

Автоматизация систем противопожарной защиты (АСПЗ)

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ЭЛЕКТРОАКУСТИЧНОМУ РАСЧЕТУ
ДЛЯ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ СОУЭ

Автор

Ильин

П.Лазич

Изм.	№ док.	Подпись	Дата

СОДЕРЖАНИЕ

- 1.1 Текст – л.1-7: Пояснительная записка
- 2.1 Чертеж- л.1: Суммарные площади озвучивания в разных помещениях

Москва 2024

1.0 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Пособие разработано на основании проведенных исследований и обобщения отечественного и зарубежного опыта проектирования, наладки и программирования в области автоматизации систем противопожарной защиты, а также и систем жизнеобеспечения и информационной поддержки зданий и сооружений (IT и BMS).

Для того чтобы существенно упростить работу проектировщиков СОУЭ, предлагается упрощённая методика электроакустического расчёта изложена в настоящем техническом пособии.

Методика - это определённый способ расчёта и соотнесения друг с другом разных физических величин. Данная методика основана на фундаментальных принципах акустики, но в ней приняты некоторые обобщения которые подтверждены только многочисленными практическими измерениями и могут не быть универсального характера.

1.1 ПРИМЕРЫ ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА

1.1.1 Методика расчета для помещений с потолочными оповещателями

При потолочном креплении оповещателей важнейшим параметром расчёта становится не длина и ширина помещения, а высота потолка, т.е. высота подвеса оповещателя. Количество оповещателей (N) существенно зависит от высоты (H). При увеличении высоты потолка, а соответственно и высоты подвеса, увеличивается плоскость озвучивания от одного оповещателя.

Однако, все измерения мы должны производить на нормированной высоте 1,5 метра от отм. УЧП.

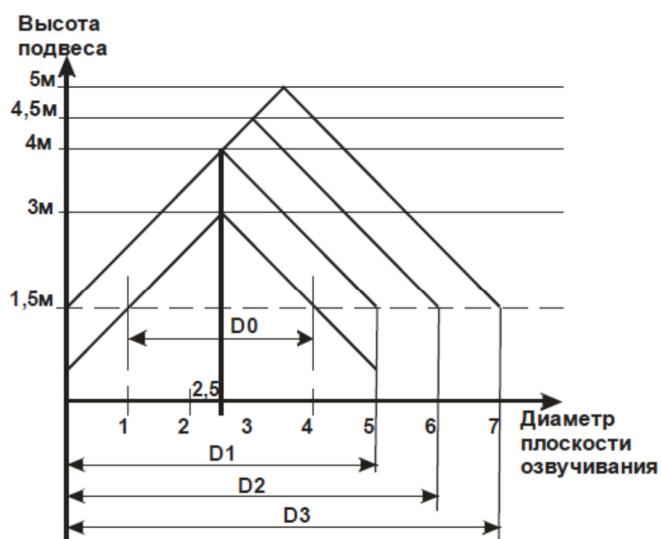


Рис.1.1 График зависимости диаметра плоскости озвучивания от высоты потолка

Изм.	Кол.	Лист	Подок.	Подпись	Дата	ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ЭЛЕКТРОАКУСТИЧЕМУ РАСЧЕТУ ДЛЯ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ СОУЭ	Стадия	Лист	Листов
Разработал	Лазич П.	Л					P	1	7
Проверил									
Н.контроль						ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА			
ГИП							TOP ID GROUP OF COMPANIES		
								ООО "ТОП АЙДИ"	

На рис. 1.1 - видно, что от высоты 4 м. и выше, линии «телесного угла» 90 град. пересекают плоскость озвучивания без ее уменьшения на нормативной высоте 1,5 м.

Также, при увеличении высоты подвеса увеличивается и диаметр плоскости озвучивания, а соответственно и площадь, которую можно озвучить одним оповещателем.

Ширина диаграмма направления (ШДН) звукового оповещателя на этом графике соответствует «телесному углу» 90^0 и определяет диаметр плоскости озвучивания. Но, звуковые волны (давление) распространяются и за пределами ШДН, так что плоскость озвучивания можно увеличить с учетом дополнительного ослабления звукового давления вне ШДН. Для последующего расчета и с учетом отражения волн от поверхности пола, принимается числовое значение ШДН_{dBA}=6dBA.

Данный подход позволяет последующие расчеты с предварительно определенным диаметром плоскости озвучивания независимо от ШДН. В нашем случае расчет проводим для диаметра D=7 м с «расчетной точкой» РТ (см.рис.1.2).

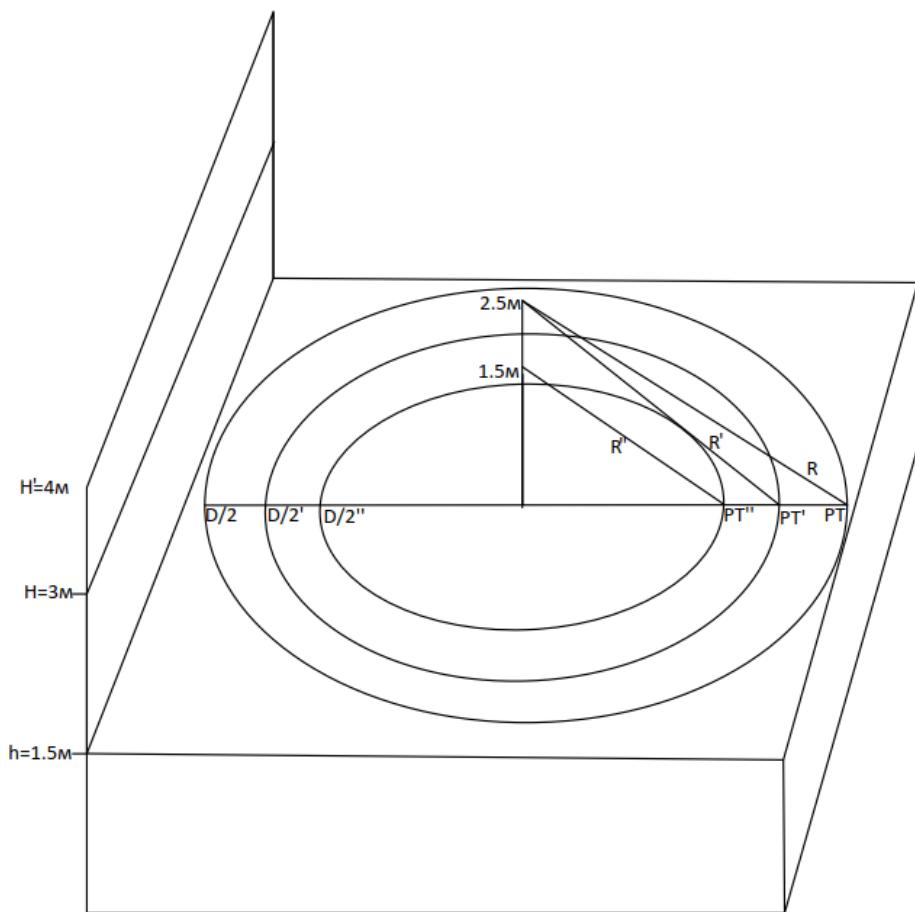


Рис. 1.2 Трехмерная проекция площади озвучивания и расстояния до «расчетной точки» при потолочном креплении оповещателей.

На рис.1.2 представлена трехмерная проекция площади озвучивания где расстояния «расчетной точки» РТ от громкоговорителя обозначено буквами R (для подвеса 3м) и R' (для подвеса 4м).

При значению радиуса D/2=3.5м и подвесе 4м, на рис.1.2 определяется высота меньшего треугольника над этим радиусом: 4-1.5=2.5м.

Дальше, из геометрии на рис.1.2, происходит что:

$$(R)^2 = (3.5)^2 + (2.5)^2 = 12.25 + 6.25 = 18.50 \Rightarrow R = 4.30\text{м.} \quad [1]$$

Изм.	Кол.	Лист	Нодок	Дата

В «расчётной точке» (РТ), т.е. на расстоянии R=3.80м снижение уровня звукового давления (звука) определяется по формуле:

$$20\log(1/4.30)=-12.6 \text{ dBA.} \quad [2]$$

Величина звукового давления SPL (или Р_{зд}), которое должен создавать оповещатель в «расчётной точке», т.е. на расстоянии R, определяется как сумма:

- компенсация ШДН_{dBA} (6 dBA),
- Р_ш – уровень допустимого постоянного (фонового) шума для данного типа помещения,
- Р_м – маргинальный уровень шума на +15dBA который добавляется к Р_ш,
- Р_з – компенсация затухания из [2].

Уровень постоянного шума для определенного типа помещений можно вычислить из соотв. таблиц доступных в интернете, а для данного расчета выбираем среднее значение, т.е. 65 dBA и получаем:

$$\text{SPL (или Рзд)}=6+65+15+11.6=97.6 \text{ dBA} \quad [3]$$

В уравнении [3] учтено ШДН_{dBA}= 6dBA поскольку RT расположена вне плоскости озвучивания по умолчанию для подвеса 4м.

У многих производителей можно приобрести громкоговоритель с SPL=90 dBA (на 1м удалности и 1Вт мощности), с возможностью увеличения мощности на 3 или 6Вт (при чем SPL увеличивается за $10\log 3$ или $10\log 6$, т.е. за 4.7 или 7.7 dBA, соотв.). В итоге, получается 97.7 dBA при мощности 6Вт, т.е. обеспечивается требуемый SPL в «расчётной точке» за громкоговоритель с подвесом на 4м.

Рассмотрим еще и случай когда подвес оповещателя на 4м, при значению радиуса D/2=2.5м и где на рис.1.2 определяется высота большого треугольника над этим радиусом: 4-1.5=2.5м. Расстояние до расчётной точки R' теперь определяется из уравнения:

$$(R')^2=(2.5)^2+(2.5)^2=6.25+6.25=12.5 \Rightarrow R'=3.53 \text{ м.} \quad [4]$$

Если в [2] внесем значение R'=3.53м, получаем ослабление звукового давления в РТ:

$$20\log(1/3.53)=-10.95 \approx -11 \text{ dBA} \quad [5]$$

Теперь величина звукового давления SPL (или Р_{зд}), которое должен создавать оповещатель в «расчётной точке», т.е. на расстоянии R', определяется как сумма:

$$\text{SPL (или Рзд)}=65+15+11=91 \text{ dBA.} \quad [6]$$

В уравнении [6] не учтено ШДН_{dBA}, поскольку RT' расположена в рамках плоскости озвучивания по умолчанию для подвеса 4м. Также, для фонового шума принято Рш =65 dBA.

Теперь посмотрим озвучивание помещения типа коридор (широкой 3м) представленного на рис.1.3 где расстояние R до расчетной точки РТ и его горизонтальная проекция R' практически

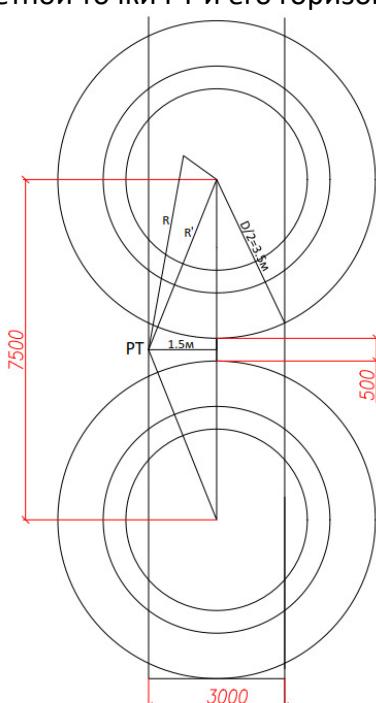


Рис. 1.3 Горизонтальная проекция площади озвучивания в коридоре с широтой 3м.

Изм.	Кол.	Лист	Подок	Дата

одинаковы (по расчету разница небольшая, которая не «портит» последующие расчеты, так что можно принять $R \approx R'$ за оповещателей с подвесом 3м).

При значении радиуса $D/2=3.5\text{м}$ и подвесе 3м, из геометрии на рис.1.3, происходит уравнение:

$$(R')^2 = (1.5)^2 + (3.75)^2 = 16.3125 \Rightarrow R' = 4.03 \approx 4\text{м}. \quad [7]$$

Дальше, если $R \approx R' \approx 4\text{м}$, получается ослабление звукового давления в РТ:

$$20\log(1/4) = -12.04 \approx -12\text{dBA} \quad [8]$$

С учетом $\Delta H_{dBA} = 6\text{dBA}$ (поскольку RT расположена вне плоскости озвучивания по умолчанию для подвеса 3м) и $P_w = 65\text{ dBA}$, получается:

$$SPL (\text{или } P_z) = 6 + 65 + 15 + 12 = 98\text{ dBA}. \quad [9]$$

Данное SPL (или P_z) превышают значение, которое дает рассматриваемый громкоговоритель, даже и с мощностью 6Вт (в том случае, $SPL = 90 + 7.7 = 97.7\text{ dBA}$).

Но, еще нужно учесть факт, что в данной RT суммируется звук из 2-х громкоговорителей, а это улучшает итоговый SPL на 3 dBA (см. формулу [15]), т.е. настолько уменьшается [9].

В итоге, на их полной мощности и при заданной плоскости озвучивания, расстояние между громкоговорителями в коридоре с данной широтой определяется на 7.5м.

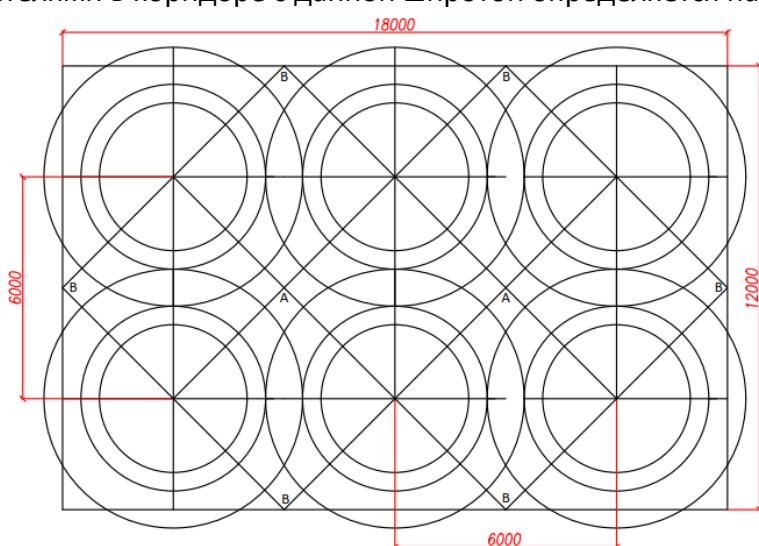


Рис. 1.4 Суммарная площадь озвучивания в помещениях типа «зал»

На основании предыдущих расчетов, на рис.1.4 представлена суммарная площадь озвучивания в помещениях типа «зал» (18x12м) где расстояние между оповещателями определяется на $L=6\text{м}$ (реальный масштаб см. в чертеже – л1.).

При этом, для фонового шума принято $P_w = 65\text{ dBA}$, а радиус единичной плоскости озвучивания каждого оповещателя принимает предыдущее значение, т.е. $D/2=3.5\text{м}$ с учетом значения $\Delta H_{dBA} = 6\text{dBA}$.

Здесь важно напомнить, что расчетных точках В суммируется звук из 2-х громкоговорителей (в соотв. с [15]), что уменьшает нужный SPL(или P_z) на 3 dBA. Соответственно, в расчетных точках А суммируется звук из 4-х громкоговорителей что уменьшает нужный SPL(или P_z) на 6 dBA.

Таким образом, рассматриваемый громкоговоритель на его полной мощности (т.е. при 6Вт и 97.7 dBA) удовлетворяет требуемые SPL (расчетные значения 95.5 dBA при подвесе 3м и 96.8 dBA при подвесе 4м) в расчетных точках А (в расчетных точках В получается результат еще на 3 dBA лучше).

1.1.2 Методика расчета для помещений с настенными оповещателями

При настенном креплении оповещателей важнейшим параметром расчёта является высота их установки которая нормируется на 2.3м от отм. УЧП. Однако, все измерения мы должны производить на нормированной высоте 1,5 метра от упомянутой отметки.

Изм.	Кол.	Лист	Нодок		Дата

На рис. 2.1 представлена трехмерная проекция площади озвучивания и расстояния до «расчетной точки» РТ при настенном креплении оповещателей.

Ширина диаграмма направления (ШДН) звукового оповещателя на этом графике также определяет широту плоскости озвучивания. Но, звуковые волны (давление) и здесь распространяются за пределами ШДН, так что плоскость озвучивания можно увеличить с учетом дополнительного ослабления звукового давления вне ШДН. Для последующего расчета и с учетом отражения волн от поверхности пола, принимается числовое значение ШДН_{dBA}=6dBA.

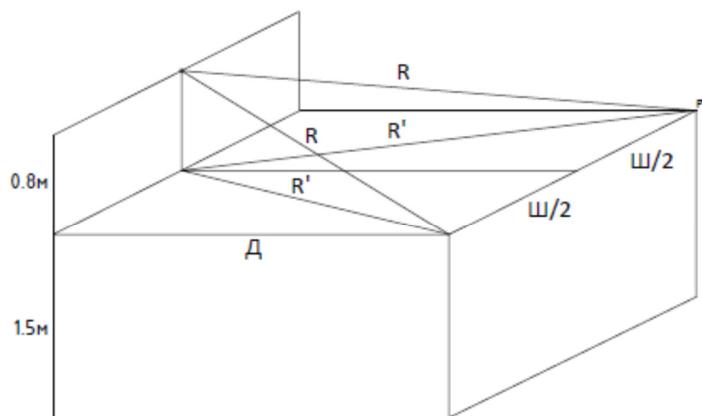


Рис. 2.1 Трехмерная проекция площади озвучивания и расстояния до «расчетной точки» при настенном креплении оповещателей.

Также, на рис.2.1 видно что плоскость озвучения расположена 0.8м ниже отм.2.3м, так что расстояние R до расчетной точки РТ и его горизонтальная проекция R' практически одинаковы и это учтено в последующем расчете.

На рис. 2.2 представлена горизонтальная проекция площади озвучивания в коридоре с широтой 3м и при ШДН=90⁰ получается что Ш/2=Д=3м. С учетом ШДН_{dBA} (6 dBA) плоскость озвучения в данном случае увеличивается (на графике представлено пунктиром) при чем можно вычислить расстояния до расчетных точек РТ1 и РТ2:

$$(PT1)^2 = (2.5)^2 + (2.5)^2 = 12.5 \Rightarrow PT1 \approx 3.535 \text{ м} \quad [10]$$

$$(2PT2)^2 = (7.5)^2 + (Д)^2 = 56.25 + 9 = 65.25 \Rightarrow PT2 \approx 8.078/2 \approx 4 \text{ м}. \quad [11]$$

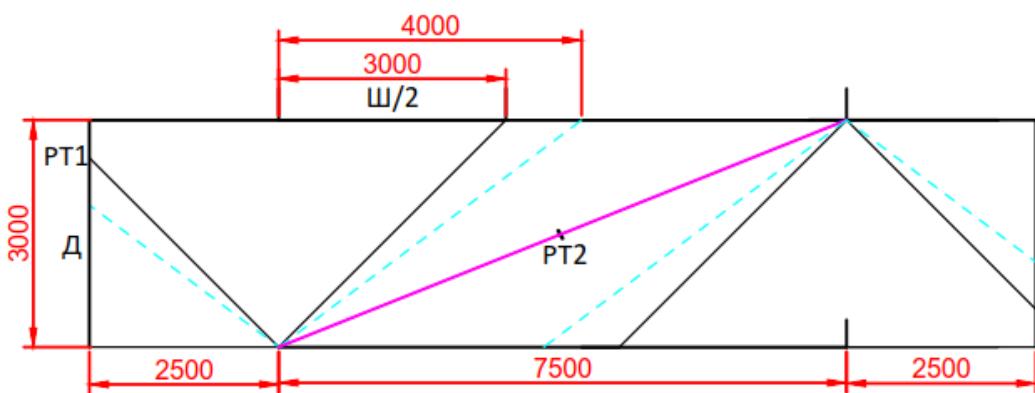


Рис.2.2 Горизонтальная проекция площади озвучивания в коридоре с широтой 3м.

Если в [2] внесем значение из [10] и [11], получается ослабление звукового давления:
в РТ1= 20log (1/3.535) ≈-11 dBA и РТ2= 20log (1/4) ≈-12 dBA [12]

Изм.	Кол.	Лист	Нодок	Дата

Теперь величина звукового давления SPL (или Р_{зд}), которое должен создавать оповещатель в «расчётной точке» PT1, т.е. на расстоянии 3.535м, определяется как сумма:

$$SPL \text{ (или } P_{zd}) = 6 + 65 + 15 + 11 = 97 \text{ dBA.} \quad [13]$$

В итоге получается что настенный динамик должен иметь те же характеристики как и потолочный ($SPL=90$ dBA на 1м и мощность 6Вт, т.е. $SPL_{6\text{Bt}} = 97.7$ dBA).

Величина звукового давления SPL в расчётной точке PT2, т.е. на расстоянии 4м, определяется как сумма:

$$SPL \text{ (или } P_{zd}) = 6 + 65 + 15 + 12 = 98 \text{ dBA.} \quad [14]$$

Как видно, $SPL_{6\text{Bt}}$ рассматриваемого динамика (97.7dBA) не хватит для компенсации значения SPL (или Р_{зд}) из [14]. Теперь на помощь приходит факт, что в расчетной точке PT2 суммируется звук из 2-х динамиков по формуле:

$$\begin{aligned} SPL_{\Sigma} &= 10\log[(10\exp(0.1SPL_{6\text{Bt}}) + 10\exp(0.1SPL_{6\text{Bt}}))] = 10\log\{[10 \exp 0.1SPL_{6\text{Bt}}](1+1)\} = \\ &= 10\log(10 \exp 0.1SPL_{6\text{Bt}}) + 10\log(2) = SPL_{6\text{Bt}} + 3 \text{ dBA} \end{aligned} \quad [15]$$

В [15] учтены одинаковые расстояния обеих динамиков до PT2 (соотв. получаются и одинаковые $SPL_{6\text{Bt}}$ в этой точке), что в итоге улучшает SPL (или Р_{зд}) из [14] на 3 dBA и тем самым получается требуемый SPL.

Для помещения типа коридор оптимальная расстановка настенных динамиков получается при «зигзаг» траектории (на рис.2.2 видно что динамики расположены с шагом 2.5+7.5...+2.5м).

На рис.2.3 представлена горизонтальная проекция площади озвучивания для помещения типа «зал» или «комната» поверхностью 12x10м (реальный масштаб см. в чертеже – л1.).

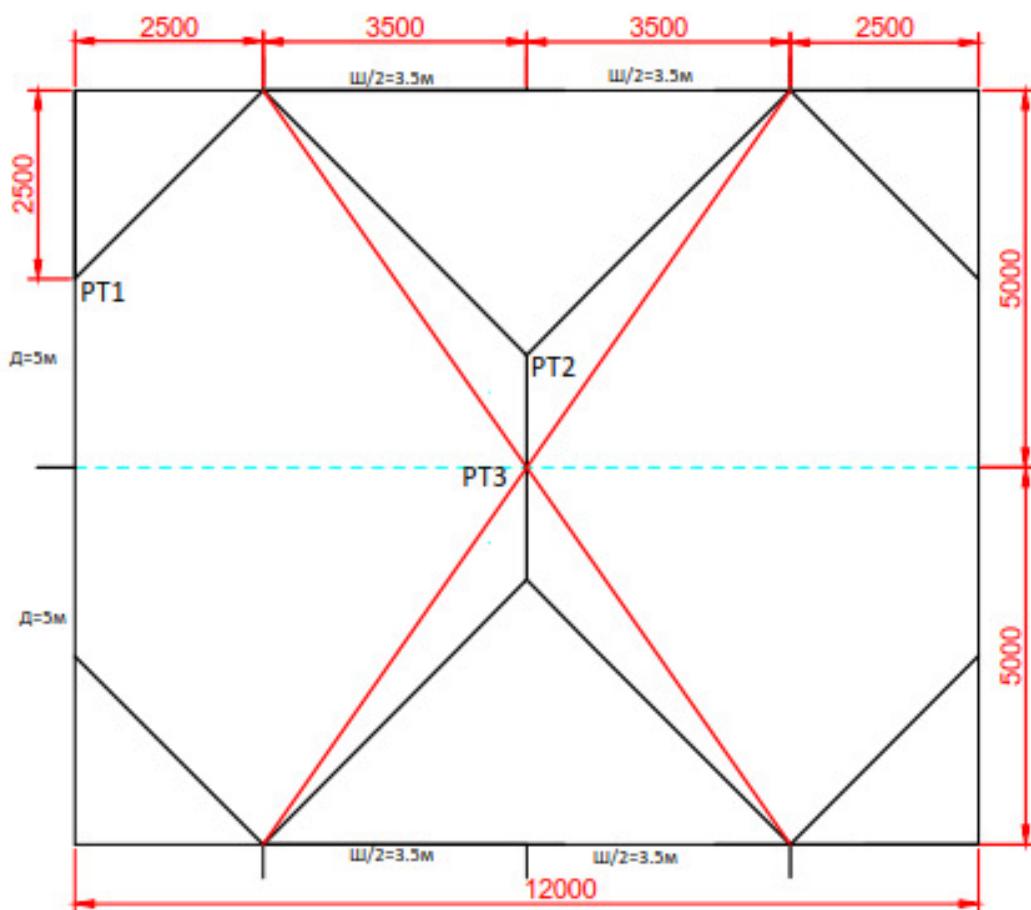


Рис.2.3 Горизонтальная проекция площади озвучивания для помещения типа «зал» или «комната».

Изм.	Кол.	Лист	Нодок	Дата

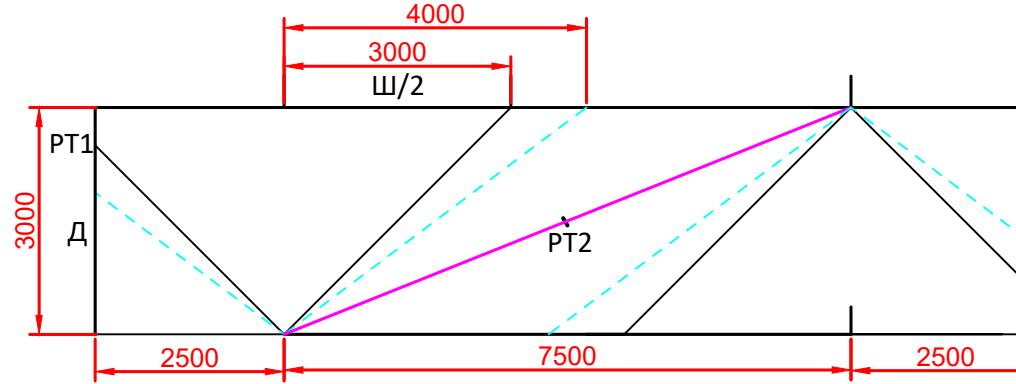
Расчеты проведены за «критические» расчетные точки РТ1, РТ2 и РТ3 чья расстояния от динамика определяются из данной геометрии. При этом, для РТ1 и РТ2 должно учесть ШДН_{два}=6дБА (для РТ3 это не учитывается поскольку она в рамках ШДН по умолчанию).

К тому же, для РТ2 учтено и суммирование звука от 2-х, а для РТ3 даже от 4-х динамиков (улучшение SPL для 3 и 6 дБА, соотв.).

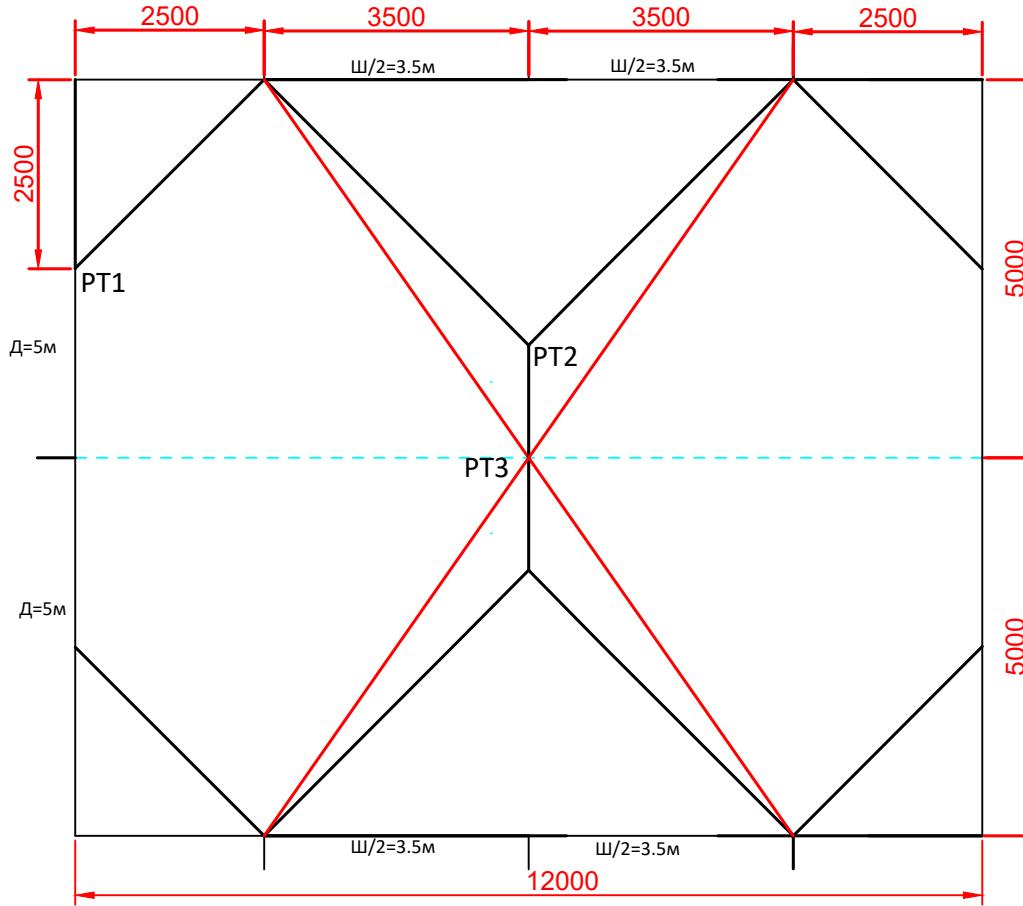
В итоге, получены результаты показали, что можно использовать рассматриваемый настенный динамик в количестве от 4шт на полной мощности (т.е. на 6Вт которые дают 97.7 дБА).

Данный расчет можно применить для помещений типа «зал» или «комната» если их длина или ширина не превышают 2Д (т.е. 10м). Если иначе, будет нужно провести новый расчет, где Д должно быть не менее половины более короткой стороны зала или комнаты.

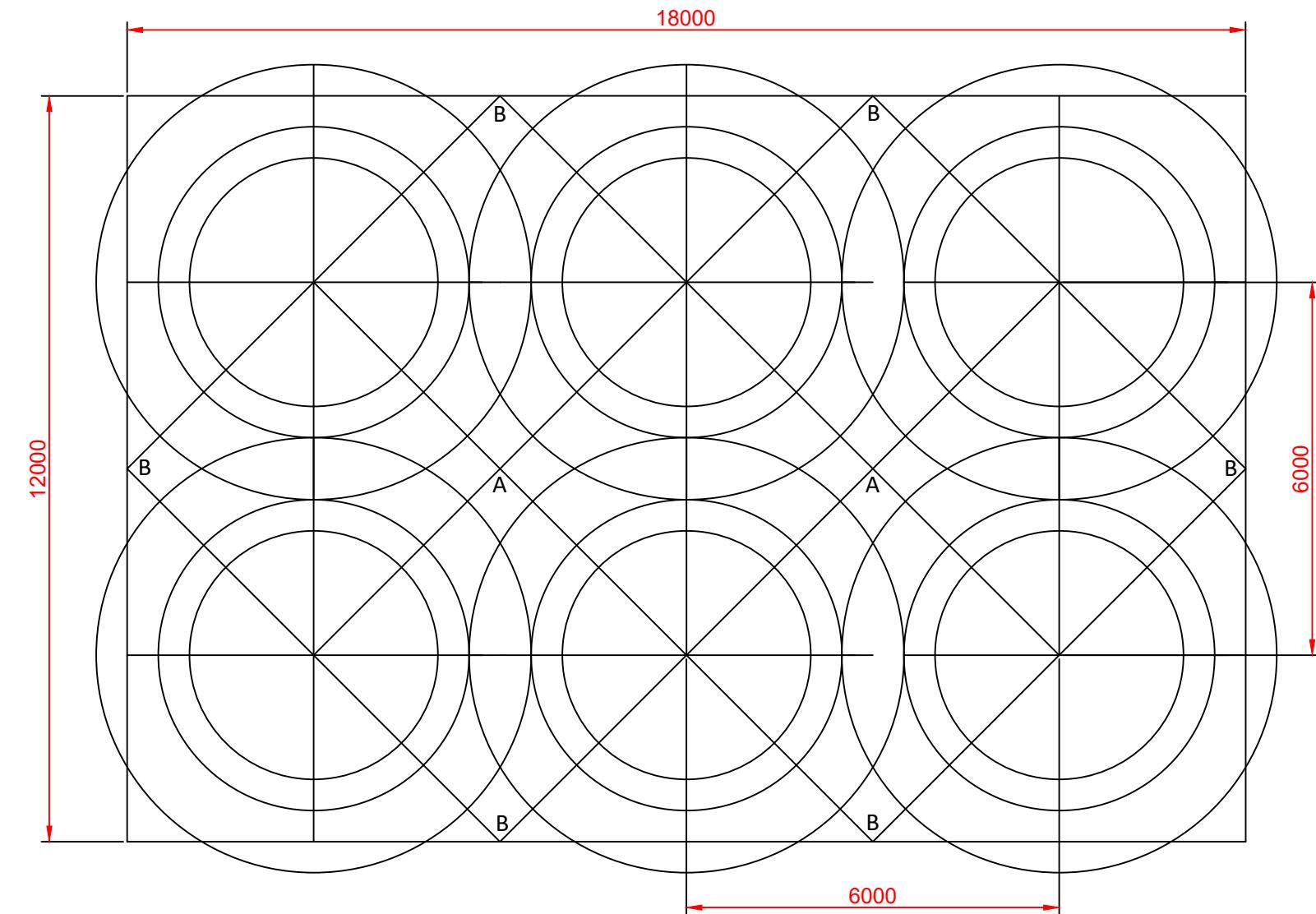
Иzm.	Кол.	Лист	№док	Дата
------	------	------	------	------



Озвучивание
настенными оповещателями в помещ. типа "коридор"



Озвучивание
настенными оповещателями в помещ. типа "зал"



Озвучивание
потолочными оповещателями в помещ. типа "зал"

Инв. № подп.	Подп. и дата	Взам. инв. №

						03-2021-10-АСПЗ
Изм.	Кол.уч.	Лист	N док.	Подпись	Дата	Автоматизация систем противопожарной защиты (АСПЗ)
Разработал	Лазич П.		<i>Л</i>			ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ЭЛЕКТРОАУСТИЧНОМУ РАСЧЕТУ для ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ СОУЭ
Проверил						Стадия
Н. контроль						Лист
ГИП						Листов
						P 1
						TOP ID
						ООО "ТОП АЙДИ"
						Формат А3

Суммарные площади озвучивания в разных помещениях
(M=1:100)