Энгельсский технологический институт (филиал) федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени
Гагарина Ю.А.»

Лабораторная работа №1

Физические величины. Применение теории размерностей

Методические указания к выполнению лабораторной работы
по курсу «Метрология, стандартизация и сертификация»
для студентов направлений

15.03.02 «Технологические машины и оборудование»
15.03.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение
машиностроительных производств»
23.03.01 «Нефтегазовое дело»
29.03.05 «Конструирование изделий легкой промышленности»

очной и заочной формы обучения

Энгельс 2026

Физические величины. Применение теории размерностей

Цель работы: научить студентов пользоваться международной системой физических единиц и приобрести практические навыки применения теории размерностей.

Характер выполнения работы: каждый студент выполняет работу индивидуально.

Теоретическая часть

Общепринятые или установленные законодательным путём характеристики (меры) различных свойств, общих в качественном отношении для многих физических объектов (физических систем, их состояний и происходящих в них процессов), но в количественном отношении индивидуальных для каждого из них, называются *физическими величинами*.

Таким образом, под термином «физическая величина» понимают свойство, общее в качественном отношении многим физическим объектам, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них.

Количественным выражением этого свойства в объекте является размер физической величины, а числовой оценкой её размера – значение физической величины. Физическая величина, которой по определению присвоено числовое значение, равное единице, называют единицей физической величины.

В любой системе единиц существует лишь одна основная единица данной физической величины.

Международная система единиц (СИ) была принята в 1960г. на XI генеральной конференции по мерам и весам. В нашей стране данная система введена в действие с 1 января 1982г., в соответствии с ГОСТ 8.417 – 81 «ГСИ. Единицы физических величин».

В настоящее время она характеризуется как когерентная система единиц, состоящая из семи основных, двух дополнительных и ряда производных единиц, число которых не ограничено.

Основные и дополнительные единицы СИ приведены в табл. 1.

Производные единицы Международной системы единиц образуются из основных и дополнительных единиц СИ на основании законов, устанавливающих связь между физическими величинами, или уравнений по которым определяют физическую величину.

Единицы могут быть дольными и кратными от единиц СИ.

Кратной единицей называют единицу, которая в целое число раз больше системной или внесистемной единицы.

Дольной единицей называют единицу, которая в целое число раз меньше системной или внесистемной единицы.

Таблица 1

Единицы физических величин СИ

Физическая величина		Единица СИ		
Наименование	Размерность	Наименование	Обозначение	
			международное	русское
Основные				
Длина	L	метр	m	м
Масса	M	килограмм	Kg	кг
Время	T	секунда	S	с
Сила электрического тока	I	ампер	A	А
Термодинамическая температура	Q	Кельвин	K	К
Количество вещества	N	моль	mol	моль
Сила света	J	кандела	cd	Кд
Дополнительные				
Плоский угол	-	радиан	rad	рад
Телесный угол	-	стерадиан	Sr	ср

Все приставки пишутся слитно с наименованием основной единицы, к которой они присоединяются (килограмм, миллиметр). Присоединение двух и более приставок не допускается.

Для образования наименьших кратных и дольных единиц физических величин используют приставки изложенные в табл. 2.

Качественной характеристикой измеряемых величин является их размерность. Она отражает её связь с основными величинами и зависит от выбора последних.

Размерность обозначается символом dim, происходящим от слова dimension, которое в зависимости от контекста может переводится как размер, и как размерность.

Размерность основных физических величин обозначается соответствующими заглавными буквами. Для длины, массы, времени, например dim l = L; dim m = M; dim t = T.

Таблица 2

Множители и приставки для образования десятичных

кратных и дольных единиц и их наименований

Множитель	Приставка				
	На-имено вание	Происхождение		Обозначение	
		от какого слова	из какого языка	между народ ное	русск ое
$1000000000000000000=10^{18}$	экса	шесть раз по 10^3	греч.	E	Э
$1000000000000000=10^{15}$	пета	пять раз по 10^3	греч.	P	П
$1000000000000=10^{12}$	тера	огромный	греч.	T	Т
$1000000000=10^9$	гига	гигант	греч.	G	Г
$1000000=10^6$	мега	большой	греч.	M	М
$1000=10^3$	кило	тысяча	греч.	k	к
$100=10^2$	гекто	сто	греч.	h	г
$10=10^1$	дека	десять	греч.	da	да
$0,1=10^{-1}$	деци	десять	лат.	d	д
$0,01=10^{-2}$	санти	сто	лат.	c	с
$0,001=10^{-3}$	милли	тысяча	лат.	m	м
$0,000001=10^{-6}$	микро	малый	греч.	μ	мк
$0,000000001=10^{-9}$	нано	карлик	лат.	n	н
$0,000000000001=10^{-12}$	пико	пикколо	итал.	p	п
$0,000000000000001=10^{-15}$	фемто	пятнадцать	дат.	f	ф
$0,000000000000000001=10^{-18}$	атто	восемнадцать	дат.	a	а

При определении размерности производных величин руководствуются следующими правилами:

1. Размерность левой и правой части не могут не совпадать так как сравниваться между собой могут только одинаковые свойства, объединяя левые и правые части уравнений, отсюда можно прийти к выводу, что алгебраически суммироваться могут только величины, имеющие одинаковые размерности.

2. Алгебра размерностей мультипликативна, т.е. состоит из одного единственного действия – умножения.

2.1. Размерность произведения нескольких величин равна произведению их размерностей. Так, если зависимость между значениями величин Q, A, B, C имеет вид $Q = A \bullet B \bullet C$, то

$$\dim Q = \dim A \bullet \dim B \bullet \dim C$$

2.2. Размерность частного при делении одной величины на другую равна отношению их размерностей, Q = A/B, то

$$\dim Q = \dim A/\dim B$$

2.3. Размерность любой величины, возведённой в некоторую степень, равна её размерности в той же степени, так, если

$$Q = A^n, \text{ то}$$

$$\dim Q = \prod_{1}^{n} \dim A = \dim^n A$$

Например, если скорость определять по формуле V = l/t, то

$$\dim V = \dim l/\dim t = L/T = LT^{-1}$$

Если сила по второму закону Ньютона F = m • a, где a = V/t – ускорение тела, то

$$\dim F = \dim m \bullet \dim a = ML/T^2 = LMT^{-2}$$

Таким образом, всегда можно выразить размерность производной физической величины за размерность основных физических величин с помощью степенного одночлена $\dim Q = L^{\alpha} \bullet M^{\beta} \bullet T^{\gamma}$, где L, M, T, … - размерности соответствующих основных физических величин; α, β, γ, … - показатели размерности. Каждый из показателей размерности может быть положительным или отрицательным целым или дробным числом, нулём. Если все показатели размерности равны нулю, то такая величина называется безразмерной. Теория размерностей повсеместно применяется для оперативной проверки правильности сложных формул. Если размерности правой и левой частей уравнений не совпадают, т.е. не выполняется правило 1, то в выводе формулы, следует искать ошибку.

Порядок выполнения работы

В начале занятия студенты должны охарактеризовать общие правила конструирования систем единиц. Далее следует ознакомиться с основными и производными единицами системы СИ, с правилами написания обозначений единиц:

- обозначения единиц ставят после их числовых значений и помещают в строку с ними;
- в обозначениях единиц точку и знак сокращения не ставят;
- в буквенных обозначениях отношений единиц в качестве знака деления должна применяться только одна черта: косая или прямая. При применении косой черты обозначения единиц в числителе и знаменателе помещают в строку, произведение обозначений единиц в знаменателе заключают в скобки, например, Вт/(м^2·К). Допускается вместо знака черты применять обозначения единиц в виде произведений единиц, возведённых в степени $\frac{Вт}{м^2 \bullet К}$; Вт·м$^{-2}$·К$^{-1}$.

Затем студенты должны ознакомиться с принципом образования наименьших кратных и дольных единиц.

В конце занятия следует выполнить ряд заданий, представленных преподавателем по применению теории размерностей, ответить на вопросы, касающиеся данной темы. Оформить отчёт.

Для проверки качества усвоения материала по теории размерностей рекомендуется выполнить следующие задания.

По определяющим уравнениям выразить размерности физических величин:

скорость $V = l/t$;
ускорение $a = V/t$;
сила $F = m \cdot a$;
плотность $\rho = m \cdot V$;
давление $P = F/S$;
работа $A = F \cdot l$;
мощность $P = A/t$;

По размерности физических величин определить основные формулы и обозначить единицы измерений:

кинематическая вязкость L^2T^{-1};
удельный вес L^3M^{-1};
динамическая вязкость $L^{-1}MT^{-1}$;
поверхностное натяжение MT^{-2};
магнитная проводимость $L^2MT^{-2}I^{-2}$;
удельное электрическое сопротивление $L^3MT^{-2}I^{-2}$;

Контрольные вопросы

1.Каковы правила конструирования систем единиц?

2.Назовите основные и дополнительные единицы системы СИ?

3.Как образуются кратные и дольные единицы Международной системы единиц?

4.Что называют единицей физической величины?

5.Принципы образования производных единиц Международной системы?

6.Что такое физическая величина?

7.Что такое размер физической величины?

8.Какие единицы являются дольными, кратными от единиц СИ?

9.Что такое системные, внесистемные единицы?

10.Какие существуют правила написания обозначения единиц?

Литература

1. ГОСТ 8.417.-81. ГСИ. Единицы физических величин.
2. Коротков В.С. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Коротков В.С., Афонасов А.И.— Электрон. текстовые данные.— Томск: Томский политехнический университет, 2015.— 187 с.
Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/34681.— ЭБС «IPRbooks», по паролю