

СОВРЕМЕННЫЕ ЭНЕРГОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

(О необходимости и возможности видения
разноспектрального невидимого)

Доктор технических наук, проф. А.В. ПЕТРАКОВ
(НИЯУ “МИФИ”)

Доктор технических наук, проф. Н.Н. БАРАНОВ
(ОИВТ РАН)

DOI: 10.7868/S0233361919040074

Публикация предназначена широкому кругу читателей – для более глубокого ознакомления с направлениями и возможностями практического использования электромагнитных полей различных диапазонов длин волн, которые человек напрямую не воспринимает, и на которые не реагируют его органы чувств.

Человек в современном мире живёт в окружении электромагнитных полей (ЭМП), существующих в виде электромагнитных волн (ЭМВ), охватывающих диапазон частот от нуля до 10^{20} Гц и выше.

В соответствии с современными представлениями, самые короткие ЭМВ принадлежат фотонам космических лучей (частота $f > 10^{23}$ Гц), далее следуют гамма-лучи ($10^{20} \dots 10^{23}$ Гц), рентгеновские лучи ($10^{17} \dots 10^{19}$ Гц), ультрафиолет и видимые ($10^{14} \dots 10^{17}$ Гц), инфракрасные ($10^{12} \dots 10^{14}$ Гц), радиоволны (с частотой в диапазоне $10^3 \dots 10^{12}$ Гц). Промышленные электромагнитные волны занимают диапазон от десятков килогерц до нескольких герц. Волны и поля с частотами микро (10^{-6}), нано (10^{-9}) и пико (10^{-12}) герц (в диапазоне $10^{-6} \dots 10^{-12}$ Гц) некоторые исследователи относят к гравита-

ционным волнам, создающим многообразие макрообъектов Вселенной.

По аналогии с таблицей Менделеева, описывающей известные на сегодняшний день химические элементы материального мира, таблица на рис. 1 включает волновые процессы во всех диапазонах длин волн и частот.

В статье два основных раздела. В первом – методическом – даётся краткая характеристика отдельных диапазонов спектров “невидимых” волновых процессов. Во втором рассматриваются практические приложения.

Некоторые характеристики спектров волновых процессов

У человека 5 каналов восприятия процессов, объектов и субъектов внешнего мира: зрение, слух, обоняние, осязание, вкус. Менее 200 лет назад учёные и инженеры научились характеризовать электромагнитные излучения с помощью энергетических и частотных (временных) единиц – ватт и герц.

Известный на начало XXI века спектр частот (от инфразвукового диапазона до гамма-диапазона) – около 70 октав (рис. 1). Из них зрительный диапазон составляет одну октаву, звуковой – около 10 октав. А на 60 октав человек

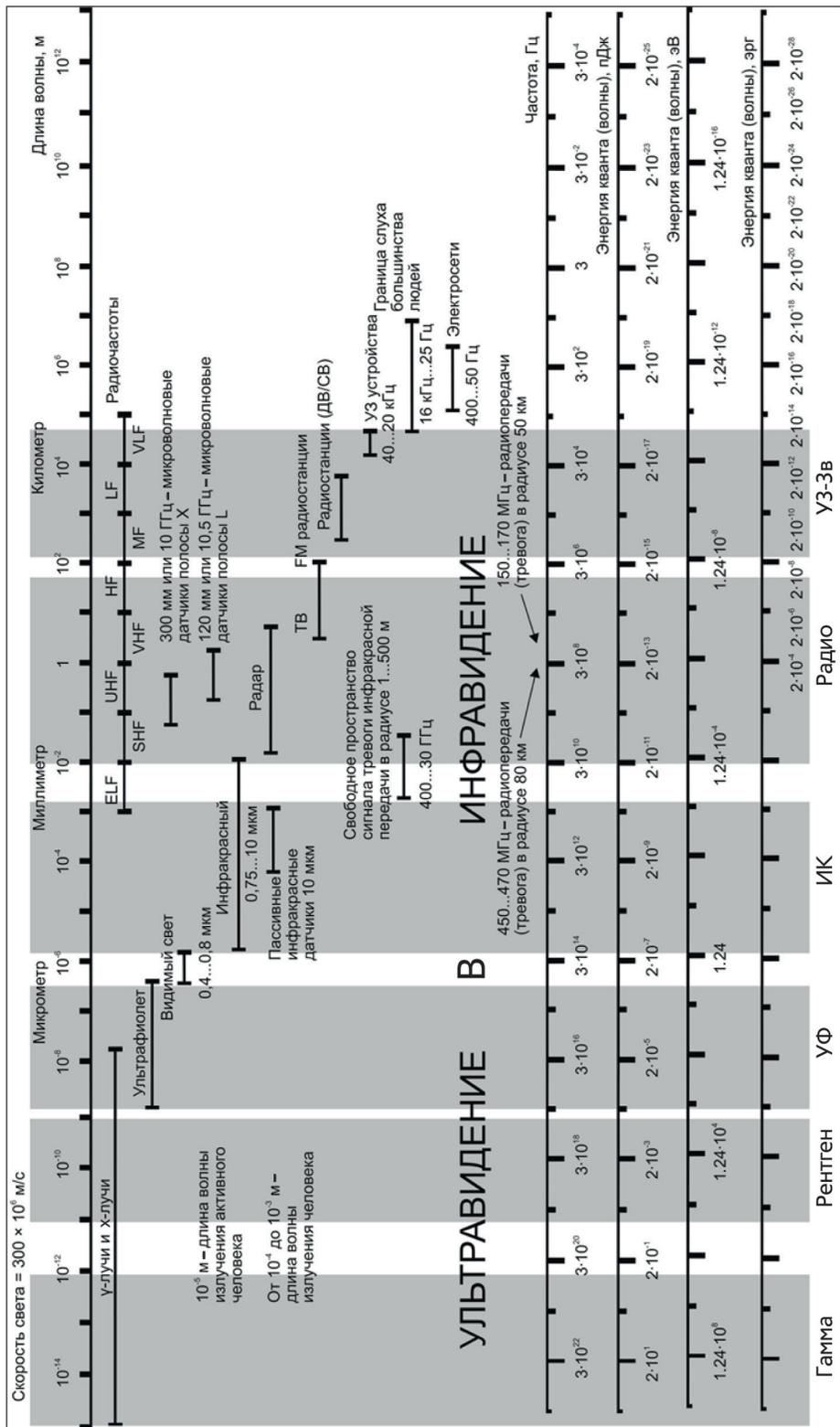


Рис. 1. Спектр и энергия волновых процессов.

напрямую не реагирует, однако некоторые радиочастоты, а также рентгеновский и гамма-диапазоны колебаний воздействуют на разные органы человека, вызывая в организме различные процессы (хотя человек эти колебания и не чувствует)¹.

Информация об электромагнитных колебаниях (процессах) в диапазоне, кроме зрительного и слухового, фиксируется человеком с помощью различного рода датчиков и преобразователей и опять же предоставляется человеку в полосах вышеупомянутых частот, воздействующих на слух и зрение в виде аудио- и видеоизображений.

В работе А.В. Петракова² детально рассмотрены вопросы регистрации (видения) с помощью нанотехнологий, фотополупроводниковых приборов и оптико-электронной аппаратуры шести основных диапазонов разнеспектрального невидимого. Это гамма-лучи, рентгеновское излучение, ультрафиолетовый диапазон длин волн и частот, инфракрасный диапазон, радиоволны, ультразвук-звук. На рис. 1 эти шесть диапазонов выделены цветом.

Электромагнитные излучения из “невидимых” диапазонов широко используются в разных областях человеческой деятельности, поэтому их визуализация необходима в большинстве случаев использования процессов (событий), происходящих в различных “невидимых” диапазонах частотного спектра.

В этой связи (для удобства) для разных частотных диапазонов условно можно использовать ту же терминологию,

что была введена для звукового диапазона (*инфразвук – для частот, меньших нижней звуковой частоты; ультразвук – для частот больше верхней звуковой частоты*). С учётом сказанного, инфракрасный (ИК) диапазон, радио, ультразвук-звук-инфразвук – это *инфравизуализация, инфравидение*, а ультрафиолетовый (УФ) диапазон, рентген и гамма-излучение – это *ультравизуализация, ультравидение* (рис. 1). Термин, используемый в заголовке³, – “*телеинфраультравизуализация*” – новый. Но ведь “теле-” означает “далеко”. Отсюда: телефон, телеграф, телевидение; и приставка “теле-” здесь имеет тот же смысл: “далеко визуализировать”.

Инфраультрапроцессы (события) скрыты от человека самой природой, и, таким образом, они как бы родственны криптостегаинформации, организованной индивидуумами и передаваемой по каналам и сетям электрорadiосвязи.

Подчеркнём, что в современной науке, технике, производстве – деятельность человека развивается во всём спектре “невидимых” волновых процессов (рис. 1), включающих как электромагнитные излучения, так и механические волны.

Видимый диапазон электромагнитных волн охватывает частоты 380... 780 ТГц (длины волн 780... 380 нм) и предоставляет зрячему аналитику-человеку до 85... 90% информации из внешнего мира. Меньшие частоты – это инфракрасный диапазон, радиодиапазон и диапазон ультразвука и звука, объединение которых удобно называть (обозначать) как “инфравидение” (спектр инфравидения). Большие частоты – это ультрафиолетовый диапазон, рентгеновский диапазон и гамма-диапазон; объединение их в одно название представляет понятие “ультравидение” (спектр ультравидения). Радиодиапазон (от радиопередатчика до радиоприёмника) – диапазон электромагнитных волн. Однако от радиоприёмника до уха человека – это диапазон механических звуковых волн.

Частота волны f – число колебаний, совершаемых частицей среды за одну

¹Октава – изменение любой величины в 2 раза (здесь изменение частоты или изменение длины волны). Петраков А.В. Телеинфраультравизуализация. Прикосновение к истории и физике. М.: РадиоСофт, 2018; Баранов Н.Н., Петраков А.В. Явление увеличения эффективности прямого фотозлектрического преобразования в режиме нано(микро)секундных длительностей энергетического воздействия 2018 // Сборник тезисов докладов научной конференции, посвященной 50-летию ОИВТ РАН. М.: ОИВТ РАН, 2011; Баранов Н.Н., Климовский И.И., Петраков А.В. Сотовая связь: общечеловеческие проблемы. М.: РадиоСофт, 2010.

²Петраков А.В. Телеинфраультравизуализация. Прикосновение к истории и физике.

³Там же.

Механический волновой спектр		Электромагнитный волновой спектр		
Частота, Гц	Спектральный диапазон	Длина волны, см	Спектральный диапазон	Частота, Гц
$2 \cdot 10^1$	Инфразвуковой	$3 \cdot 10^4$	Радиоволны	$3.0 \cdot 10^8$
$2 \cdot 10^3$		$3 \cdot 10^2$		
$2 \cdot 10^4$		$3 \cdot 10^0$		
$2 \cdot 10^7$	Ультразвуковой	$3 \cdot 10^{-2}$	Инфракрасное излучение	$3.0 \cdot 10^{11}$
$2 \cdot 10^9$		$3 \cdot 10^{-4}$		
$2 \cdot 10^{11}$	Гиперзвуковой	$3 \cdot 10^{-6}$	Видимый	$3.8 \cdot 10^{14}$
$2 \cdot 10^{13}$		$3 \cdot 10^{-8}$		
	Вибрация кристаллической решётки	$3 \cdot 10^{-8}$	Ультрафиолет	$3.0 \cdot 10^{15}$
		$3 \cdot 10^{-10}$		
			Рентгеновские лучи	$3.0 \cdot 10^{19}$
			Гамма-лучи	

Рис. 2.
Механический и электромагнитный частотные спектры.

секунду. Единицей частоты является герц (Гц) (1 ТГц = 10^{12} Гц, 1 ГГц = 10^9 Гц).

Скорость волны v – это расстояние, пройденное волной за одну секунду, за один период волна проходит расстояние λ , то есть $v = \lambda / T$. Если подставить период $T = 1 / f$ в это выражение, получается $v = f \cdot \lambda$.

В природе существуют волны двух типов: механические и электромагнитные. Механические могут быть продольными и поперечными. Для их распространения необходимо наличие среды, в качестве источника волн выступают колебания частиц среды. Спектры механических и электромагнитных волн представлены в виде таблиц на рис. 2⁴.

Звуковые волны классифицируют в соответствии с их частотой (рис. 3⁵). Звуковые волны с частотой менее 16 Гц называются инфразвуком, они представлены в области А. Волны с частотой от 16 Гц до 16 кГц – это слышимый звук, интенсив-

ность которого соответствует значениям от 10^{-12} Вт/м² до 10 Вт/м². Область В считается областью слышимого звука.

Звуковые волны с частотой, превышающей 16 кГц, называются ультразвуком, с частотой, превышающей 10 ГГц, – гиперзвуком. Ультразвуковые волны, представляющие область С, имеют интенсивность от 10^{-14} до 10^5 Вт/м² и широко применяются вот уже более 50 лет. Область С1 характеризуется высокой интенсивностью и высокой частотой. В области С2 представлен ультразвук большой интенсивности и относительно низкой частоты. Волны из области D применяются весьма ограниченно.

Ультразвуковые волны представляют собой подвид звуковых волн и наделены всеми характеристическими параметрами, присущими звуковым волнам. По сути ультразвуковые волны – это механические колебания с различными длинами волн, распространяющиеся в среде. Изменение длины ультразвуковых волн в различных средах обусловлено упругими свойствами последних и характером вынужденных колебаний частиц среды. Более того, ультразвуковые волны имеют малую длину и демонстрируют ряд уникальных явлений.

⁴Балдев Р., Раджендран В., Паланичани П. *Применения ультразвука*. М.: Техносфера, 2006.

⁵Там же.

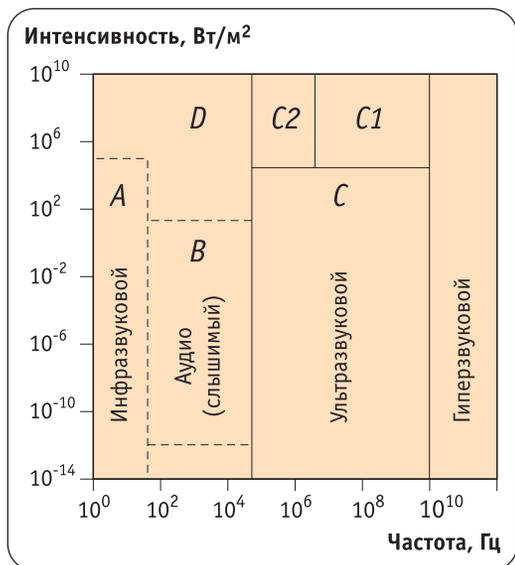


Рис. 3.
Границы использования по интенсивности звукового, ультразвукового и гиперзвукового спектров.

В отличие от слышимых звуковых волн ультразвук не воспринимается человеческим ухом. Это связано с ограничениями в восприятии ушной мембраной вибраций, для которых характерны высокая частота и энергия. Подобно звуковым волнам, ультразвуковые передаются от одной точки к другой в результате колебания частиц. Следовательно, для распространения ультразвука необходима среда.

Генерацию гиперзвука (ультразвуковых волн с частотой гигагерц и больше) осуществляют несколькими способами. Один из них – создание акустической волны с частотой в диапазоне 50... 1000 ГГц с помощью преобразователя на основе сверхпроводимости, например, на туннельном переходе. Длины волн частот свыше 1 ГГц составляют 30 см и меньше, что позволяет считать дифракционные потери вследствие расхождения луча незначительными⁶.

Ультразвуковой (механический) спектр перекрывает электромагнитные диапазоны радиоволн, микроволн и инфракрасного излучения (рис. 3).

⁶ Там же.

Диапазон рентгеновского излучения занимает на частотной оси четыре порядка (рис. 1⁷) и стремительно осваивается читающе-опознающими системами различных применений⁸.

Практические приложения (области применения)

Электромагнитные излучения из “невидимых” диапазонов в настоящее время используются в таких областях человеческой деятельности, как: медицина и здравоохранение, телекоммуникационная техника, промышленность и инфраструктура, технические средства оборонного комплекса и др.

Диапазоны ультравидения и инфравидения широко используются в охранно-защитных системах различного назначения. Так, ультрафиолетовый диапазон излучения применяется в криминалистике при выявлении подлогов в разных случаях (картин, подписей, документов, денежных купюр, облигаций и т.д.), а также в распознавании факелов двигателей ракет и самолетов. Рентгеновские излучения – наряду с медициной – используются в некоторых промышленных технологиях. Рентгеновская визуализирующая аппаратура способна обнаруживать очень малые (десятые доли миллиметра) и большие (метровых размеров – ружья, автоматы и др.) скрытые предметы, а также людей, перевозимых тайно железнодорожным и автотранспортом. Гамма-диапазон применяется в ядерной физике и технике, для проведения разведки (наземной, водной, воздушной), а также (как и рентгеновские излучения) при досмотре железнодорожных вагонов и загруженных самолетов. Ультразвук используется для диагностики и дефектоскопии, в гидролокации, подводной навигации и др.

Рассмотрим более подробно некоторые системы и комплексы, работающие

⁷ Неразрушающий контроль: в 7 кн.: Справочник / под ред. В.В. Клюева. М.: Машиностроение, 2006.

⁸ Петраков А.В., Выскуб В.Г. Высокоточные телевизионные читающие автоматы. М.: Энергоатомиздат, 2008.

на излучениях из “невидимых” частотных диапазонов.

Инфракрасные системы (ИКС) используются военными, правоохранительными и охранными службами.

С 1980-х гг. службы береговой охраны и контроля за распространением наркотиков США стали применять ИКС. Вертолёты этих служб оборудуются оптико-электронными системами (ОЭС), работающими в двух спектральных диапазонах (0.4... 1.1 и 8... 12 мкм) и имеющими в своём составе лазерные дальномеры.

На малых вертолётах правоохранительных органов США ИКС смонтированы внутри стабилизированных гироскопических шаровых устройств диаметром около 250 мм.

Правоохранительные органы США имеют двухканальный (ТВ и тепловизионный каналы) прибор Thermocorder массой 1 кг. Тепловизионный канал содержит неохлаждаемую микроболометрическую матрицу формата 120 × 160 и объектив с угловым полем зрения 30 × 40°. Эквивалентная шуму разность температур фотоприёмной матрицы составляет ~100 мК, что достаточно для обнаружения мокрых следов, брошенного в траву или кусты оружия, следов парковки автомобиля через несколько часов и т.д. Для пограничного патрулирования, охраны зданий и сооружений, полицейского наблюдения, пресечения перевозки наркотиков, поисковых и спасательных операций фирма FLIR Systems предлагает ИКС дальнего (17 км) радиуса действия ThermoVision2000.

Для оснащения постов отечественного пограничного контроля применяется ИКС-комплекс (разработки и изготовления ОАО “Циклон” и Красногорского завода), обеспечивающий автоматизированную обработку видеоизображений с 12 постов.

Разработана ИКС высокого разрешения, способная обнаруживать мгновенный прилив крови к области вокруг глаз, возникающий в случаях, когда человек говорит неправду (температура у него повышается на десятые доли – единицу градуса). По сути это детектор лжи, проще полиграфа.

В криминалистике с помощью ИКС проводят экспертизу документов, испорченных краской, копотью, плесенью, определяют подлинность произведений живописи по скрытому под слоем краски изображению.

Очень важное и перспективное применение ИКС – обнаружение очагов пожаров и пожароопасных зон с помощью устройств “смотрящего” типа, построенных на базе пирозлектрических приёмников и резистивных микроболометров (контроль за удалёнными и труднодоступными объектами и зонами, безопасность персонала). С их помощью можно быстро определить наличие и размеры зон опасного нагрева зданий, инженерных сооружений, оборудования и т.п.

ИКС военного назначения включают: системы наблюдения, разведки и охраны наземного базирования; для артиллерии и бронетанковых средств; системы воздушного базирования; системы морского базирования для наблюдения, обнаружения и распознавания целей; системы “смотрящего” типа в ракетной технике.

Радиовидение – это метод, позволяющий с помощью радиоволн (отражённых или излучаемых) визуально наблюдать предметы (обнаруживать и опознавать), невидимые невооружённым глазом, например, находящиеся в светонепроницаемой среде, скрытые непрозрачной для световых лучей стенкой, в условиях плохой видимости (туман, снегопад)⁹.

Распространение систем радиовидения возможно при достижении характеристик, конкурентоспособных с системами инфракрасного и видимого диапазонов. К важнейшим характеристикам, требующим особого внимания, относятся чувствительность, угловое разрешение и быстродействие.

Системы радиовидения являются практически оптимальными датчиками для широкого круга информационных задач и их решений:

- предотвращения столкновений объектов;
- охраны периметров площадей;

⁹Меньшаков Ю.К. *Техническая разведка из космоса*. М.: Academia, 2013.

- многоканального измерения дальности и скорости;
- мониторинга с борта летательного аппарата (ЛА);
- управления движением наземных и водных транспортных средств, посадки ЛА;
- технического зрения и автоматического управления.

Системы радиовидения работают в разрешённом частотном радиодиапазоне и не влияют на работу других радиоэлектронных устройств.

Пространственное разрешение такой системы обеспечивает надёжную идентификацию подвижных и неподвижных объектов. Излучаемая мощность системы может быть в несколько раз меньше мощности излучения мобильного телефона стандарта GSM. Масса и габариты системы позволяют реализовать её в переносном варианте.

Система радиовидения состоит из двух компактных и высокотехнологичных модулей: внешний модуль размещается в зоне радиопрозрачности и включает в себя антенный и приёмо-передающий блоки; внутренний – состоит из блока цифровой обработки и индикаторной панели.

В радиовидении обычно используют радиоволны миллиметрового и сантиметрового диапазонов (это радиолокация), что позволяет различать на изображении достаточно мелкие детали структуры объекта. Радиоволны, излучённые (при пассивном радиовидении) или рассеянные телами, объектами (при активном радиовидении), несут информацию об их строении и состоянии. Она содержится в распределении интенсивности и фазы радиоволн, в характере их поляризации, времени запаздывания и т.д.

Звуковидение – получение с помощью звука (преимущественно ультразвука, благодаря его свойству распространяться в различных средах с неодинаковой скоростью) видимого изображения объекта, находящегося в оптически непрозрачной среде (не видимого невооружённым глазом). Звуковидение основано на проникающей способности звука и особенно ультразвука.

Ультразвук, так же как и звук, представляет собой упругие волны. Частотная граница между звуковыми и ультразвуковыми волнами условна; она определяется субъективными свойствами человеческого слуха и соответствует усреднённой верхней границе слышимого звука.

Область частот ультразвука можно подразделить на три подобласти: ультразвук низких частот $1.5 \cdot 10^4 \dots 10^5$ Гц (УЗНЧ), средних частот $10^5 \dots 10^7$ Гц (УЗСЧ) и область высоких частот ультразвука $10^7 \dots 10^9$ Гц (УЗВЧ). Каждая подобласть характеризуется специфическими особенностями генерации, приёма, распространения и применения ультразвука. Длины волн в воздухе для УЗВЧ составляют $3.4 \cdot 10^{-3} \dots 3.4 \cdot 10^{-5}$ см, в воде – $1.5 \cdot 10^{-2} \dots 1.5 \cdot 10^{-4}$ см и в стали – $5 \cdot 10^{-2} \dots 5 \cdot 10^{-4}$ см. Ультразвук в газах и, в частности, в воздухе распространяется с большим затуханием. Жидкости и твёрдые тела (особенно монокристаллы) представляют собой, как правило, хорошие проводники ультразвука, затухание в которых значительно меньше. Так, например, в воде затухание ультразвука при прочих равных условиях приблизительно в 1000 раз меньше, чем в воздухе. Поэтому области использования УЗСЧ и УЗВЧ относятся исключительно к жидкостям и твёрдым телам, а в воздухе и газах применяют только УЗНЧ. Из-за малой длины волны ультразвука на характере его распространения сказывается молекулярная структура среды, поэтому, измеряя скорость ультразвука и коэффициент поглощения, можно судить о молекулярных свойствах вещества.

Для генерирования ультразвуковых колебаний используют устройства, которые могут быть разделены на две основные группы: механические (источником ультразвука служит механическая энергия потока газа или жидкости) и электромеханические (ультразвуковая энергия создаётся в результате преобразования электрической). Механические излучатели ультразвука (воздушные и жидкостные ультразвуковые свистки, сирены) отличаются сравнительной простотой устройства и применяются главным образом в промышленной ультразвуковой технологии и частично как средства сигнализации.

Основной метод излучения ультразвука – преобразование тем или иным способом электрических колебаний в механические. Предельная интенсивность излучения ультразвука определяется прочностными и нелинейными свойствами материала излучателей, а также особенностями использования излучателей. Диапазон интенсивности при генерации ультразвука в области УЗСЧ чрезвычайно широк: интенсивности от 10^{-15} до 0.1 Вт/см^2 считаются малыми.

В звуковидении обычно используются упругие колебания в диапазоне частот от 10 кГц до 100 МГц и даже выше. Ультразвуковые волны хорошо проходят через металлы, пластмассы, большинство строительных материалов, живые ткани и жидкости. По отражению и преломлению ультразвуковых лучей от границ раздела твёрдое тело-газ (вследствие неодинаковых скоростей распространения ультразвуковых волн в различных средах) можно обнаруживать твёрдые тела и газовые пузыри в жидкостях и живых тканях, а также трещины, раковины и пустоты в твёрдых телах. Этот эффект используется для изучения и контроля структуры и геометрии внутренних неоднородностей оптически непрозрачных тел. Звуковидение выгодно отличается, например, от рентгенографии тем, что ультразвук легко фокусируется акустическими линзами и зеркалами в узкие, ограниченные в пространстве пучки (лучи), тогда как рентгеновские лучи, обладающие высокой проникающей способностью, практически невозможно сфокусировать – при рентгенографии получают лишь теньевые, силуэтные изображения.

Общая схема звуковидения (рис. 4, а) включает источник ультразвука, объект наблюдения, акустический объектив, с помощью которого формируется ультразвуковое изображение, и преобразователь ультразвукового изображения в оптически видимое¹⁰. Схема установки для получения видимого изображения с использованием

явления дифракции лазерного луча на ультразвуковой волне, прошедшей через объект наблюдения, показана на рис. 4, б.

Световой пучок лазера, сформированный оптической системой, пронизывает жидкость, в которой находится объект наблюдения. Показатель преломления жидкости, облучаемой ультразвуком, создаёт на экране дифракционные полосы, содержащие изображение объекта.

Чувствительность электронно-акустических преобразователей (ЭАП) – $10^{-9} \dots 10^{-10} \text{ Вт/см}^2$. Впервые о возможности преобразования ультразвукового изображения в оптически видимое с помощью электронно-лучевых трубок писал в 1936 г. советский ученый С.Я. Соколов¹¹.

Развитие методов визуализации ультразвуковых полей и совершенствование аппаратуры звуковидения, в частности разработка высокочувствительных ЭАП, позволили создать “звуковизоры” (рис. 4, в) и другие средства звуковидения для их применения при решении задач обеспечения безопасности, дефектоскопии, в диагностике, в подводной навигации и др.

В XIX веке электрическая информация передавалась (доставлялась) как в цифровом дискретном виде (телеграф), так и в аналоговом (телефон). В 30-х годах XX века В.А. Котельников показал, что любую аналоговую электрическую информацию можно передавать двоичным (дискретным, цифровым) кодом, главное преимущество которого – в максимальной помехоустойчивости¹².

Передаваемую информацию следует защищать от перехвата (подслушки, подглядки), от несанкционированного доступа, что делалось во все времена двумя

¹⁰ Ворона В.А., Тихонов В.А. *Технические средства наблюдения в охране объектов*. М.: Горячая линия – Телеком, 2010.

¹¹ *Неразрушающий контроль: в 7 кн.: Справочник; Грегуш П. Звуковидение*. М.: Мир, 1982.

¹² Петраков А.В., Выскуб В.Г. *Высокоточные телевизионные читающие автоматы*; Петраков А.В. *Знакомство с цифровым телевидением: охранно-защитные технологии: учеб. пособие*. М.: РИО МТУСИ, 2003. Петраков А.В. *Крипто- и стеганографические аспекты в цифровом телевидении // Техника кино и телевидения*. 2004. № 6.

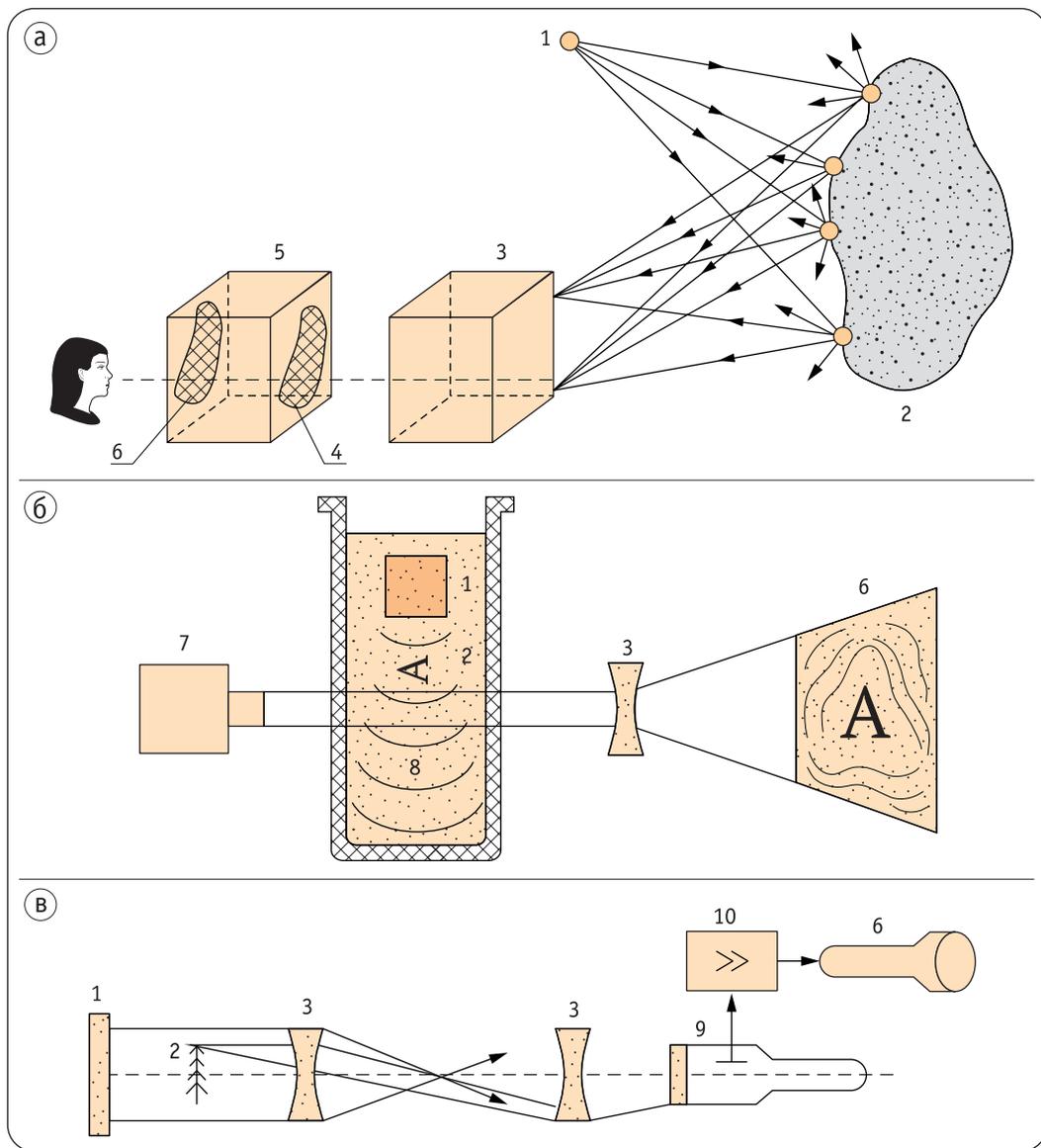


Рис. 4.
Схемы звуковидения:
а – в отражённых лучах (общая схема);
б – по методу дифракции;
в – в “звуковизоре” (лабораторная модель);
1 – источник (излучатель) ультразвука;
2 – объект наблюдения;
3 – акустический объектив;
4 – ультразвуковое изображение;
5 – преобразователь;
6 – видимое изображение (экран);
7 – лазер; **8** – ультразвуковые волны;
9 – электронно-акустический преобразователь; **10** – усилитель.

группами методов: криптографией – скрываем сути сообщения с помощью шифрования, и стеганографией¹³ – скрываем самого факта передачи (наличия) тайного сообщения.

С появлением и развитием цифровых электронных вычислительных машин обе группы методов скрытия видеоаудио-электросвязи (электрорадиосигналов) получили новое дыхание, совершенно

¹³Грибунин В.Н., Оков И.Н., Туринцев И.В. Цифровая стеганография. М.: СОЛОН-Пресс, 2002.

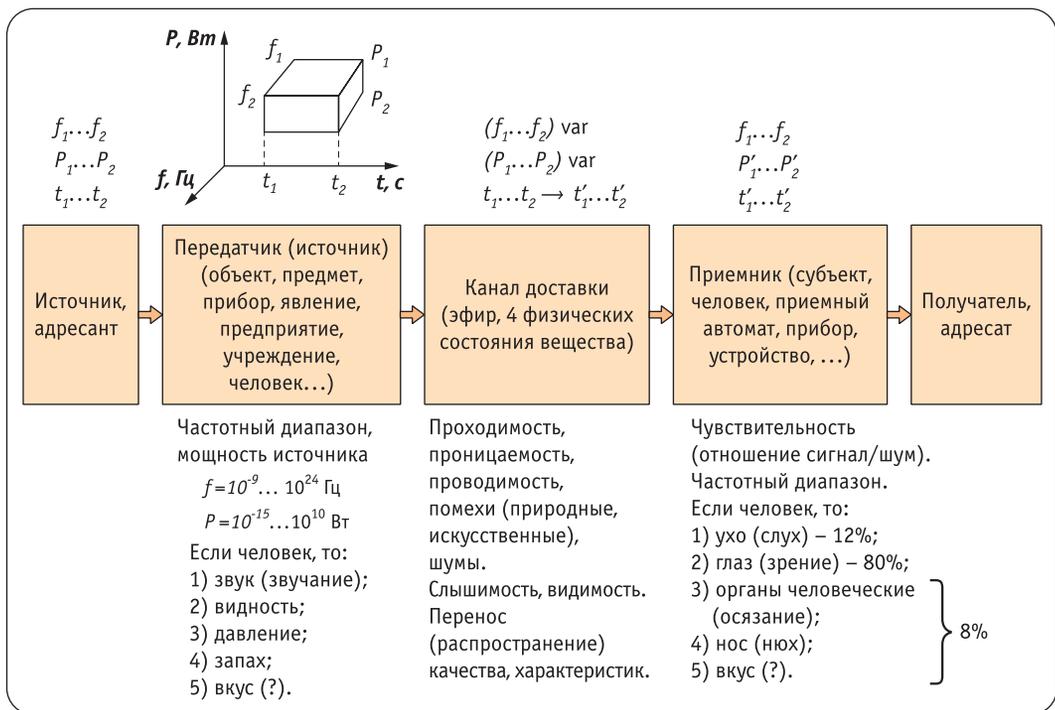


Рис. 5. Общий принцип (структурная схема) доставки легитимной и нелегитимной информации в любом частотном диапазоне.

небывало прогрессировали и достигли значительных высот¹⁴.

Криптография и стеганография видеоаудиоэлектросвязи – это специальные знания для электрорадиоинженеров и инженеров по информационным технологиям, являющиеся основой защиты от несанкционированного доступа к конфиденциальной информации при её рождении (возникновении), хранении, передаче, доставке и приёме.

На рис. 5 представлен общий принцип (структурная схема) доставки легитимной и нелегитимной информации в любом частотном диапазоне с текстовыми пояснениями¹⁵.

¹⁴Меньшаков Ю.К. Техническая разведка из космоса; Петраков А.В. Знакомство с цифровым телевидением: охранно-защитные технологии; его же: К истории физики телевидения (1960–1990 гг.) // Общественный семинар по истории физики и механики. ИИЕТ РАН, 22.11.2016.

Применение многорастровых (многоканальных) разносекторных визуализаторов продолжает расширяться¹⁶.

¹⁵Петраков А.В., Лагутин В.С. ТелеинфраультраВизуализация как защищённое ТелеВидение (монография). М.: Academia, 2015; а также: Петраков А.В. Телевидение, инфравидение, ультравидение. История создания и развития // Общественный семинар по истории физики и механики. ИИЕТ РАН, 20.05.2014.

¹⁶О реализации многорастровых / многоканальных приборов видения (МПВ). Е.С. Баскакова, А.В. Петраков, Л.С. Федяев, Ю.С. Федяев // Материалы 22 Международной научно-технической конференции “Современное телевидение и радиоэлектроника”. М.: ООО “СКБ Электрон”, март 2014; Петраков А.В., Баранов Н.Н. Вопросы регистрации электромагнитных излучений: Видение разносекторного невидимого // Труды XVII Международной конференции “Электротехника, электротехнологии, электротехнические материалы и компоненты”. Крым, Алушта, 24–28.09.2018; Баранов Н.Н., Лагутин В.С., Петраков А.В., Федяев Л.С. Сотовая связь: предпосылки возникновения нового раздела экологии – электромагнитной (микроволновой) экологии // Труды XXIX Международной конференции “Мобильный бизнес”. Греция, о. Корфу, 2011, а также Материалы IV Всероссийской научной конференции “Территориально распределённые системы охраны”. Калининград, РИО “КПИ ФСБ России”, 2011.