

ЕДИНИЦЫ ФИЗИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН

Основные единицы СИ

Величина	Наименование	Обозначение	
		Русское	Международное
Длина	метр	м	m
Масса	килограмм	кг	kg
Время	секунда	с	s
Сила электрического тока	Ампер	А	A
Термодинамическая температура	Кельвин	К	K
Количество вещества	моль	моль	mol

Производные единицы СИ

Величина	Наименование	Обозначение		Выражение
		Русское	Международное	
Площадь	кв. метр	м ²	m ²	
Объем	куб. метр	м ³	m ³	
Сила	Ньютон	Н	N	м кг/с ²
Давление	Паскаль	Па	Pa	Н/м ²
Энергия, работа	Джоуль	Дж	J	Н м
Мощность	Ватт	Вт	W	Дж/с
Частота	Герц	Гц	Hz	с ⁻¹
Электрический потенциал, напряжение	Вольт	В	V	Вт/А
Электрическое сопротивление	Ом	Ом	W	В/А

Внесистемные единицы

Величина	Наименование	Обозначение		Связь с другими единицами
		Русское	Международное	
Длина	дюйм		inch	25.4 мм
Объем	литр	л	l	0.001 м ³
	галлон английский		gallon	4.54596 л
	галлон американский		US gal	3.78533 л
Сила	килограмм силы	кгс	kgf	9.81 Н
	фунт силы		lbf	4.45 Н
Давление	атмосфера	атм	atm	1.013x10 ⁵ Па
	килограмм силы на кв. сантиметр	кгс/см ²	kgf/cm ²	0.981 бар
	бар	бар	bar	10 ⁵ Па
	миллиметр ртутного столба	мм.рт.ст., Торр	mm Hg, Torr	133.322 Па, 1 атм = 760 Торр
	фунт силы на квадратный дюйм		p.s.i.	6897.5 Па, 1 бар = 14.5 p.s.i.
Вязкость кинематическая	стокс	Ст	St	10 ⁻⁴ м ² /с
	сантистокс	сСт	cSt	10 ⁻⁶ м ² /с

Нормальные условия для определения объема воздуха

Для измерения количества воздуха обычно используются объемные единицы литры или кубические метры. Учитывая, что объем, занимаемый одним и тем же количеством воздуха, может быть различным в зависимости от температуры и давления, его следует определять при единых, иначе говоря, нормальных условиях. В пневматике нормальные условия обозначаются сокращением "ANR" (Atmosphere Normale de Reference) и сводятся к следующему:

- давление 760 мм рт.ст. (101325 Па),
- температура 20 °C (293,15 К),
- относительная влажность 65 %.

Если объем рассчитан при нормальных условиях, к обозначению его размерности добавляется «норм.»: норм.л., норм.м³. Иногда можно встретить такое обозначение: л (ANR), м³ (ANR).

Масса воздуха, содержащегося в одном нормальном кубическом метре, составляет 1.205 кг.

Если известно, что данное количество воздуха занимает объем V при давлении p и температуре T, то объем V_{норм.} занимаемый этим же количеством воздуха при нормальных условиях, рассчитывается по формуле:

$$V_{\text{норм.}} = 2.89 \cdot 10^{-3} V \frac{p}{T}$$

Краткие сведения о воздухе *

Средний химический состав сухого атмосферного воздуха

Компонент	Название	Обозн.	Содержание, %	
			По объему	По массе
Азот	N ₂		78,09	75,50
Кислород	O ₂		20,95	23,15
Аргон	Ar		0,933	1,292
Углекислый газ	CO ₂		0,03	0,046
Неон	Ne		1,8x10 ⁻³	1,4x10 ⁻³
Гелий	He		4,6x10 ⁻⁴	6,4x10 ⁻⁵
Метан	CH ₄		1,5x10 ⁻⁴	8,4x10 ⁻⁵
Криптон	Kr		1,14x10 ⁻⁴	3x10 ⁻⁴
Водород	H ₂		5x10 ⁻⁵	8x10 ⁻⁵
Закись азота	N ₂ O		5x10 ⁻⁵	8x10 ⁻⁵
Ксенон	Xe		8,6x10 ⁻⁶	4x10 ⁻⁵
Озон	O ₃		3x10 ⁻⁷ ... 3x10 ⁻⁶	5x10 ⁻⁷ ... 5x10 ⁻⁶
Радон	Rn		6x10 ⁻¹⁸	4,5x10 ⁻¹⁷

Физические свойства воздуха

Средняя молекулярная масса	28,98 г/моль	
Плотность при атмосферном давлении (1,013x10 ⁵ Па)	-25 °C	1.424 кг/м ³
	0 °C	1,2929 кг/м ³
	20 °C	1,2047 кг/м ³
Газовая постоянная	286,89 Дж/(кг К)	
Удельная теплоемкость c _p (0 ~ 150 °C)	1011 Дж/(кг К)	
Динамическая вязкость (20 °C)	18,19x10 ⁻⁶ Па с	
Теплопроводность (20 °C)	0,0258 Вт/(м К)	
Температура кипения жидкого воздуха	-192 °C	

*) Рабинович В.А., Хавин З.Я.

Краткий химический справочник. Л.: Химия, 1991. -432с.

Пример расчета количества воздуха в стандартных объемных единицах

В ресивере объемом 38 литров находится воздух при давлении 8 бар и температуре 25 °C. Определить объем воздуха при нормальных условиях.

Напомним, что в формулу подставляются абсолютное давление, выраженное в Паскалях, и температура, выраженная в Кельвинах. Объем V может подставляться в любых единицах, при этом результат расчета (V_{норм.}) будет выражен в тех же единицах. С учетом этого получаем:

$$V_{\text{норм.}} = 2.89 \cdot 10^{-3} \cdot 38 \frac{(1.013+8) \cdot 10^5}{273+25} = 332.2 \text{ норм.л.}$$

Определение пропускной способности

В документации к пневмораспределителям, клапанам, пневмодросселям и другим пневмоэлементам, как правило, содержатся сведения об их пропускной способности. В международной практике используются различные величины, характеризующие пропускную способность пневмоэлементов.

Эквивалентное сечение S (мм²)

Данная величина равна площади отверстия в диафрагме, создающего то же самое соотношение между давлением и расходом, что и исследуемый пневмоэлемент. Эквивалентное сечение измеряется при помощи воздуха и может характеризовать пропускную способность как отдельного пневмоэлемента, так и целой системы элементов.

Нормальный объемный расход Qn (норм. л/мин)

Эта величина равна объемному расходу воздуха через пневмоэлемент при условии, что давление на входе составляет 6 бар, а на выходе - 5 бар. Объем воздуха рассчитывается при нормальных условиях, т.е. температуре 20°C и давлении 760 мм ртутного столба, или 0.1013 МПа.

Следует отметить в отношении единиц измерения, что 1 бар на 2% больше, чем 1 кгс/см², а величина 0.10132 МПа соответствует 1.033 кгс/см². Однако в практических расчетах этой разницей, как правило, пренебрегают.

Коэффициент kv (л/мин)

Эта величина относится к измерениям, проводимым с применением воды. Например, kv=1 означает, что пневмоэлемент пропускает 1 литр воды в минуту при перепаде давлений 1 бар и температуре воды 20°C.

Коэффициент Kv (м³/час)

Такой же параметр, что и kv, только имеющий размерность м³/час.

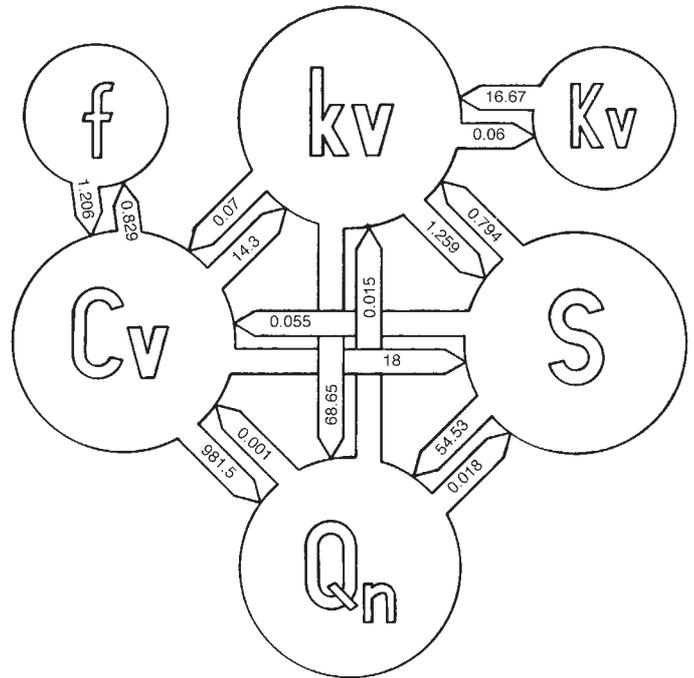
Коэффициент Cv (ам.галлон/мин)

Аналогичен параметрам kv и Kv, однако основан на применении американской системы мер. Равен 1 при пропускной способности 1 американский галлон воды в минуту при перепаде давления в 1 фунт/кв.дюйм (1psi = 0.007 МПа) и при температуре воды 60°F (15.6°C).

Коэффициент f

То же, что и коэффициент Cv, однако, имеющий размерность вместо американских галлонов английские галлоны в минуту.

На рисунке сопоставлены рассмотренные показатели пропускной способности пневмоэлементов и приведены числовые коэффициенты для перевода данных параметров из одной системы измерения в другую.



При определении размеров пневмоэлемента и его выборе необходимо иметь в виду условия его совместной работы с исполнительными механизмами, чтобы обеспечить необходимые параметры движения исполнительного устройства. Учет этих условий приводит к необходимости компенсации дополнительных потерь, в результате чего фактические размеры пневмоэлемента могут быть больше, чем теоретические. Дополнительные потери складываются из гидравлических потерь в соединительных трубопроводах и фитингах, и термодинамических потерь, связанных с адиабатическим характером процесса.

Конструкционные материалы

Материал	Аналог	Комментарий
SUS 302	12X18H9	Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая аустенитного класса
SUS 303	08X18H10	Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая аустенитного класса
SUS 304	0X18H10	Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая аустенитного класса
SUS 304L	03X18H11	Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая аустенитного класса
SUS 316L	03X17H14M3	Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса
SUS316Ti	10X17H13M2T	Сталь коррозионно-стойкая аустенитного класса
SUS 321	08X18H10T	Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая аустенитного класса
SUS 321H	12X18H10T	Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая аустенитного класса
SUS 403	08X13	Сталь коррозионно-стойкая и жаростойкая ферритного класса
SUS 440C	95X18	Сталь коррозионно-стойкая мартенситного класса
SCS 14		Литье из нержавеющей стали (эквивалент SUS 316)
BC 6		Бронза
ADC 12		Алюминиевый сплав
NBR	БНК	Нитрильный каучук
HNBR		Гидрированный нитрильный каучук (устойчив к озону)
EPM	СКЭП	Этилен-пропиленовый синтетический каучук
EPR		
EPDM		
PP	ПП	Полипропилен
PPS		Полифениленсульфид
PFA	Фторопласт-50	Тефлон
PTFE	Фторопласт-4	Политетрафторэтилен (тефлон)
FKM		Фтористый каучук (Витон)
FPM		
POM		Полиоксиметилен
PVDF	Фторопласт-2М	Поливинилиденфторид
Zalak		Материал на основе тефлона (зарегистрированная торговая марка Du Pont)

Техническая информация

Обозначения присоединительных отверстий

Наименование отверстия	Варианты обозначений		
	Буквенные	Цифровые (ISO 5599)	Прочие
Подвод воздуха	P	1	SUP
Рабочий выход	A, B	2, 4	OUT, OUT1, OUT2
Выхлоп	R, R1, R2	3, 5	EA, EB, EXH
Линия управления	PA, PB	12, 14	
Подвод внешнего пилотного воздуха	X	10	PIL

На практике используются две системы обозначений присоединительных отверстий пневмоэлементов – буквенная и цифровая (см. таблицу).

В настоящее время предпочтение отдается цифровой системе, соответствующей стандарту ISO 5599.

Кроме этого, можно встретить обозначения, не относящиеся к указанным системам, но вполне понятные – они также приведены в таблице.

Резьбовые соединения

Обозначения резьбовых соединений

Название	Тип резьбы	Угол профиля	Обозначения				
			Международное	Британское	Американское	Японское	Российское
Метрическая	Наруж.	60	M				
Трубная цилиндрическая	Наруж.	55	G	BSP	-	PF	G
	Внутр.	55					ГОСТ 6357-81
Трубная коническая	Наруж.	55	R	BSPT	-	PT	R (Rc)
	Внутр.	55	Rc				ГОСТ 6211-81
Дюймовая коническая	Наруж.	60	-	-	NPT (NPTF)	-	K
	Внутр.	60					ГОСТ 611-52

Примечание:

резьба NPT отличается от NPTF тем, что резьбовое соединение NPT требует дополнительного уплотнения (герметик, ФУМ), в то время как соединение NPTF не требует. В остальном эти резьбы совпадают и являются полностью взаимозаменяемыми, в том числе и с резьбой K ГОСТ 6111-52.

Совместимость между различными типами резьб

Наружная резьба	Внутренняя резьба								
	Цилиндрическая				Коническая		Американская		
	BSP	Rp	PF	G	BSPT	Rc	PT	NPT	NPTF
BSP	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
BSPT	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
G	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет
NPT	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да	Нет
NPTF	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет	Да
PF	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
PT	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
R	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Нет	Нет
UNI	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да	Да

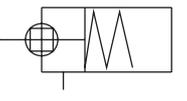
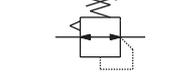
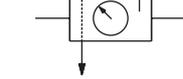
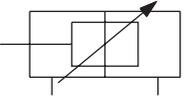
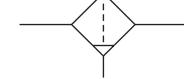
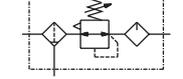
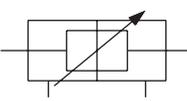
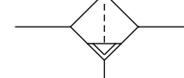
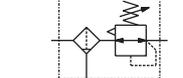
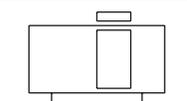
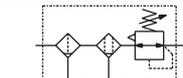
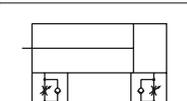
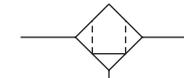
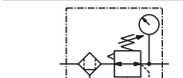
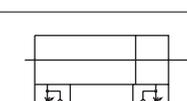
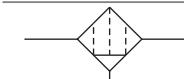
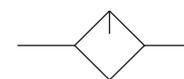
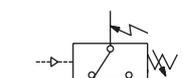
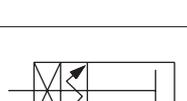
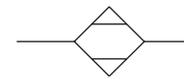
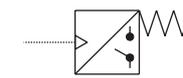
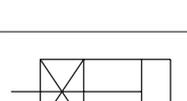
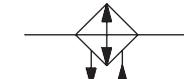
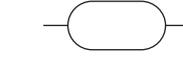
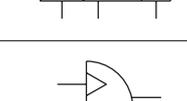
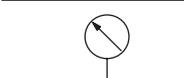
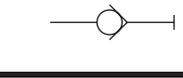
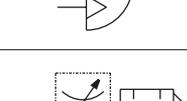
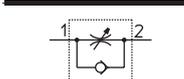
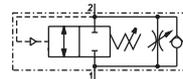
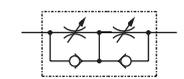
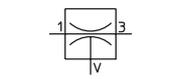
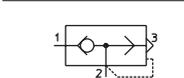
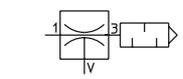
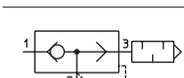
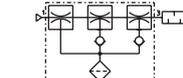
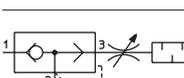
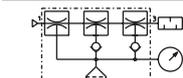
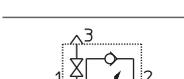
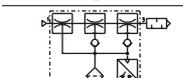
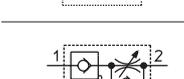
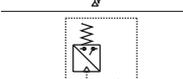
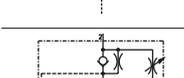
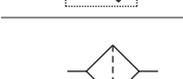
Примеры обозначения резьб

M5	Метрическая, наружный диаметр 5 мм
G 1/8 ГОСТ 6357-81	Трубная цилиндрическая, размер 1/8"
R 1/8 ГОСТ 6211-81	Трубная коническая наружная, размер 1/8"
Rc 1/8 ГОСТ 6211-81	Трубная коническая внутренняя, размер 1/8"
K 1/4" ГОСТ 6111-52, NPT 1/4	Дюймовая коническая, размер 1/4"

Символы для обозначения пневмооборудования

	2/2 пневмораспределитель, нормально закрытый		Ручное управление (обобщенный символ)		Пневмоцилиндр одностороннего действия
	2/2 пневмораспределитель, нормально открытый		Нажимная кнопка		Пневмоцилиндр двустороннего действия
	3/2 пневмораспределитель, нормально закрытый		Рычаг		Пневмоцилиндр двустороннего действия с непроворачиваемым штоком
	3/2 пневмораспределитель, нормально открытый		Педаля		Пневмоцилиндр двустороннего действия с задней монтажной опорой и односторонним штоком
	3/3 пневмораспределитель, в среднем положении закрыт		Механический толкатель		Пневмогидравлический цилиндр двустороннего действия
	4/2 пневмораспределитель		Возвратная пружина		Пневмоцилиндр двустороннего действия с двусторонним штоком
	4/3 пневмораспределитель, в среднем положении закрыт		Роликовый рычаг		Пневмоцилиндр двустороннего действия с двусторонним непроворачиваемым штоком
	4/3 пневмораспределитель, в среднем положении открыт		Односторонний роликовый рычаг		Пневмогидравлический цилиндр двустороннего действия с двусторонним штоком
	5/2 пневмораспределитель		Электромагнит с одной обмоткой		Пневмоцилиндр одностороннего действия толкающего типа с пружинным возвратом
	5/3 пневмораспределитель, в среднем положении закрыт		Электромагнит с двумя противодействующими обмотками в одном узле		Пневмоцилиндр одностороннего действия толкающего типа с пружинным возвратом и непроворачиваемым штоком
	5/3 пневмораспределитель, в среднем положении открыт		Непрямое электромагнитное управление		Пневмоцилиндр одностороннего действия тянущего типа с пружинным возвратом
	5/3 пневмораспределитель, в среднем положении под давлением		Управление посредством сжатого воздуха		
	Клапан «ИЛИ»		Фиксатор		
	Клапан «И»		Указатель давления		
	Реле давления		Пневмоглушитель		

Символы для обозначения пневмооборудования

	Пневмоцилиндр одностороннего действия тянущего типа с пружинным возвратом и непроворотным штоком		Редукционный клапан со сбросом давления		Блок подготовки воздуха (упрощенное обозначение)
	Пневмоцилиндр двустороннего действия с регулируемым пневматическим демпфером		Фильтр-влагодделитель		Блок подготовки воздуха (фильтр, редукционный клапан, маслораспылитель)
	Пневмоцилиндр двустороннего действия с регулируемым пневматическим демпфером и двусторонним штоком		Фильтр-влагодделитель с автоматическим отводом конденсата		Фильтр/Регулятор (комбинация воздушного фильтра и редукционного клапана)
	Бесштоковый магнитный пневмоцилиндр		Устройство автоматического отвода конденсата		Блок подготовки воздуха (фильтр, микрофильтр, редукционный клапан)
	Пневмоцилиндр двустороннего действия с односторонним штоком и встроенными дросселями		Микрофильтр		Блок подготовки воздуха (микрофильтр, редукционный клапан, манометр)
	Пневмоцилиндр двустороннего действия со сквозным штоком и встроенными дросселями		Субмикрофильтр		Усилитель давления с ручной регулировкой
	Пневмоцилиндр с односторонним штоком и датчиком координаты поршня		Маслораспылитель		Реле давления Регулируемое
	Пневмоцилиндр с односторонним штоком и датчиком координаты поршня и прецизионным стопором		Осушитель		Реле давления Нерегулируемое
	Пневмоцилиндр двустороннего действия с пневмоуправляемым стопором		Охладитель		Ресивер
	Поворотный исполнительный механизм двустороннего действия		Манометр		Обратный клапан без пружины
	Регулируемый пневмодроссель с пневмоглушителем		Дроссель с обратным клапаном		Блок управления скоростью исполнительного звена (для регулирования входящего потока)
			Блок из двух дросселей с обратными клапанами для управления потоком в обоих направлениях		Вакуумный эжектор
			Клапан быстрого выхлопа		Вакуумный эжектор с пневмоглушителем
			Клапан быстрого выхлопа с пневмоглушителем		Многостадийный вакуумный эжектор с фильтром и пневмоглушителем
			Клапан быстрого выхлопа с дросселем и пневмоглушителем		Многостадийный вакуумный эжектор с фильтром, пневмоглушителем и вакуумным манометром
			Дроссель с обратным клапаном и клапаном сброса остаточного давления		Многостадийный вакуумный эжектор с фильтром, пневмоглушителем и вакуумным реле давления
			Пневмозамок с дросселем и обратным клапаном		Блок вакуумного реле давления
			Блок управления скоростью исполнительного звена (для регулирования выходящего потока)		Фильтр