	секунда	с	T
4	Сила електричного струму	ампер	A	I
5	Термодинамічна температура	кельвін	K	°
6	Кількість речовини	моль	моль	N
7	Сила світла	кандела	кд	J

Також були введені в СІ додаткові одиниці – це одиниці, які не належать ні до основних (таблиця 2.2), ні до похідних одиниць (таблиця 2.3).

Додаткових величин дві – площинний кут та тілесний кут. Тілесний кут – це кут у вигляді конуса.

Таблиця 2.2 – Додаткові одиниці фізичних величин

№ п\п	Величина	Назва одиниці	Позначення	Розмірність
1	Площинний кут	радіан	рад	немає
2	Тілесний кут	стерадіан	ср	немає

Таблиця 2.3 – Похідні одиниці фізичних величин, які мають спеціальну назву

№ з\п	Величина	Назва одиниці	Позначення	Співвідношення з одиницями СІ
1	2	3	4	5
1	Частота	герц	Гц	1 Гц = 1 с <sup>-1</sup>
2	Сила, вага	ньютон	Н	1 Н = 1 кг·м/с <sup>2</sup>
3	Тиск, механічне напруження	паскаль	Па	1 Па = 1 Н/м <sup>2</sup>

4	Енергія, робота, кількість теплоти	джоуль	Дж	$1 \text{ Дж} = 1 \text{ Н} \cdot \text{м}$
---	---------------------------------------	--------	----	---

Продовження таблиці 2.3

1	2	3	4	5
5	Потужність	ватт	Вт	$1 \text{ Вт} = 1 \text{ Дж/с}$
6	Кількість електричества	кулон	Кл	$1 \text{ Кл} = 1 \text{ А} \cdot \text{с}$
7	Електрична напруга, потенціал, електрорушійна сила	вольт	В	$1 \text{ В} = 1 \text{ Вт/А}$
8	Електрична ємність	фарад	Ф	$1 \text{ Ф} = 1 \text{ Кл/В}$
9	Електричний опір	ом	Ом	$1 \text{ Ом} = 1 \text{ В/А}$
10	Поток магнітної індукції	вебер	Вб	$1 \text{ Вб} = 1 \text{ В} \cdot \text{с}$
11	Магнітна індукція	тесла	Тл	$1 \text{ Тл} = 1 \text{ Вб/м}^2$
12	Індуктивність	генрі	Гн	$1 \text{ Гн} = 1 \text{ Вб/м}$
13	Світовий потік	люмен	лм	$1 \text{ лм} = 1 \text{ кд} \cdot \text{ср}$
14	Освітленість	люкс	лк	$1 \text{ лк} = 1 \text{ лм/м}^2$

### Кратні та часткові одиниці фізичних величин

Однією з великих переваг метричної системи над іншими (англійська система мір, старослов'янська система мір) було десятичне підрозділяння одиниць, яке відповідало прийнятій системі лічення і мало єдиний спосіб утворення найменування (за допомогою додавання префіксів). Це дало змогу уникнути складних перетворювань одних одиниць в інші та усунуло різноманітність у назвах. Залежно від виду розрізняють **КРАТНІ** та **ЧАСТКОВІ** одиниці фізичних величин (таблиця 2.4).

**КРАТНІ** одиниці фізичних величин – це одиниці фізичних величин, які в цілу кількість разів перевищують одиницю фізичної величини.

**ЧАСТКОВІ** одиниці фізичних величин – це одиниці фізичних величин, значення яких у цілу кількість разів менші за одиницю фізичної величини.

Таблиця 2.4

КРАТНІ			ЧАСТКОВІ		
$10^{18}$	екса	Е	$10^{-1}$	деци	д
$10^{15}$	пета	П	$10^{-2}$	санти	с
$10^{12}$	тера	Т	$10^{-3}$	мілі	м
$10^9$	гіга	Г	$10^{-6}$	мікро	мк
$10^6$	мега	М	$10^{-9}$	нано	н
$10^3$	кіло	к	$10^{-12}$	піко	п
$10^2$	гекто	г	$10^{-15}$	фенто	ф
$10^1$	дека	да	$10^{-18}$	атто	а

Поруч із системними одиницями існують і позасистемні одиниці.

**ПОЗАСИСТЕМНІ** одиниці фізичних величин – це одиниці фізичних величин, які не входять у жодну із систем.

Розрізняють чотири види несистемних одиниць:

- 1) допустимі поруч з одиницями СІ (тонна, градус кута...);
- 2) допустимі у спеціальних галузях (парсек, діоптрія...);
- 3) тимчасово допустимі поруч з одиницями СІ (морська миля, карат...);
- 4) виключені із застосування (міліметр ртутного стовпа, кінська сила...).

До позасистемних одиниць належать також **відносні** (відсоток, %, проміле ‰, мільйонна частина,  $\text{млн}^{-1}$ ) та **логарифмічні** одиниці (бел – Б, децибел – дБ, октава – окт, декада – дек).

Логарифмічні одиниці визначаються із відношення двозначних величин, наприклад:

1 дБ = 0,1 Б =  $10 \lg (P_2/P_1)$  при  $P_2/P_1 = 10^{0,1} = 1,259$  у випадку відношень значень потужності;

1 окт =  $\log_2 (f_2 / f_1)$  при  $f_2 / f_1 = 2$ ;

1 дек =  $\lg (f_2 / f_1)$  при  $f_2 / f_1 = 10$ .

## Завдання до самостійної роботи

Вивчити правила написання та друку символів величин, назв і позначень одиниць (ДСТУ 3651.1-97). Навести приклади правильного та неправильного написання і друку символів величин, назв і позначень одиниць.

### Частина 2

(2 години)

### Правила застосування одиниць фізичних величин Розмірність одиниць фізичних величин

Розмірністю одиниць фізичних величин (ОФВ) називають математичний вираз, який визначає зв'язок між основними та похідними ОФВ згідно з ДСТУ 3651.0-97.

Розмірність будь-якої фізичної величини визначається добутком:

$$\dim Q = L^a \cdot M^b \cdot T^c \cdot I^d \cdot Q^e \cdot N^f \cdot J^k, \quad (2.2)$$

де  $\dim Q$  – умовне позначення розмірності;

$L, M, T, \dots$  – узагальнені позначення основних одиниць фізичних величин без вказування їх розміру (що одночасно є розмірністю основних фізичних величин);

$a, b, c, \dots$  – показники розмірностей основних фізичних величин.

Показники розмірностей характеризують зміну похідної фізичної величини відносно основної – якщо основна фізична величина змінюється в  $n$  разів, а похідна в  $n^p$  разів, то  $p$ -показник розмірності похідної фізичної величини відносно основної.

### Утворення розмірностей

Розмірність похідних фізичних величин утворюють із визначального рівняння – найпростішого рівняння зв'язку між фізичними величинами. У визначальному рівнянні розмірності

перемножують, ділять та підносять до степеня за правилами алгебри.

Наприклад:

Визначальне рівняння прискорення:

$$a = \frac{d^2 l}{dt^2}; \rightarrow \dim a = \frac{L}{T^2} = LT^{-1},$$

Якщо похідна одиниця не залежить від будь-якої основної фізичної величини, то показники розмірностей за цією фізичною величиною дорівнюють 0.

Безрозмірні фізичні величини мають розмірність, що дорівнює 1. Такі фізичні величини є числами (наприклад ККД).

Приклади:

1 Записати розмірність площини квадрата:

$$[S_{\text{кв}}]=[l^2]=L^2 M^0 T^0 I^0 Q^0 N^0 J^0 = L^2.$$

2 Записати розмірність площини кола:

$$[S_{\text{кол}}]=[(\pi/4)l^2]=L^2 M^0 T^0 I^0 Q^0 N^0 J^0 = L^2,$$

де  $\pi/4$  – є постійний коефіцієнт, незалежний від розміру основних одиниць.

Розмірність будь-якої геометричної фігури не залежить від її форми і дорівнює:  $[S]=L^2$ .

## **Розв'язання задач**

### **Задача 1**

Визначити розмірність швидкості з формули рівномірного руху.

**Розв'язання:**

$$[v]=[l]/[t]=LT^{-1}.$$

### **Задача 2**

Визначити розмірність прискорення з формули рівноприскореного руху:

### Розв'язання:

$$[a]=[v_2 - v_1]/[t]=LT^{-1}/T=LT^{-2}.$$

### Задача 3

Визначити розмірність кінетичної енергії:

Розв'язання:

$$[W]=[m][v^2]/2=M(LT^{-1})^2=L^2MT^{-2}.$$

### Переведення розмірностей при різному виборі основних одиниць

Іноді для розв'язання практичних задач потрібно перевести одиниці із однієї системи в іншу (наприклад, отримані або знайдені в довіднику дані в системі МКГСС потрібно перевести в МКС). Це дає змогу зробити розмірність – неважливо в якій системі проведено вимірювання, знаючи розмірність та співвідношення одиниць, завжди можна перерахувати результат з однієї системи в іншу.

При переведенні розмірностей із системи в систему існують два випадки:

- коли розмірності фізичних величин у двох системах збігаються;
- коли розмірності фізичних величин у двох системах різні.

У першому випадку, якщо розміри основних одиниць фізичних величин різні, то відношення похідних одиниць визначається розмірністю, в яку слід підставити співвідношення відповідних основних одиниць фізичних величин.

У другому випадку для переведення фізичних величин із системи в систему слід замінити розмірність фізичної величини, яка в потрібній системі похідна, її розмірністю, вираженою в даній системі.

Наприклад:

Перевести розмірність роботи із системи LMT у LFT:

dim роботи в LMT:

$$[A]=L^2MT^{-2};$$

dim маси в LFT:

з розмірності сили:  $[F]=LMT^{-2}$ , звідки виражаємо розмірність маси:

$$[m]=L^{-1}FT^2.$$

Підставляючи розмірність маси в  $LFT$  у розмірність роботи в  $LMT$ , отримаємо:

$$[A]=L^2T^{-2} \cdot L^{-1}FT^2=LF,$$

що відповідає визначенню роботи як добутку сили та переміщення.

## **Розв'язання задач**

### **Задача 1**

З визначального рівняння тиску утворити розмірність в SI та МКГСС.

#### **Розв'язання:**

Визначальне рівняння:

$$P = \frac{F}{S},$$

де  $F$  – сила;  $S$  – площа.

Для утворення розмірностей у системі СІ необхідно знати визначальні рівняння сили та площі, тому що ці фізичні величини – похідні (або їх розмірності).

$$F = m \frac{d^2l}{dt^2}; \quad S = L^2,$$

звідки маємо:

$$\dim F = LMT^{-2}; \quad \dim S = L^2.$$

Утворимо розмірність тиску за правилами алгебри:

$$\dim P = \frac{LMT^{-2}}{L^2} = L^{-1}MT^{-2}.$$



У системі МКГСС основні фізичні величини – сила, довжина та час, які мають розмірності – довжина та час – як у системі СІ, а  $\dim F = F$ .

$$\dim P_{\text{МКГСС}} = \frac{F}{L^2} = L^{-2} F .$$

### Задача 2

У скільки разів зміниться розмірність одиниць потужності, яку вимірювали в системі «сантиметр, грам, секунда», якщо потрібно перейти в систему «міліметр, міліграм, мікросекунда»?

#### Розв’язання:

Визначимо розмірність потужності:

$$[N]=[A]/[T]=L^2 M T^{-2}/T=L^2 M T^{-3} .$$

Визначимо співвідношення одиниць виміру ФВ:

$$\text{см/мм}=10;$$

$$\text{г/мг}=10^3;$$

$$\text{с/мкс}=10^6;$$

підставимо в розмірність потужності отримані співвідношення:

$$[N]=\{(10)^2 10^3 / (10^6)^{-3} = 10^{-13} .$$

### Задача 3

Установити співвідношення між двома одиницями сили, які визначені на основі другого закону Ньютона при таких основних одиницях: “сантиметр, грам, секунда” та “фунт, фут, хвилина”. Співвідношення основних одиниць (додаток Б):

$$1 \text{ фунт} = 409,5 \text{ грама};$$

$$1 \text{ фут} = 30,48 \text{ сантиметра};$$

$$1 \text{ хвилина} = 60 \text{ секунд}.$$

#### Розв’язання:

На основі розмірності сили

$$[F]=L M T^{-2}$$

визначаємо співвідношення одиниць сили:

$$[F]=\{L_1/L_2 \cdot M_1/M_2 \cdot (T_1/T_2)^{-2}\}=(30.48 \cdot 409.5) / (60)^2=3.467,$$

де  $L_1 M_1 T_1$  – одиниці в системі “сантиметр, грам, секунда”;

$L_2 M_2 T_2$  – одиниці в системі “фут, фунт, хвилина”.

### Задача 4

Визначити розмірність потужності.

**Розв'язання:**

$$[N]=[A]/[t]=L^2MT^{-2}/T=L^2MT^{-3}.$$

**Задачі для самостійного розв'язання****Задача 1**

Встановити співвідношення між двома одиницями сили у системах СГС та фут, фунт, хвилина. Співвідношення основних одиниць систем подано у додатку Б).

**Задача 2**

Перевести одиницю потужності із системи: сантиметр, кілограм-сила, хвилина у систему: метр, кілограм, секунда.

**Задача 3**

Встановити співвідношення одиниць фізичної величини системи 1 в систему 2 (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5

№	Фізична величина	Система 1	Система 2
1	Сила	МКС	СІ
2	Момент сили ( $M=F \cdot L$ )	СІ	Фут, фунт, секунда
3	Прискорення	Фут, фунт, хвилина	СІ
4	Потенційна енергія ( $W=mgh$ )	мм, г, с	СГС
5	Робота ( $A=F \cdot L$ )	СІ	Морська миля, пуд, година

**Контрольні питання**

- 1 Дати визначення фізичної величини.
- 2 Дати визначення одиниці фізичної величини.
- 3 Дати визначення значення фізичної величини.
- 4 Дати визначення числового значення фізичної величини.
- 5 Дати визначення системи фізичних величин.
- 6 Навести приклади основної та похідної фізичних величин.
- 7 Навести приклад розмірної та безрозмірної фізичних величин.

8 Навести приклад символу та позначення фізичної величини.

9 Навести приклад однорідних фізичних величин.

10 Навести приклад кратних та часткових фізичних величин.

11 Що є символами фізичних величин, і як вони друкуються?

12 В яких випадках під символами пишеться похилий індекс, а в яких прямий?

13 В яких випадках у назвах одиниць фізичних величин вживають прикметник «на», коли «за», а коли назви сполучаються дефісом?

14 Яка назва одиниці написана згідно з ДСТУ 3651.1-97: нКл м<sup>2</sup>/К або Кл нм<sup>2</sup>/К?

15 Як правильно згідно з державними стандартами сказати «довжина п'яти погонних метрів»?

16 Як правильно згідно з державними стандартами сказати «об'єм газу десяти нормальних кубічних метрів»?

17 Як правильно згідно з державними стандартами сказати «маса 100 тон умовного палива»?

18 Як правильно згідно з державними стандартами сказати «частка 12 % масових»?

19 Як правильно згідно з державними стандартами сказати «частка 30 % об'ємних»?

20 Як правильно застосовувати під час написання та друку значення величин з граничними відхиленнями? Навести приклади:  $(100 \pm 1)$  кг; 50 г  $\pm 1$  г; від 100,0 до 100,1 г; 50 – 51 г; 49...51 г.

## Завдання до самостійної роботи

<b>Варіант 1</b>	<b>Варіант 2</b>
1 Що таке стандартизація? 2 Що таке допоміжний засіб вимірювання?	1 Що таке стандарт? 2 Що таке вимірювальний перетворювач?
<b>Варіант 3</b>	<b>Варіант 4</b>
1 У якому вигляді може бути стандарт? 2 Що таке вимірювальний прилад?	1 Що таке єдність вимірювань? 2 Які ви знаєте засоби вимірювань?
<b>Варіант 5</b>	<b>Варіант 6</b>
1 Що таке технічні умови? 2 Що називається вимірюванням?	1 Що таке фізична величина? 2 Що таке міра?
<b>Варіант 7</b>	<b>Варіант 8</b>
1 Що таке одиниця фізичної величини? 2 Що таке вимірювальна установка?	1 Що є об'єктом стандартизації? 2 Що таке міра?
<b>Варіант 9</b>	<b>Варіант 10</b>
1 Які розрізняють стандарти, і як вони позначаються? 2 Що таке фізична величина?	1 Що є об'єктами стандартизації? 2 Що називається вимірюванням?
<b>Варіант 11</b>	<b>Варіант 12</b>
1 Що таке стандартизація? 2 Що таке допоміжний засіб вимірювання?	1 Що таке стандарт? 2 Що таке вимірювальний перетворювач?
<b>Варіант 13</b>	<b>Варіант 14</b>
1 У якому вигляді може бути стандарт? 2 Що таке вимірювальний прилад?	1 Що таке єдність вимірювань? 2 Які ви знаєте засоби вимірювань?
<b>Варіант 15</b>	<b>Варіант 16</b>
1 Що таке технічні умови? 2 Що називається вимірюванням?	1 Що таке фізична величина? 2 Що таке міра?
<b>Варіант 19</b>	<b>Варіант 20</b>
1 Які розрізняють стандарти, і як вони позначаються? 2 Що таке фізична величина?	1 Що є об'єктами стандартизації? 2 Що називається вимірюванням?

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Закон України “Про метрологію та метрологічну діяльність” від 11.02.1998 р. № 113/98.
- 2 Володарський Є.Т., Кухарчук В.В., Поджаренко В.О., Сердюк Г.Б. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю: Навч. посібник. – Вінниця: Велес, 2001. – 220 с.
- 3 ДСТУ 2681-94. Метрологія. Термины и определения. – К.: Госстандарт Украины, 1994. – 68 с.
- 4 ДСТУ 3651.0-97. Метрологія. Основні одиниці фізичних величин Міжнародної системи одиниць. Основні положення, назви та позначення. – К.: Держстандарт України, 1998. – 10 с.
- 5 Саранча Г.А. Метрологія і стандартизація: Підручник. – К.: Либідь, 1997. – 192 с.
- 6 Метрологія, стандартизація і сертифікація: Навч. посібник. – Харків: УкрДАЗТ, 2000. – 77 с.
- 7 Лифиц Й.М. Основи стандартизації, метрології, сертифікації: Посібник. – М.: Юрайт, 2000. – 285 с.
- 8 Земельман А.С. Метрологічні основи технічних вимірювань. – М.: Видавництво стандартів, 1991. – 227 с.
- 9 Збірник організаційно-методичних документів з метрології залізничного транспорту України. – К.: Укрзалізниця, 2005. – 416 с.
- 10 Конспект лекцій з дисципліни „Метрологічне забезпечення якості продукції”. – Харків: УкрДАЗТ, 2008. – 47 с.

**ДОДАТОК А**  
**Ряди R переважних чисел**

R 5	Номер переважного числа	R 10	Номер переважного числа	R 20	Номер переважного числа	R 40	Номер переважного числа
1,00	0	1,00	0	1,00	0	1,00	0
						1,06	1
				1,12	1	1,12	2
						1,18	3
		1,25	1	1,25	2	1,25	4
						1,32	5
				1,40	3	1,40	6
						1,50	7
1,60	1	1,60	2	1,60	4	1,60	8
						1,70	9
				1,80	5	1,80	10
						1,90	11
		2,00	3	2,00	6	2,00	12
						2,12	13
				2,24	7	2,24	14
						2,36	15
2,50	2	2,50	4	2,50	8	2,50	16
						2,65	17
				2,80	9	2,80	18
						3,00	19
		3,15	5	3,15	10	3,15	20
						3,35	21
				3,55	11	3,55	22
						3,75	23
4,00	3	4,00	6	4,00	12	4,00	24
						4,25	25
				4,50	13	4,50	26
						4,75	27
		5,00	7	5,00	14	5,00	28
						5,30	29
				5,60	15	5,60	30
						6,00	31
6,30	4	6,30	8	6,30	16	6,30	32
						6,70	33
				7,10	17	7,10	34
						7,50	35
		8,00	9	8,00	18	8,00	36
						8,50	37
				9,00	19	9,00	38

						9,50	39
10,00	5	10,00	10	10,00	20	10,00	40

## ДОДАТОК Б

### Соотношение между единицами длины

Единица	м	см	мм	ft	in	Морская миля
метр	1	10 <sup>2</sup>	10 <sup>3</sup>	3,28	39,37	5,4 · 10 <sup>-4</sup>
сантиметр	10 <sup>-2</sup>	1	10 <sup>1</sup>	3,28 · 10 <sup>-2</sup>	0,393 7	5,4 · 10 <sup>-6</sup>
микрометр	10 <sup>-6</sup>	10 <sup>-4</sup>	1	3,28 · 10 <sup>-6</sup>	3,937 · 10 <sup>-5</sup>	5,4 · 10 <sup>-10</sup>
фут	0,304 8	30,48	3,048 · 10 <sup>5</sup>	1	12	1,65 · 10 <sup>-4</sup>
дюйм	2,54 · 10 <sup>-2</sup>	2,54	2,54 · 10 <sup>4</sup>	8,33 · 10 <sup>-2</sup>	1	1,37 · 10 <sup>-5</sup>
морская миля	1,852 · 10 <sup>3</sup>	1,852 · 10 <sup>5</sup>	1,852 · 10 <sup>8</sup>	6,075 · 10 <sup>3</sup>	7,290 7 · 10 <sup>4</sup>	1

### Соотношение между единицами площади

Единица	м <sup>2</sup>	см <sup>2</sup>	га	ft <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>
квадратный метр	1	10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup>	10,76	1,55 · 10 <sup>3</sup>
квадратный сантиметр	10 <sup>-4</sup>	1	10 <sup>-8</sup>	1,076 · 10 <sup>-3</sup>	1,55 · 10 <sup>-1</sup>
гектар	10 <sup>4</sup>	10 <sup>8</sup>	1	1,076 · 10 <sup>5</sup>	1,55 · 10 <sup>7</sup>
квадратный фут	9,29 · 10 <sup>-2</sup>	9,29 · 10 <sup>2</sup>	9,29 · 10 <sup>-8</sup>	1	1,44 · 10 <sup>2</sup>
квадратный дюйм	6,45 · 10 <sup>-4</sup>	6,45	6,45 · 10 <sup>-8</sup>	6,945 · 10 <sup>-3</sup>	1

### Соотношение между единицами объема

Единица	м <sup>3</sup>	см <sup>3</sup>	л (дм <sup>3</sup> )	ft <sup>3</sup>	in <sup>3</sup>	qt	gal
кубический метр	1	10 <sup>6</sup>	10 <sup>3</sup>	35,3	6,1 · 10 <sup>4</sup>	1,759 8 · 10 <sup>3</sup>	2,2 · 10 <sup>2</sup>
кубический сантиметр	10 <sup>-6</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	3,53 · 10 <sup>-5</sup>	6,1 · 10 <sup>-4</sup>	1,759 8 · 10 <sup>-3</sup>	2,2 · 10 <sup>-4</sup>
литр (кубический дециметр)	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>3</sup>	1	3,53 · 10 <sup>-1</sup>	61	1,759 8	0,22
кубический фут	2,83 · 10 <sup>-2</sup>	2,83 · 10 <sup>4</sup>	28,3	1	1,73 · 10 <sup>3</sup>	49,8	6,229
кубический дюйм	1,639 · 10 <sup>-5</sup>	16,39	1,639 · 10 <sup>-2</sup>	5,79 · 10 <sup>-1</sup>	1	2,88 · 10 <sup>-2</sup>	3,6 · 10 <sup>-3</sup>
пинта (англ.)	5,68 · 10 <sup>-4</sup>	5,68 · 10 <sup>2</sup>	0,568	2 · 10 <sup>-2</sup>	34,67	1	0,125
галлон (англ.)	4,546 · 10 <sup>-3</sup>	4,546 · 10 <sup>3</sup>	4,546	0,160 5	2,774 · 10 <sup>2</sup>	8	1

Соотношение между единицами времени

Единица	с	сут	ч	мин	мс	мкс
секунда	1	1/86 400	1/360 0	1/60	10 <sup>3</sup>	10 <sup>6</sup>
сутки	86 400	1	24	1440	86,4 · 10 <sup>6</sup>	86,4 · 10 <sup>9</sup>
час	3 600	1/24	1	60	3,6 · 10 <sup>6</sup>	3,6 · 10 <sup>9</sup>
минута	60	1/1440	1/60	1	60 000	60 · 10 <sup>6</sup>
миллисекунда	10 <sup>-3</sup>	1/86,4 · 10 <sup>6</sup>	1/3,6 · 10 <sup>6</sup>	1/60	1	10 <sup>3</sup>
микросекунда	10 <sup>-6</sup>	1/86,4 · 10 <sup>9</sup>	1/3,6 · 10 <sup>9</sup>	1/60 · 10 <sup>6</sup>	10 <sup>-3</sup>	1

Соотношение между единицами скорости

Единица	м/с	км/ч	yd/s	ft/s	морская миля/ч
метр в секунду	1	3,6	1,094	3,28	1,943
километр в час	0,278	1	0,304	0,911	0,54
ярд в секунду	0,914	3,292	1	3	1,772
фут в секунду	0,305	1,097	0,333	1	0,582
морская миля в час	0,515	1,855	0,564	1,688	1

Соотношение между единицами силы

Единица	Н	дин	кгс	тс	ст	лб/
ньютон	1	10 <sup>5</sup>	0,102	1,02 · 10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	0,224 8
дина	10 <sup>-5</sup>	1	1,02 · 10 <sup>-6</sup>	1,02 · 10 <sup>-9</sup>	10 <sup>-4</sup>	2,248 · 10 <sup>-6</sup>
килограмм-сила	9,806 7	9,806 7 · 10 <sup>5</sup>	1	10 <sup>-3</sup>	9,806 7 · 10 <sup>-3</sup>	2,204 6
тонна-сила	9,806 7 · 10 <sup>3</sup>	9,806 7 · 10 <sup>8</sup>	10 <sup>3</sup>	1	9,806 7	2,204 6 · 10 <sup>3</sup>
стен	10 <sup>3</sup>	10 <sup>8</sup>	10 <sup>2</sup>	0,102	1	2,248 10 <sup>2</sup>
фунт-сила	4,448	4,448 · 10 <sup>5</sup>	0,454	4,54 · 10 <sup>-4</sup>	4,448 2 · 10 <sup>-3</sup>	1