



ПОДОБИЯ КРИТЕРИИ

Авторы: Г. А. Тирский

ПОДОБИЯ КРИТЕРИИ, безразмерные параметры, составленные из размерных физич. величин, характеризующих рассматриваемые физич. явления. Согласно П -теореме (см. в ст. [Подобия теория](#)), если определяемая размерная величина (аэродинамич. сопротивление, тепловой поток и др.) зависит от n физич. величин, среди которых r величин ($r \leq n$) имеют независимые размерности, то безразмерная определяемая величина будет зависеть от $n-r$ безразмерных параметров. Т. о., любую предполагаемую (или получаемую в ходе решения задачи) зависимость всегда можно представить в виде зависимости определяемой безразмерной величины от $n-r$ безразмерных аргументов (число которых меньше числа исходных размерных аргументов). Окончательный вид функции, описывающей рассматриваемую зависимость, определяется из эксперимента или путём решения соответствующей математич. задачи, записанной в безразмерных переменных.

Равенство всех однотипных П. к. для реальных объектов (процессов) и соответствующих моделей является необходимым и достаточным условием равенства определяемых безразмерных величин в натуре и модели. Так, полёт самолёта можно смоделировать обдувом модели самолёта в аэродинамич. трубе, движение воды в водопаде – сливом воды из сосуда: П. к. верно подобранной модели совпадают с П. к. реального процесса, несмотря на существенные различия в линейных размерах, скоростях, энергиях и времени протекания в модели и в натуре.

В разных областях физики существует свой набор осн. П. к. В механике жидкости и газа важнейшими П. к. являются [Рейнольдса число](#), [Маха число](#), число Фруда, [Кнудсена число](#), [Прандтля число](#), [Струхала число](#), число Шмидта. Всякая новая комбинация П. к. также является П. к. (напр., [Пекле число](#), [Рэлея число](#), [Эйлера число](#)), что даёт возможность выбрать критерии, наиболее подходящие для

конкретной задачи. Число Рейнольдса Re характеризует соотношение между силами вязкости и инерции текущей среды: $Re = \rho v L / \mu = v L / \nu$, где $\nu = \mu / \rho$, ρ – плотность среды, v – скорость потока, L – характерный линейный размер задачи (напр., размер обтекаемого тела), μ – динамич. вязкость, ν – кинетич. вязкость. Локальное число Маха M показывает отношение скорости потока в данной точке к скорости звука в этой же точке: $M = v/a$. Число Фруда Fr определяет соотношение сил инерции и силы тяжести: $Fr = v^2/gL$, где g – ускорение свободного падения. Число Кнудсена Kn характеризует степень разреженности газа: $Kn = l/L$, где l – ср. длина свободного пробега частицы (атома, молекулы) в газе. Число Прандтля Pr характеризует способность распространения тепла в текущей вязкой жидкости (газе) и равно $Pr = \mu c_p / \lambda$, где c_p – удельная теплоёмкость при постоянном давлении, λ – коэф. теплопроводности. Число Струхала Sh показывает отношение времени перемещения жидкой частицы по рассматриваемой области течения к характерному времени τ внешних нестационарных воздействий на поток: $Sh = L/v\tau$; при $Sh \rightarrow 0$ течение рассматривается как квазистационарное. Число Шмидта Sc характеризует соотношение размеров областей, где в потоке определяющее значение имеют вязкость и диффузия: $Sc = \mu / \rho D = \nu / D$, здесь D – коэф. диффузии.

В задачах свободной конвекции вместо числа Рейнольдса (фигурирующего в задачах вынужденной конвекции) используют число Грасгофа $Gr = [\alpha g (T_w - T_\infty) L^3] / \nu^2$. Здесь α – объёмный коэф. расширения жидкости, T_w – темп-ра обтекаемой стенки, T_∞ – темп-ра окружающей среды. При рассмотрении явлений, в которых определяющее значение имеет сила Архимеда (выталкивающая сила), применяют число Архимеда $Ar = g(L^3/\nu^2) (\rho - \rho_1) / \rho_1$, где ρ и ρ_1 – плотность среды в двух точках. Если изменение плотности обусловлено изменением темп-ры, число Архимеда превращается в число Грасгофа. В задачах распространения тепла в твёрдом теле используют число Фурье $Fo = t/L^2$, где λ – коэф. температуропроводности, t – время. К П. к. не относятся безразмерные величины, определяемые из эксперимента или решения математич. задач, напр. [Нуссельта число](#) и коэф. сопротивления движущегося тела.

В задачах теории упругости осн. П. к. являются: коэф. Пуассона, отношение модуля Юнга к модулю сдвига, отношение модуля объёмного сжатия к модулю Юнга (см. в ст.

Модули упругости).

Примерами П. к. при рассмотрении электромагнитных явлений могут служить отношения $\mu_m \gamma L_i / 2t$ и $\epsilon / \gamma t$, где μ_m – магнитная проницаемость среды, γ – её удельная электрич. проводимость, ϵ – диэлектрич. проницаемость, L_i – индуктивность. П. к. для электрич. цепей являются отношения L_i / Rt и C / Gt , где R – электрич. сопротивление, C – ёмкость, G – электрич. проводимость.

П. к. используются при решении задач по моделированию в разл. областях науки и техники: при разработке новых типов самолётов и космич. аппаратов, в кораблестроении, автомобилестроении, биомеханике, океанологии, метеорологии, астрофизике, науках о Земле и др.

Литература

Лит.: Биркгоф Г. Гидродинамика. М., 1963; Курт Р. Анализ размерностей в астрофизике. М., 1975; Кутателадзе С. С. Анализ подобия и физическое моделирование. Новосибир., 1986; Седов Л. И. Методы подобия и размерности в механике. 10-е изд. М., 1987; Тирский Г. А. Подобие и физическое моделирование // Соросовский образовательный журнал. 2001. Т. 7. № 8.