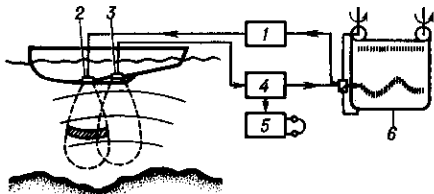


мс и с частотой заполнения от единиц до неск. десятков (иногда сотен) кГц. УЗ-импульс от генератора 1 (рис.) поступает на направленный излучатель (антенну) 2 и излучается в воду; отражённый сигнал принимается антенной 3, усиливается услителем 4 и подается в блок слухового контроля 5 и на индикатор или регистратор 6. В качестве излучателя и приёмника используются гл. обр.



магнитострикц. или пьезокерамич. преобразователи, работающие на одной или неск. резонансных частотах. Нередко один и тот же преобразователь служит излучателем и приёмником. В качестве индикаторов глубин применяются проблесковые указатели с вращающейся неоновой лампой, вспыхивающей в момент приёма эхо-сигнала, стрелочные, цифровые, электронно-лучевые указатели, а также регистраторы-самописцы, записывающие измеряемые глубины на движущейся бумажной ленте электротермич. или хим. способом.

Большинство Э. имеют довольно широкую диаграмму направленности (~30°), поэтому для подробной и более точной съёмки дна создаются УЗ-Э. с очень узкой шириной луча (ок. 1°) и стабилизацией положения излучателя и приёмника в пространстве.

Э. изготавливаются на разные интервалы глубин, в пределах от 0,1 до 12000 м, и работают при скоростях судна до 50 км/ч и более. Разрешающая способность по глубине определяется в осн. длительностью зондирующего импульса и в меньшей мере — шириной характеристики направленности. Погрешность Э. составляет от 1% до сотых долей %. Э. используют также для поиска косяков рыбы и для разнообразных гидроакустич. исследований.

Лит.: Федоров И. И., Эхолоты и другие гидроакустические средства, Л., 1960; Толмачев Д., Федоров И., Навигационные эхолоты, «Техника и вооружение», 1977, № 1.

ЭШЕЛЕТТ (от франц. échelle — лесенка, лестница) — оптич. элемент, плоская отражат. фазовая дифракционная решётка с треугольной формой штрихов. Используется как диспергирующий элемент в дифракц. спектральных приборах для разложения оптич. излучения в спектр. Э. изготавливается нарезанием на плоской металлич. поверхности (с помощью спец. делительной машины с алмазным резцом) строго параллельных штрихов, необходимая треугольная форма к-рых (рис. 1) определяется формой режу-

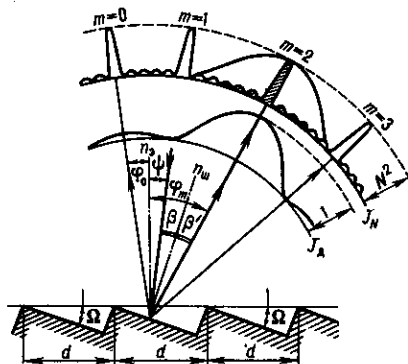


Рис. 1. Схематическое изображение функций J_N , J_d и их произведения $J_d J_N = 1N^2$ (заштриховано); направления φ_m на центр дифракционного максимума функции J_d совпадают с интерференционным максимумом функции J_N при $m=2$; n_z — нормаль к плоскости эшелетта, n_m — нормаль к грани штриха.

щей грани резца. Э. изготавливаются также спец. методами, такими, как полимерные копии — *репки* с нарезных Э., покрытые тонким слоем металла. Голографич. методы изготовления дифракц. решёток не позволяют изготавливать Э. со строго треугольной несимметричной формой штрихов, а лишь с приближённой к ней формой и лишь для УФ-, видимой и ближней ИК-областей.

Формулы для расчёта спектроскопич. характеристик Э., такие как осн. соотношение — т. н. формула дифракц. решётки $d(\sin \psi + \sin \varphi) = m\lambda$, выражения для угл. дисперсии $d\varphi/d\lambda$, разрешающей силы $R = \lambda/\delta\lambda$, области дисперсии $\Delta\lambda = \lambda_1/m$ (d — период решётки, ψ — угол падения, φ — угол дифракции, m — порядок спектра, $\delta\lambda$ — минимально разрешаемый спектральный интервал длин волн, λ_1 — коротковолновая граница спектра исследуемого излучения), такие же, как и для амплитудной (напр., щелевой) дифракц. решётки, т. к. они связаны с периодич. структурой решётки и не зависят от формы штриха. Осн. отличие и существ. практич. преимущество Э. перед амплитудной дифракц. решёткой состоит в том, что у Э. при определ. схеме установки один из образуемых им спектров ненулевого порядка ($m \neq 0$) может иметь наиб. интенсивность по сравнению с остальными спектрами др. порядков. В этот спектр ненулевого порядка Э. концентрирует большую часть падающего на него потока энергии (до 80%), что позволяет создавать дифракц. спектральные приборы высокой светосилы.

Расчёт результирующего распределения интенсивности в плоскости дисперсии спектр. прибора с Э. (в плоскости перпендикулярной штрихам Э.), проведённый на основе *Гюйгенса — Френеля принципа*, показывает, что оно пропорционально произведению двух ф-ций — интерференционной J_N и дифракционной J_d : $J_{рез} \propto J_N J_d$. Интерференц. ф-ция $J_N = (\sin N\theta/\sin \theta)^2$ — результат интерференции когерентных пучков, дифрагированных от всех N штрихов Э. [здесь $\theta = (\pi/\lambda)d(\sin \psi + \sin \varphi)$]. Она имеет вид эквидистантных резких максимумов разл. порядков m и одинаковой пиковой интенсивности, пропорциональной N^2 при $\theta = m\pi$, откуда следует: $d(\sin \psi + \sin \varphi) = m\lambda$. Дифракц. ф-ция $J_d = (\sin u/u)^2$ — результат дифракции на отд. штрихах Э.; здесь $u = (\pi/\lambda)d[(\sin \psi + \sin \varphi) - \text{tg } \Omega(\cos \psi + \cos \varphi)]$. В отличие от J_N ф-ция J_d зависит от формы штриха Э. — угла Ω «коса» пологой грани несимметричного треугольного штриха (рис. 1). Макс. значение ф-ции $J_d = 1$ при $u=0$; по обе стороны от максимума она относительно быстро уменьшается (как при дифракции на щели, см. *Дифракция света*).

Макс. значение произведения этих ф-ций $(J_N)_{max}(J_d)_{max} = N^2 \cdot 1$, а следовательно, и макс. интенсивность спектра будет в том случае, если интерференц. максимум ф-ции J_N к-л. порядка $m \neq 0$ совпадает с центром дифракц. максимума ф-ции J_d . Для этого необходимо, чтобы направление φ_{max} в ур-нии $d(\sin \psi + \sin \varphi_{max}) = m\lambda$ совпало с направлением $\varphi_{d,max}$ на центр максимума ф-ции J_d . Ф-ция $J_d = (\sin u/u)^2$ при $u=0$ равна 1, тогда для выполнения указанного условия углы φ_{max} и ψ , входящие в ур-ние решётки, должны одновременно удовлетворять соотношению

$$\psi + \varphi_{max} = 2\Omega. \quad (1)$$

В случае Э. это возможно, т. к. положение максимумов ф-ции J_N (при заданных ψ и d) не зависит от формы штриха (угла Ω) и, изменяя величину Ω , можно совместить направление на центр ф-ции J_d с любым максимумом ф-ции J_N порядка $m \neq 0$. В этом и состоит осн. преимущество Э. перед амплитудной решёткой, у к-рой максимум ф-ции J_d совпадает с максимумом ф-ции J_N нулевого порядка ($m=0$), к-рый является ахроматическим, т. е. не образует спектра. На рис. 1 схематически изображены ф-ции J_N и J_d и их произведение (штриховка). Здесь дифракц. максимум J_d точно совпадает с интерференц. максимумом 2-го порядка.

Соотношение (1) имеет простой геом. смысл. Если на Э. падает луч (здесь и далее слово «луч» означает параллельный пучок), образующий угол с нормалью n , к плоскости