

Бауман Э.

Измерения сил электрическими методами

СИЛА КАК ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

Сила — одна из основных величин в механике. Во многих случаях она наряду со временем и длиной выбирается в качестве одной из трех основных величин в системе величин этой области физики.

Первоначальное представление о силе как понятии исходило из веса и мускульного усилия, необходимого для его уравнивания. Более глубокое рассмотрение приводит к анализу физических проявлений силы: ускорений и деформаций.

Связь между силами и ускорениями была впервые установлена и описана

Ньютоном. В соответствии со *вторым законом Ньютона* сила \vec{F} равна произведению скалярной массы тела m на его векторное ускорение \vec{a}

$$\vec{F} = m \vec{a} . \quad (2.1)$$

Если известна масса, то из уравнения (2.1) можно определить действующую силу путем измерения ускорения.

Особым видом силы является *вес* G . Он возникает под действием ускорения земного притяжения g на массу m и в вакууме равен

$$G = mg . \quad (2.2)$$

Вес G (в сущности \vec{G}) всегда направлен к центру масс Земли.

При более точном определении веса должна приниматься во внимание зависимость ускорения земного притяжения от географических координат и высоты над уровнем моря, причем, кроме того, необходимо учитывать выталкивающую силу воздуха. Зависимость ускорения от местоположения определяется посредством зависимости, установленной в 1930 г. :

$$g = 9,780490 (1 + 5,2884 \cdot 10^{-3} \sin^2 a - 5,9 \cdot 10^{-6} \sin 2a) \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}, \quad (2.3)$$

где a — географическая широта. На рис. 1.1 показана эта зависимость вместе с зависимостью ускорения от высоты над уровнем моря.

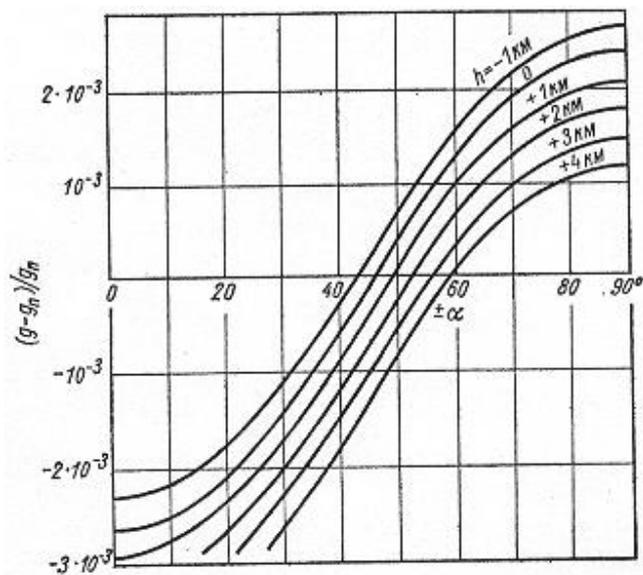


Рисунок 1.1 - Зависимость ускорения земного притяжения g от географической широты α и высоты h над уровнем моря

При обычной точности определения массы возможны расхождения полученных значений, которые следует учитывать. Кажущееся изменение веса под действием выталкивающей силы воздуха определяется из соотношения (рис. 1.2):

$$\frac{\Delta G}{G} = \frac{\rho_{\text{возд}}}{\rho_m}$$

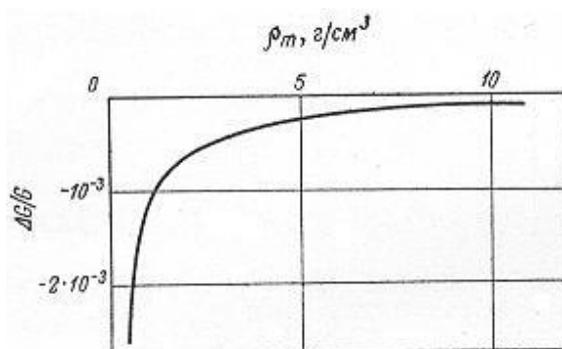


Рисунок 1.2 - Кажущееся изменение веса G из-за выталкивающей силы воздуха как функция плотности ρ_m (однородного) объекта измерения

По этой причине у особо лёгких материалов имеет место изменение веса, которым нельзя пренебрегать.

Связь между силами и деформациями была впервые описана Гуком (закон Гука), и для определенных простых случаев может быть представлена в обобщенной форме

$$\vec{F} = c \cdot \vec{\xi},$$

где c — жесткость деформируемого тела в месте приложения силы;

$\vec{\xi}$ — вектор возникшей в этом месте деформации.

В тех системах, где происходят процессы деформации, интерес представляют напряжения материала (и сами деформации), которые связаны со статически действующими силами.

Таким образом, можно сформулировать три основные задачи силоизмерительной техники (рис. 1.3):

- а) измерение сил, действующих на ускоряемые массы;
- б) измерение веса, вернее массы, при известном ускорении под действием земного притяжения;
- в) измерение сил для определения напряжений и деформаций.

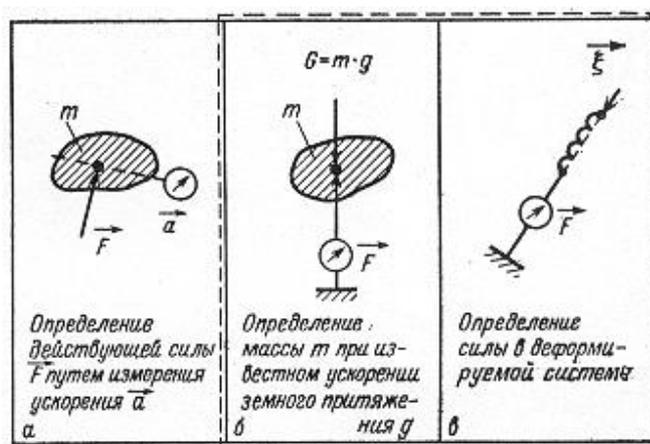


Рисунок 1.3 - Основные задачи силоизмерительной техники

Задача (а) может быть сведена при известной массе тела к измерению ускорения. Этот вопрос, однако, является предметом обширной специальной литературы и поэтому здесь в дальнейшем не рассматривается. Задачи (б) и (в) относятся к области собственно силоизмерительной техники.

Единицей измерения силы в системе СИ является международно признанная единица “ньютон” (Н). 1 ньютон — это сила, которая сообщает телу массой 1 кг ускорение $1 \text{ м} \cdot \text{с}^{-2}$:

$$1\text{Н} = 1\text{м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2}.$$

В международной практике ньютон получает все более широкое распространение. Ранее применялись так называемые *технические единицы силы*, выведенные из веса. При этом в качестве единицы силы принимался <нормальный вес>, т. е. вес единицы массы в 1 кг в месте действия нормального ускорения земного притяжения g_n .

Значение g_n было установлено в 1901 г. для географической широты, соответствующей примерно 45° :

$$g_n = 9,80665 \text{ м с}^{-2}.$$

Единица силы, установленная таким образом, сначала называлась “килограмм-силой” в противоположность “килограмм-массе”, а позже — “килограммом”. В результате между инженерами и физиками возникли недоразумения, которые были устранены только введением для килограмм-силы наименования килопонд.

$$1 \text{ кр} = 1 \text{ кгс} = 9,80665 \text{ м} \cdot \text{кг} \cdot \text{с}^{-2} = 9,80665 \text{ Н}.$$

В настоящее время в международной практике пока еще употребляются и другие единицы измерения силы. Эти важнейшие единицы и их переводные коэффициенты приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Соотношение единиц измерения силы

	Ньютон (Н)	Дина (дин)	Килограмм-сила (кгс)	Фунт-сила (lbf)	Унция (oz)
Ньютон	1	10^5	0,101972	0,224811	3,59695
Дина	10^{-5}	1	$1,01972 \cdot 10^{-6}$	$2,24810 \cdot 10^{-6}$	$3,59695 \cdot 10^{-5}$
Килограмм-сила	9,80665	$9,80665 \cdot 10^{-5}$	1	2,204622	35,27396
Фунт-сила	4,448187	$4,448187 \cdot 10^5$	0,45359	1	16,0000
Унция	0,278014	$2,78014 \cdot 10^4$	$28,3495 \cdot 10^{-3}$	$6,24999 \cdot 10^{-2}$	1