

## **Практическая работа №1. Перевод внесистемных единиц измерения в систему СИ**

**Цель работы:** научиться определять соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными

**Средства обучения:** ГОСТ 8.417-2002 — единицы физических величин, таблица Международная система единиц СИ, калькулятор.

*Подготовка студентов к занятию:*

При подготовке к практическому занятию необходимо изучить теоретический материал ГОСТ 8.417-2002 - единицы физических величин, освоить основные понятия и формулы расчета для перевода национальных неметрических единиц измерения в единицы СИ.

### **Краткие теоретические сведения**

#### ***Основы метрологии***

Метрология - наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства, и способах достижения требуемой точности.

Физическая величина (ФВ) - характеристика одного из свойств физического объекта (физической системы, явления или процесса), общая в качественном отношении по многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальна для каждого объекта.

Значение физической величины - оценка ее размера в виде некоторого числа по принятой для нее шкале.

Единица физической величины - ФВ фиксированного размера, которой условно присвоено значение равное единице и применяемая для количественного выражения однородных ФВ.

Различают основные, производные, кратные, дольные, когерентные (СИ), системные и внесистемные единицы.

#### ***Международная система единиц физических величин***

Совокупность основных и производных единиц ФВ, образованная в соответствии с принятыми принципами, называется *системой единиц физических величин*. Единица основной ФВ является *основной единицей* данной системы. В Российской Федерации используется система единиц СИ, введенная ГОСТ 8.417-2002 «ГСИ. Единицы физических величин». В качестве основных единиц приняты метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, моль и кандела (табл.1).

Таблица 1 - Основные единицы физических величин системы СИ

Величина			Единица		
Наименование	Обозначение		Наименование	Обозначение	
	Размерность	Рекомендуемое		Русское	Международное
Длина	L	l	метр	м	m
Масса	M	m	килограмм	кг	kg
Время	T	t	секунда	с	s
Сила электрического тока	I	I	ампер	А	A
Термодинамическая температура	O	T	кельвин	К	K
Количество вещества	N	n, v	моль	моль	mol
Сила света	J	J	канделла	кд	cd

Производная единица - это единица производной ФВ системы единиц, образованная в соответствии с уравнениями, связывающими ее с основными единицами или же с основными и уже определенными производными. Некоторые производные единицы системы СИ, имеющие собственное название, приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Производные единицы системы СИ, имеющие специальное название

Величина		Единица		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	Выражение через ед.СИ
Частота	$T^{-1}$	герц	Гц	$c^{-1}$
Сила, вес	$LM T^{-2}$	ньютон	Н	$M * K * c^{-2}$
Давление, механическое напряжение	$L^{-1} M T^{-2}$	паскаль	Па	$M^{-1} * K * c^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	$L^2 M T^{-2}$	джоуль	Дж	$M^2 * K * c^{-2}$
Мощность	$L^2 M T^{-3}$	ватт	Вт	$M^2 * K * c^{-3}$
Количество электричества	$T I$	кулон	Кл	$c * A$
Электрическое напряжение, потенциал, электродвижущая сила	$L^2 M T^{-3} I^{-1}$	вольт	В	$M^2 * K * c^{-3} * A^{-1}$
Электрическая емкость	$L^{-2} M^{-1} T^4 I^2$	фарад	ф	$M^{-2} * K^{-1} * c^4 * A^2$
Электрическое сопротивление	$L^2 M T^{-3} I^{-2}$	ом	Ом	$M^2 * K * c^{-3} * A^{-2}$
Магнитная индукция	$M T^{-2} I^{-1}$	тесла	Тл	$K * c^{-2} * A^{-1}$

Для установления производной единицы следует:

- выбрать ФВ, единицы которых принимаются в качестве основных;
- установить размер этих единиц;
- выбрать определяющее уравнение, связывающее величины, измеряемые

основными единицами, с величиной, для которой устанавливается производная единица.

При этом символы всех величин, входящих в определяющее уравнение, должны рассматриваться не как сами величины, а как их именованные числовые значения.

Все основные, производные, кратные и дольные единицы являются системными. *Внесистемная единица* - это единица ФВ, не входящая ни в одну из принятых систем единиц. Внесистемные единицы по отношению к единицам СИ разделяют на 4 вида:

- допускаемые наравне с единицами СИ, например, единицы массы - тонна; плоского угла - градус, минута, секунда; объема - литр и др. Некоторые внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ, приведены в табл.3.

*Таблица 3 - Внесистемные единицы, допускаемые к применению наравне с единицами СИ*

Наименование величины	Единица		
	Наименование	Обозначение	Соотношение с единицей СИ
Масса	тонна	т	$10^3$ кг
Время	минута	мин	60 с
	час	ч	3600 с
	сутки	сут	86400 с
Объем	литр	л	$10^{-3}$ м <sup>3</sup>
Площадь	гектар	га	$10^4$ м <sup>2</sup>

- допускаемые к применению в специальных областях, например, астрономическая единица, парсек, световой год - единицы длины в астрономии; диоптрия - единица оптической силы в оптике; электрон-вольт - единица энергии в физике и т.д.
- временно допускаемые к применению наравне с единицами СИ, например, морская миля- в морской навигации; карат - единица массы в ювелирном деле и др. Эти единицы должны изыматься из употребления в соответствии с международными соглашениями;
- изъятые из употребления, например, миллиметр ртутного столба –единица давления; лошадиная сила - единица мощности и некоторые другие.

Различают кратные и дольные единицы ФВ. *Кратная единица*- это единица ФВ, в целое число раз превышающая системную или внесистемную единицу. Например, единица длины - километр равна 10 м, т.е. кратная метру. *Дольная единица* - единица ФВ, значение которой в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы. Например, единица длины миллиметр равна 10<sup>-3</sup> м, т.е. является дольной. Приставки для образования кратных и дольных единиц СИ приведены в табл.4.

Таблица 4 Множители и приставки для образования десятичных кратных и дольных единиц, и их наименований

Множитель	Приставка	Обозначение	Множитель	Приставка	Обозначение
$10^{18}$	экса	Э	$10^{-1}$	деци	d
$10^{15}$	пета	П	$10^{-2}$	санتي	с
$10^{12}$	тера	Т	$10^{-3}$	милли	м
$10^9$	гига	Г	$10^{-6}$	микро	мк
$10^6$	мега	М	$10^{-9}$	нано	н
$10^3$	кило	к	$10^{-12}$	пико	п
$10^2$	гекто	г	$10^{-15}$	фемто	ф
$10^1$	дека	да	$10^{-18}$	атто	а

Существует соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными (см. таблицу 5).

Таблица 5 Соотношения между единицами измерения

№ п.п	Величины	Единицы измерения в СИ	Соотношение между единицами измерения СИ и наиболее часто встречающимися единицами других систем и внесистемными
1.	Длина	м	1мкм = $10^{-6}$ м
2.	Масса	кг	1т = 1000 кг 1ц = 100 кг
3.	Температура	К	$\Theta = (t^{\circ}\text{C} + 273,15) \text{ К}$
4.	Вес (сила тяжести)	Н	1кг = 9,81Н 1дин = $10^{-5}$ Н
5.	Давление	Па	1бар = $10^5$ Па 1мбар = 100 Па 1дин /см <sup>2</sup> = 1мкбар = 0,1 Па 1кгс /см <sup>2</sup> = 1 ат = $9,81 \times 10^4$ Па = 735 мм.рт.ст. 1 кгс / м <sup>2</sup> = 9,81 Па 1 мм.вод.ст. = 9,81 Па 1 мм.рт.ст. = 133,3 Па
6.	Мощность	Вт	1 кгс × м / с = 9,81 Вт 1 эрг / с = $10^{-7}$ Вт 1ккал/ч = 1,163Вт
7.	Объем	м <sup>3</sup>	1 л = $10^{-3}$ м <sup>3</sup> = 1 дм <sup>3</sup>
8.	Плотность	кг / м <sup>3</sup>	1 т / м <sup>3</sup> = 1 кг / дм <sup>3</sup> = 1 г / см <sup>3</sup> = $10^3$ кг / м <sup>3</sup> 1 кгс × с <sup>2</sup> / м <sup>4</sup> = 9,81 кг / м <sup>3</sup>
9.	Работа, энергия, количество теплоты	Дж	1 кгс × м = 9,81 Дж 1 эрг = $10^{-7}$ Дж 1 кВт × ч = $3,6 \times 10^6$ Дж = 4,19 кДж

**Задание.** Выразить в соответствующих единицах

№п/п	Варианты заданий					
	Общий (у доски)		I		II	
	Задание	Ответ	Задание	Ответ	Задание	Ответ
1	10 м	мкм	100 м	мм	100 см	м
2	100 кг	т	100 кг	ц	100 кг	г
3	37 °С	Θ =	32 °С	Θ =	25 °С	Θ =
4	250 К	°С	450 К	°С	210 К	°С
5	10 Па	бар	10 Па	Мбар	10 Па	дин/см <sup>2</sup>
6	100 Па	мм.рт.ст.	100 Па	кгс/см <sup>2</sup>	100 Па	мм.вод.ст.
7	1000 мм.рт.ст.	мбар	1000 мм.рт.ст.	Па	1000 мм.рт.ст.	кгс/см <sup>2</sup>
8	10 Н	кг	10 Н	дин	10 Н	г
9	10 Вт	ккал/ч	10 Вт	эрг/с	10 Вт	кгс*м/с
10	10 Дж	ккал	10 Дж	кВт*ч	10 Дж	эрг
11	0,1л	см <sup>3</sup>	0,1 л	дм <sup>3</sup>	0,1 л	м <sup>3</sup>
12	0,1 м/с	м/ч	0,1 м/с	км/с	0,1 м/с	км/ч
13	10 А	ГА	10 А	кА	10 А	МА
14	100 Вт	МВт	100 Вт	сВт	100 Вт	дВт
15	1 кг / м <sup>3</sup>	кг/дм <sup>3</sup>	1 кг / м <sup>3</sup>	г/см <sup>3</sup>	1 кг / м <sup>3</sup>	г/м <sup>3</sup>
16	1 Мм	м	10 мкм	м	100 мм	м
17	10 т	кг	100 ц	т	100 г	кг
18	48 °С	Θ =	53 °С	Θ =	70 °С	Θ =
19	375 К	°С	273 К	°С	300 К	°С
20	10 Па	ат	10 Па	мм.рт.ст.	10 Па	мбар
21	100 Па	кгс/м <sup>2</sup>	100 Па	мкбар	100 Па	дин/м <sup>2</sup>
22	1000 мм.рт.ст.	дин/см <sup>2</sup>	1000 мм.рт.ст.	ат	1000 мм.рт.ст.	кгс/м <sup>2</sup>
23	10 Н	дГ	10 Н	сГ	10 Н	дин
24	1 Вт	ккал/ч	1 Вт	кгс*м/с	1 Вт	эрг/с
25	1 Дж	ккал	1 Дж	кВт*ч	1 Дж	эрг
26	0,01 л	см <sup>3</sup>	0,01 л	дм <sup>3</sup>	0,01 л	м <sup>3</sup>
27	0,1 м/с	м/мин	0,1 м/с	км/мин	0,01 м/с	км/ч
28	0,1 А	ГА	0,1 А	сА	0,1 А	МА
29	1 Вт	МВт	1 Вт	сВт	1 Вт	дВт
30	1 кг / м <sup>3</sup>	кг/дм <sup>3</sup>	1 кг / м <sup>3</sup>	г/см <sup>3</sup>	1 кг / м <sup>3</sup>	мг/ м <sup>3</sup>

**Примеры**

1. Перевести исходные единицы СИ в кратные единицы и обратно:  $29,4 \cdot 10^{10}$  МПа =  $29,4 \cdot 10^{10} \cdot 10^6 = 10^{16}$  Па;  $490 \cdot 10^3$  Вт =  $490 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}$  кВт = 490 кВт.
2. Перевести исходные единицы в дольные единицы и обратно:  $0,0084$  м =  $0,0084 \cdot 10^2 = 0,84$  см.
3. Перевести внесистемные единицы в единицы СИ:  $20$  мм рт. ст. =  $20 \cdot 133,3 = 2666$  Па

### ***Порядок выполнения работы:***

1. Ознакомиться с правилами написания обозначения единиц физических величин – ГОСТ 8.417.
2. Ознакомиться с правилами образования кратных и дольных единиц - ГОСТ 8.417.
3. При выполнении задания перевода системных и внесистемных единиц в единицы СИ, а также при выборе десятичных кратных и дольных единиц необходимо использовать таблицы.
4. Ответить на контрольные вопросы.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что понимается под применением единиц физических величин?
2. В чём различие между основными и производными физическими величинами?
3. Какой нормативный документ устанавливает обязательное применение единиц Международной системы единиц.
4. Как пишутся обозначения единиц, названных в честь учёных.
5. Приведите примеры производных единиц СИ, имеющих специальные наименования и обозначения.
6. Соблюдение каких основополагающих условий необходимо для обеспечения единства измерений и роль в этом единиц физических величин СИ.
7. Как поддерживают единство измерений с учётом сопутствующих факторов?

### ***Содержание отчета***

1. Наименование и цель работы.
2. Результаты расчета и ответы на контрольные вопросы (прикрепить на сайт в виде файла).