
**МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ
ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

Министерство образования и науки Российской Федерации
ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет»

МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

*Методические указания к курсовым и контрольным работам
для студентов 3, 4 курсов дневного и заочного отделений специальностей 240801, 260601, 151001, 150400, 311300, 311900*



Тамбов
Издательство ТГТУ
2009

УДК 006.91
ББК В3с25я73-5
Ч456

Рекомендовано Редакционно-издательским советом университета

Рецензент

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Прикладная механика
и сопротивление материалов» ТГТУ
В.Ф. Першин

Ч456 Международная система единиц физических величин : методические указания / В.М. Червяков. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2009. – 16 с. – 200 экз.

Даны международные и внесистемные единицы физических величин, правила и примеры их написания согласно ГОСТ 8.417–2002.

Предназначены для студентов 3, 4 курсов специальностей 240801, 260601, 151001, 150400, 311300, 311900 при изучении курса «Детали машин», «Подъемно-транспортные средства», «Метрология, стандартизация и сертификация». Могут быть рекомендованы для использования студентам и магистрантам других технических специальностей.

УДК 006.91

ББК В3с25я73-5

© ГОУ ВПО «Тамбовский государственный
технический университет» (ТГТУ), 2009

Учебное издание

**МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ
ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН**

Методические указания

Составитель

ЧЕРВЯКОВ Виктор Михайлович

Редактор **М.С. Анурьева**

Инженер по компьютерному макетированию **Т.Ю. Зотова**

Подписано в печать 11.11.2009

Формат 60 × 84/16. 0,93 усл. печ. л. Тираж 200 экз. Заказ № 416

Издательско-полиграфический центр ТГТУ
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

1. МЕЖДУНАРОДНАЯ СИСТЕМА ЕДИНИЦ SI (СИ)

В 1960 г. XI Генеральная конференция по мерам и весам приняла единую Международную систему единиц SI (начальные буквы французского наименования Systeme International d Unitetes), в русской транскрипции-СИ. Она дала определение основных единиц этой системы и предписала употребление некоторых производных единиц, «не предрешая вопроса о других, которые могут быть добавлены в будущем». Тем самым впервые в истории международным соглашением была принята международная когерентная система единиц. В настоящее время она принята в качестве законной системы единиц измерения большинством стран мира. Международная система единиц (СИ) представляет собой согласованную систему, в которой для любой физической величины, такой, как длина, время или сила, предусматривается одна и только одна единица измерения. Некоторым из единиц даны особые названия, примером может служить единица давления паскаль, тогда как названия других образуются из названий тех единиц, от которых они произведены, например единица скорости – метр в секунду.

В результате некоторых изменений, принятых Генеральными конференциями по мерам и весам в 1967, 1971, 1979 1983 и 1995 гг., в настоящее время система включает семь основных единиц: метр (длина), килограмм (масса), секунда (время), ампер (сила тока), кельвин (температура), моль (количество вещества) и кандела (сила света). В Государственной системе обеспечения единства измерений РФ применение международной системы СИ определено межгосударственным стандартом ГОСТ 8.417–2002. ГСИ. Единицы величин, введенным в действие 01.09.2003 г.

Наименование основных величин, их размерности, наименование единиц и их обозначения, а также стандартные определения приведены в табл. 1.

1. Основные единицы СИ

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Определение
			международное	русское	
Длина	<i>L</i>	метр	m	м	Метр есть длина пути, проходимого светом в вакууме за интервал времени $1/299\,792\,458\text{ s}$ [XVII ГКМВ (1983 г.). Резолюция 1]

Продолжение табл. 1

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Определение
			международное	русское	
Масса	<i>M</i>	килограмм	kg	кг	Килограмм есть единица массы, равная массе международного прототипа килограмма [I ГКМВ (1889 г.) и III ГКМВ (1901 г.)]

Время	<i>T</i>	секунда	s	с	Секунда есть время, равное 9 192 631 770 периодам излучения, соответствующего переходу между двумя сверхтонкими уровнями основного состояния атома цезия – 133 [XIII ГКМВ (1967 г.). Резолюция 1]
Электрический ток (сила электрического тока)	<i>I</i>	ампер	A	A	Ампер есть сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным прямолинейным проводникам бесконечной длины и ничтожно малой площади кругового поперечного сечения, расположенным в вакууме на расстоянии 1 m один от другого, вызвал бы на каждом участке проводника длиной 1 m силу взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ N [МКМВ (1946 г.), Резолюция 2, одобренная IX ГКМВ (1948 г.)]

Продолжение табл. 1

Величина		Единица			Определение
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		
			международное	русское	
Термодинамическая температура	Θ	кельвин	K	К	Кельвин есть единица термодинамической температуры, равная 1/273,16 части термодинамической температуры тройной точки воды [XIII ГКМВ (1967 г.), Резолюция 4]
Количество вещества	<i>N</i>	моль	mol	моль	Моль есть количество вещества системы, содержащей столько же структурных элементов,

					сколько содержится атомов в углероде – 12 массой 0,012 kg. При применении моля структурные элементы должны быть специфицированы и могут быть атомами, молекулами, ионами, электронами и другими частицами или специфицированными группами частиц [XIV ГКМВ (1971 г.), Резолюция 3]
Сила света	<i>J</i>	кандела	cd	кд	Кандела есть сила света в заданном направлении источника, испускающего монохроматическое излучение частотой 540·10 ¹² Hz, энергетическая сила света которого в этом направлении составляет 1/683 W/sr [(XVI ГКМВ (1979 г.), Резолюция 3]

Зависимости между единицами измерений, проявляющиеся в физических законах, позволяют получать производные единицы системы, понятие которых впервые было введено К. Гауссом. Наименования и обозначения производных величин могут быть получены:

- из наименований и обозначений основных единиц;
- с использованием специальных наименований и обозначений;
- из наименований и обозначений основных и специальных наименований и обозначений производных единиц;
- с использованием кратных и дольных приставок и множителей.

Угловые величины с 1995 г. являются производными. Радиан – плоский угол между двумя радиусами окружности, длина дуги между которыми равна радиусу. Стерadian равен телесному углу с вершиной в центре сферы, вырезающему на её поверхности площадь, равную площади квадрата со стороной, равной радиусу сферы. Для образования десятичных кратных и дольных единиц предписывается ряд приставок и множителей.

Таким образом, километр (км) – это 1000 м, а миллиметр – 0,001 м. (Эти приставки применимы ко всем единицам, как, например, в киловаттах, миллиамперах и т.д.).

Первоначально предполагалось, что одной из основных единиц должен быть грамм, и это отразилось в названиях единиц массы, но в настоящее время основной единицей является килограмм. Вместо названия мегаграмм употребляется слово «тонна». В физических дисциплинах, например для измерения длины волны видимого или инфракрасного света, часто применяется миллионная доля метра (микрометр). В спектроскопии длины волн часто выражают в ангстремах; ангстрем равен одной десятой нанометра, т.е. 10⁻¹⁰ м. Для излучений с меньшей длиной волны, например рентгеновского, в научных публикациях пользуются внесистемной икс-единицей (1 икс-ед. = 10⁻¹³ м). Объём, равный 1000 кубических сантиметров (одному кубическому дециметру), называется литром (л).

2. ОБРАЗОВАНИЕ НАИМЕНОВАНИЙ И ОБОЗНАЧЕНИЙ ДЕСЯТИЧНЫХ КРАТНЫХ И ДОЛЬНЫХ ЕДИНИЦ СИ

Выбор десятичной кратной или дольной единицы СИ определяется удобством её применения. Из многообразия кратных и дольных единиц, которые могут быть образованы с помощью приставок, выбирают единицу, позволяющую получать числовые значения, приемлемые на практике.

В принципе кратные и дольные единицы выбирают таким образом, чтобы числовые значения величины находились в диапазоне от 0,1 до 1000.

В некоторых случаях целесообразно применять одну и ту же кратную или дольную единицу, даже если числовые значения выходят за пределы диапазона от 0,1 до 1000, например, в таблицах числовых значений для одной величины или при сопоставлении этих значений в одном тексте.

В некоторых областях всегда используют одну и ту же кратную или дольную единицу. Например, в чертежах, применяемых в машиностроении, линейные размеры всегда выражают в миллиметрах.

Наименования и обозначения образуют с помощью множителей и приставок, указанных в табл. 2.

Кратные и дольные единицы СИ способствуют единообразию представления значений величин, относящихся к различным областям науки и техники. Кроме единиц СИ широкое распространение на практике получили кратные и дольные единицы, применяемые наравне с единицами СИ. Примеры таких единиц приведены в табл. 3.

Правила написания обозначений единиц приведены в приложении.

Значительная часть производных единиц СИ имеют специальные названия и обозначения. Часть таких единиц приведена в табл. 4 и 5.

На основе единиц СИ со специальными наименованиями и основных единиц, образуются производные единицы, не имеющие специальных наименований. Примеры таких производных единиц приведены в табл. 5.

Таблица 2

Десятичный множитель	Приставка	Обозначение приставки		Десятичный множитель	Приставка	Обозначение приставки	
		международное	русское			международное	русское
10^{24}	иотта	Y	И	10^{-1}	деци	d	д
10^{21}	зетта	Z	З	10^{-2}	санتي	c	С
10^{18}	экса	E	Э	10^{-3}	милли	m	м
10^{15}	пета	P	П	10^{-6}	микро	μ	мк
10^{12}	тера	T	Т	10^{-9}	нано	n	н
10^9	гига	G	Г	10^{-12}	пико	p	п
10^6	мега	M	М	10^{-15}	фемто	f	ф
10^3	кило	k	к	10^{-18}	атто	a	а
10^2	гекто	h	г	10^{-21}	zepto	z	з
10^1	дека	da	да	10^{-24}	иокто	y	и

Таблица 3

Наименование величины	Обозначения			
	единиц СИ	рекомендуемых кратных и дольных единиц СИ	единиц, не входящих в СИ и применяемых наравне с ними	кратных и дольных единиц, не входящих в СИ
Плоский угол	rad; рад (радиан)	mrad; мрад μrad; мкрад	...° (градус) ...′ (минута) ...″ (секунда)	—
Телесный угол	sr; ср (стерадиан)	—	—	—
Длина	m; м (метр)	km; км cm; см mm; мм μm; мкм nm; нм	—	—
Площадь	m ² , м ²	km ² ; км ² dm ² ; дм ² cm ² ; см ² mm ² ; мм ²	—	—
Объём, вместимость	m ³ , м ³	dm ³ ; дм ³ cm ³ ; см ³ mm ³ ; мм ³	l (L); л (литр)	hl (hL); гл dl (dL); дл cl (cL); сл ml (mL); мл
Время	s; с (секунда)	ks; кс ms; мс μs; мкс ns; нс	d; сут (сутки) h; ч (час) min; мин (минута)	—

Таблица 4

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Выражение через основные и производные единицы СИ
			международное	русское	
Плоский угол	–	радиан	rad	рад	$m \cdot m^{-1} = 1$
Телесный угол	–	стерадиан	sr	ср	$m^2 \cdot m^{-2} = 1$
Частота	T^{-1}	герц	Hz	Гц	s^{-1}
Сила	LMT^{-2}	ньютон	N	Н	$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
Давление	$L^{-1}MT^{-2}$	паскаль	Pa	Па	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
Энергия, работа, количество теплоты	L^2MT^{-2}	джоуль	J	Дж	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Мощность	L^2MT^{-3}	ватт	W	Вт	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
Электрический заряд, количество электричества	T	кулон	C	Кл	$s \cdot A$
Электрическое напряжение, электрический потенциал, разность электрических потенциалов, электродвижущая сила	$L^2MT^{-3}I^{-1}$	вольт	V	В	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Электрическая ёмкость	$L^{-2}M^{-1}T^4I^2$	фарад	F	Ф	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Электрическое сопротивление	$L^2MT^{-3}I^{-2}$	ом	Ω	Ом	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Выражение через основные и производные единицы СИ
			международное	русское	
Электрическая проводимость	$L^{-2}M^{-1}T^3I^2$	сименс	S	См	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
Поток магнитной индукции, магнитный поток	$L^2MT^{-2}I$	вебер	Wb	Вб	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Плотность магнитного потока, магнитная индукция	$MT^{-2}I^{-1}$	тесла	T	Тл	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
Индуктивность, взаимная индуктивность	$L^2MT^{-2}I^{-2}$	генри	H	Гн	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$

Таблица 5

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		Выражение через основные и производные единицы СИ
			международное	русское	
Момент силы	L^2MT^{-2}	ньютон-метр	N·m	Н·м	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
Поверхностное натяжение	MT^2	ньютон на метр	N/m	Н/м	$kg \cdot s^{-2}$

Продолжение табл. 5

Величина		Единица			
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение		единицы основные и производные СИ
			международное	русское	
Динамическая	$L^{-1}MT^{-1}$	паскаль-	Pa·s	Па·с	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$

вязкость		секунда			
Пространственная плотность электрического заряда	$L^{-3}T^1$	кулон на кубический метр	C/m^3	$Кл/м^3$	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
Электрическое смещение	$L^{-2}T^1$	кулон на квадратный метр	C/m^2	$Кл/м^2$	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
Напряжённость электрического поля	$LMT^{-3}I^{-1}$	вольт на метр	V/m	$В/м$	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
Диэлектрическая проницаемость	$L^{-3}M^{-1}T^4I^2$	фарад на метр	F/m	$Ф/м$	$m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
Магнитная проницаемость	$LMT^{-2}I^{-2}$	генри на метр	H/m	$Гн/м$	$m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$

3. Внесистемные единицы

В ряде отраслей практической деятельности до сих пор не удалось полностью отказаться от использования внесистемных единиц. Часть из них допускается к применению без ограничения срока наравне с единицами СИ. При стандартизации единиц у нас в стране было признано целесообразным сохранить применение ряда единиц, имеющих широкое практическое применение. В таблице 5 ГОСТ 8.417–2002 приведён перечень единиц, допущенных к применению наравне с единицами СИ без ограничения срока. Применение этих единиц возможно лишь в обоснованных случаях, т.е. когда замена их единицами СИ при современном состоянии соответствующих областей науки, техники и народного хозяйства вызвала бы неоправданные затруднения.

Это единицы, используемые в технике и специальных областях. К ним относятся единицы: массы – тонна (т), атомная масса (а.е.м.); времени – минута (мин), час (ч), сутки (сут); плоского угла – градус (...°), минута (...'), секунда (..."), град или гон; объёма, вместимости – литр (л); длины – астрономическая единица (а.е.), световой год (св. год), парсек (пк); оптической силы – диоптрия (дптр); площади – гектар (га); энергии – электронвольт (эВ); полной мощности – вольт-ампер (В·А); реактивной мощности – вар (вар); количества электричества – ампер-час (А·ч).

Ряд внесистемных единиц допускается применять временно, до принятия по ним соответствующих международных решений. К ним относятся единицы: длины – морская миля (миля); массы – карат (кар); линейной плотности – текс (текс); скорости – узел (уз); ускорения – гал (Гал); частоты вращения – оборот в секунду (об/с), оборот в минуту (об/мин); давления – бар (бар).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Извлечения из ГОСТ 8.417–2002

8.1. При написании значений величин применяют обозначения единиц буквами или специальными знаками (...°, ...', ..."), причём устанавливают два вида буквенных обозначений: международное (с использованием букв латинского или греческого алфавита) и русское (с использованием букв русского алфавита). Устанавливаемые стандартом обозначения единиц приведены в табл. 1 – 8 (ГОСТ 8.417–2002).

8.2. Буквенные обозначения единиц печатают прямым шрифтом. В обозначениях единиц точку как знак сокращения не ставят.

8.3. Обозначения единиц помещают за числовыми значениями величин и в строку с ними (без переноса на следующую строку). Числовое значение, представляющее собой дробь с косой чертой, стоящее перед обозначением единицы, заключают в скобки.

Между последней цифрой числа и обозначением единицы оставляют пробел.

Правильно:	Неправильно:
100 kW; 100 кВт	100kW; 100кВт
80 %	80%
20 °C	20°C
(1/60) s ⁻¹ .	1/60/s ⁻¹ .

Исключения составляют обозначения в виде знака, поднятого над строкой, перед которыми пробел не оставляют.

Правильно:	Неправильно:
20°.	20 °.

8.4. При наличии десятичной дроби в числовом значении величины обозначение единицы помещают за всеми цифрами.

Правильно:	Неправильно:
423,06 m; 423,06 м	423 m 0,6; 423 м 06
5,758° или 5°45,48'	5°758 или 5°45',48
или 5°45'28,48".	или 5°45'28",8.

8.5. При указании значений величин с предельными отклонениями числовые значения с предельными отклонениями заключают в скобки и обозначения единиц помещают за скобками или проставляют обозначение единицы за числовым значением величины и за её предельным отклонением.

Правильно:	Неправильно:
(100,0 ± 0,1) kg;	100,0 ± 0,1 kg;
(100,0 ± 0,1) кг	100,0 ± 0,1 кг
50 g ± 1 g; 50 г ± 1 г.	50 ± 1 g; 50 ± 1 г.

8.7. Допускается применять обозначения единиц в пояснениях обозначений величин к формулам. Помещать обозначения единиц в одной строке с формулами, выражающими зависимости между величинами или между их числовыми значениями, представленными в буквенной форме, не допускается.

Правильно:	Неправильно:
$v = 3,6 \text{ s}/t$,	$v = 3,6 \text{ s}/t \text{ km}/h$,
где v – скорость, km/h;	где s – путь, m;

s – путь, м;
 t – время, с.

t – время, с.

8.8. Буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, отделяют точками на средней линии как знаками умножения. Не допускается использовать для этой цели символ «×».

Правильно:

$N \cdot m$; Н·м
 $A \cdot m^2$; А·м²
 $Pa \cdot s$; Па·с.

Неправильно:

Nm; Нм
 Am^2 ; АМ²
Pas; Пас.

В машинописных текстах допускается точку не поднимать. Допускается буквенные обозначения единиц, входящих в произведение, отделять пробелами, если это не вызывает недоразумения.

8.9. В буквенных обозначениях отношений единиц в качестве знака деления используют только одну косую или горизонтальную черту. Допускается применять обозначения единиц в виде произведений обозначений единиц, возведённых в степени (положительные и отрицательные).

Если для одной из единиц, входящих в отношение, установлено обозначение в виде отрицательной степени (например, s^{-1} , m^{-1} , K^{-1} , c^{-1} , m^{-1} , K^{-1}), применять косую или горизонтальную черту не допускается.

Правильно:

$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$; Вт·м⁻²·К⁻¹

$\frac{W}{m^2 \cdot K}$; $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$.

Неправильно:

$W/m^2/K$; Вт/м²/К

$\frac{W}{m^2} / K$; $\frac{Вт}{м^2} / К$.

8.10. При применении косой черты обозначения единиц в числителе и знаменателе помещают в строку, произведение обозначений единиц в знаменателе заключают в скобки.

Правильно:

m/s ; м/с

$W/(m \cdot K)$; Вт/(м·К)

Неправильно:

m/s ; м/с

$W/m \cdot K$; Вт/м·К

8.11. При указании производной единицы, состоящей из двух и более единиц, не допускается комбинировать буквенные обозначения и наименования единиц, т.е. для одних единиц указывать обозначения, а для других – наименования.

Правильно:

80 км/ч

80 километров в час.

Неправильно:

80 км/час

80 км в час.

8.12. Допускается применять сочетания специальных знаков: ...°, ...', ...'', % и ‰ с буквенными обозначениями единиц, например, °/с.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международная система единиц (СИ). – Севр, Франция: МБМВ, 1998.
2. ГОСТ 8.417–2002. ГСИ. Единицы величин.
3. РМГ 29–99 Государственная система обеспечения единства измерений. Метрология. Основные термины и определения. – Минск : МГС по стандартизации, метрологии и сертификации, 2000.
4. Сена, Л.А. Единицы физических величин и их размерности : учебно-справочное руководство / Л.А. Сена. – М. : Наука, 1988.