робежном регуляторе Уатта, используемом для стабилизации скорости вращения вала паровой машины. Исследование Дж. К. Максвеллом (J. C. Maxwell) и И. А. Вышнеградским свойств такого регулятора положило начало теории О. с. В стабилизаторе напряжения

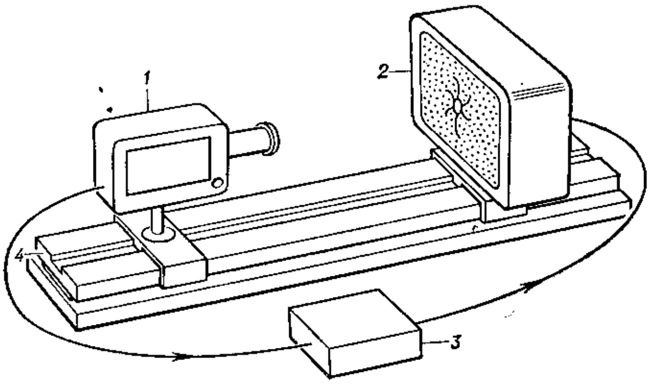

Рис. 1. Блок-схема электрооптической системы с обратной связью: *1* — телекамера; *2* — монитор; *3* — усилитель в цепи обратной связи; *4* — оптическая скамья.

в результате электрич. отрицательной О. с. происходит увеличение (или уменьшение) напряжения, вызывающее соответственное увеличение (или уменьшение) его внутр. сопротивления. По аналогичному принципу сконструирована автоматич. регулировка усиления в радиоприёмниках и ряде др. устройств.

Системы с О. с. часто представляют в виде схемы, на к-рой сигнал с выхода усилителя поступает на его вход (рис. 2). В общем случае блок «усилитель» на схеме понимается как устройство, осуществляющее по известному закону преобразование входного сигнала z в выходной сигнал Z. Преобразование сигнала О. с. $x \to X$ по известному или заданному алгоритму происходит в цепи О. с.

Для полного теоретич. описания системы, изображённой на рис. 2, необходимо также задать правило ответвления сигнала x в цепь О. с. от общего сигнала Z

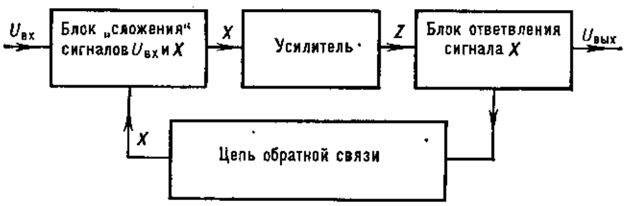

Рис. 2. Блок-схема системы с обратной связью.

на выходе усилителя и закон «сложения» сигнала X с входным сигналом $U_{вх}$ на входе усилителя. Важной характеристикой О. с. при этом является коэф. передачи β по каналу О. с., к-рый показывает долю выходного сигнала, передаваемого на вход усилителя, $X = \beta Z$. В устройствах автоматич. регулирования в цепь О. с. ответвляется «сигнал ошибки», пропорц. разности сигнала на выходе усилителя и нек-рого эталонного сигнала U_0. Соответственно, закон «сложения» сигналов на входе усилителя может иметь как простейший вид $z = U_{вх} + X$, так и более сложный, учитывающий, напр., фазовые соотношения между сигналами переменного тока. Задачей теории О. с. является описание поведения системы с разл. законами преобразования $z \to Z$, $Z \to x$, $x \to X$, $(X, U_{вх}) \to z$, к-рые могут иметь характер алгебраич. действий, дифференцирования, интегрирования и т. п.

В радиоэлектронике используется термин «запаздывающая О. с.» для цепей О. с., содержащих линию задержки. Если цепь О. с. по переменному току содержит фазосдвигающие элементы, то О. с. наз. комплексной. В нелинейной оптике и нек-рых др. дисциплинах вместо термина «запаздывающая О. с.» используют термин «инерционное самовоздействие» или «инерционная нелинейность». В теории автоматич. регулирования употребляют термины «непрерывная О. с.», если сигнал О. с. подаётся на вход системы в течение всего процесса управления, или «прерывистая О. с.», если сигнал по цепи О. с. поступает периодически (или по заданной программе). О. с., охватывающая всю систему управления в целом, наз. полной, для О. с., замыкающейся в отд. части системы, используется термин «локальная О. с.». В биологии О. с. характеризуют по механизму её реализации (напр., кинетич. О. с. или биохим. О. с.), а также по функциональному назначению соответствующей цепи (О. с. для регуляции метаболич. процессов, О. с. в цепи гормональной регуляции и т. п.).

В связи с чрезвычайно общим, междисциплинарным характером понятия «О. с.» его дальнейшую детализацию удобно проводить, отправляясь от числа степеней свободы и типа преобразования сигналов в модели, изображённой на рис. 2.

О. с. в сосредоточенных системах осуществляется посредством зависимости скоростей dx_i/dt от значений самих величин x_i, характеризующих процесс в данный момент времени. Теоретически такая связь описывается системой обыкновенных дифференц. ур-ний:

$$\frac{dx_i}{dt} = f_i(x_1, \ldots, x_n), \quad i = 1, \ldots, n, \qquad (1)$$

где f_i — нек-рые функции, в общем случае — нелинейные; n — размерность фазового пространства.

Величины x_i оказывают воздействие на величины скоростей dx_i/dt, а скорости dx_i/dt в свою очередь инерционным образом влияют на величины x_i, определяя их приращение dx_i за интервал времени dt. В результате осуществляется самовоздействие — величины x_i оказывают влияние на самих себя.

Важнейшим элементом анализа системы (1) является исследование *бифуркации* стационарных решений при изменении параметров задачи и соответствующих изменений фазового портрета системы (см. *Нелинейные колебания и волны*).

Наглядным примером влияния О. с. на динамику системы с $n = 1$ может служить теория теплового взрыва. В этой теории скорость изменения темп-ры dT/dt определяется конкуренцией энерговыделения химической реакции $Q_в = W \exp(-T_0/T)$ и теплопотерь $Q_п = \eta(T - T_н)$:

$$\frac{dT}{dt} = W \exp(-T_0/T) - \eta(T - T_н). \qquad (2)$$

Здесь T_0 — энергия активации реакции, $T_н$ — темп-ра окружающей среды, W и η характеризуют соответственно тепловой эффект реакции и интенсивность теплообмена. В теории имеется два существенных параметра: $p = W/(\eta T_0)$ и $\Phi_н = T_н/T_0$, причём величина p играет роль коэф. передачи по каналу О. с. Стационарная темп-ра $\Phi = T/T_0$ в соответствии с (2) определяется из ур-ния

$$\exp(-1/\Phi) = (\Phi - \Phi_н)/p. \qquad (3)$$

На рис. 3 (диаграмма Семёнова) изображены графики левой и правой частей ур-ния (3), к-рые характеризуют соотношение между энерговыделением и теплоотводом. Видно, что при $p < p_1$ или $p > p_2$ уравнение (3) имеет единственное решение, в то время как при $p_1 < p < p_2$ — *стационарных состояний* системы три. Из них два крайних (высоко- и низкотемпературное) устойчивы, а сред-

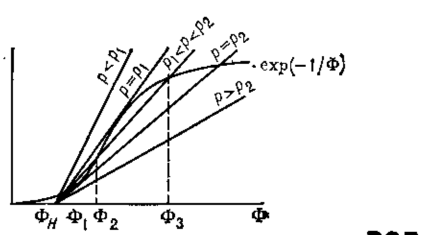

Рис. 3. Диаграмма Семёнова.