

движения, обнаруживается с помощью телефонов, громкоговорителя или может быть зарегистрирован на ленте самописца. В наиб. совершенных приборах этого типа применяется импульсно-доплеровский (когерентный) способ локации, позволяющий выделить сигнал из определ. точки пространства. Приборы с использованием эффекта Доплера применяются для диагностики заболеваний сердечно-сосудистой системы (определение движения участков сердца и стенок сосудов), в акушерстве (исследование сердцебиения плода), для исследования кровотока и др.

Лит.: Матаушек И., Ультразвуковая техника, пер. с нем., М., 1962; Руководство по ультразвуковой диагностике, Таш., 1969; Ультразвуковая диагностика, Горький, 1983. А. А. Чевенко.

**УЛЬТРАКОРОТКИЕ ВОЛНЫ (УКВ)** — традиционное название диапазона радиоволн, объединяющего метровые, дециметровые, сантиметровые и миллиметровые волны (или диапазоны очень высоких частот — ОВЧ, ультравысоких частот — УВЧ, сверхвысоких частот — СВЧ, крайне высоких частот — КВЧ).

Распространение УКВ в осн. происходит в пределах прямой видимости. При этом предельное расстояние для двух антенн, поднятых на высоты  $h_1, h_2 \ll R_3$  ( $R_3$  — радиус Земли), составляет

$$R_{np} = 3,57 \left( \sqrt{h_1 [M]} + \sqrt{h_2 [M]} \right) [KM].$$

Существенной особенностью УКВ является отсутствие регулярного зеркального отражения от ионосферы. Исключением является *загоризонтное распространение радиоволн* (метровых волн), происходящее в осн. за счёт рассеяния их на ионизованных метеорных следах (см. также *Метеорная радиосвязь*), а также при наличии спорадических  $E_s$  слоёв, способных иногда отражать радиоволны вплоть до частот 50—60 МГц. При этом возможно многоскачковое распространение радиоволн в волноводе Земля—ионосфера с предельной дальностью скачка 2000 км (см. *Волноводное распространение радиоволн*). Значит, влияние на распространение УКВ оказывает тропосфера Земли. Для тропосферы характерны следующие механизмы загоризонтного распространения УКВ: нормальная (стандартная) рефракция лучей, рассеяние на турбулентных флуктуациях показателя преломления, каналирование энергии в тропосферном волноводе, отражение от приподнятых инверсных слоёв (см. *Распространение радиоволн*). Учёт рефракций при радиосвязи на УКВ приводит к увеличению предельной дальности: в случае нормальной рефракции

$$R_{np} = 4,52 \left( \sqrt{h_1} + \sqrt{h_2} \right) [KM].$$

Примерно такое же (до 100—150 км) увеличение предельной дальности наблюдается при распространении УКВ в поверхностном тропосферном волноводе, где распространяются гл. обр. волны СВЧ- и КВЧ-диапазонов. Значительное (до неск. сотен км) увеличение протяжённости линий связи между наземными пунктами возможно за счёт рассеяния (или переизлучения) УКВ на неоднородностях тропосферы (т. н. дальнее тропосферное распространение; см. также *Сверхдальнее распространение радиоволн*). При этом, однако, уровень поля в точке приёма подвержен хаотич. изменениям. Усреднённый коэф. ослабления уровня поля зависит от протяжённости трассы и колеблется от -65 до -110 дБ. Значит, увеличение уровня поля в точке приёма может наблюдаться при наличии приподнятых  $M$ -инверсий, образующихся при повыш. влажности в областях высокого атм. давления. Рассеяние УКВ происходит на флуктуациях коэф. преломления стратосферы (высоты области рассеяния до 15—20 км), однако усреднённый коэф. ослабления уровня поля на таких траекциях (от 700 до 1300 км) составляет ~150 дБ. При длинах волн более 10 см среда ведёт себя как идеальный диэлектрик и распространение УКВ в тропосфере происходит без к.-л. дополнит. потерь энергии. При  $\lambda < 10$  см становятся существенными рассеяние и поглощение волн атм. осадками. Напр., ослабление волн с  $\lambda \sim 1$  см в условиях ливня достигает 18 дБ/км. При осадках в виде града и достаточного большого размера градин возрастают потери из-за

рассеяния волн. В диапазоне миллиметровых волн сильно сказывается затухание в атм. газе (ослабление, вызываемое атм. кислородом при нормальном атм. давлении и темп-ре 20 °С, на  $\lambda \sim 5$  мм составляет ~14 дБ/м).

УКВ широко применяются в системах связи и вещания. Большинство таких систем работает в пределах зон, ограниченных условиями прямой видимости корреспондирующих пунктов. Увеличение дальности связи до неск. тыс. км достигается в т. н. радиорелейных линиях (РРЛ) — цепочке ретрансляционных станций, отстоящих друг от друга на расстоянии прямой видимости. В РРЛ используют волны УВЧ- и СВЧ-диапазонов. Большая ширина диапазонов УКВ по частоте и возможность создания узконаправленных антенных систем позволяют применять УКВ-диапазон для создания широкополосных и многоканальных магистральных линий связи. Использование в РРЛ в качестве ретранслятора ИСЗ обеспечивает связь между наземными пунктами, удалёнными более чем на 10 тыс. км. Разрабатывается новое поколение РРЛ — цифровые РРЛ (ЦРРЛ). Поскольку занимаемая ЦРРЛ полоса пропускания достигает 100 МГц (что во много раз превышает полосы пропускания обычных РРЛ), то очевидно, что ЦРРЛ будут работать в осн. на частотах выше 10 ГГц. Диапазон УКВ является единственным, в к-ром осуществляются телевиз. передачи (см. *Телевидение*) и организуется высококачественное частотно-модулир. радиовещание. В тех случаях, когда размещение ретрансляторов в РРЛ на расстояниях прямой видимости затруднено (напр., в труднодоступных местах), используются линии дальней тропосферной радиосвязи. Для создания таких линий связи применяются антенны, имеющие КНД ~50—55 дБ и спец. приёмную аппаратуру, повышающие надёжность работы радиолинии связи в условиях случайных изменений уровня сигнала.

УКВ используются также в системах *радиолокации*, ближней радионавигации и радиоастронавигации, радиотелеуправления и радиодистанциометрии. Радиоволны УКВ-диапазона применяются при изучении атмосферы звёзд, планет, туманностей (радиоастрономия), в медицине для определения темп-ры биол. объектов (радиотермография), при изучении структуры и состава вещества (радиоспектрометрия).

Лит.: Альперт Я. Л., Распространение электромагнитных волн и ионосфера, 2 изд., М., 1972; Долуханов М. П., Распространение радиоволн, М., 1972; Шур А. А., Характеристики сигнала на тропосферных радиолиниях, М., 1972; Черенкова Е. Л., Чернышев О. В., Распространение радиоволн, М., 1984; Электромагнитные волны в атмосфере и космическом пространстве, под ред. А. В. Соколова, А. А. Семенова, М., 1986. А. В. Рахлин.

**УЛЬТРАМИКРОСКОП** — оптич. прибор для обнаружения мельчайших (коллоидных) частиц, размеры к-рых меньше предела разрешения (см. *Разрешающая способность оптических приборов*) обычных световых микроскопов. Возможность обнаружения таких частиц с помощью У. обусловлена *дифракцией света* на них. При сильном боковом освещении каждая частица в У. отмечается наблюдателем как яркая точка (светящаяся дифракц. пятно) на тёмном фоне. Вследствие дифракции на мельчайших частицах рассеивается очень мало света, поэтому в У. применяют, как правило, сильные источники света. В зависимости от интенсивности освещения, длины световой волны, разности показателей преломления частицы и среды можно обнаружить частицы размерами от 20—50 нм до 1—5 мкм. По дифракц. пятнам нельзя определить истинные размеры, форму и структуру частиц: У. не даёт оптич. изображений исследуемых объектов. Однако, используя У., можно установить наличие и численную концентрацию частиц, изучать их движение, а также рассчитать ср. размер частиц, если известны их весовая концентрация и плотность.

У. создали Г. Зидентопф (H. Siedentopf) и Р. Зигмонди (R. Zsigmondy) в 1903. В предложенной ими схеме щелевого У. (рис., а) исследуемая система неподвижна. Кювета 5 с исследуемым объектом освещается источником света 1 (2 — конденсор; 4 — осветит. объектив) через узкую прямоуг. щель 3, изображение к-рой проецируется в зону наблюдения. В окуляр наблюдают микроскопа 6 видны