

Автоматизация систем противопожарной защиты (АСПЗ)

ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ЭЛЕКТРОАКУСТИЧНОМУ РАСЧЕТУ
ДЛЯ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ СОУЭ

Автор



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

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 становятся 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.

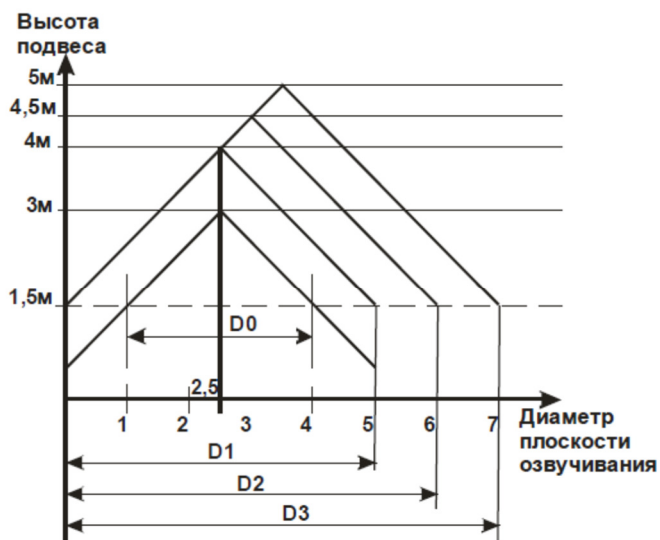


Рис.1.1 График зависимости диаметра плоскости озвучивания от высоты потолка

Изм.	Кол.	Лист	№ док	Подпись	Дата				
Разработал	Лазич П.			ЛЛ		ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ЭЛЕКТРОАКУСТИЧНОМУ РАСЧЕТУ ДЛЯ ГРОМКОГОВОРТЕЛЕЙ СОУЭ	Стадия	Лист	Листов
Проверил							Р	1	7
						ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	<div><div>TOP ID</div><div>GROUP OF COMPANIES</div><div>ООО "ТОП АЙДИ"</div></div>		
Н.контроль									
ГИП									

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° 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 $ШДН_{дВА}=6дВА$.

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 «расчётной точкой» РТ (см.рис.1.2).

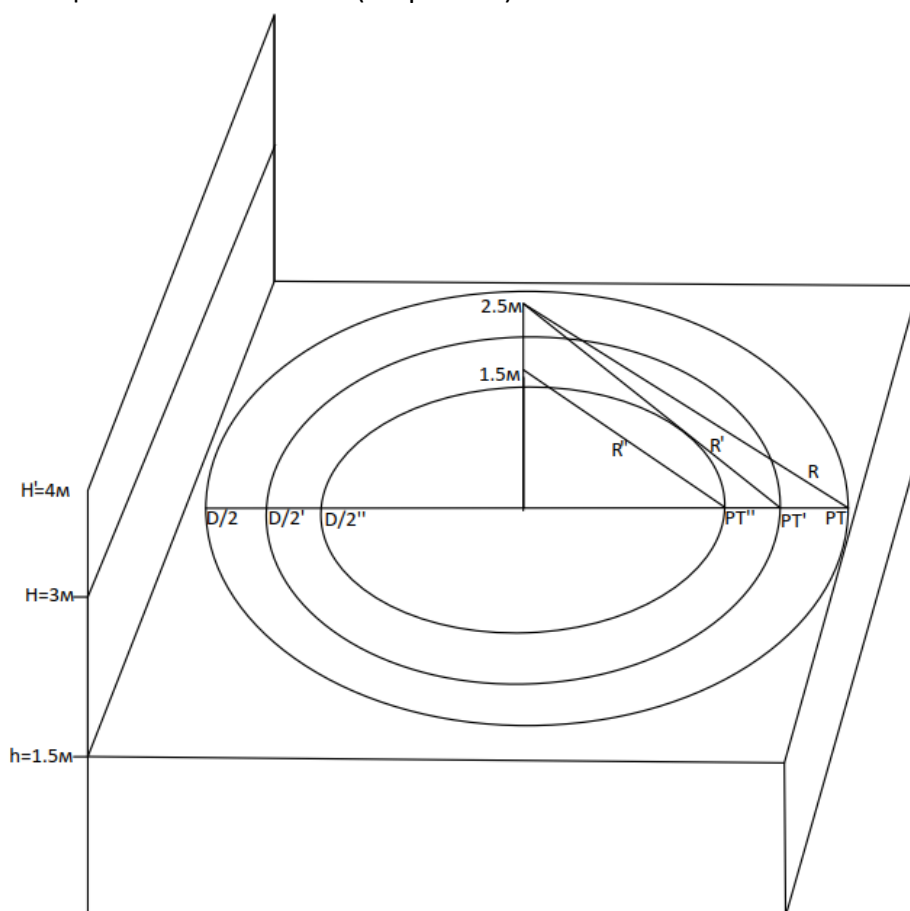


Рис. 1.2 Трехмерная проекция площади озвучивания и расстояния до «расчётной точки» при потолочном креплении оповещателей.

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

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

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

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

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

$$20\log(1/4.30)=-12,6\text{дБА}. \quad [2]$$

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

- компенсация ШДН_{дБА} (6 дБА),
- $P_{\text{ш}}$ – уровень допустимого постоянного (фоновый) шума для данного типа помещения,
- $P_{\text{м}}$ – маргинальный уровень шума на +15дБА который добавляется к $P_{\text{ш}}$,
- $P_{\text{з}}$ – 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 дБА и получаем:

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

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

У многих производителей можно приобрести громкоговоритель с SPL=90 дБА (на 1м удаленности 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 дБА, соотв.). В итоге, получается 97.7 дБА 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 $D/2=2.5\text{м}$ и где на рис.1.2 определяется высота большого треугольника над этим радиусом: $4-1.5=2.5\text{м}$. 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 $R'=3.53\text{м}$, получаем ослабление звукового давления в РТ:

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

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

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

В уравнении [6] не учтено ШДН_{дБА}, поскольку РТ' расположена в рамках плоскости озвучивания по умолчанию для подвеса 4м. Также, для фонового шума принято $P_{\text{ш}} = 65 \text{ дБА}$.

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

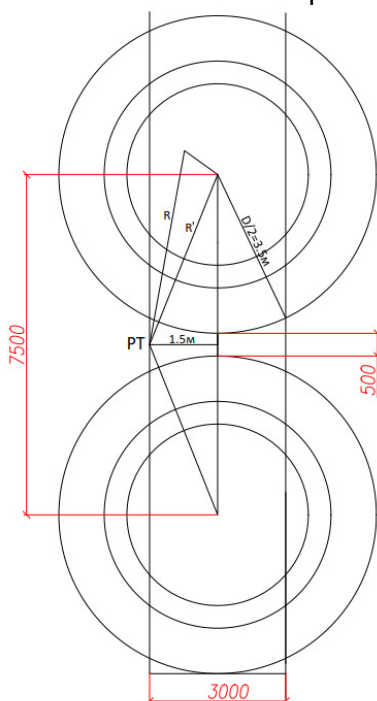


Рис. 1.3 Горизонтальная проекция площади озвучивания в коридоре с шириной 3м.

						ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ЭЛЕКТРОАКУСТИЧНОМУ РАСЧЕТУ для ГРОМКОГОВОРТЕЛЕЙ СОУЭ	Лист
							3
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 $D/2=3.5$ 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 $R \approx R' \approx 4$ м, получается ослабление звукового давления в РТ:

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

С учетом $\text{ШДН}_{\text{дБА}} = 6 \text{дБА}$ (поскольку РТ расположена вне плоскости озвучивания по умолчанию для подвеса 3м) и $P_{\text{ш}} = 65 \text{дБА}$, получается:

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

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

Но, еще нужно учесть факт, что в данной РТ суммируется звук из 2-х громкоговорителей, а это улучшает итоговый SPL на 3 дБА (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 шириной определяется на 7.5м.

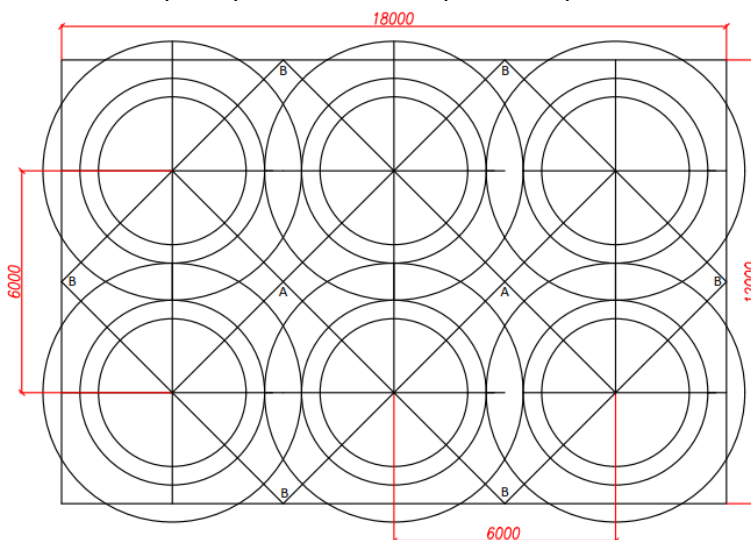


Рис. 1.4 Суммарная площадь озвучивания в помещениях типа «зал»

На основании предыдущих расчетов, на рис.1.4 представлена суммарная площадь озвучивания в помещениях типа «зал» (18х12м) где расстояние между оповещателями определяется на $L=6$ м (реальный масштаб см. в чертеже – л1.).

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

Здесь важно напомнить, что расчетных точках В суммируется звук из 2-х громкоговорителей (в соотв. с [15]), что уменьшает нужный SPL(или $P_{\text{зд}}$) на 3 дБА. Соответственно, в расчетных точках А суммируется звук из 4-х громкоговорителей что уменьшает нужный SPL(или $P_{\text{зд}}$) на 6 дБА.

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

На рис. 2.1 представлена трехмерная проекция площади озвучивания и расстояния до «расчётной 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 $ШДН_{дВА}=6дВА$.

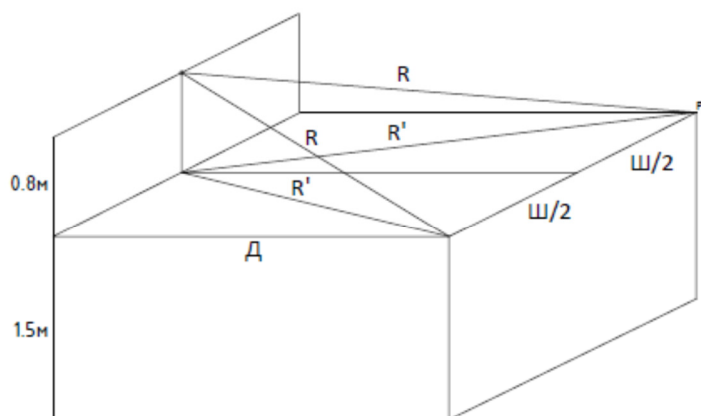


Рис. 2.1 Трехмерная проекция площади озвучивания и расстояния до «расчётной точки» при настенном креплении оповещателей.

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 горизонтальна проекция R' практически одинаковы и это учтено в последующем расчете.

На рис. 2.2 представлена горизонтальная проекция площади озвучивания в коридоре с шириной 3м и при $ШДН=90^{\circ}$ получается что $Ш/2=D=3м$. С учетом $ШДН_{дВА}$ (6 дВА) плоскость озвучения в данном случае увеличивается (на графике представлено пунктиром) при чем можно вычислить расстояния до расчетных точек РТ1 и РТ2:

$$(РТ1)^2 = (2.5)^2 + (2.5)^2 = 12.5 \Rightarrow РТ1 \approx 3.535м \quad [10]$$

$$(2РТ2)^2 = (7.5)^2 + (D)^2 = 56.25 + 9 = 65.25 \Rightarrow РТ2 \approx 8.078/2 \approx 4м. \quad [11]$$

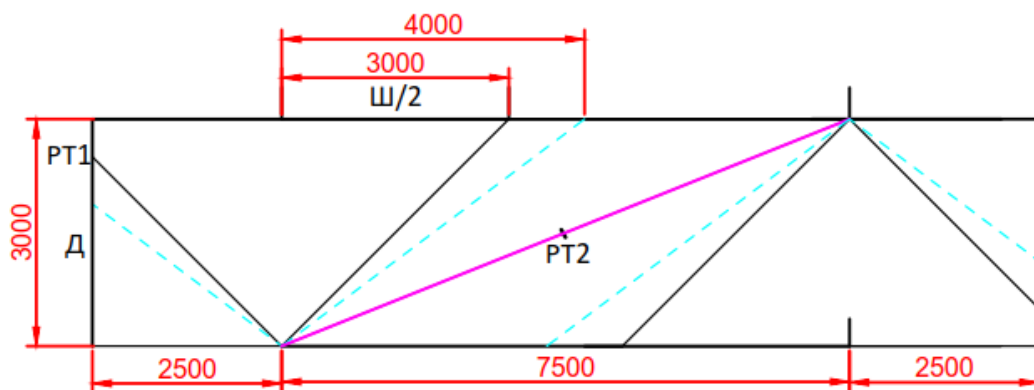


Рис.2.2 Горизонтальная проекция площади озвучивания в коридоре с шириной 3м.

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

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

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

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

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

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

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

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

В [15] учтены одинаковые расстояния обеих динамиков до PT2 (соотв. получаются и одинаковые $SPL_{6Вт}$ в этой точке), что в итоге улучшает SPL (или $P_{зд}$) из [14] на 3 dBA и тем самым получатся 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 12х10м (реальный масштаб см. в чертеже – л1.).

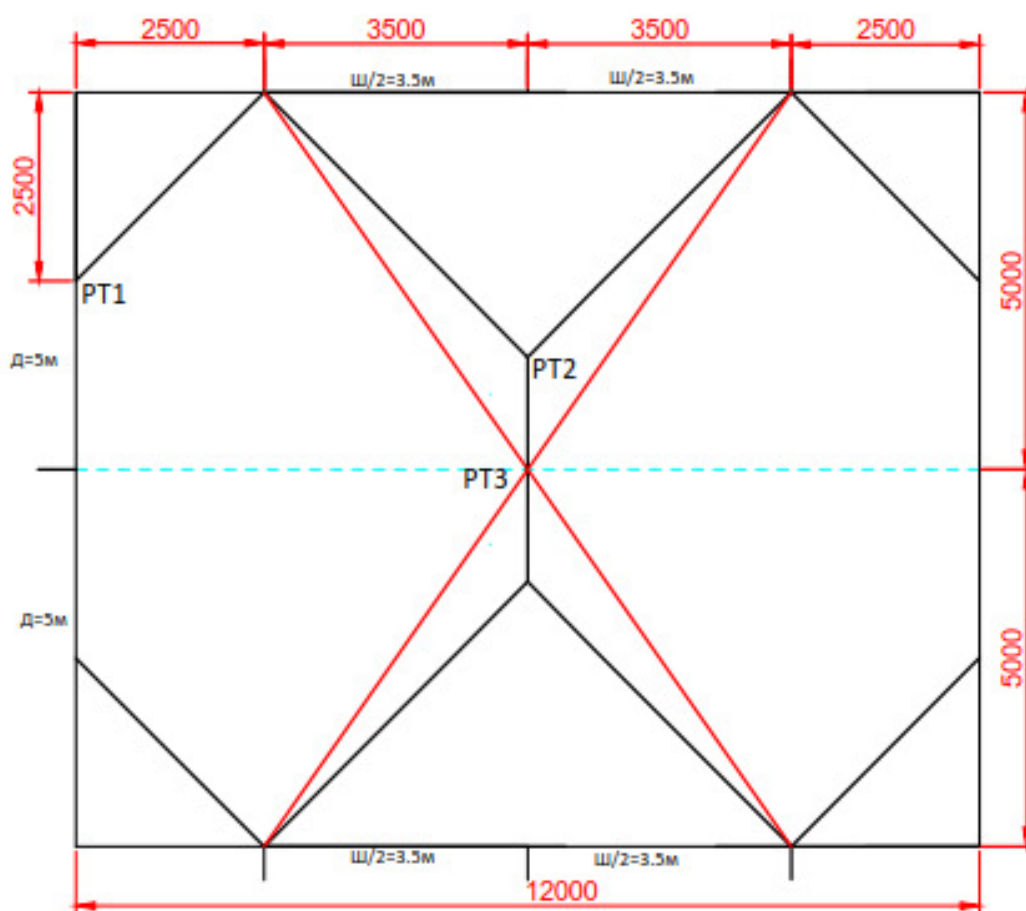


Рис.2.3 Горизонтальная проекция площади озвучивания для помещения типа «зал» или «комната».

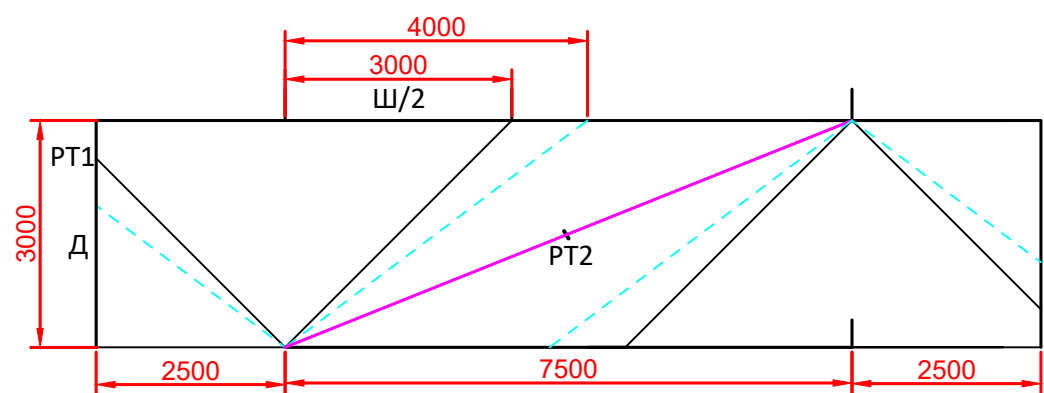
Расчеты проведены за «критические» расчетные точки РТ1, РТ2 и РТ3 чья расстояния от динамика определяются из данной геометрии. При этом, для РТ1 и РТ2 должно учесть ШДН_{dBA}= 6dBA (для РТ3 это не учитывается поскольку она в рамках ШДН по умолчанию).

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 dBA, соотв.).

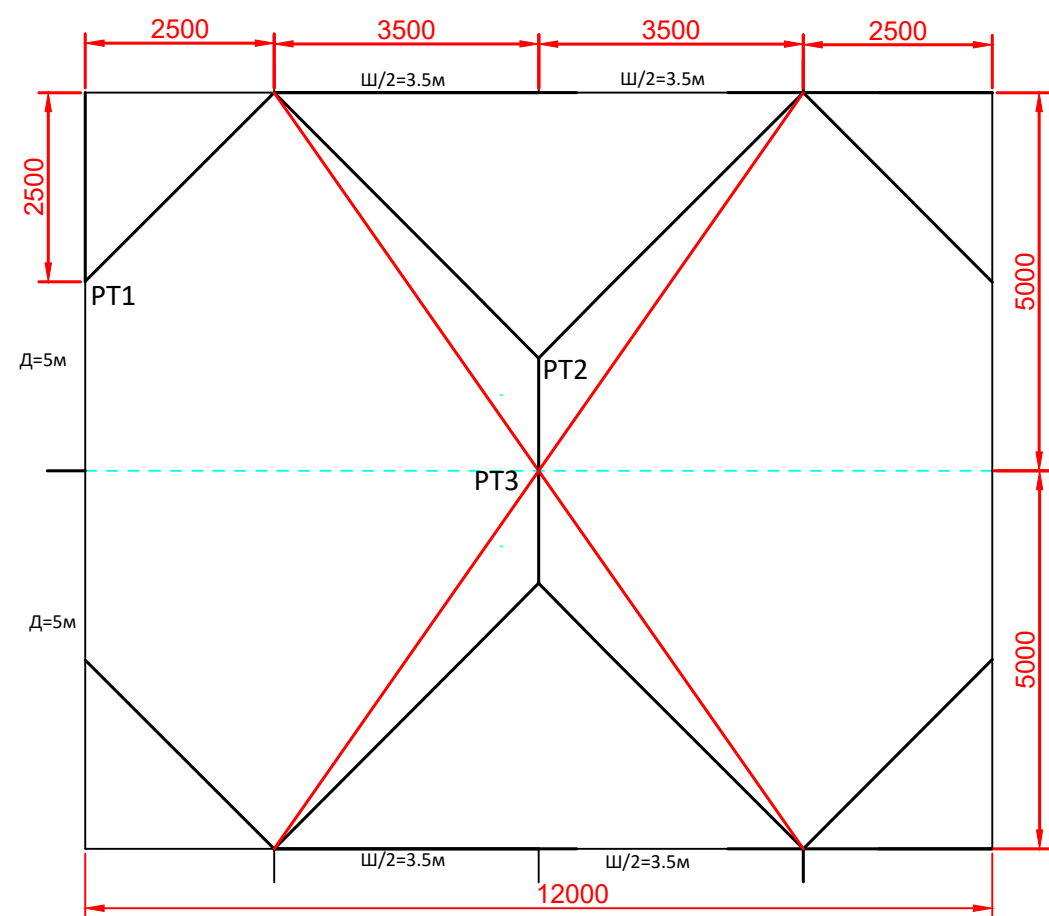
В итоге, получены результаты показали, что можно использовать рассматриваемый настенный динамик в количестве от 4шт на полной мощности (т.е. на 6Вт которые дают 97.7 dBA).

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.

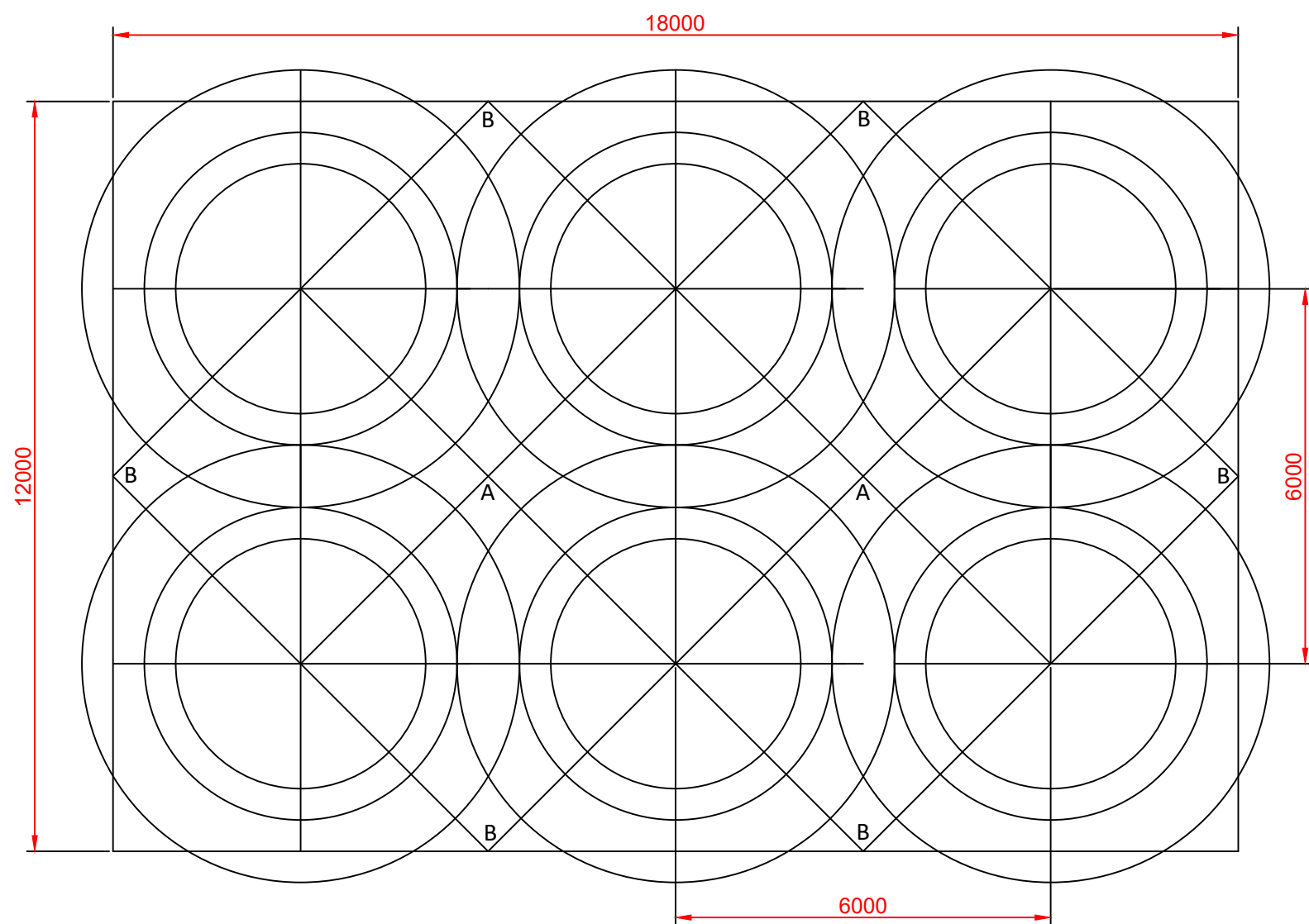
						ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ЭЛЕКТРОАКУСТИЧНОМУ РАСЧЕТУ ДЛЯ ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ СОУЭ	Лист
							7
Изм.	Кол.	Лист	Подок		Дата		



Озвучивание
настенными оповещателями в помещ. типа "коридор"




Озвучивание
настенными оповещателями в помещ. типа "зал"



Озвучивание
потолочными оповещателями в помещ. типа "зал"

Изм.	Кол.уч.	Лист	N док.	Подпись	Дата
Разработал	Лазич П.				
Проверил					
Н. контроль					
ГИП					

Взам. инв. N°	
Подп. и дата	
Инв. N°подл.	

						03-2021-10-АСПЗ				
						Автоматизация систем противопожарной защиты (АСПЗ)				
Изм.	Кол.уч.	Лист	N док.	Подпись	Дата					
Разработал	Лазич П.			Л		ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ ПО ЭЛЕКТРОАКУСТИЧНОМУ РАСЧЕТУ для ГРОМКОГОВОРИТЕЛЕЙ СОУЭ		Стадия	Лист	Листов
Проверил								Р	1	
						Суммарные площади озвучивания в разных помещениях (М=1:100)		 ООО "ТОП АЙДИ"		
Н. контроль										
ГИП										