



О. В. Кочнов,
заместитель
генерального директора
группы компаний ESCORT

109044, Москва, ул. Мельникова, д. 7, оф. 32,
8 (495) 937-5341/42, 663-9144 (многоканальные),
8 (800) 3333-005 (бесплатный),
info@escortpro.ru, support@escortpro.ru,
www.escortpro.ru



ИСПЫТАНИЯ РУПОРНЫХ ГРОМКОГОВОРТЕЛЕЙ ROXTON

Группа компаний ESCORT является производителем широкой линейки громкоговорителей торговой марки ROXTON. На сегодняшний день ROXTON – это один из наиболее известных брендов, характеризующийся прекрасным соотношением цены и качества. Бренд включает в себя широкую линейку громкоговорителей различного назначения: от бюджетных трансляционных громкоговорителей для внутри объектового применения, до низкоомных широкополосных акустических систем для применения в системах высококачественного озвучивания.

Введение

Данная статья является продолжением публикации во всероссийском специализированном журнале «Безопасность», выпуски №1, №2 (2020 год) [8].

Предлагает рассмотреть вопросы и способы обеспечения соответствия громкоговорителей – оконечных технических средств оповещения – требованиям нормативной документации (НД).

Почему именно громкоговорители ROXTON? Краткий ответ: потому что они прошли целый ряд испытаний, в результате которых получены честные и адекватные характеристики. Напомним, что характеристики громкоговорителей, являются входными для выполнения электроакустических расчетов, выполняемых при проектировании СОУЭ. Необходимость такого расчета предполагает не только формальное обеспечение нормативных требований, но и действительно, гарантирует качество восприятия речевой информации, необходимой людям для успешной эвакуации при пожаре. Поэтому адекватность характеристик в полной мере определяет актуальность такого расчета.

Важность рассматриваемого вопроса не вызывает сомнений, так как найдет свое отражение в готовящихся новых требованиях: «Руководство по проектированию, монтажу, техническому обслуживанию и ремонту СОУЭ. Методы испытаний на работоспособность».

Согласно данному руководству на объектах эксплуатации СОУЭ будут осуществляться плановые проверки (не реже 2 раз в год) ее работоспособности и соответствия требованиям НД. Одной из таких, станет проверка на обеспечение речевым оповещателем необходимого звукового давления. Такую проверку будет осуществлять бригада из двух человек, одной из

задач которой будет измерение уровня звукового давления при помощи поверенного шумомера – прибора со встроенным микрофоном. Необходимость такой проверки позволит избежать многочисленных случаев несоответствия технических характеристик необходимым требованиям, имеющих место при формальном отношении и недобросовестности при сертификации используемого оборудования.

Основные требования, предъявляемые к речевым оповещателям

Рассмотрим основные требования, которым должен удовлетворять речевой оповещатель.

Согласно требованиям ГОСТ 53325-2012 [1], назовем их основными:

- Речевые пожарные оповещатели должны обеспечивать передачу сообщения о возникновении пожара и инструкции по эвакуации. Текст сообщения, а также звуковое сопровождение текста (при необходимости) должны соответствовать условиям применения пожарного оповещателя на конкретном объекте. При этом речевая и звуковая информация может быть записана в энергонезависимую память пожарного оповещателя, либо поступать на вход пожарного оповещателя.

- Уровень звукового давления, развиваемый речевыми пожарными оповещателями на расстоянии $(1,00 \pm 0,05)$ м, должен быть не менее 70 дБ. Уровень звукового давления и параметры диаграммы направленности должны быть указаны в ТД на речевые пожарные оповещатели конкретных типов.

- Диапазон воспроизводимых частот должен быть указан в ТД на речевые пожарные оповещатели конкретных типов, но не уже чем от 500 до 3500 Гц при неравномерности частотной характеристики в диапазоне не более 16 дБ.

Кроме данного требования бригада инспекторов должна будет учитывать более жесткие дополнительные требования свода правил СП-3-13130-2009[5]:

- Звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать общий уровень звука (уровень звука постоянного шума вместе со всеми сигналами, производимыми оповещателями) не менее 75 дБА на расстоянии 3 м от оповещателя, но не более 120 дБА в любой точке защищаемого помещения.

- Звуковые сигналы СОУЭ должны обеспечивать уровень звука не менее чем на 15 дБА выше допустимого уровня звука постоянного шума в защищаемом помещении. Измерение уровня звука должно проводиться на расстоянии 1,5 м от уровня пола...

- В защищаемых помещениях, где люди находятся в шумозащитном снаряжении, а также в защищаемых помещениях с уровнем звука шума более 95 дБА, звуковые оповещатели должны комбинироваться со световыми оповещателями. Допускается использование световых мигающих оповещателей.

- Речевые оповещатели должны воспроизводить нормально слышимые частоты в диапазоне от 200 до 5000 Гц. Уровень звука информации от речевых оповещателей должен соответствовать нормам настоящего свода правил применительно к звуковым пожарным оповещателям.

В предыдущей статье мы указали актуальное в области транспортной безопасности – требование к специальному оконечному средству оповещения: ГОСТ 42.2.01-2014 [2].

Различие приведенных стандартов с требованиями [2], на что нами неоднократно указывалось, может быть нивелировано путем получения актуальных частотных характеристик звукового давления и характеристик направленности. Такие характеристики могут быть получены только в специализированных акусти-

ческих лабораториях с использованием поверенного измерительного оборудования, см. далее.

Испытания речевых оповещателей, согласно [1], производят следующим образом:

- измерительный микрофон шумомера и испытываемый пожарный оповещатель располагают (с фронтальной стороны пожарного оповещателя) горизонтально на одной оси на расстоянии $(1,00 \pm 0,05)$ м.

- на вход пожарного оповещателя подают гармонический сигнал частотой 1000 Гц с амплитудой, установленной в ТД на пожарный оповещатель конкретного типа, как чувствительность по входу

- активируют пожарный оповещатель и производят измерение уровня звукового давления.

Проверку частотных характеристик для речевых пожарных оповещателей проводят в той же последовательности: при последовательной подаче на вход усилителя гармонических сигналов частотой 3500, 2000, 1000, 500 Гц и амплитудой, установленной в ТД на пожарный оповещатель конкретного типа, как чувствительность по входу.

Более подробная и более точная оценка уровней звукового давления приведена в ГОСТ 53575-2009 [4]. Методы испытаний, приведенные в данном стандарте, актуальны, как для удовлетворения требований в области пожарной [1], так и транспортной безопасности [2].

Основные характеристики и методы испытаний, согласно ГОСТ 53575-2009

Вначале отметим следующее обстоятельство. На сегодняшний день, несмотря на наличие стандарта по громкоговорителям [4], у производителей средств оповещения нет единого эталона при указании технических характеристик на производимые технические средства. Кроме того, на сегодняшний день, не только на полное, но и на частичное соответствие ГОСТу в виде официальной экспертизы технических характеристик, не проводит ни одна лаборатория. Однако, именно этот ГОСТ должен быть определяющим. Отметим, что если характеристики окончательных технических средств оповещения получены самостоятельными измерениями не в заглушенных камерах, не поверенным оборудованием, как поступают многие производители, то при сертификации им останется уповать только на случай.

Для устранения подобной проблемы группа компаний ESCORT провела ряд испытаний, для определения, уточнения и внесения в техническую документацию следующих характеристик [4]:

- **Эффективно воспроизводимый диапазон частот:** Диапазон частот, в пределах которого частотная характеристика громкоговорителя, измеренная на рабочей оси (рабочая ось – прямая, проходящая

через рабочий центр громкоговорителя в направлении его преимущественного использования), понижается по отношению к уровню, усредненному в октавной полосе частот в области максимальной чувствительности не более, чем на оговоренное в технической документации на громкоговоритель значение (согласно [1] – 14 дБ).

- **Частотная характеристика звукового давления (частотная характеристика):** Зависимость от частоты звукового давления, развиваемого громкоговорителем в точке свободного поля, находящейся на определенном расстоянии от рабочего центра (рабочий центр – точка, от которой проводят отсчет расстояния от громкоговорителя), при постоянном напряжении на зажимах громкоговорителя.

- **Характеристика направленности:** Зависимость звукового давления, развиваемого громкоговорителем на частоте или в полосе частот со среднегеометрической частотой в точке свободного поля, находящейся на определенном расстоянии от рабочего центра, от угла между рабочей осью и направлением на указанную точку (определение совпадает с определением данным в [8]).

Основные условия испытаний

При испытаниях громкоговорителей необходимо создать такие (оптимальные) условия, при которых погрешность измерений не будет выходить за границы допустимой. Среди основных условий можно выделить следующие:

Общие условия испытаний

Громкоговоритель является электроакустическим преобразователем, поэтому условия испытаний условно можно разделить на электрические и акустические. Основными следует считать условия испытаний, при которых измеренные характеристики не выйдут за допустимые погрешности (общая погрешность измерений при определении электрических характеристик должна быть не более $\pm 0,5$ дБ).

При испытании к громкоговорителю трансформаторного типа [8], относящегося к пассивному типу, подводят синусоидальный сигнал, например, 1 кГц, амплитуда которого определяется из технических характеристик исходя из двух условий:

- Номинальных условий испытаний (кратковременных)

- Нормальных условий испытаний (долгосрочных).

При номинальных условиях напряжение синусоидального сигнала $U_{\text{ном}}$, В, подаваемого на громкоговоритель рассчитывают по формуле:

$$U_{\text{ном}} = \sqrt{P_{\text{ном}} \cdot R_{\text{ном}}}$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность громкоговорителя, Вт; $R_{\text{ном}}$ – номинальное электрическое сопротивление громкоговорителя, Ом.

Примечание. При испытании трансформаторного громкоговорителя, $R_{\text{ном}}$ – сопротивление первичной обмотки соответствующего трансформатора (импеданс).

В нормальных условиях на громкоговоритель подают напряжение синусоидального сигнала $U_{\text{ном}}$, В:

$$U_{\text{ном}} = \sqrt{0,1 P_{\text{ном}} \cdot R_{\text{ном}}}, \text{ при } P_{\text{ном}} \geq 0,5 \text{ Вт.}$$

Климатические условия

Нормальными считаются климатические условия, при которых температура воздуха ($15-25^\circ\text{C}$), относительная влажность ($50-80\%$), атмосферное давление ($720-780$ ммрт.ст.), находятся в допустимых границах.

Акустические условия

Акустические условия делятся на: условия создания свободного поля (для сферических источников излучения); условия создания однородного поля (для направленных источников излучения). И в том и в другом случае это условия, при которых звуковое давление / квадрат звукового давления, не превышает ожидаемого значения для идеального свободного пространства. Такие условия могут быть, в частности, реализованы в звукомерной заглушенной камере (ГОСТ 31273).

Состав и описание стенда для определения частотной характеристики звукового давления и характеристики направленности

При определении частотной характеристики звукового давления в нормальных условиях (свободное поле или заглушенная камера), измерения допустимо осуществлять широкополосном шуме с вырезанием треть октавных частот по схеме, показанной на рис.1.

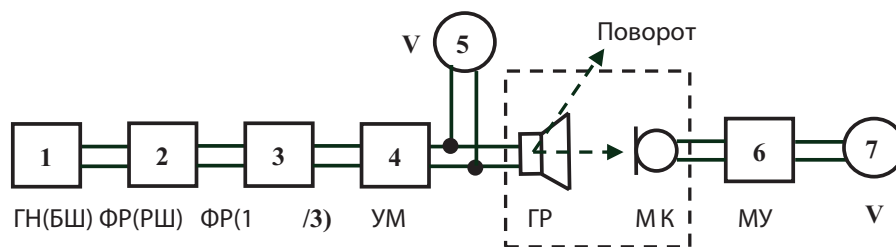


Рис. 1. Схема измерений частотной и характеристики направленности



Рис. 2. Испытание громкоговорителей ROXTON в акустической заглушенной камере МТУСИ

В общем случае частотная характеристика звукового давления, получаемая путем записи, корректируется на суммарную частотную неравномерность приборов, входящих в соответствующую схему измерений. При этом, звуковое давление p , Па, в 1/3-октавной полосе рассчитывается для каждой среднегеометрической частоты по формуле:

$$p = \frac{U}{E_0 K},$$

где U – напряжение на выходе микрофонного усилителя, мВ;

E_0 – чувствительность измерительного микрофона по свободному полю, мВ/Па;

K – коэффициент усиления микрофонного усилителя.

Описание стенда

Для построения частотной и характеристики направленности используется схема, рис.1. В качестве источника звука может использоваться либо низкочастотный (измерительный) звуковой генератор (с диапазоном частот – не уже 20-20000 Гц), либо фильтр розового шума с такой же полосой частот. В данном примере, на усилитель мощности (5) подается ряд дискретных частот (ГОСТ 12090), генерируемых генератором белого шума (1), пропускаемых через фильтр розового шума (2), с последующим режектированием октавных частот 1/3 октавным полосовым фильтром (3).

Усилитель мощности должен иметь следующие параметры:

- диапазон частот не уже 20–20000 Гц;
- неравномерность частотной характеристики при нагрузке на испытуемый громкоговоритель не более ± 1 дБ;
- номинальная мощность при испытаниях на синусоидальном сигнале не менее двукратной мощности, необходимой для проведения испытаний, а при испытаниях на шумовом сигнале не менее десятикратной мощности, необходимой для проведения испытаний.

Микрофонный усилитель (6) должен иметь высокую (не более $\pm 0,1$ дБ на 1 кГц) неравномерность частотной характеристики.

Вольтметры (5), (7) для измерения синусоидальных сигналов должны быть поверенными, иметь частотный диапазон не уже 20–20000 Гц и основную погрешность не более $\pm 4,5\%$. Вольтметр для измерения шумовых сигналов должен быть прибором квадратичного типа. Измерительный микрофон (МК) первого класса должен быть аттестован как рабочий и иметь свидетельство о поверке.

Определение характеристики направленности

Характеристику направленности измеряют практически также, как и частотную

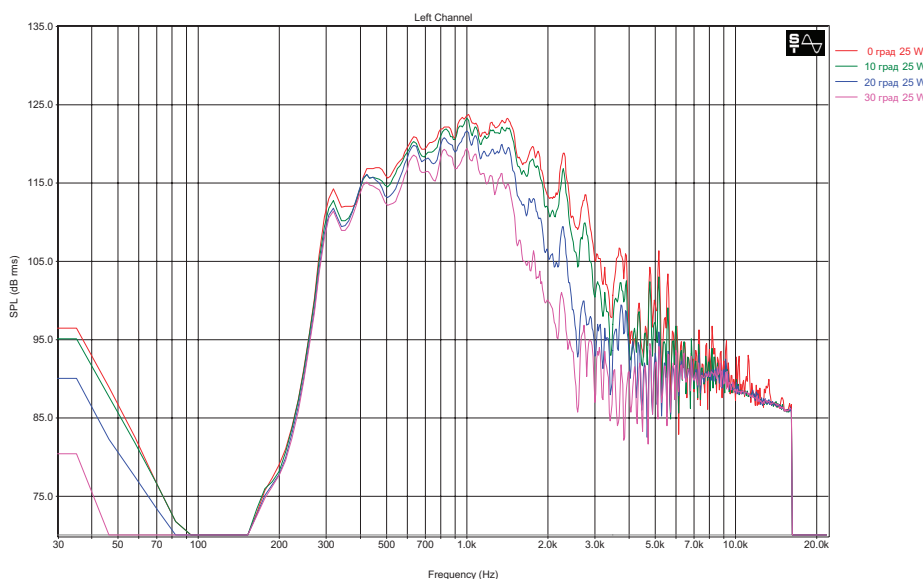


Рис. 3. Реперы ЧХЗД громкоговорителя ROXTON HS-50T, полученные в акустической заглушенной камере МТУСИ

зависимость. Но изображают ее (в классическом виде – на бланках самописца) в полярных координатах (характеристиках). Вращение громкоговорителя осуществляют вокруг его рабочего центра так, чтобы расстояние до этого центра оставалось всегда неизменным. Частоты, на которых определяют характеристики направленности, должны быть оговорены в технической документации на громкоговоритель.

Для громкоговорителя несимметричного излучения характеристики направленности следует определять в двух взаимно перпендикулярных плоскостях. Для частот до 5000 Гц допускается строить характеристики направленности по соответствующим ординатам частотных характеристик звукового давления, определенных в соответствии с требованиями для углов $15^\circ, 30^\circ, 45^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ, 105^\circ, 120^\circ, 135^\circ, 150^\circ, 165^\circ$ и 180° , а для громкоговорителя несимметричного излучения и для отрицательных углов. Для частот 5000 Гц и выше измерения должны проводиться также для углов $\pm 5^\circ, \pm 10^\circ, \pm 20^\circ, \pm 25^\circ$.

Испытания громкоговорителей ROXTON

Испытания в МТУСИ

В 2018 году на базе акустической лаборатории Московского технического университета связи и информатики были проведены испытания громкоговорителей ROXTON. Измерения проводились в акустической заглушенной камере, рис. 2.

Основная цель – получить данные для построения двух наиважнейших характеристик громкоговорителей – частотной характеристики звукового давления (ЧХЗД) и характеристик направленности (ХН)[4]. Формы частотной зависимости в

рабочей звуковой полосе определялись по результатам измерений в заглушенной камере на тональном свип-сигнале при удалении измерительного микрофона от излучателей на расстояние 1,0 метр. Значения импедансов оценивались измерителем LCR BR2822 на частоте 1,0 кГц.

На рис. 3 приведены реперы (результаты измерений) звукового давления (SPL)



Рис. 4. Монтаж и подключение рупорных громкоговорителей ROXTON HS-50T HP-30T к комбинированной системе

рупорного громкоговорителя HS-50T для варианта включения в 25Вт.

Испытания громкоговорителей на Воронежском полигоне

26 сентября 2018 года, накануне IX Всероссийской научно-практической конференции курсантов, слушателей, студентов и молодых ученых с международным участием на тему «Пожарная безопасность: проблемы и перспективы», сотрудники группы компаний ESCORT, совместно с преподавателями и студентами кафедры Пожарной и аварийно-спасательной техники, Воронежского филиала Ивановской академии МЧС.

В результате испытаний решались две основные задачи и несколько дополнительных:

- испытания лабораторного оборудования на открытой площадке
- измерения характеристик направленности рупорных громкоговорителей с учетом влияния земли, факторов отражения и поглощения в атмосфере, влияющих на распространение звуковой энергии на открытом воздухе.

Испытательный стенд был собран заранее и построен на базе комбинированной системы ROXTON SX-480N. Звуковая информация (тональные сигналы на частотах 1/4кГц), записанные на FLASH-карту со встроенного проигрывателя подавалась на вход усилителя мощности (УМ). Регуляторы уровня установлены в положение, обеспечивающее амплитуду тонального сигнала 100 В на выходе. К первой зоне встроенного 5-ти зонного селектора был

подключен рупорный громкоговоритель ROXTON HS-50T, ко 2-й зоне – рупор ROXTON HP-30T. Рупоры уже на полигоне монтировались на специализированном штативе, рис. 4.

На полигоне выполнялись следующие подготовительные работы:

- Монтаж оборудования.
- Определение направления и скорости ветра (ветер с/з 14м/с), влажности воздуха (79%).
- Разметка (определение) углов 45/90/135/180/225/270/315 градусов и определение положения 16-ти контрольных точек.

Измерения производились при помощи акустического спектр анализатора – Digital Sound Level Meter MS6708 по шкале дБА, не требующей коррекции для 1кГц и 4 кГц. Всего было выполнено порядка 120 замеров в 16-ти контрольных точках.

В результате обработки полученных данных в программе Microsoft Excel, были построены полярные диаграммы, рис. 5.

Из полученных диаграмм следует, что при удалении (увеличении расстояния от громкоговорителя до РТ), направленность громкоговорителя не притупляется, чего от нас требует операция логарифмирования согласно [6], но наоборот обострится, что может быть объяснено, например, влиянием земли. Таким образом, для практических оценок уровней звукового давления на различных расстояниях и для различных углов отклонений от расчетной (РТ), достаточно воспользоваться диаграммой направленности, полученной в лабораторных условиях, а затем и вычислить дивергенцию, определяемую ГОСТом [7], учитывающим конкретные внешние условия.

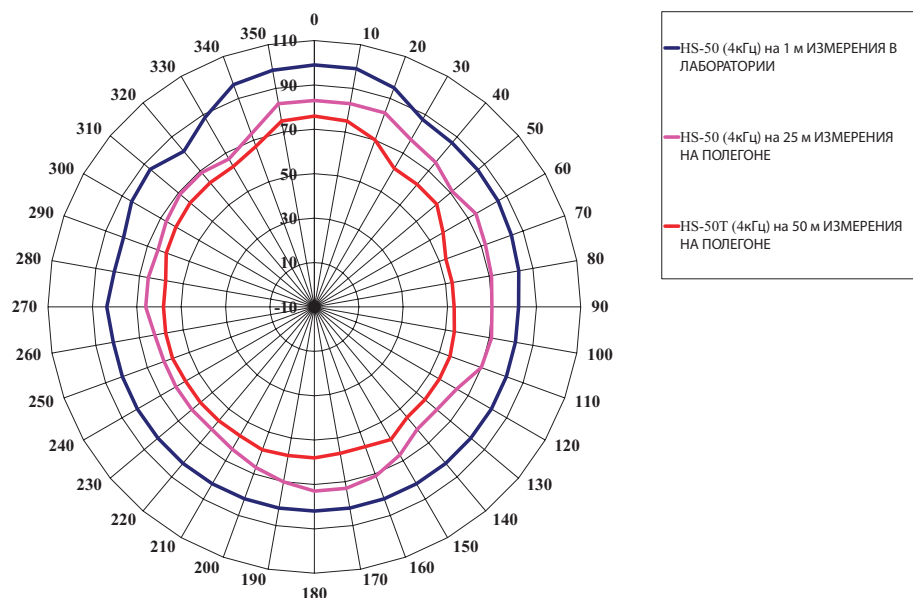


Рис. 5. Диаграммы направленности рупорного громкоговорителя ROXTON HS-50T

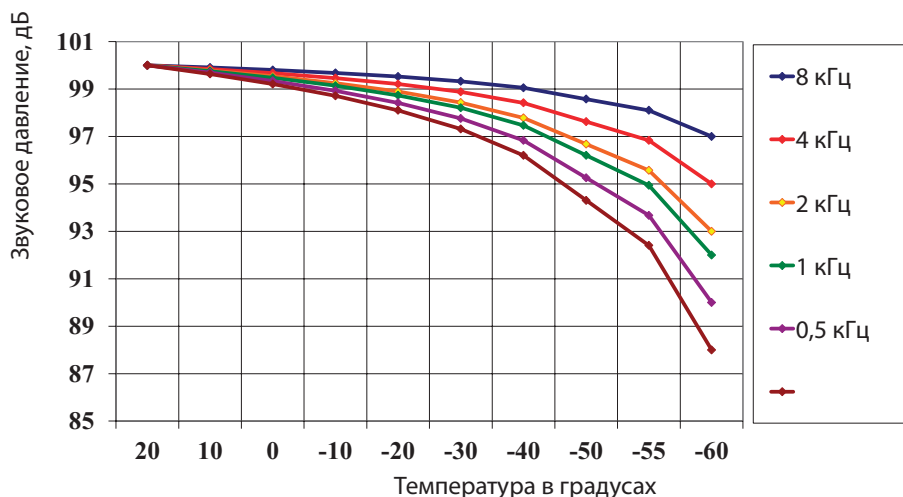


Рис. 6. Зависимость рупорного громкоговорителя ROXTON HP-30CPT от температуры на различных частотах

Испытания на морозостойкость

В журнале Безопасность №1/20 мы рассказывали об особенностях морозостойкого рупорного громкоговорителя ROXTON HP-15CPT. Данный громкоговоритель представляет собой высокоэффективное оконечное техническое средство, используемое для озвучивания, как закрытых помещений, так и открытых площадок, в том числе в условиях пониженной температуры. Данный громкоговоритель проходил испытания на морозостойкость в акустической лаборатории ЗАО «Спектр-К» (г. Кострома) на соответствие НД. Данная лаборатория аккредитована согласно требованиям ГОСТ ИСО/МЭК 17025-2009 «Общие требования к компетентности испытательных и калибровочных лабораторий».

Испытания проводились в климатической камере (KXTB-120-M) поверенным оборудованием – измерителем влажности и температуры (ИВТМ-7 М5-Д), лазерным



Рис. 7. Акустически-заглушенная безэховая камера АКИН

дальномером (LeicaDISTOD3), многофункциональным акустическим измерителем (ЭКОФИЗИКА). Результаты испытаний подтверждены соответствующим протоколом (№020915БА).

Наиболее актуальная часть испытаний связана с измерениями характеристик громкоговорителя при низкой температуре. На сегодняшний день такая зависимость мало изучена, поэтому представленные ниже (рис. 6) данные могут быть очень полезными при проектировании систем оповещения в северной климатической зоне.

Для получения зависимости от температуры громкоговоритель устанавливали в климатическую камеру, вначале при температуре 23°C, затем, при -60°C, выдерживали в камере в течении 3 часов, после чего при открытой дверце камеры были сделаны необходимые замеры.

Результаты, приведенные на рис.6, являются интерполяцией, опирающейся

(АКИН) проводились испытания всей линейки громкоговорителей ROXTON. Испытания проводились в акустически-заглушенной (безэховой) камере, рис. 7, по схеме на рис. 1 поверенным оборудованием в составе:

- Трансляционный усилитель ROXTON AZ-240
- Ноутбук для генерации на встроенной звуковой плате тестового сигнала
- Ноутбук для управления сбором данных
- Два цифровых поверенных мультиметра Fluke 107 для контроля тока и напряжения на выходе трансляционного усилителя
- Поверенный цифровой шумомер RFT 00024
- Внешняя плата АЦП USB-3000 для сбора данных.

Измерения проводились для углов согласно ГОСТ [4], так как при испытаниях промерялось большое количе-

ство громкоговорителей с различными геометрическими размерами (факторами), то для повышения точности измерений (минимизации погрешности) было принято решение расположить микрофон на расстоянии 4м от места установки.

Испытания громкоговорителей в Московском институте акустики (АКИН)

Летом 2019 года в акустической лаборатории Московского института акустики

была выполнена визуализация и обработка данных в программной среде MatLab. Результат обработки – ЧХЗД для рупорного морозостойкого громкоговорителя ROXTON HP-30CPT изображен на рис. 8.

Высокая равномерность во всем частотном диапазоне демонстрирует высокое качество громкоговорителя, а величина неравномерностей на 315 Гц (не более 11 дБ) и 5 кГц (не более 1 дБ), указывают на полное соответствие требованиям, как в области пожарной [1], так и транспортной [2] безопасности.

В следующей статье мы планируем продолжить рассмотрение данной темы и продемонстрировать практические методы электроакустических расчетов, активно использующих частотные и характеристики направленности.

Список литературы

- ГОСТ Р 53325-2012 «Техника пожарная. Технические средства пожарной автоматики. Общие технические требования и методы испытаний».
- ГОСТ Р 42.3.01-2014 «Технические средства оповещения населения».
- ГОСТ Р 53033-2008 «Громкоговорители рупорные».
- ГОСТ Р 53575-2009 (МЭК 60268-5:2003) Громкоговорители. Методы электроакустических испытаний.
- Свод правил СП-3-13130-2009 от 2009 г. «Требования пожарной безопасности к звуковому и речевому оповещению и управлению эвакуацией людей».
- Ш. Я. Вахитов, Ю. А. Ковалгин, А. А. Фадеев, Ю. П. Шевьев. Акустика (Москва, 2009 г.).
- ГОСТ 31295.2-2005. Шум. Затухание звука при распространении на местности. Часть 2. Общий метод расчета, дата введения 2007-01-01.
- Всероссийский специализированный журнал «Безопасность» №2 (2020 год) «Особенности проектирование и применения рупорных громкоговорителей, Ч1».

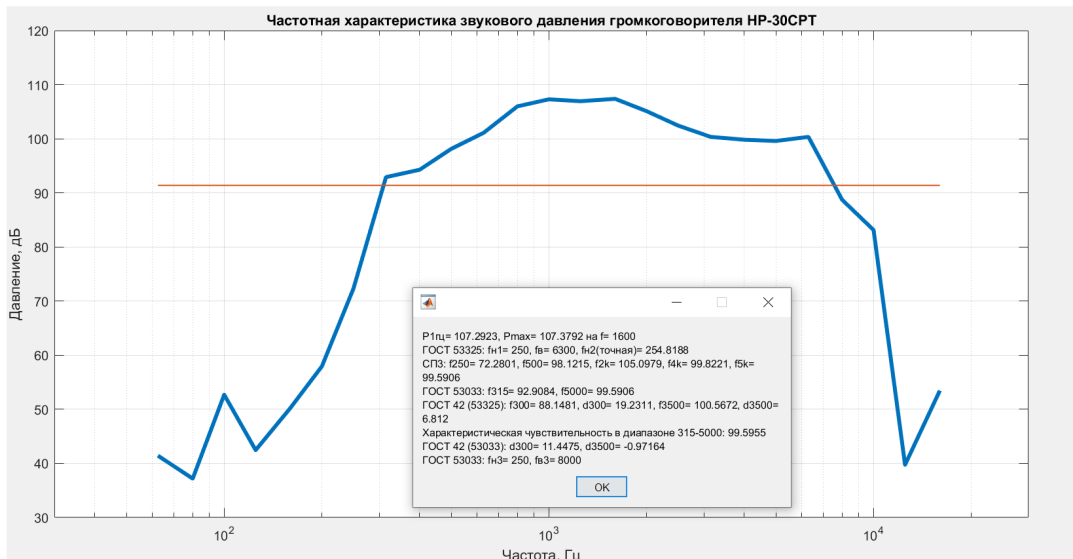


Рис. 8. Частотная характеристика звукового давления рупорного громкоговорителя ROXTON HP-30CPT