

активности *анализа*. Гл. проблема для самогасящихся И. р. — т. н. тепловой удар, возникающий вследствие того, что тепловое расширение элементов активной зоны не успевает реализоваться за время нагрева (сжатая пружина). В металл. конструкциях активной зоны И. р. на быстрых нейтронах в результате этого развиваются напряжения, достигающие предела прочности, что ограничивает энергию импульса.

Периодич. И. р. (мигающий, пульсирующий) работает в режиме периодически повторяющихся импульсов мощности, к-рые иницируются и гасятся за счёт периодич. движения части активной зоны, части отражателя либо замедлителя (модулятора реактивности). Полуширина импульса

$$\theta = 2,35 \sqrt{\tau/\gamma}, \quad (1)$$

где τ — время «жизни» одного поколения мгновенных нейтронов в реакторе, γ — скорость изменения коэф. размножения нейтронов за счёт движения модулятора реактивности в момент времени, соответствующий максимуму импульса. Короткий импульс можно получить только в реакторе на быстрых нейтронах, где τ мало (10^{-8} – 10^{-7} с).

Периодич. И. р. занимают промежуточное положение между самогасящимися И. р. и обычными непрерывными реакторами. Они уступают первым по интенсивности импульсов и вторым по ср. мощности, однако значительно превосходят последние по значению потока нейтронов в импульсе, а первые — по ср. мощности. Так, ИБР-2 (ОИЯИ, Дубна), самый мощный из трёх функционирующих И. р. этого типа, имеет ср. мощность 2 МВт, частоту импульсов 5 с^{-1} , полуширину импульса быстрых нейтронов 215 мкс, плотность потока тепловых нейтронов на поверхности внеш. замедлителя в максимуме импульса 10^{16} нейтр/см²с.

Осн. назначения периодич. И. р. — исследования на выведенных пучках медленных нейтронов с применением *нейтронной спектроскопии* по времени пролёта, особенно для целей *нейтронной графики* конденсированных сред. Для сокращения длительности нейтронного импульса необходимы быстрые модуляторы реактивности, способные изменять коэф. размножения нейтронов со скоростью $\sim 100 \text{ с}^{-1}$.

Бустеры — подкритич. реакторы ($K < 1$), в к-рых импульс мощности иницируется нач. импульсом нейтронов от внеш. источника, размножение нейтронов в активной зоне гасится при затухании цепной реакции деления после выключения источника. Длительность нейтронного импульса в бустере больше длительности внеш. источника на величину порядка $\tau/(1-k)$, где τ — время жизни мгновенных нейтронов, k — эффективный коэф. размножения. Количество нейтронов, генерированное в импульсе в $1/(1-k)$ раз, превышает число нейтронов источника. В качестве внеш. источника используют фотонейтроны из мишеней импульсных *сильноточных ускорителей* электронов с энергией 30–100 МэВ (на 100 электронов в мишени рождается приблизительно 1 нейтрон). Более эффективны протоны с энергией ~ 1 ГэВ. В бустерах удаётся получить наиб. короткие импульсы (~ 1 мкс), однако при более низкой мощности.

Лит.: Шабалин Е. П., Импульсные реакторы на быстрых нейтронах, М., 1978; Ломидзе В. Л., Импульсные ядерные реакторы, М., 1982; Вопросы современной экспериментальной и теоретической физики. Сб. науч. трудов, Л., 1984. *Ф. П. Шабалин.*

ИМПУЛЬСНЫЙ СИГНАЛ — кратковрем. изменение физ. величины (поля, параметра материальной среды и т. п.). В зависимости от природы различают акустич., эл.-магн. (в т. ч. радио- и оптич.), электрич. и т. п. И. с. Осн. параметрами, определяющими свойства И. с., являются: длительность (протяжённость в пространстве), амплитуда — величина максимального отклонения от опред. уровня, длительность (протяжённость) фронта и среза (спада), скорость перемещения в среде. Повторяющиеся во времени И. с. характеризуются пе-

риодом (или частотой) повторения, а также с к в а ж н о с т ь ю, определяемой как отношение периода повторения к длительности импульса.

Для описания формы реальных И. с. используют разл. аппроксимирующие ф-ции (отсюда названия: гауссова, экспоненц., прямоуг. и т. п. форма И. с.), а также разложения И. с. в ряды по спец. базисным ф-циям, напр. ф-циям Эрмита, Бесселя, Уолша, полиномам Чебышева. Спектральным представлением И. с. наз. его *Фурье преобразование*, осн. параметром к-рого является ширина спектра И. с. Спектр любого И. с. бесконечен, однако в технике под шириной спектра И. с. обычно понимают огранич. область частот $\Delta\omega$, в к-рой сосредоточена доминирующая доля (напр. $\geq 0,9$) полной энергии И. с., её наз. активной шириной спектра. Между активной шириной спектра $\Delta\omega$ и длительностью Δt реальных И. с. выполняется соотношение неопределённости $\Delta\omega\Delta t = \text{const}$, гласящее: чем меньше длительность (интервал времени наблюдения) И. с., тем шире его спектр (тем шире должна быть полоса пропускания обрабатывающей и измерительной аппаратуры).

В радиоэлектронике одиночные И. с. наз. в и д е о и м п у л ь с а м и, а короткие пакеты высокочастотных колебаний, огибающая к-рых изменяется по закону видеопульсов, — р а д и о и м п у л ь с а м и. Радиоимпульсные сигналы, используемые в радиолокации, можно рассматривать как частный случай амплитудно-модулированных колебаний (см. *Амплитудная модуляция*). В информационно-вычислит. технике и технике связи последовательности И. с. применяют для кодирования и переноса информации (см. *Импульсная модуляция*). По роли в передаче информации И. с. можно разделить на полезные и мешающие (импульсные помехи), по степени определённости ожидаемых значений — на детерминированные (регулярные) и случайные.

И. с. находят применение также в др. областях техники и эксперим. физики: для дистанц. обнаружения объектов, диагностики неоднородностей разл. сред, ускорения потоков заряж. частиц, создания когерентных излучений и т. д. (см. *Импульсные устройства*). Фактически любое излучение заряж. частиц представляет собой совокупность И. с. разл. амплитуды и длительности. Поэтому И. с. широко представлены в природе в виде «всплесков» излучений космич. источников (напр., пульсаров); сейсмич. возмущений, напр. в результате сдвигов земной коры; возмущений, распространяющихся в биологически активных средах (см. *Нервный импульс*), и т. д.

Лит.: Гоноровский И. С., Радиотехнические цепи и сигналы, 4 изд., М., 1986; Ицхоки Я. С., Овчинников Н. И., Импульсные и цифровые устройства, М., 1973.

Ю. К. Богатырёв, М. А. Миллер;
ИНВАРИАНТ МАТРИЦЫ — характеристика квадратной матрицы A , сохраняющаяся при преобразовании подобия $A' = S^{-1}AS$, где S — невырожденная матрица (её определитель отличен от нуля, $\det S \neq 0$). Матрицы A' и A наз. подобными. Алгебраич. матричные ур-ния сохраняют свой вид при преобразовании подобия, поэтому собственные значения λ_i матрицы являются И. м. Через собств. значения выражаются др. важные для приложений И. м., её след (шпур) и определитель: $\text{Sp } A = \sum_i \lambda_i$, $\det A = \prod_i \lambda_i$.

В. И. Алхимов.

ИНВАРИАНТНОЕ ИНТЕГРИРОВАНИЕ — вид интегрирования для ф-ций, аргументом к-рых являются элементы *группы* или точки однопараметрического пространства (любую точку такого пространства можно перевести в другую заданным действием группы). И. и. согласовано с действием группы: значение интеграла не меняется при заменах переменных, отвечающих этому действию, а якобиан замены равен 1.

И. и. — стандартный приём для построения *функционального интеграла*, служащего эфф. средством изучения калибровочных полей, разл. моделей квантовой теории поля.