пространства X (области определения) в ф-ции $y(t)$ из функционального пространства Y (область значений); ф-ция $K(t, s)$ наз. ядром И. о. Чаще всего рассматривают И. о. на функциональных пространствах $C(S)$ (непрерывных на замкнутом множестве S ф-ций) и $L^p(S)$ (интегрируемых на S со степенью p ф-ций).

Среди И. о. наиб. изучены (вполне непрерывные) **фредгольмовы операторы**. Ядро K при этом наз. фредгольмовым ядром. Напр., для И. о., действующего в $C(S)$, ядро K фредгольмово, если ф-ция $K(t, s)$ непрерывна в квадрате $S\times S$. Для И. о. в $L^2(S)$ ядро фредгольмово, если выполнено неравенство:

$$\int_S\int_S |K(t, s)|^2\,dt\,ds < \infty.$$

Важным частным случаем фредгольмова оператора является **оператор Гильберта — Шмидта** (см. *Интегральное уравнение*). Встречаются И. о. с полярным ядром (со слабой особенностью):

$$K(t, s) = B(t, s)\,|t-s|^{-m}, \quad 0 < m < n,$$

где $|t-s|$ — расстояние между точками s и t n-мерного пространства. Для ф-ций из $C(S)$ И. о. с полярным ядром будет фредгольмовым, если ф-ция $B(t, s)$ непрерывна на $S\times S$; если $B(t, s)$ ограничена всюду в квадрате $S\times S$ и

$$\int_S\int_S |B(s, t)|^2\,ds\,dt < \infty,$$

то И. о. с полярным ядром фредгольмов на $L^2(S)$.

В матем. физике применяют разл. типы И. о., возникающих при *интегральных преобразованиях*.

Лит.: Владимиров В. С., Уравнения математической физики, 5 изд., М., 1988; Интегральные уравнения, М., 1968; Рихтмайер Р., Принципы современной математической физики, пер. с англ., М., 1982. *С. В. Молодцов.*

ИНТЕГРИРУЮЩАЯ ЦЕПЬ — электрическая цепь, в к-рой выходное напряжение $U_{\text{вых}}(t)$ (или ток) пропорционально интегралу по времени от входного напряжения $U_{\text{вх}}(t)$ (или тока):

$$U_{\text{вых}}(t) = K\int U_{\text{вх}}(t)\,dt.$$

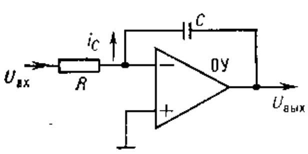

Рис. 1. Интегратор на операционном усилителе.

В основе действия И. ц. лежит накопление заряда на конденсаторе с ёмкостью C под действием приложенного тока i_C ($U_C = {}^1/_C\int i_C dt$) или накопление магн. потока в катушке с индуктивностью L под действием приложенного напряжения U_L ($i_L = {}^1/_L\int U_L dt$). Преимущественно используются И. ц. с конденсатором.

С наиб. точностью указанный принцип реализуется в интеграторе на операц. усилителе (ОУ) (рис. 1). Для идеального ОУ разность напряжений между его входами и входные токи равны нулю, поэтому ток, протекающий через сопротивление R, равен току заряда

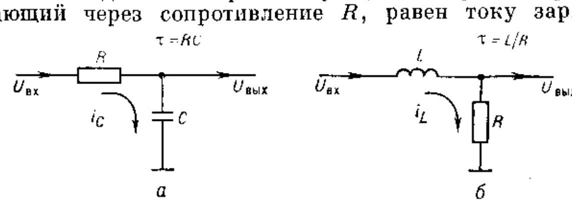

Рис. 2. Интегрирующие цепи: *а* — *RC*; *б* — *RL*.

конденсатора C, а напряжение в точке их соединения равно нулю. В результате

$$U_{\text{вых}} = -U_C = -\frac{1}{RC}\int U_{\text{вх}}(t)\,dt.$$

Произведение $RC = \tau$, характеризующее скорость заряда конденсатора, наз. постоянной времени И. ц.

Широко используется простейшая RC-И. ц. (рис. 2, *а*). В этой схеме ток заряда конденсатора определяется разностью входного и выходного напряжений [$i_C = (U_{\text{вх}} - U_{\text{вых}})/R$], поэтому интегрирование входного напряжения выполняется приближённо и тем точнее, чем меньше выходное напряжение по сравнению с входным. Последнее условие выполняется, если постоянная времени τ много больше интервала времени, по к-рому происходит интегрирование. Для правильного интегрирования импульсного входного сигнала необходимо, чтобы τ была много больше длительности импульса T (рис. 3). Аналогичными свойствами обладает RL-И. ц., показанная на рис. 2, *б*, для к-рой постоянная времени равна L/R.

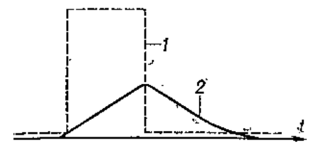

Рис. 3. *1* — входной прямоугольный импульс; *2* — выходное напряжение интегрирующей цепи при $\tau \gg T$.

И. ц. применяются для преобразования импульсов, модулированных по длительности, в импульсы, модулированные по амплитуде, для удлинения импульсов, получения пилообразного напряжения, выделения низкочастотных составляющих сигнала и т. п. И. ц. на операц. усилителях применяются в устройствах автоматики и аналоговых ЭВМ для реализации операции интегрирования.

Лит.: Титце У., Шенк К., Полупроводниковая схемотехника, пер. с нем., М., 1982. *А. В. Степанов.*

ИНТЕ́ГРО-ДИФФЕРЕНЦИА́ЛЬНОЕ УРАВНЕ́НИЕ — ур-ние, содержащее неизвестную ф-цию под знаками операций дифференцирования и интегрирования.

И.-д. у. возникают в задачах матем. физики, когда поведение моделируемой системы существенно определяется предыдущими состояниями системы (т. н. явления последствия, гистерезиса и т. п.). И.-д. у. встречаются, напр., при изучении явлений переноса энергии и диффузии нейтронов, в теории щелевых антенн, в задачах гидродинамич. теории смазки.

Впервые И.-д. у., по-видимому, появились в исследованиях В. Вольтерры в 1913.

В зависимости от вида дифференц. операций различают обыкновенные И.-д. у. и И.-д. у. в частных производных (напр., кинетич. ур-ние Больцмана, ур-ние Колмогорова — Феллера).

В ряде случаев И.-д. у. можно свести к *интегральным уравнениям*, но часто при изучении И.-д. у. возникают специфич. явления, не свойственные дифференц. и интегральным ур-ниям.

Лит.: Филатов А. Н., Асимптотические методы в теории дифференциальных и интегро-дифференциальных уравнений, Таш., 1974; Вольтерра В., Теория функционалов, интегральных и интегро-дифференциальных уравнений, пер. с англ., М., 1982. *С. В. Молодцов.*

ИНТЕНСИ́ВНОСТЬ ДЕФОРМА́ЦИИ — величина, определяющая изменение угла между волокнами, одинаково наклонёнными к гл. осям деформации в точке (октаэдрич. сдвиг). Через компоненты тензора малой *деформации* ε_{ij} И. д. $\varepsilon_и$ выражается ф-лой

$$\varepsilon_и = (\sqrt{2}/3)\,[(\varepsilon_{11}-\varepsilon_{22})^2 + (\varepsilon_{22}-\varepsilon_{33})^2 + (\varepsilon_{33}-\varepsilon_{11})^2 + 6(\varepsilon_{12}^2 + \varepsilon_{23}^2 + \varepsilon_{31}^2)]^{1/2}.$$

Понятие И. д. используется в *пластичности теории.*

ИНТЕНСИ́ВНОСТЬ ЗВУ́КА (сила звука) — средняя по времени энергия, переносимая звуковой волной через единичную площадку, перпендикулярную к направлению распространения волны, в единицу времени. Для периодич. звука усреднение производится либо за промежуток времени, больший по сравнению с периодом, либо за целое число периодов.

Для плоской синусоидальной бегущей волны И. з. $I = pv/2 = p^2/2\rho c = v^2\rho c/2$, где p — амплитуда *звукового давления*, v — амплитуда колебат. скорости частиц, ρ — плотность среды, c — скорость звука в ней. В сферич. бегущей волне И. з. обратно пропорц. квадрату