

Характеристики систем звуковидения

Рабочие частоты	Линейное разрешение	Область применения
500—2000 МГц	10—50 мкм	Акустич. микроскопия органич. и неорганич. структур
1—10 МГц	0,5—4 мм	УЗ медицинская диагностика, неразрушающий контроль и дефектоскопия
100—500 кГц	1—20 см	Подводное звуковидение на расстояниях до 100 м
10—100 кГц	0,2—3 м	Гидролокаторы бокового обзора дна
15—100 Гц	20—300 м	Сейсмич. голография, сейсморазведка полезных ископаемых, строение земной коры

З. применяется в океанологии для получения изображений морского дна и природных структур, поиска затопивших предметов, обеспечения подводной навигации, осмотра подводных сооружений и др. В *дефектоскопии* З. используется при УЗ-контроле для обнаружения скрытых дефектов в разл. материалах и конструкциях (раковины, трещины, инородные включения и др.). В медицине оно применяется для получения информации о структуре органов (сердца, печени, почек), сосудов и др. благодаря тому, что УЗ хорошо поглощается мягкими тканями, в отличие от рентг. излучения, и практически безопасен для пациента.

Лит.: Свет В. Д., Методы акустической голографии, Л., 1976; Грегущ П., Звуковидение, пер. с англ., М., 1982. В. Д. Свет.

**ЗВУКОВОЕ ДАВЛЕНИЕ** — переменная часть давления, возникающая в среде при прохождении звуковой волны: образующиеся в среде сгущения и разрежения создают добавочные изменения давления по отношению к среднему внеш. (статич.) давлению.

Часто пользуются понятием эфф. (действующего) значения З. д., т. к. именно эту величину обычно измеряют в опыте. Эфф. З. д. равно квадратному корню из ср. значения квадрата мгновенного З. д. в заданной неподвижной точке пространства за соответствующий интервал времени (под мгновенным З. д. понимается полное давление в какой-то момент времени в данной точке за вычетом статич. давления в той же точке). Если З. д. меняется периодически, то временной интервал усреднения должен быть равен целому числу периодов или значительно превышать период. В синусоидальной звуковой волне эфф. З. д.  $p_a$  связано с амплитудой  $p_0$  З. д. выражением:  $p_a = p_0/\sqrt{2}$ . Уровень З. д. — это выраженное по шкале децибел отношение данного З. д. к условно-пороговому значению З. д.  $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$  Па. Единицей измерения З. д. в системе СИ служит  $1 \text{ Па} = 1 \text{ Н/м}^2$ ; в системе СГС единица З. д.  $1 \text{ бар} = 1 \text{ дин/см}^2 = 10^{-1} \text{ Па}$ ; иногда З. д. измеряют в атмосферах ( $1 \text{ атм} = 10^6 \text{ бар}$ ).

Данное выше определение З. д. относится к случаю распространения звука в газах и жидкостях, где имеются только нормальные силы к любым выделенным площадкам в среде, т. е. давление.

Для изотропных твёрдых тел понятие давления применимо только в случае всестороннего растяжения и сжатия. В общем же случае произвольной деформации напряжённое состояние тела уже нельзя характеризовать одной скалярной величиной — давлением — и приходится пользоваться понятием тензора упругих напряжений (см. *Упругие волны*).

З. д. следует отличать от давления звука (см. *Давление звукового излучения*).

Лит.: Исакович М. А., Общая акустика, М., 1973. В. А. Красильников.

**ЗВУКОВОЕ ПОЛЕ** — совокупность пространственно-временных распределений величин, характеризующих

рассматриваемое звуковое возмущение. Важнейшие из них: звуковое давление  $p$ , колебательная скорость частиц  $v$ , колебательное смещение частиц  $\xi$ , относительное изменение плотности (т. н. акустич. сжатие)  $s = \delta\rho/\rho$  (где  $\rho$  — плотность среды), адиабатич. изменение темп-ры  $\delta T$ , сопровождающее сжатие и разрежение среды. При введении понятия З. п. среду рассматривают как сплошную и молекулярное строение вещества во внимание не принимают. З. п. изучают либо методами *геометрической акустики*, либо на основе теории волн.

При достаточно гладкой зависимости величин, характеризующих З. п., от координат и времени (т. е. при отсутствии скачков давления и колебат. скорости от точки к точке) задание пространственно-временной зависимости одной из этих величин (напр., звукового давления) полностью определяет пространственно-временные зависимости всех остальных. Эти зависимости определяются ур-ниями З. п., к-рые в отсутствие дисперсии скорости звука сводятся к волновому ур-нию для каждой из величин и ур-ниям, связывающим эти величины между собой. Напр., звуковое давление удовлетворяет волновому ур-нию

$$\Delta p - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 p}{\partial t^2} = 0,$$

а при известном  $p$  можно определить остальные характеристики З. п. по ф-лам:

$$v = -\frac{1}{\rho} \text{grad} \int p dt;$$

$$\xi = \int v dt; \quad s = \frac{p^2}{\rho c^2}; \quad T = \frac{\gamma - 1}{\alpha \rho c^2} p,$$

где  $c$  — скорость звука,  $\gamma = c_p/c_v$  — отношение теплоёмкости при пост. давлении к теплоёмкости при пост. объёме,  $\alpha$  — коэф. теплового расширения среды. Для гармонич. З. п. волновое ур-ние переходит в ур-ние Гельмгольца:  $\Delta p + k^2 p = 0$ , где  $k = \omega/c$  — волновое число для частоты  $\omega$ , а выражения для  $v$  и  $\xi$  принимают вид:

$$v = \frac{1}{i\rho\omega} \text{grad} p; \quad \xi = \frac{v}{-i\omega} = \frac{1}{\rho\omega^2} \text{grad} p.$$

Кроме того, З. п. должно удовлетворять граничным условиям, т. е. требованиям, к-рые налагают на величины, характеризующие З. п., физ. свойства границ — поверхностей, ограничивающих среду, поверхностей, ограничивающих помещённые в среду препятствия, и поверхностей раздела разл. сред. Напр., на абсолютно жёсткой границе нормальная компонента колебат. скорости  $v_n$  должна обращаться в нуль; на свободной поверхности должно обращаться в нуль звуковое давление; на границе, характеризующейся *импедансом акустическим*,  $p/v_n$  должно равняться удельному акустич. импедансу границы; на поверхности раздела двух сред величины  $p$  и  $v_n$  по обе стороны от поверхности должны быть попарно равны. В реальных жидкостях и газах имеется дополнит. граничное условие: обращение в нуль касательной компоненты колебат. скорости на жёсткой границе или равенство касательных компонент на поверхности раздела двух сред.

В твёрдых телах внутр. напряжения характеризуются не давлением, а тензором напряжений, что отражает наличие упругости среды по отношению к изменению не только её объёма (как в жидкостях и газах), но и формы. Соответственно усложняются ур-ния З. п. и граничные условия. Ещё более сложны ур-ния для анизотропных сред.

Ур-ния З. п. и граничные условия отнюдь не определяют сами по себе вид волн: в разл. ситуациях в той же среде при тех же граничных условиях З. п. будут иметь разный вид. Ниже описаны разные виды З. п., возникающие в разл. ситуациях.

1) Свободные волны — З. п., к-рое может существовать во всей неогранич. среде в отсутствие внеш. воз-