М., 1979; 5) Нелинейная спектроскопия, под ред. Н. Бломберген, пер. с англ., М., 1979; 6) Справочник по лазерам, пер. с англ., под ред. А. М. Прохорова, т. 2, М., 1978; 7) Цернике Ф., Мидвинтер Дж., Прикладная нелинейная оптика, пер. с англ., М., 1976; 8) «Journal of the Optical Society of America», 2B, Special issue, Excitonic Optical Nonlinearities, 1985; 9) Ахманов С. А., Желудев Н. И., Свирко Ю. П., Неустойчивость поляризации световой волны в сильно-нелинейной среде, «Изв. АН СССР, Сер. физ.», 1982, т. 46, с. 1070.

Н. И. Желудев.

НЕЛИНЕ́ЙНЫЕ ИСКАЖЕ́НИЯ — изменения сигнала $S_{\text{вых}}(t)$, приводящие к искажению передаваемого сообщения $S_{\text{вх}}(t)$, обусловленные нелинейностью оператора тракта передачи L (в т. ч. в присутствии помех): $S_{\text{вых}}(t) = LS_{\text{вх}}(t)$. Н. и. возникают в нелинейных и нелинейно-параметрич. цепях, обладающих свойством порождать новые составляющие в спектрах проходящих через них сигналов. Различают собственно Н. и.— Н. и. полезного сигнала в отсутствие помех, и Н. и. помех — Н. и. полезного сигнала, обусловленные нелинейностью цепи под действием помех. Оценку Н. и. проводят либо по степени искажения тестовых сигналов, либо по характеристикам оператора, тракта передачи. В первом случае, при к-ром тестовым сигналом является синусоидальное напряжение, наиб. удобны коэф. гармонич. искажений $K_{\text{г}}[\%]$ или затухание B [дБ]:

$$K_{\text{г}} = \frac{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \ldots}}{\sqrt{A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 + \ldots}} \cdot 100\%,$$

$$B = 20\lg \frac{A_1}{\sqrt{A_2^2 + A_3^2 + \ldots}},$$

где A_i — амплитуда i-й гармоники сигнала. Оценка Н. и. по характеристикам оператора тракта передачи основана на аппроксимации их выражениями, параметры к-рых зависят от степени нелинейности. В трактах с резистивной нелинейностью оценку проводят либо по амплитудной характеристике, либо методом угла отсечки с последующим вычислением коэф. Берга. В трактах с комплексным характером нелинейности используют метод рядов Вольтерры.

Лит.: Богданович Б. М., Нелинейные искажения в приемно-усилительных устройствах, М., 1980.

НЕЛИНЕ́ЙНЫЕ КОЛЕБА́НИЯ И ВО́ЛНЫ — процессы в колебат. и волновых системах, не удовлетворяющие *суперпозиции принципу*. Нелинейные колебания или волны в общем случае взаимодействуют между собой, а их характеристики (частота, форма колебаний, скорость распространения, вид профиля волн и др.) зависят от амплитуды. Н. к. и в. в системах разл. физ. природы имеют общие черты, проявляющиеся в единстве их матем. описания. Изучению Н. к. и в. посвящена теория *нелинейных систем* — нелинейная динамика.

НЕЛИНЕ́ЙНЫЕ СИСТЕ́МЫ — колебательные (волновые) системы, процессы в к-рых не удовлетворяют *суперпозиции принципу*, в отличие от линейных систем. Все реальные физ. системы нелинейны, их можно считать линейными лишь приближённо —при малой интенсивности колебат. и волновых процессов. Матем. образом Н. с. являются нелинейные ур-ния (см. *Нелинейные уравнения математической физики*). Изучением колебат. и волновых процессов в конкретных Н. с. занимаются *гидродинамика*, *нелинейная оптика*, *нелинейная акустика*, физика плазмы (см. *Нелинейные явления в плазме*), а также химия, биология, экология, социология и др. В то же время многие Н. с. совершенно различной природы имеют одинаковое матем. описание. Соответственно, совпадает и характер протекающих в них процессов. Это послужило основой для развития единого подхода к изучению Н. с., позволило выработать базовые модели, образы и понятия и проанализировать осн. колебат. и волновые явления в Н. с. вне зависимости от их конкретной природы.

Аналитич. описание процессов в Н. с. затруднено ввиду отсутствия общих методов решения нелинейных ур-ний. Наиб. доступно изучение динамики слабонелинейных систем. Описывающие их ур-ния содержат нелинейные члены с малым параметром, что позволяет использовать разл. варианты метода возмущений (см. *Возмущений теория*). Нелинейность в таких системах проявляется либо в возникновении малых поправок к решению линеаризов. системы ур-ний, получаемой в пренебрежении нелинейными членами, либо, что более важно, в медленном изменении его параметров. При исследовании сильнонелинейных систем, за исключением ограниченного числа точно решаемых случаев, используется численное моделирование.

Разделяют два класса Н. с.— консервативные системы, в к-рых энергия колебательных (волновых) процессов сохраняется, и неконсервативные системы, в к-рых энергия диссипирует (*диссипативные системы*) или поступает в систему от внеш. источников (активные системы). Прогресс в изучении консервативных Н. с. в значит. мере обусловлен возможностью применения к большинству из них аппарата *гамильтонова формализма*. Во многих практически важных случаях гамильтониан Н. с. совпадает с выражением для энергии системы. Известны, однако, консервативные Н. с., для к-рых гамильтоново описание не построено. Для биол., экологич., социологич. и т. п. Н. с., в к-рых строгое определение консервативности с использованием интеграла энергии не применимо, также принято указанное деление, основанное на аналогии их описания с физ. Н. с.

Консервативные Н. с. Простейшим примером поведения консервативной Н. с. являются колебания нелинейного осциллятора, описываемые ур-нием

$$\ddot{x} + f(x) = 0.$$

Если ф-ция $f(x)$ линейна [$f(x) \sim x$], то осциллятор линейный. Ур-ние нелинейного осциллятора описывает, напр., колебания матем. маятника, изменения тока и напряжения в колебат. контуре, в к-ром индуктивность катушки зависит от величины тока и (или) ёмкость конденсатора зависит от напряжения, а также движение иона в пространственно неоднородном электрич. поле и др. На рис. 1 приведены вид потенциального рельефа $\varphi(x)$ и соответствующие ему фазовые траектории — траектории движения изображающей точки Н. с. в фазовом пространстве $(x, \dot{x})$. Энергия заряж. частицы, движущейся в стационарном электрич. поле, сохраняется:

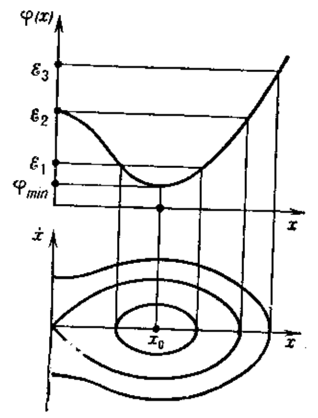

Рис. 1. Потенциал электрического поля $\varphi(x)$ и фазовые траектории, отвечающие движению иона в данном поле при различных значениях энергии $\mathcal{E}$.

$$\mathcal{E} = \frac{m\dot{x}^2}{2} + q\varphi(x) = \text{const}$$

(где m, q — масса и заряд частицы; $q > 0$). Это выражение определяет гамильтониан осциллятора. Дифференцирование его по времени даёт ур-ние нелинейного осциллятора, где $f(x) = q/m\varphi_x'$. Осциллятор является линейным лишь при условии $\varphi(x) \sim x^2$, т. е. при параболич. потенциальном рельефе. При этом его колебания являются гармоническими и изохронными — их частота не зависит от амплитуды. Как видно из рис. 1, осциллятор имеет два состояния равновесия ($\dot{x} = 0$):