



Обзор нормативных требований к звуковым и световым сигналам опасности

Виктор Магдеев, Светлана Чебыкина

Проведён анализ требований нормативных технических документов (НТД), действующих в РФ по состоянию на январь 2021 года к световым и звуковым сигналам опасности, исключая морские, военные, медицинские и речевые сигналы. Анализ может быть полезен проектировщикам при выборе модели светозвуковых оповещателей для конкретной задачи.

ВВЕДЕНИЕ

Из пяти основных органов чувств человека, перечисленных еще Аристотелем в трактате «О душе», зрение и слух являются наиболее информативными и «дальнобойными». Костры, горны и барабаны использовались для сигнализации и передачи сообщений с незапамятных времен. Изобретение бумаги и рост числа государственных ведомств привели к тому, что в одной и той же стране одновременно действует несколько нормативных документов, регламентирующих требования к световым и звуковым оповещателям (сигнализаторам), в которых начинающему проектировщику не так уж просто разобраться. Производители световых и звуковых оповещателей тоже не отстают от законодателей и используют в технических характеристиках своих оповещателей разные единицы измерения (как объективные, так и субъективные).

Попробуем разобраться в требованиях НТД разных ведомств, предъявляемых **отдельно к световым и звуковым оповещателям**. Естественно, что «благие» требования стандартов к сигналам опасности направлены на то, чтобы человек в конкретных условиях окружающей среды всегда воспринял сигнал оповещателя.

Выделим из всего семейства оповещателей три представительные группы световых и звуковых оповещателей, отличающиеся по назначению и решаемой задаче:

- а) **пожарные** — решают задачу информирования людей о возникновении пожара, путях эвакуации, режимах работы автоматической системы противопожарной защиты;
- б) **охранные** — решают задачу известить охрану объекта о попытках и проникновении нарушителя на объект, осуществляют индикацию текущего состояния системы сигнализации, а также оказывают на нарушителя психологическое воздействие;
- в) **технологические** — решают задачу оповещения персонала производственного процесса о состоянии (режиме работы) оборудования, включая и аварийные ситуации, и дают возможность оператору управлять оборудова-

нием и контролировать его функционирование (ГОСТ Р МЭК 60447 [1]).

СВЕТОВЫЕ СИГНАЛЫ Немного о зрении и нормировании световых единиц

Человек не может видеть в полной темноте. Для того чтобы человек увидел предмет, необходимо, чтобы свет попал на сетчатку глаза, где происходит раздражение его рецепторов: палочек и колбочек. Весь диапазон яркостей, которые наш зрительный механизм способен воспринять, огромен: от 10^{-6} кд/м² для глаза, полностью адаптированного к темноте, до 106 кд/м² для глаза, полностью адаптированного

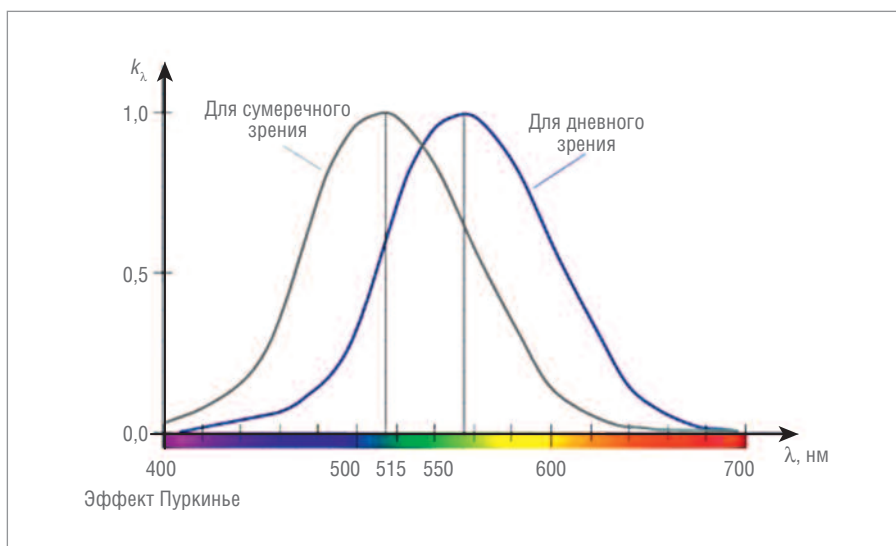


Рис. 1. Кривая спектральной чувствительности глаза

к свету. Из всей огромной оптической области излучения ($10 \text{ нм} = 1 \text{ мм}$) лишь узкая полоса спектра от 380 до 780 нм (световое излучение) может восприниматься человеческим глазом, при этом различая до 10 миллионов различных цветов. Чувствительность человеческого глаза даже в рамках этого спектра неодинакова, она максимальна в зелёной области и резко спадает к фиолетовому и красному краям (рис. 1). Более точные соотношения приведены в ГОСТ 8.332-78 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Световые измерения. Значения относительной спектральной световой эффективности монохроматического излучения для дневного зрения».

Таблицы, приведённые в данном стандарте, имеют практическое значение при выборе длин волн излучений одинаковых и близких цветов. Например, выбирая для светового оповещателя один из двух красных светодиодов с излучаемыми длинами волн 650 и 625 нм, предпочтение следует отдать светодиоду с волной 625 нм, который человеческий глаз воспримет в 3 раза лучше и на большем расстоянии при одинаковом световом потоке (и потребляемой мощности) от них.

Для световых сигналов опасности важно учитывать также физиологические способности человека, а именно: **контрастная чувствительность** (способность глаза видеть разницу между яркостью предметов) и **острота зрения** (способность глаза отдельно воспринимать две точки, расположенные друг от друга на минимальном условном расстоянии). Данные характеристики зрения далеко не одинаковы у разных людей и существенно меняются с возрастом и из-за болезней. Острота зрения может составлять 20/40 или даже 20/20 при высокой контрастности (> 95%) и 20/100 при низкой контрастности (10%), т.е. человек может не заметить, например, красный сигнал на жёлтом фоне и не увидеть на расстоянии сигнал маленького по размерам источника света или освещённого текста на нём.

Кроме того, **изменение визуальной информации** во времени не должно превышать 30...80 Гц. Выше этой частоты мигания и мерцания уже не воспринимаются человеком визуально. Этот параметр называется критической частотой слияния мельканий (КЧСМ), и эффект слияния широко используется в кино, стробоскопии и пр.

Говоря проще, **световая система величин** приведена к приёмнику – некоему **усреднённому**, но тем не менее **человеческому глазу**. Соответственно в ней используются не физические величины, такие как джоуль или ватт, а свои собственные – **световые**.

Основной светотехнической характеристикой является кандела (от лат. *candela* – свеча, **кд, cd**), входящая в 7 основных единиц системы СИ, которая характеризует силу света, испускаемого стандартизированным источником света. В прошлом 1 кд была равна приблизительно силе света одной стеариновой свечи, а в настоящем – это поток света, имеющий частоту 540×10^{12} Гц и мощность $1/683 \text{ Вт/ср}$ (ватт/стерадиан) в заданном направлении (табл. 1, 2).

Часто встречаемыми производными единицами от канделы являются:

- **люмен (лм, lm)** – световой поток, сила света которого равна 1 кд на телесный угол величиной 1 стерадиан;
- **люкс (лк, lx)** – единица измерения освещённости (1 люкс = 1 люмену на квадратный метр);
- **нит (нт; nt; сокр. от лат. – блещу, сверкаю)** – устаревшее наименование единицы яркости. 1 нит равен яркости равномерно светящейся плоской поверхности площадью 1 м^2 в пер-

Таблица 1
Сила света различных источников

Источник	Мощность, Вт	Примерная сила света, кд
Свеча		1
Современная лампа накаливания	100	100
Обычный светодиод	0,015...0,1	0,005...3
Сверхяркий светодиод	1	25...500
Современная люминесцентная лампа	22	120
Солнце	$3,83 \cdot 10^{26}$	$2,8 \cdot 10^{27}$

пендикулярном к ней направлении при силе света, равной 1 кд. Соответственно $1 \text{ нт} = 1 \text{ кд/м}^2$. В настоящее время стандартами на единицы СИ применение этого наименования не предусмотрено, а единица яркости в системе СИ именуется «кандела на квадратный метр». Яркость – величина векторная, т.е. имеет не только числовое значение, но и направление в пространстве. Причём направление это соответствует направлению от источника яркости (это может быть как светильник, так и любая поверхность) в глаз наблюдателя, т.е. наш с вами.

Таблица 2
Примеры типовых значений освещённости в соответствии с внешним восприятием

Значение освещённости, лк	Внешнее восприятие
0,0001	Безлунное звёздное небо
0,01	Четверть луны
0,27	Полнолуние при безоблачном небосводе
1	Возможность различать очертания предметов, свободная ориентация в пространстве, короткое время для адаптации зрения при переходе из ярко освещённого пространства
5	Лёгкое визуальное восприятие часового циферблата, возможность прочесть заголовки в газете
10	Освещённость пространства рядом со свечкой
15...20	Свет от сигареты на расстоянии 300 мм
20...35	Свет в кинотеатре при антракте
50	Можно прочитать текст в газете, освещение жилой комнаты
100	Допускает длительное чтение газеты, но утомительно для глаз
300	Комфортные условия для чтения печатной продукции
400...500	Типовое освещение библиотек и офисов
1000	Ясный день за час до заката солнца
2000	Ясное утро через час после восхода солнца
25 000	Летний облачный день в 10 часов утра
65 000	Ясный летний день в 10 часов утра
100 000	Полдень ясного летнего дня

Как будет показано ниже, яркость широко используется для нормирования световых характеристик оповещателя и тесно связана с остротой зрения и расстоянием наблюдения.

Например, светодиод с силой света в 1 кд размером 10×10 мм имеет яркость 1 кд/0,01×0,01 м = 10 000 нит (кд/м²) и может быть не увиден с большого расстояния вследствие недостаточности остроты зрения в условиях повышенной освещённости (как утверждают источники, нормальный человеческий глаз видит пламя свечи ясной ночью с расстояния ровно 2576 м [2]). Рассеяв такой свет через линзу размером 20×20 мм, мы снизим яркость до 2500 нит (кд/м²), но увеличим различимость символов на источнике света. Существуют стандартизированные приборы и методики измерения яркости, в частности, ГОСТ 26824-2018. «Здания и сооружения. Методы измерения яркости» [3], раздел 7.7 которого «Измерение яркости рекламных установок» может быть применён и к световым оповещателям.

Примерами конкретной яркости могут служить:

- рождественская ёлка или улицы, освещённые фонарями, — 30...40 кд/м²;
- пожары, костры — 50...70 кд/м²;
- ЖК- и LED-телевизоры — 300...600 кд/м²;
- пейзажи при хорошем солнечном освещении — 4000 кд/м².

Более подробно о единицах измерения см. ГОСТ 8.654-2016 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Фотометрия. Термины и определения».

Требования НТД к пожарным световым оповещателям

Основные требования устанавливает ГОСТ Р 53325 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний». На первый взгляд, требования просты и понятны: цвет излучения и фон оповещателя должны соответствовать требованиям ГОСТ 12.4.026-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний» [4]. Свет постоянный или мигающий с частотой от 0,5 до 2,0 Гц, свечение (яркость) оповещателя должно обеспечивать контрастное восприятие сигнала «... при освещённости опове-

щателей в диапазоне значений, установленных в ТД на оповещатели конкретных типов, но не менее чем от 1 до 500 лк».

Данное требование относится как к точечным оповещателям, так и к оповещателям в виде табло с надписью типа «ПОЖАР», «Газ УХОДИ», «ВЫХОД» и т.п. Имеется также действующий документ: Свод правил «СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования», который дополнительно требует для некоторых установок пожаротушения, чтобы надпись на неактивированном табло была не видна, что вполне разумно. Если освещённость хорошая, то персонал всегда отчётливо видит надпись, привыкает к ней и может не заметить сигнала аварии при равенстве световых потоков от табло и окружающей среды. Такие табло получили названия «Сокрытой надписью» (индекс в обозначении «СН») и выпускаются серийно. Яркость табло с индексом «СН» существенно ниже, чем без него, и производителями табло обычно не приводится.

В работе [5] экспериментально установлено, что различимость светового сигнала с табло с индексом СН сильно зависит от излучаемого им цвета сигнала и цвета фона (даже в рамках рекомендаций ГОСТ 12.4.026-2015), и при повышении освещённости от 500 до 6000 люкс рекомендуется использовать лишь сочетание красного и жёлтого цвета на белом и чёрном фоне.

Также при выборе пожарного оповещателя по конструктивному исполнению необходимо учесть и требование ГОСТ Р 53325, которое гласит, что в системе сигнализации всегда должен быть обеспечен постоянный контроль целостности линии связи оповещателя с пультом управления на обрыв и короткое замыкание.

Для аналоговых пультов управления оповещателями это обычно контроль малого тока прямой или обратной полярности, для чего необходимо установить либо в оповещатель, либо в расположенную за ним соединительную коробку резисторы и диоды. Не все конструкции оповещателей допускают такую возможность (особенно с постоянно присоединённым кабелем), а стоимость такой коробки, особенно для взрывоопасных зон, существенно увеличивает стоимость всей системы сигнализации.

Требования НТД к охраняемым световым оповещателям

Аналогичные требования к охраняемым световым оповещателям устанавливает ГОСТ Р 54126-2010 «Оповещатели охраняемые. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний». В отличие от требований к пожарным оповещателям, охраняемые должны иметь повышенную информативность в виде дополнительных световых сигналов на его корпусе: «Взят под охрану» (непрерывное свечение), «Снят с охраны» (нет свечения), «Тревога» (мигание с периодом 0,5...2 с и со скважностью 2). Цвет свечения красный или жёлтый (оранжевый). Относительно качества (дальности) восприятия человеком светового сигнала оповещателя ГОСТ Р 54126-2010 (так же как и ГОСТ Р 53325) рекомендует субъективный критерий: «контрастное восприятие световой информации при освещённости в диапазоне 1...500 люкс».

Основное конструктивное требование к охраняемому оповещателю, в отличие от пожарного, которое необходимо учитывать, приведено в п. 6.8.7 ГОСТ Р 54126-2010: «Конструкцией оповещателей, предназначенных для размещения на открытом воздухе, должно быть предусмотрено встроенное устройство, обеспечивающее формирование извещения о тревоге или вскрытии при попытке несанкционированного доступа к клеммам подключения внешних электрических цепей и элементам фиксации». Проще говоря, оповещатель должен быть снабжён сигнализатором вскрытия (тампером) его корпуса.

Требования НТД к технологическим световым оповещателям

Тон в технических требованиях к данному классу оповещателей задает ГОСТ Р МЭК 60073-2000 «Интерфейс человеко-машинный. Маркировка и обозначения органов управления и контрольных устройств. Правила кодирования информации». Стандарт рекомендует применять один или более следующих способов кодирования визуальных сигналов: цветом, формами, положением или изменяющимися во времени характеристиками (вспыхивающие).

По сравнению с пожарными и охраняемыми оповещателями расширена гамма цветов, которые почти полностью совпадают с цветами других стандартов на технологическое оборудование: ГОСТ

29149-91 (МЭК 73-84) «Цвета световой сигнализации и кнопок» и ГОСТ Р МЭК 60204-1-99 «Безопасность машин. Электрооборудование машин и механизмов. Часть 1. Общие требования» (табл. 3).

Для рабочих состояний технологического процесса и оборудования стандарт рекомендует постоянное свечение, а для аварийных и предшествующих им режимов – мигающее свечение как более эффективный световой сигнал привлечения внимания. В вышеуказанном ГОСТе введено понятие частоты приоритета светового сигнала, которое может служить уточнением к частотам мигания пожарных и охранных оповещателей.

«4.2.3.2. Частоты мигания визуальных сигналов

Приняты две частоты мигания: $F1$ и $F2$. Информация самого высокого приоритета должна передаваться с наибольшей частотой мигания.

Допустимые диапазоны частот мигания следующие:

- $F1$ – медленное мигание: 0,4...0,8 Гц (от 24 до 48 миг/мин);
- $F2$ – нормальное мигание: 1,4...2,8 Гц (от 84 до 168 миг/мин).

Функциональные значения цвета для кодирования

Таблица 3

Цвет	Смысловое значение		
	Безопасность людей или оборудования	Состояние процесса	Состояние оборудования
КРАСНЫЙ	Опасность	Критическое состояние	Неисправность
ЖЁЛТЫЙ	Внимание	Переходное (изменение условий или состояние, предшествующее изменению условий)	Переходное (изменение условий или состояние, предшествующее изменению условий)
ЗЕЛЁНЫЙ	Безопасность	Нормальное	Нормальное
СИНИЙ	Специальное (может иметь любое значение, кроме функционального для красного, жёлтого и зелёного цветов)		
БЕЛЫЙ, СЕРЫЙ	Не имеют специального значения		

Если применяют только одну частоту мигания, то это должна быть частота $F2$.

Отношение $F1:F2$ должно быть постоянным для данного применения и составлять от 1:2,5 до 1:5. Рекомендуется отношение 1:4 (например, частоты 0,6 и 2,4 Гц).

Желательно, чтобы отношение ИМПУЛЬС/ПАУЗА было близким к 1:1, т.е. период «ВКЛЮЧЕНИЯ» лампы должен быть примерно равен периоду «ОТКЛЮЧЕНИЯ». Для $F1$ ИМПУЛЬС мо-

жет быть продолжительнее, чем ПАУЗА; для $F2$ ИМПУЛЬС может быть короче, чем ПАУЗА. Однако отношение ИМПУЛЬС/ПАУЗА для $F1 = 2:1$ и $F2 = 1:2$ никогда не должно быть превышено.

Примечание. Для текста **рекомендуется мигание фоновое поля** вместо мигания текстовой строки. Когда это невозможно, рекомендуется, чтобы время «ВКЛЮЧЕНИЯ» превышало вдвое время «ОТКЛЮЧЕНИЯ».



ВЗРЫВОЗАЩИЩЕННЫЕ СВЕТОВЫЕ, ЗВУКОВЫЕ, СВЕТОЗВУКОВЫЕ ОПОВЕЩАТЕЛИ, ТАБЛО И ЧАСЫ

ОКПД2 26.30.50.123, ТН ВЭД СНГ 8531 10950 0

Материал: алюминий, нержавеющая сталь

До 3-х световых индикаторов

Звук до 115 дБ

Питание 12-220 В

Маркировки взрывозащиты по ГОСТ 31610.0.
1Ex e mb IIC T6 Gb,
Ex ta IIIC T85°C Da,
1Ex d mb IIC T6 Gb,
PB Ex d mb I Mb





Тел/факс: 8 (863) 268-09-87

EX-PRIBOR@LIST.RU

WWW.EX-PRIBOR.RU

Адрес завода : ул. 9-я Заводская, 37 «б», г. Волгодонск, Ростовская область. 347360

Относительно яркости свечения, расстояний видимости и размеров световых излучателей рекомендации в ГОСТ Р МЭК 60073-2000 не приводятся.

Анализ требований к световым оповещателям других стандартов

Основной недостаток вышеуказанных стандартов заключается в субъективной оценке качества восприятия светового сигнала. В них не приводят нормируемые светотехнические и эргономические характеристики световых оповещателей, а именно: яркость свечения, размер букв, углов обзора и расстояний до оповещателя (табло), цвета колбы, длину волны излучения, оставляя всё это на откуп проектировщику. Производители световых оповещателей уже сами начали дополнять эти недочёты, вводя в описания своих оповещателей фразы типа «световой сигнал оповещателя контрастно различим в угле обзора 120 градусов с расстояния 15 метров при освещённости в 1000 люкс». Попробуем найти ответы или ориентиры в «родственной» НТД на другие по назначению световые оповещатели, призванные также информировать человека световым сигналом.

В какой-то мере выбрать оптимальный световой оповещатель поможет ГОСТ Р 57611-2017 (ИСО 11428:1996) «Эргономика. Сигналы опасности визуальные. Общие требования, проектирование и испытания», разработанный на основе перевода англоязычной версии стандарта ИСО 11428:1996* «Эргономика. Визуальные сигналы опасности. Общие требования, проектирование и испытания». Стандарт также требует, чтобы авария была обозначена красным цветом (предупреждающий сигнал жёлтый или жёлто-оранжевый), но только мигающим с частотой от 2 до 3 Гц. Для точечного источника света приводится графическая зависимость требуемой освещённости глаза наблюдателя в люксах, исходящая от оповещателя, от яркости фона, которая приведена в канделах на метр квадратный. Для зонального светового сигнала оповещателя (а таким образом можно классифицировать практически все оповещатели) стандарт гласит следующее: «Яркость визуального предупреждающего сигнала должна быть не менее чем в пять раз выше яркости фона. Яркость визуального аварийного сигнала должна быть не менее чем вдвое выше яркости предупреждающего сигнала, т.е. не менее чем в десять раз выше яркости фона». Но в конечном итоге стандарт,

ссылаясь на сложность объективных измерений, всё равно требует проведения субъективной оценки различимости световых сигналов конкретного оповещателя в конкретных условиях группой людей, включив в нее лиц старше 45 лет и с дефектами зрения. Данный ГОСТ Р 57611-2017 в части требований к световым сигналам полностью совпадает с требованиями более раннего, но действующего ГОСТ Р 51340-99 «Безопасность машин. Основные характеристики оптических и звуковых сигналов опасности. Технические требования и методы испытаний».

Относительно аналитического выбора цвета колбы, углов обзора и размеров излучателя (размеров символов и букв) проектировщику может помочь ГОСТ ISO 3864-1-2013 «Графические символы. Сигнальные цвета и знаки безопасности. Часть 1. Принципы проектирования знаков и сигнальной разметки». Согласно концепции данного документа можно рекомендовать следующее:

- в оповещателях предпочтительнее применять цветные колбы вместо прозрачных, так как данный стандарт распространяется на знаки с внутренним и наружным освещением;
- результат субъективных измерений может считаться правильным, если ему дали положительную оценку 85% людей;
- отношение расстояния распознавания знака перпендикулярно к его высоте (диаметру) зависит от освещённости и находится в пределах $Z = 95 - 200$ (т.е. символ диаметром (высотой) 10 мм может быть уверенно распознан 85% участниками события с расстояния 1–2 метра);
- распознаваемость символа уменьшается пропорционально косинусу угла обзора, «например, при обзоре знака безопасности под углами 30°, 45° или 60° по отношению к перпендикуляру, Z должен быть умножен на 0,87, 0,71 или 0,5 соответственно» (для справки, угол обзора современных телевизоров составляет 175°);
- для людей с остротой зрения, равной 6/60 (или, по-нашему, 0,1), результат должен быть умножен на 0,1.

Как ориентир соотношения яркости цветов оповещателя, можно применить и требования практического дорожного ГОСТ Р 52290-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Знаки дорожные. Общие технические требования», согласно которому для букв с высотой от 75 мм и выше требуется:

«п. 5.1. Средняя яркость элементов изображения знака с внутренним освещением должна быть:

- (240±40) кд/м² — для белого,
- (20±5) кд/м² — для синего и коричневого,
- (50±15) кд/м² — для зелёного,
- (150±30) кд/м² — для жёлтого,
- (70±20) кд/м² — для оранжевого и
- (35±10) кд/м² — для красного цветов.

Знаки с внутренним освещением должны иметь равномерное распределение яркости по всему полю изображения одного цвета. Отношение максимальной яркости к минимальной должно быть не более 5:1».

Аналогичные требования предъявляет и ГОСТ 32865-2014 «Дороги автомобильные общего пользования. Знаки переменной информации. Технические требования» при их освещённости в диапазоне от 4 до 40 000 люкс. В частности, для красного цвета, в зависимости от класса качества видимости, при освещённости 400 люкс яркость излучаемого символа должна быть от 38 до 150 кд/м², а при освещённости 40 000 люкс — уже от 775 до 31 000 кд/м².

Светотехнические характеристики дорожных светофоров приведены в ГОСТ Р 52282-2004 «Технические средства организации дорожного движения. Светофоры дорожные. Типы и основные параметры. Общие технические требования. Методы испытаний» (07.02.2019), который требует для светофоров с экраном диаметром 200 мм осевую силу света не менее 200 кандел для красного и зелёного цвета и 250 кандел для жёлтого цвета. Стандарт также требует ограничения силы света любого светофора на уровне не более 2500 кд, что может служить оценкой ослепляющего действия, и наличия козырька: «п. 4.2.5. Длина козырька секции транспортного светофора с выходной апертурой диаметром 200 и 300 мм должна быть 240...300 мм, а угол наклона в вертикальной плоскости (вниз) должен быть 2°...5°». Измерение световых характеристик рекомендуется проводить в лабораторных условиях гониофотометром по ГОСТ Р 54350, что затрудняет периодическую проверку светофора при эксплуатации. Еще большие показатели осевой силы света до 20 000 кд света требует ГОСТ Р 56057-2014 «Системы светооптические светофорной сигнализации. Общие технические требования и методы испытаний». Строительные стандарты (своды правил) СП.52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение», ГОСТ 26824-2018 «Здания и сооружения.

Методы измерения яркости», СП 323.1325800.2017 «Территории селитебные. Правила проектирования наружного освещения» гласят следующее: «наибольшая допустимая средняя яркость и максимально допустимая яркость отдельных участков рекламных и информационных конструкций, в том числе демонстрирующих изображения с помощью электронных носителей, в зависимости от их площади и расположения относительно глаз водителей, приведены в таблице 7.27 свода правил СП.52.13330.2016, п. 7.5.8.1. В зависимости от условий средняя яркость изображений не должна превышать от 100 до 500 кд/м², а яркость отдельных элементов – от 300 до 2500 кд/м²». Надо отметить, что световые требования данного свода правил направлены на защиту глаз водителей и пешеходов, а также жилья от ослепляющего действия рекламных конструкций.

Требования к яркости изображения дисплеев устанавливает ГОСТ Р 50948-2001 «Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности», который требует яркости знака не менее 20 кд/м², а яркостный контраст изображения должен быть не менее 3:1. Данные значения стандарт рекомендует при удалении оператора от экрана в пределах 0,5...0,75 м. Относительно выбора расстояния наблюдения при необходимости точной идентификации цвета обособленного изображения (например, знака или символа) стандарт требует: «угловой размер изображения должен быть не менее 30' (угловых секунд) при проектном расстоянии наблюдения (предпочтительно 40')». Все эти характеристики нормируются для комфортных условий, определяемых ГОСТ Р 50923-96 (освещённость 300...500 люкс, температура 23°C, отсутствие шума и т.п.).

Учитывая строгости современного законодательства за технические ошибки, можно подстраховаться, приравняв производственный персонал, который согласно трудовому законодательству периодически проходит медицинские осмотры, к инвалидам, применив положения ГОСТ Р 51671-2015 «Средства связи и информации технические общего пользования, доступные для инвалидов. Классификация. Требования доступности и безопасности». Стандарт требует соблюдения следующих параметров:

- высота букв 75 мм в угле обзора до 30°, буквы должны быть контрастными и

позволять читать отображаемую информацию с расстояния не более 3 м;

- максимальная продолжительность светового импульса должна быть 1,7 с. При этом импульс мигания должен быть длиннее паузы, а отношение продолжительности импульса мигания к паузе должно быть 2:1;

- интенсивность светового сигнала должна быть не менее 75 кд;

- частота вспышек должна быть не менее 0,4 и не более 0,8 Гц (не менее 24 и не более 48 миганий в минуту);

- любой габаритный размер световых элементов сигнализатора должен быть не менее 60 мм (для лифтов).

А что там в Америке?

Имеется стандарт NFPA 72 «Национальный кодекс пожарной сигнализации», который содержит американские требования к системам пожарной сигнализации, правда, только для помещений, причём не указывает их предельную освещённость. Данный Кодекс требует, чтобы в качестве светового оповещателя использовались строб-вспышки с такими характеристиками:

«7.5.2. Импульсные характеристики источника света.

7.5.2.1. Частота вспышки не должна превышать 2 Гц и не должна быть менее 1 Гц при подаче на оповещатель нормированного напряжения питания.

7.5.2.2. Максимальная длительность вспышки должна быть 0,2 с, максимальная длительность дежурного цикла – 40%.

7.5.2.3. Длительность вспышки определяется как интервал времени между начальной и конечной точками, когда величина сигнала составляет не меньше 10% от его максимума.

7.5.2.4. Цвет источника света должен быть прозрачным или номинально белым, эффективная интенсивность источника света не должна превышать 1000 кд.

А.7.5.2.4. Эффективная интенсивность – это традиционный метод оценки яркости вспыхивающей лампы по сравнению с яркостью постоянного источника света, наблюдаемого глазом человека. Единицей измерения эффективной интенсивности служит кандела (кд). Например, наблюдателю будет казаться, что вспыхивающий свет с эффективной интенсивностью 15 кд имеет такую же яркость, как и постоянный источник света 15 кд.

А.7.5.4.2.5. Визуальные оповещатели в коридорах разрешено устанавливать на стенах или потолках в соответствии с п. 7.5.4.2. Там, где в поле зрения человека попадает более двух оповещателей, они должны быть синхронизированы».

Креугольным камнем данного Кодекса является требование обеспечить световыми оповещателями, сила света которых нормируется в канделах, «минимальную освещённость 0,4036 лм/м² в любой точке защищаемого пространства». Для пересчёта этих лм/м² (не путать с люксами, где в знаменателе единица площади, а здесь экспериментально установленная величина зависимости от квадрата расстояния, хотя размерность единиц одинаковая) при удалении от источника света предлагается использовать закон «обратного квадрата».

«Например, строб 60 кд обеспечивает освещённость 0,4037 лм/м² на противоположной стене, удалённой от него на 12,2 м: [60/(12,2×12,2)]. Тот же самый строб 60 кд обеспечивает освещённость 0,4037 лм/м² на смежной стене, удалённой от него на 6,1 м: [(60×25%)/(6,1×6,1)], при этом минимальная интенсивность излучения в направлении 90 градусов от оси строба составляет 25% от его нормированной интенсивности по ANSI/UL 1971. Строб 110 кд обеспечивает освещённость 0,4037 лм/м² в комнате с размерами 16,5×16,5 м».

Относительно различимости текстовой информации на пожарных табло Кодекс указывает, от чего она зависит, но признаёт, что «не существует простого и доступного метода измерить чёткость и разборчивость этой информации».

Интересны также экспериментальные данные по субъективной оценке видимости световых оповещателей [6, 7]. Результаты двухмесячных испытаний представительной группы наблюдателей показали, что надпись на табло с 24 светодиодами типа «Пирания» серии FL7644 красного цвета с силой света каждого по 1 канделе, размещёнными равномерно на чёрном экране 245×95 мм с буквами высотой 70 мм, уверенно различима с расстояния 15 метров в угле обзора 90° при внешней солнечной освещённости в диапазоне от 300 до 55 000 люкс.

Выводы

Анализируя вышесказанное и практический опыт, можно рекомендовать:

- 1) выбирать длину излучения светового сигнала в пределах одного цвета, например, красного, надо как можно ближе к длине зелёного (555 нм) для лучшего восприятия человеческим глазом с расстояния, но не забывать, что длина волны, например, светодиода, изменяется от температуры эксплуатации, и цвет излучения может измениться;

- 2) оповещатель с цветной колбой предпочтительнее оповещателя с прозрачной колбой для повышения предварительной информативности сигнала;
- 3) выбор фона для конкретного цвета излучения оповещателя играет существенную роль;
- 4) для привлечения внимания и индикации немедленных действий надо использовать мигающие и строб-сигналы;
- 5) кроме постоянного свечения «универсальный» оповещатель должен иметь и мигающий сигнал с частотами от 0,4 до 3 Гц со скажностью от 1,5 до 3, причём максимальная продолжительность светового импульса должна быть не более 1,7 с, т.е., например, частоты 0,6; 1; 2; 2,4 и 2,8 Гц, а также строб-сигнал с частотой 1...2 Гц и длительностью вспышки не более 0,2 секунды;
- 6) в качестве ориентировочной оценки снижения видимости текста от угла обзора можно применить понижающий коэффициент, равный косинусу угла обзора;
- 7) выбирать по возможности места размещения световых оповещателей с низкой освещённостью и применять светозащитные козырьки;
- 8) размер различных символов и букв оповещателя зависит от его яркости и расстояния наблюдения, которое можно оценить, умножив размер символа на коэффициент 95...200 (для предварительной оценки);
- 9) рекомендуется, чтобы яркость визуального предупреждающего сигнала была не менее чем в пять раз выше яркости фона, а аварийного в десять раз, и у упомянутых выше световых оповещателей она находится в пределах от 20 до 80 000 кд/м². В качестве оценки снижения яркости от расстояния до источника можно применить закон «обратного квадрата»;
- 10) субъективные измерения дают более адекватные результаты видимости в конкретных условиях, и, памятуя слова классика, что только практика является критерием истины, проектанту надо накапливать результаты промышленной эксплуатации световых оповещателей.

Звуковые сигналы

Об ухе и звуке

Звук есть изменение давления упругой среды во времени. Если среды нет, например, в вакууме или космосе, то и зву-

ка тоже нет. В наружном и среднем ухе человека происходят необходимые для слухового восприятия подготовительные процессы, а во внутреннем ухе происходит преобразование давления звуковых волн в рецепторные потенциалы волосковых клеток. Ухо человека (как и его глаз) имеет неравномерную чувствительность к звуковому давлению в слышимом им диапазоне частот (от 16 до 20 000 Гц), который к старости суживается до 12 000 Гц, что связано с изменениями во внутреннем ухе (улитке) и развитием с возрастом нейросенсорной тугоухости. Даже в этом диапазоне субъективное восприятие громкости звука будет лучше в диапазоне 1000...5000 Гц, чем в других поддиапазонах частотного спектра звуковых волн (как и глаз лучше воспринимает излучения, близкие к зелёному цвету с длиной волны 555 нм), на чем и основано свойство звуковоспроизводящей аппаратуры искусственно увеличивать звуковое давление в области низких и высоких частот для получения «сочного» звука. Существуют эмпирические зависимости восприятия громкости звука от частоты, называемые «кривыми равной громкости», по которым можно оценить восприятие громкости среднего человеческого уха от частоты. Единицей оценки громкости считается Бел, предложенный изобретателем телефона и сурдопереводчиком Александром Беллом (1847—1922 гг.). Он на основе экспериментов поделил диапазон громкости между порогом слышимости и болевым порогом на 13 ступеней. Однако на практике больше используется децибел, десятая часть Белла. В настоящее время децибел стандартизован, и за нулевой акустический эталон, близкий к абсолютному порогу слухового восприятия, принято давление 2×10^{-5} Н/м², а сравнительной единицей измерения громкости, выражаемой в логарифмической шкале, служит децибел (дБ). Громкость определяется в децибелах как $20 \lg(P_x/P_0)$, где P_x — действующее звуковое давление, а P_0 — эталонное давление. Надо сразу отметить, что децибел — относительная величина, показывающая в логарифмической шкале, насколько громкость выше какой-то эталонной величины. Например, утверждение «громкость звука составляет 30 дБ» означает, что интенсивность звука в 1000 раз превышает порог слышимости звука человеком. Использование логарифмической шкалы для оценки уровня интенсивности звука хорошо согласуется с психофизическим законом Вебера-Фехнера: «Если уве-

личивать раздражение в геометрической прогрессии (т.е. в одинаковое число раз), то ощущение этого раздражения возрастает в арифметической прогрессии (т.е. на одинаковую величину)» (табл. 4).

Для получения исходных данных при проектировании звуковой сигнализации конкретного объекта можно воспользоваться методиками: ГОСТ ISO 9612-2016 «Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах», ГОСТ 31252-2004 «Шум машин. Руководство по выбору метода определения уровней звуковой мощности», ГОСТ 31297-2005 «Шум. Технический метод определения уровней звуковой мощности промышленных предприятий с множественными источниками шума для оценки уровней звукового давления в окружающей среде».

Звуку, имеющему волновую природу, как и свету, свойственны явления интерференции, дифракции и отражения. Хотя скорость звука в воздухе одинакова для всех частот и в нормальных условиях составляет примерно 340 м/с, но интересно, что звуковые волны с низкой частотой (инфразвук) затухают гораздо медленнее в среде, чем высокие. Числовые соотношения скорости затухания от частоты звука характеризуются величиной логарифмического декремента и коэффициентом затухания. Инфразвуки широко используются в мореплавании для подачи звукового сигнала на значительные расстояния, а также в звуковом оружии. Стандартизованные методики расчета затухания приведены в ГОСТ 31295.1-2005 (ИСО 9613-1:1993) «Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 1. Расчёт поглощения звука атмосферой» и ГОСТ 31295.2-2005 «Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчёта».

Таблица 4
Субъективно ощущаемые уровни фонового шума для различных типов помещений

Тип помещений	Типичные уровни шума, дБ
Помещения делового предприятия	55
Учебные помещения	45
Промышленные помещения	80
Мастерские	85
Места собраний	55
Жилые помещения	35
Складские помещения	30
Транспортная магистраль, высокая плотность	70
Отбойный молоток	120

Требования НТД к пожарным звуковым оповещателям

Требования к оповещателям устанавливаются в ГОСТ Р 53325 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний» и НПБ 77-98 «Технические средства оповещения и управления эвакуацией пожарные. Общие технические требования. Методы испытаний». Данные стандарты требуют обеспечить уровень звукового давления на расстоянии 1,00±0,05 м не менее 85 дБ с частотами в пределах полосы от 200 до 5000 Гц с указанием диаграммы направленности. В технически обоснованных случаях допускается расширение предела до 10 000 Гц и уровня звукового давления до 120 дБ. Все эти характеристики должны сохраняться при колебаниях напряжения питания от 75% до 115% от номинального напряжения.

Требования НТД к охранным звуковым оповещателям

ГОСТ Р 54126-2010 «Оповещатели охранные. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний» требует увеличенное количество звуковых сигналов для выдачи информационных сигналов типа: «Взятие под охрану», «Снятие с охраны», «Отметка наряда» и др. Вид этих сигналов должен отличаться от сигнала «Тревога». Уровень звукового давления на расстоянии 1,00±0,05 м от звукового оповещателя, измеренного с помощью шумомера с частотной характеристикой А (близкой к чувствительности уха человека) по ГОСТ Р 8.568-2017 «Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Аттестация испытательного оборудования. Основные положения», должен быть не менее 95 дБ для оповещателей, предназначенных для применения в отапливаемых помещениях, и не менее 105 дБ для оповещателей, предназначенных для применения в неотапливаемых помещениях (в том числе под навесом), а также для оповещателей, применяемых на открытом воздухе. Предельно допустимый уровень звукового давления не должен превышать 120 дБ. Частота звуковых сигналов должна быть в пределах полосы 200...5000 Гц, в технически обоснованных случаях допускается расширение предела до 10 000 Гц. Для оповещателей, предназначенных для работы в помещениях, частота звукового сигнала должна соответствовать требованиям к частотным составляющим сигнала опас-

ности по ГОСТ Р ИСО 7731-2007 «Эргономика. Сигналы опасности для административных и рабочих помещений. Звуковые сигналы опасности». Для звуковых оповещателей, предназначенных для установки в отапливаемом помещении, частота сигнала должна быть в полосе 1000...5000 Гц. Для звуковых оповещателей, предназначенных для установки в неотапливаемых помещениях (в том числе под навесами) или на открытом воздухе, частота сигнала должна быть в полосе 200...1000 Гц. Допускается модулирование звукового сигнала по амплитуде или частоте. Период модуляции звуковых сигналов оповещателя должен находиться в диапазоне 0,2...0,8 с. При амплитудном модулировании глубина модуляции должна быть не менее 12%. При частотном модулировании глубина модуляции должна быть не менее 3% по отношению к несущей частоте. Продол-

жительность непрерывной работы звукового сигнала «Тревога» должна быть не менее 15 мин.

Требования НТД к технологическим звуковым оповещателям

Бал правит разработанный ещё в 1977 году добротный советский ГОСТ 21786-76 «Система “человек-машина”. Сигнализаторы звуковые неречевых сообщений». Общие эргономические требования», который действует и поныне. Он распространяется на неречевые звуковые сигналы, подаваемые в помещениях, и устанавливает следующие частоты аварийных, предупреждающих и уведомляющих сигналов (табл. 5).

Также стандарт требует, чтобы аварийные и предупреждающие сигналы были прерывистыми, а уровень звукового давления их непосредственно в ухо челове-

Таблица 5

Основные технические характеристики используемых звуковых сигналов неречевых сообщений

Вид сигналов	Частота, Гц	Уровень звукового давления у входа в наружный слуховой проход оператора, дБ	Вид звукового сигнализатора, который может применяться	Условие применения
Аварийные	800...5000	90...100	Генератор	Может быть направленного действия
	800...5000	90...100	Гудок	То же
	800...5000	90...100	Сирена	
	800...5000	90...100	Ревун	
Предупреждающие	800...5000	90...100	Свисток	
	800...5000	90...100	Звонок	
	200...800	80...90	Генератор	
	200...800	80...90	Гудок	
	200...800	80...90	Ревун	
	200...800	80...90	Свисток	
Уведомляющие	200...400	30...80	Генератор	Может применяться во внутренних переговорных устройствах
	200...400	30...80	Зуммер	То же
	200...400	30...80	Гудок	
	200...400	30...80	Свисток	
	200...400	30...80	Звонок	

Таблица 6

Смысловое значение звуковых сигналов

Вид звука	Смысловое значение		
	Безопасность людей или оборудования	Состояние процесса	Состояние оборудования
Протяжный, резкий усиливающийся	Опасность	Критическое	Неисправное
Прерывистый с постоянным интервалом	Внимание	Переходное	Переходное
Непрерывный с постоянным уровнем	Безопасность	Нормальное	Нормальное
Чередующиеся звуки	Специальное		
Другие звуки	Не имеет специального значения		

ка-оператора находился в пределах от 30 до 100 дБ, а при наличии сильных акустических помех – от 110 до 120 дБ. Уровень изменения звукового давления в сигнале должен быть не менее 3 дБ, а длительность звуковых сигналов должна лежать в диапазоне от 0,2 до 10 с.

Надо отметить, что в дополнение к нему действуют ещё три стандарта, гармонизированные с международными стандартами серии ISO.

● ГОСТ Р МЭК 60073-2000 «Интерфейс человеко-машинный. Маркировка и обозначения органов управления и контрольных устройств. Правила кодирования информации» уточняет требования к амплитудно-частотным характеристикам звуковых сигналов (табл. 6).

Стандарт также требует, чтобы при отсутствии опасности не было никаких звуковых сигналов (тишина).

● ГОСТ Р 57612-2017 «Эргономика. Система звуковых и визуальных сигналов опасности и информационных сигналов» устанавливает показатели качества и принципы различимости звуковых сигналов. Во избежание паники стандарт требует, чтобы нарастание звукового (и светового) сигнала было постепенным, а не резким. Число звуковых сигналов должно быть небольшим по сравнению со световыми подаваемыми сигналами, а основная слышимость в основном определяется высотой тона звукового сигнала. Ниже приведены требования данного стандарта к сигналам опасности (табл. 7, 8).

ГОСТ Р ИСО 7731 «Эргономика. Сигналы опасности для административных и рабочих помещений. Звуковые сигналы опасности». Стандарт устанавливает различные типы сигналов опасности (табл. 9).

Чтобы гарантировать слышимость в средствах защиты, средневзвешенный уровень звукового давления сигнала опасности должен быть не ниже 65 дБ в любом месте в области приёма сигнала, а превышение звукового давления над шумом должно составлять 10...15 дБ. Стандарт не рекомендует применять звуковые оповещатели в местах с уровнем шума более 100 дБ, заменяя их на световые оповещатели, в любом случае максимальный уровень сигнала не должен превышать 118 дБ в области приёма сигнала. Сигнал опасности должен включать в себя частотные составляющие от 500 до 2500 Гц. Вместе с тем обычно рекомендуются две доминирующие составляющие от 500 до 1500 Гц. В целом предпочтение должно быть отдано сигналам опасности с импульсной характеристикой, а не сигналам, имеющим постоянную временную характеристику.

Таблица 7

Виды сигналов общего назначения, ранжированные по степени срочности

Категория сообщения	Звуковой сигнал		Цвет визуального сигнала
	Вид сигнала при функционировании (см. табл. 3)	Временная модель	
Сигнал «Опасность» Принятие срочных мер по спасению или защите	Сканирование; звуковой пакет; переменные сигналы (двух или трёх частот). <i>Примечание.</i> Срочность может быть указана быстрым ритмом, диссонансом или высотой звука	Непрерывное или попеременное включение/отключение сигнала; попеременное включение/отключение сигнала; непрерывное переключение, включение/отключение сигнала. Любой сигнал опасности должен иметь временную модель, чётко отличимую от сигнала срочной эвакуации (см. табл. 2)	КРАСНЫЙ
Сигнал «Предупреждение» Выполнение действий по мере необходимости	Только один звук постоянного спектра, минимальная длительность – 0,3 с	Попеременное включение/выключение; чёткое отличие от сигнала срочной эвакуации; при наличии двух различных по продолжительности сегментов первый сегмент должен быть более продолжительным	ЖЁЛТЫЙ
Сигнал «Команда» Необходимость обязательного действия	Два или три различных звука с постоянным спектром каждый	Непрерывное или попеременное включение/отключение	СИНИЙ
Сигнал «Информационное сообщение» Инструктирование населения	Двухтональный звуковой сигнал	Высокий/низкий неповторяющиеся сигналы (сигнал воспроизводит по инструкции)	Обычно световой сигнал отсутствует. При необходимости подают неповторяющиеся двойные вспышки жёлтого света
Сигнал «Отбой» Опасность миновала	Звук постоянного спектра	Продолжительность – не менее 30 с. Сигнал следует за предыдущим предупредительным сигналом	ЗЕЛЁНЫЙ

Примечание. Синхронная подача звуковых и световых сигналов не является обязательным требованием, но может улучшить восприятие сигналов.

Таблица 8

Особенности звуковых сигналов

Категория сообщения	Звуковой сигнал		Вид визуального сигнала	Примечание
	Вид сигнала при функционировании	Временная модель		
Сигнал «Срочная эвакуация» Необходимо немедленно покинуть территорию	Каждый сегмент звукового сигнала длится 0,5 с. Звук может быть постоянным, сканированным или прерывистым	Три коротких сегмента в группах, повторяющихся циклами с интервалом 4 с	Красные вспышки, синхронизированные с каждым тройным сигналом	
Сигнал «Общая тревога» Необходимо предпринимать неотложные меры для обеспечения личной безопасности	Сканированный звук; постоянный спектр звука	Непрерывный звук; попеременное включение/выключение с интервалом 4...20 с	Красный мигающий свет	Постоянная подача инструкций относительно методов защиты в убежищах или внутри жилых помещений (газ); последующее сообщение по радио

Примечание. Синхронная подача звуковых и световых сигналов не является обязательным требованием, но может улучшить восприятие сигнала. Для сигнала «Срочная эвакуация» может быть использован непрерывный сигнал, который может состоять из частей, представляющих собой сигналы различного вида и временной модели, повторяющихся очень часто.

Таблица 9

Типы сигналов опасности

Тип сигнала опасности	Ответное действие
Звуковой сигнал аварийной эвакуации	Немедленно покинуть опасную зону
Звуковой аварийный сигнал	Предпринять срочные действия для спасения или защиты
Звуковой предупреждающий сигнал	Предпринять профилактические или подготовительные действия

стику. Частота повторения должна быть от 0,5 до 4 Гц. Длительность импульса и частота повторения импульса сигнала опасности не должны быть идентичны длительности импульса и частоте повторения импульса любого окружающего шума с периодическим изменением характеристики в области приёма сигнала. Стандарт устанавливает методику субъективной оценки слышимости сигнала методом прослушивания 5 испытателями в разных зонах оповещения.

Если на производстве работают люди с ограниченными возможностями, то проектировщику необходимо также учесть требования ГОСТ Р ИСО 23600-2013 «Вспомогательные технические средства для лиц с нарушением функций зрения и лиц с нарушением функций зрения и слуха. Звуковые и тактильные сигналы дорожных светофоров». Стандарт допускает применение как однотональных звуковых сигналов, так и сигналов с чередующимися тонами в диапазоне 300...3500 Гц со звуковым давлением от 30 до 90 дБ. Интересно указание, что превышение уровня звукового сигнала над шумом должно быть не менее 5 дБ, но не более 10 дБ, а рекомендованный диапазон частоты сигналов сужен от 500 до 2500 Гц, мотивируя это снижением слуха в связи с возрастными изменениями. В частности, документ рекомендует частоты от 800 до 2000 Гц для однотонального сигнала и 300 и 1500 Гц для сигнала с чередующимися тонами, причём частота повторения однотонального сигнала должна быть в среднем 1 Гц, а минимальная длина паузы между сигналами — 0,2 с.

Анализ требований к звуковым оповещателям других стандартов

Надо отметить, что, по сравнению со световыми оповещателями, НТД на звуковые оповещатели содержит более объективные оценки, но всё равно оставляет проектировщику проблему обеспечения слышимости звукового сигнала во всей подконтрольной зоне, кроме того, стандарты в основном уста-

навливают требования к звуковым сигналам опасности применительно к помещениям. Посмотрим, что требует «родственная» НТД для «свежего воздуха». Как показано выше, стандарт ГОСТ Р 54126-2010 «Оповещатели охраняемые. Классификация. Общие технические требования и методы испытаний» требует 105...120 дБ в полосе частот 200...5000 Гц и обязательное наличие датчика вскрытия корпуса оповещателя. Клаксон гражданского автомобиля, согласно ГОСТу Р 41.28-99 и Правилам ЕЭК ООН № 28, должен издавать непрерывный и монотонный звук с уровнем акустического давления на расстоянии 2 метра от 95 до 118 дБ в диапазоне частот 1800...3550 Гц, а на расстоянии 7 метров — 83...112 дБ. Звуковые спецсигналы (сирены и «крякалки» — Air Horn), устанавливаемые на служебном транспорте, регламентируются ГОСТ Р 50574-2002. Уровень звукового давления сигнального устройства при подаче специального звукового сигнала на расстоянии 2 метра по оси рупора должен быть не ниже: 116 дБ при установке излучателя звука на крыше транспортного средства; 122 дБ при установке излучателя в подкапотное пространство автотранспорта. Изменения основной частоты должны быть от 150 до 2000 Гц. Продолжительность цикла — от 0,5 до 6,0 с. Требования к железнодорожным звуковым оповещателям регламентирует ГОСТ 28466-90 «Тифоны и свистки сигнальные. Общие технические условия», согласно которому давление, измеренное на расстоянии 5 метров, должно быть для тифонов с частотами 370 и 660 Гц — 120 дБ и 105 дБ для свистков с частотами 650, 120 и 1500 Гц.

Американский стандарт NFPA 72 «Национальный кодекс пожарной сигнализации» требует: «В случае, если уровень постоянного шума превышает 105 дБА, следует использовать световые оповещатели. Общий уровень звука, получаемый в результате сложения шумов окружающей среды с акустическими сигналами от всех работающих оповещателей, не должен превышать 120 дБА в лю-

бой точке обитаемой зоны. Чтобы гарантировать чёткую слышимость акустических сигналов, передаваемых в режиме общего оповещения, уровень звука этих сигналов должен быть не менее чем на 15 дБ выше уровня постоянного шума и не менее чем на 5 дБ выше уровня максимального шума (длительность максимального шума — не менее 60 с). Акустические оповещатели, предназначенные для работы в режиме персонального оповещения, должны обеспечивать уровень звука не менее 45 дБ на расстоянии 3 м, но не более 120 дБ на минимальном расстоянии между оповещателем и ушной раковиной человека. Считается, что резкое увеличение громкости звукового сигнала более чем на 30 дБ в течение 0,5 с может привести к внезапному и потенциально опасному испугу. Настенные акустические оповещатели следует устанавливать таким образом, чтобы расстояние между верхней частью оповещателя и уровнем законченного отделкой пола было не менее 2,30 м, а расстояние между верхней частью оповещателя и уровнем законченного отделкой потолка было не менее 150 мм». Кроме того, Кодекс требует двухчасовой предел пожаростойкости защитного корпуса и кабеля оповещателя. Относительно размещения звуковых оповещателей Кодекс не даёт чётких указаний, как для световых оповещателей, но если оповещатели светозвуковые, то Кодекс предписывает размещать их как световые оповещатели. Интересна также рекомендация Кодекса отключать все шумовые источники звука в помещении при включении аварийного сигнала. Британские Правила PFEER (1995) рекомендуют 45 видов звуковых сигналов различной формы в диапазоне частот от 300 до 2900 Гц, правда, Правила предназначены для морских нефтедобывающих платформ и прибрежных строений.

При выборе звукового оповещателя проектанту надо как-то аналитически предварительно оценить его пригодность для конкретного по размерам объекта эксплуатации. Ни один выше-названный стандарт не даёт такой методики для помещений. Некоторые производители звуковых оповещателей предлагают воспользоваться эмпирической формулой, согласно которой затухание звука на 6 дБ происходит при удвоении расстояния от источника звука, т.е. при нормировании звукового давления оповещателя на расстоянии от него 1 метра звуковой сигнал ослабнет на расстоянии 2 м на 6 дБ, на 4 м на

12 дБ, на 8 м на 18 дБ, на 16 м на 24 дБ и т.д. Возможно, такая эмпирическая формула и применима для помещений, но аналогичный расчёт по методике ГОСТ 31295.2-2005 «Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчёта» только по одной из причин ослабления, а именно: «Затухание из-за геометрической дивергенции (затухание в свободном пространстве из-за расхождения звуковой энергии) A_{div} , дБ, происходящее в результате сферического распространения звука точечного источника шума в свободном звуковом поле, рассчитывают по формуле $A_{div} = 20 \lg(d/d_0) + 11$, где d – расстояние от источника шума до приёмника, м; $d_0 = 1$ м», даёт следующие результаты: затухание на расстоянии 2 м составит 17 дБ, на 4 м составит 23 дБ, на 8 м – 29 дБ, на 16 м – 35 дБ.

Выводы

Параметрами звукового сигнала являются: звуковое давление, спектральная и временная характеристика, причём высота тона (частота звука) представляет собой основной инструмент, делающий сигнал слышимым и различимым с учётом акустических условий окружающей среды.

Максимальное звуковое давление оповещателя на входе в ухо человека не должно превышать 118 дБ.

При уровне фонового шума с уровнем 105 дБ и более не следует применять звуковые оповещатели, а использовать только световые оповещатели.

Во избежание паники нарастание звукового сигнала должно быть постепенным, а не резким (не более 30 дБ за половину секунды).

Для восприятия звукового сигнала опасности его звуковое давление на входе в ухо человека должно превышать уровень фонового шума на 5...15 дБ.

Частотный диапазон звуковых сигналов опасности, нормируемый стандартами, находится в диапазоне от 200 до 5000 Гц и в технически обоснованных случаях может быть расширен до 10 000 Гц.

С возрастом частотный диапазон слышимости человека уменьшается и при болезнях слуха может быть ограничен частотой до 2500 Гц.

Низкочастотные составляющие звукового сигнала затухают медленнее, чем высокочастотные.

Сигналы опасности с импульсной характеристикой более восприимчивы,

чем сигналы, имеющие постоянную временную характеристику.

Длительность звуковых сигналов должна лежать в диапазоне от 0,2 до 10 секунд.

Частота повторения сигналов должна быть от 0,5 до 4 Гц.

Длительность импульса и частота повторения импульса сигнала опасности не должны быть идентичны длительности импульса и частоте повторения импульса любого окружающего шума с периодическим изменением характеристики в области приёма сигнала.

Для субъективной оценки слышимости сигнала допускается метод прослушивания 5 испытателями в разных зонах оповещения. ●

ЛИТЕРАТУРА

- ГОСТ Р МЭК 60447-2000 «Интерфейс человек-машинный. Принципы приведения в действие».
- Ученые наконец-то определили, с какого расстояния можно увидеть пламя свечи. [Электронный ресурс] // URL: <https://www.kp.ru/daily/26414.5/3288554/>.
- ГОСТ 26824-2018 «Здания и сооружения. Методы измерения яркости».
- ГОСТ 12.4.026-2015 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний».
- Магдеев В.Ш., Голубев М.Н. «Невидимые» световые пожарные оповещатели (табло) // Пожарная безопасность. 2015. № 1. С. 117–119.
- Сысоев Ю.С., Магдеев В.Ш., Воронин Е.П. Исследование восприятия текстовой информации со световых взрывозащищенных табло методами субъективных измерений // Пожаровзрывобезопасность. 2012. № 6. С. 43–49. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovaniya-vospriyatiya-tekstovoy-informatsii-so-svetovyh-vzryvozashchennyh-tablo-metodami-subektivnyh-izmereniy/viewer>.
- Магдеев В.Ш., Воронин Е.П. Исследования качества восприятия текстовой информации со световых взрывозащищенных табло // Экспозиция. Нефть. Газ. 2012. № 4(22). URL: http://old.runeft.ru/library/energetika/research_of_perception_of_textual_information_from_explosion_proof_displays_by_means_of_subjective_m.htm.

Авторы – Магдеев В.Ш., директор ООО «Ех-прибор», к.т.н. Чебыкина С.А., главный конструктор ООО «Ех-прибор»

НОВОСТИ НОВОСТИ

Сотрудничество ADLINK и Allxon для упрощения удалённого управления платформами глубокого обучения



Компания ADLINK Technology Inc., один из мировых лидеров в области производства оборудования для периферийных вычислений, вступила в партнёрство с ведущим интегратором ПО и аппаратного обеспечения для Интернета вещей и Искусственного интеллекта компанией Allxon. Этот союз позволит предложить клиентам решения для удалённого управления платформами глубокого обучения, такими как ADLINK серии DLAP-211.

Партнёрство предоставило онлайн-портал для удобного мониторинга, управления и обновлений DLAP-211 в любое время, в любом месте, без присутствия на самом объекте.

После развертывания DLAP-211 решения Allxon Device Management Solutions (Allxon DMS) можно использовать для удалённого:

- мониторинга производительности ЦПУ и графического процессора, получения различных предупреждений;
- управления устройствами в соответствии с групповыми настройками и установленными пользователем правилами;
- ведения журнала ошибок для устранения неполадок;
- управления перезагрузкой DLAP-211, расписанием, снимками экрана и командами;
- обновления приложений, моделей искусственного интеллекта и встроенного ПО.

Например, для повышения безопасности работы или производительности ИТ-специалисты смогут удалённо запустить различные приложения или обновить DLAP-211, тем самым улучшить модель искусственного интеллекта, функции, скорость и точность. Поскольку часто устройства находятся на значительном расстоянии, географически распределены по разным местам, странам или даже континентам, крупномасштабное удалённое управление позволяет экономить огромное количество времени и усилий, требуемых для обслуживания объектов. ●