

Инженерно-инсталляционная компания  
«CINEMADESIGNER»  
Киев, Воздухофлотский проспект, 34  
тел. (068)366-17-06  
e-mail: [soundkiev@gmail.com](mailto:soundkiev@gmail.com)  
[www.cinemadesigner.at.ua](http://www.cinemadesigner.at.ua)

**Акустический проект**  
персонального кинозала  
в частном доме

Заказчик:

Разработал  
инженер-акустик  
Савиных А.В.

*Киев 2009*

## Содержание

1. Рекомендуемые акустические и электроакустические параметры кинозала компаниями DOLBY LAB™ и JBL™ .....	3
2. Рассчитанные акустические и электроакустические параметры для данного кинозала.....	6
3. Дизайнерская 3D модель кинозала .....	20
4. Оптимальное размещение звукопоглотителей на стенах .....	23
5. Оптимальное месторасположение акустических систем и слушателя .....	25
6. Размещение звукопоглощающих панелей .....	26
7. Приложения .....	27

# 1. Рекомендуемые акустические и электроакустические параметры кинозала компаниями DOLBY LAB™ и JBL™

## Динамический диапазон в кинозале

Рекомендуемый уровень для нормального воспроизведения музыки 85дБ на расстоянии 2/3 длины зала от задней стены. Максимальный уровень звукового давления должен быть для цифровых форматов на 20дБ больше, поэтому максимальный уровень должен равняться 105дБ на канал (рис.1).

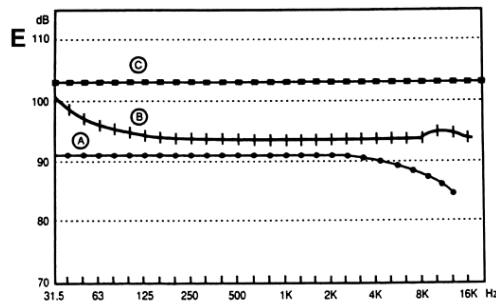


Рис.1. Рекомендуемые максимальные уровни звукового давления для различных систем воспроизведения Dolby A, Dolby S, Dolby Digital форматов

С другой стороны уровень шума в кинозале нормируется типичным уровнем шума для кинозала равным 30дБ (NC-30) (рис.2) и считая средний уровень звукового давления 95дБ динамический диапазон соответственно равен 65дБ для номинального уровня и 75 для максимального.

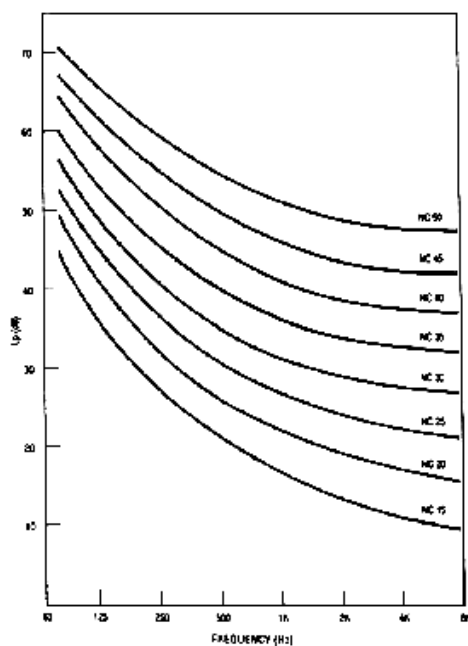


Рис. 2. Частотная зависимость кривых уровня шума для нормированных значений

## Эквализация

Важно учитывать то обстоятельство, что кривые показанные на Рис.1 сняты на расстоянии 1м от громкоговорителя. Т.е. они не отражают процессы поглощения ВЧ части сигнала в воздухе, а также поглощение при прохождении через экран. Частота с которой начинают сказываться эффекты поглощения ВЧ составляющих начинается с частоты 3.5 кГц.

Для решения этой проблемы используется соответствующий подъём эквалайзером в нужном диапазоне (6дБ/октаву от 3 до 12 кГц, 12дБ/октаву от 12 до 20кГц) (рис.3).

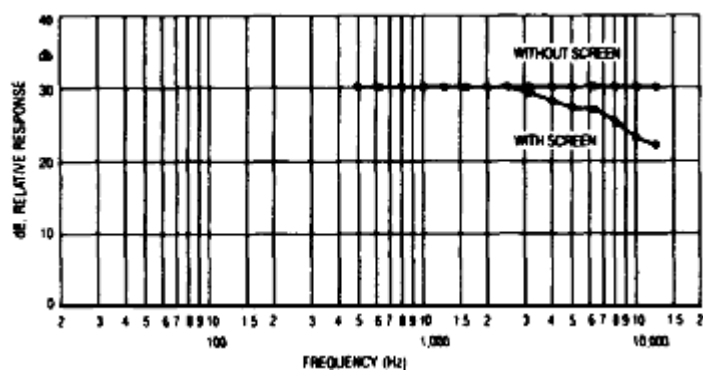


Рис.3. X-кривая рекомендуемая для эквализации прямого звука в кинотеатре согласно стандарту ISO 2969

После эквализации звука прямой и отраженный звук должны поддерживаются достаточно равномерными, как показано на рис.4. Частотная характеристика отражённого сигнала представляющая собой энергетическую характеристику, показана пунктирной линией. Как видно из рис.4 а, б она должна повторять форму кривой прямого звука.

Кривые частотной характеристики, показанные на рис.1.4, и называемые X-кривой, рекомендуются для коррекции кинотеатров, как это указано в ISO 2969.

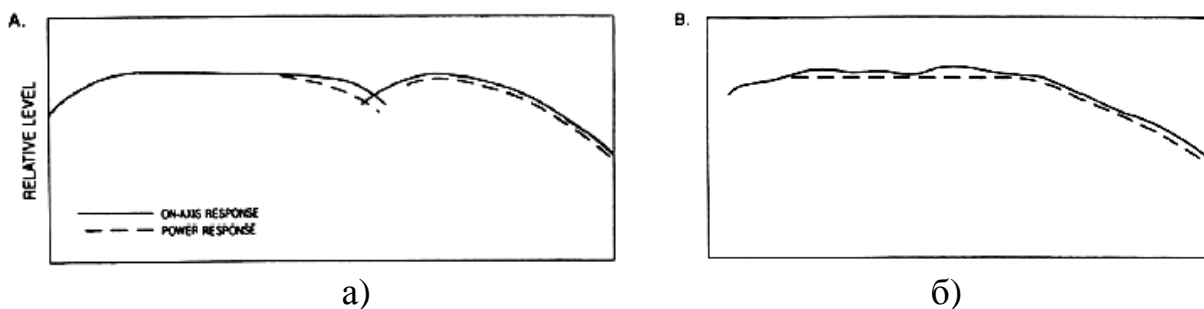


Рис.4. X-кривая частотной характеристики отклика соответственно стандарту ISO 2969: а) до эквализации; б) после коррекции (сплошная линия – прямой звук, пунктирная – отражённый)

## Поглощение

Заднюю и переднюю стенки кинотеатра полностью обрабатывают широкополосным поглотителем с большим коэффициентом поглощения. Боковые стены обрабатывают с учётом рекомендуемого времени реверберации. Большое время как в опере и малое как в заглушенной камере считаются неприемлемыми, так как с одной стороны ухудшается локализация, а с другой акустическая обстановка становится не живой.

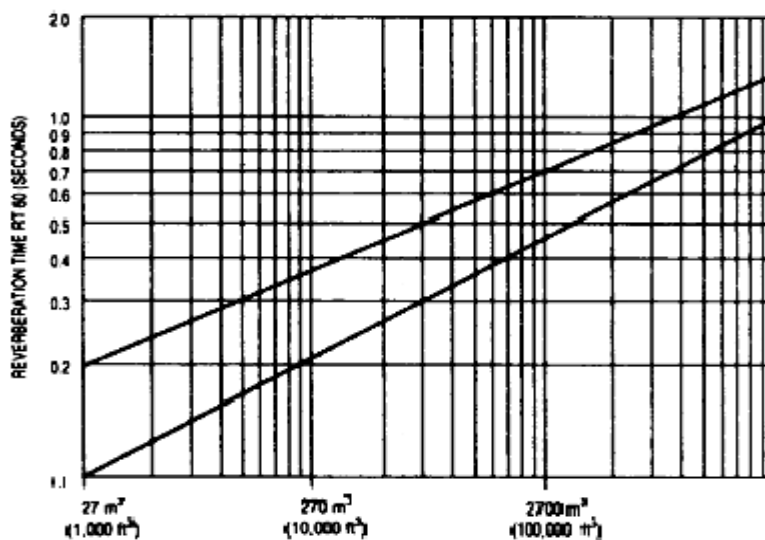


Рис.5. Рекомендуемое стандартное время реверберации для кинозалов различного объёма

Боковые стенки помогают увеличить равномерность фронтальных каналов и поглотить ненужные первые отражения окружающих систем. Поглощение задней стены увеличивает разборчивость, за счёт уменьшения уровня отражённых сигналов с задержкой более 80мс.

## 2. Рассчитанные акустические и электроакустические параметры для данного кинозала

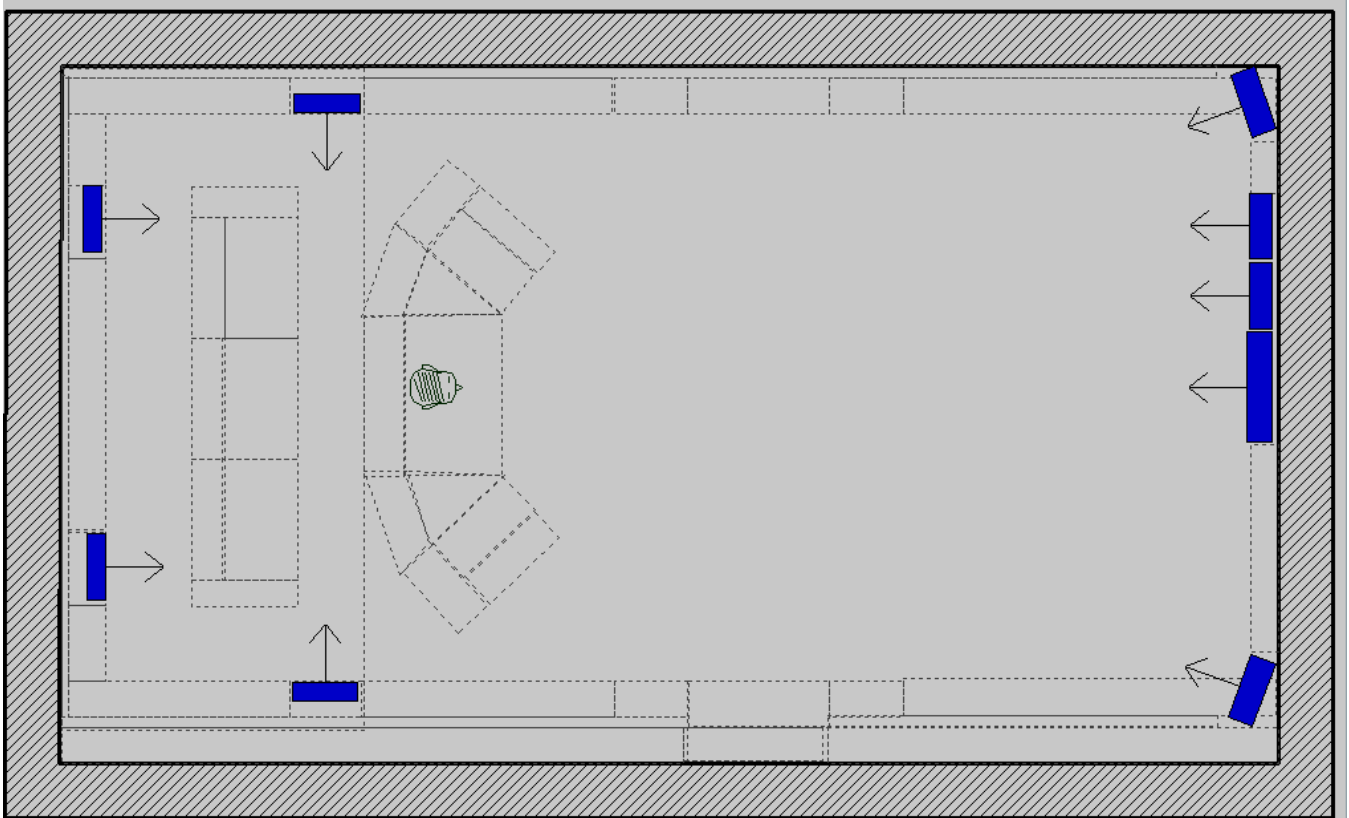


Рис.6. Вычисленное месторасположение акустических систем и слушателей в электроакустическом симуляторе CARACAD 2.2

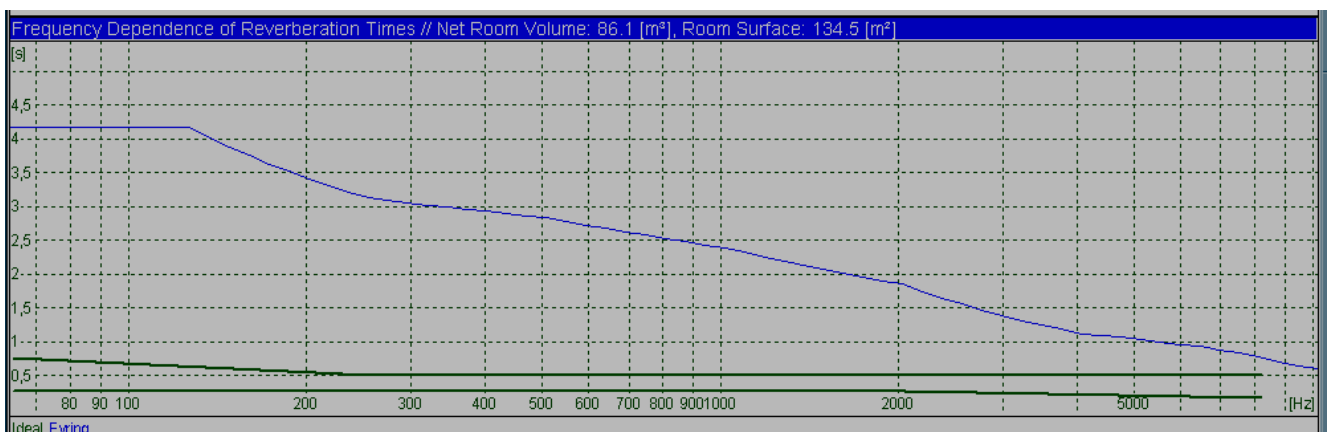


Рис.7. График частотной зависимости времени реверберации (RT60) до коррекции акустики помещения

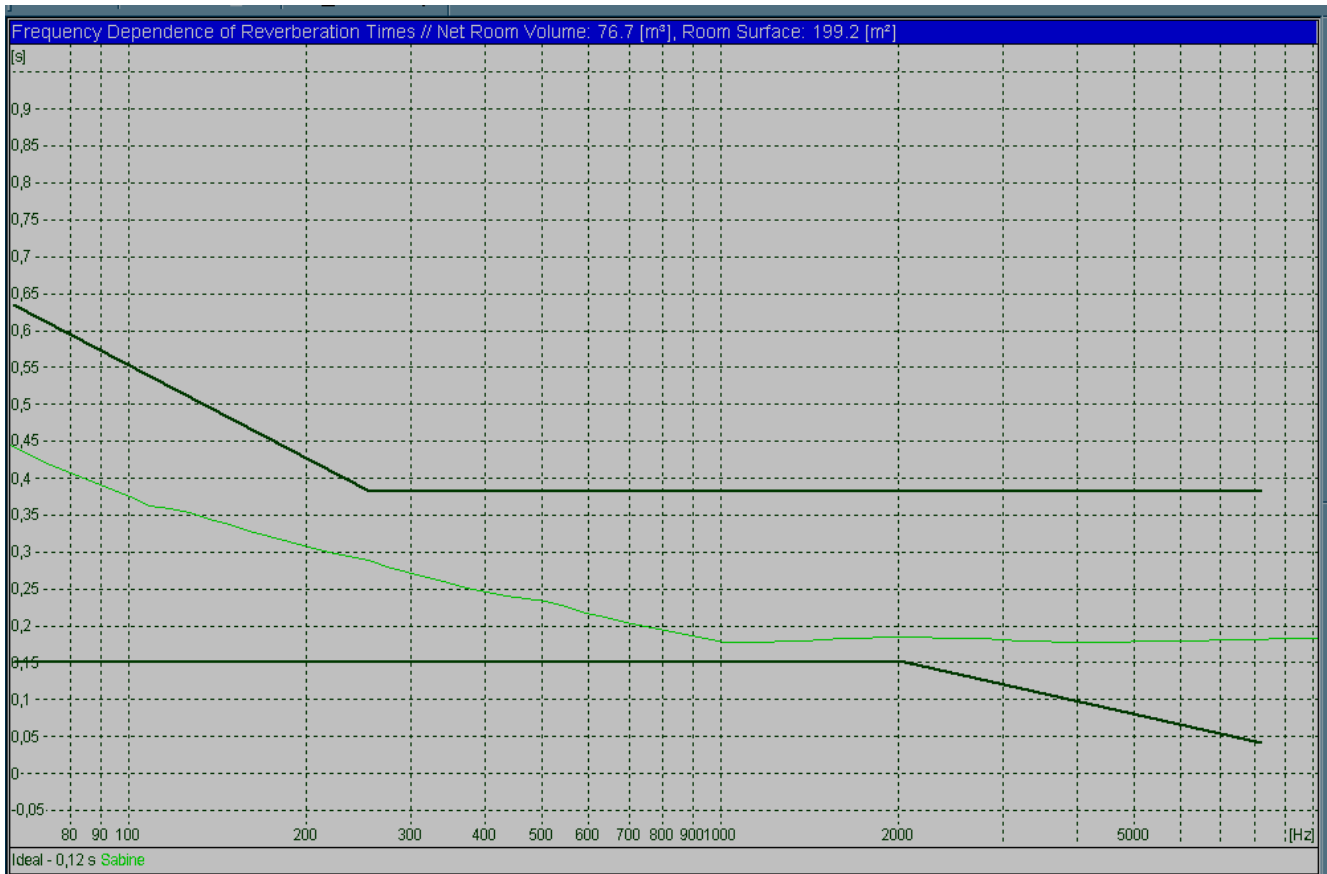


Рис.8. График частотной зависимости времени реверберации (RT60) после коррекции акустики помещения

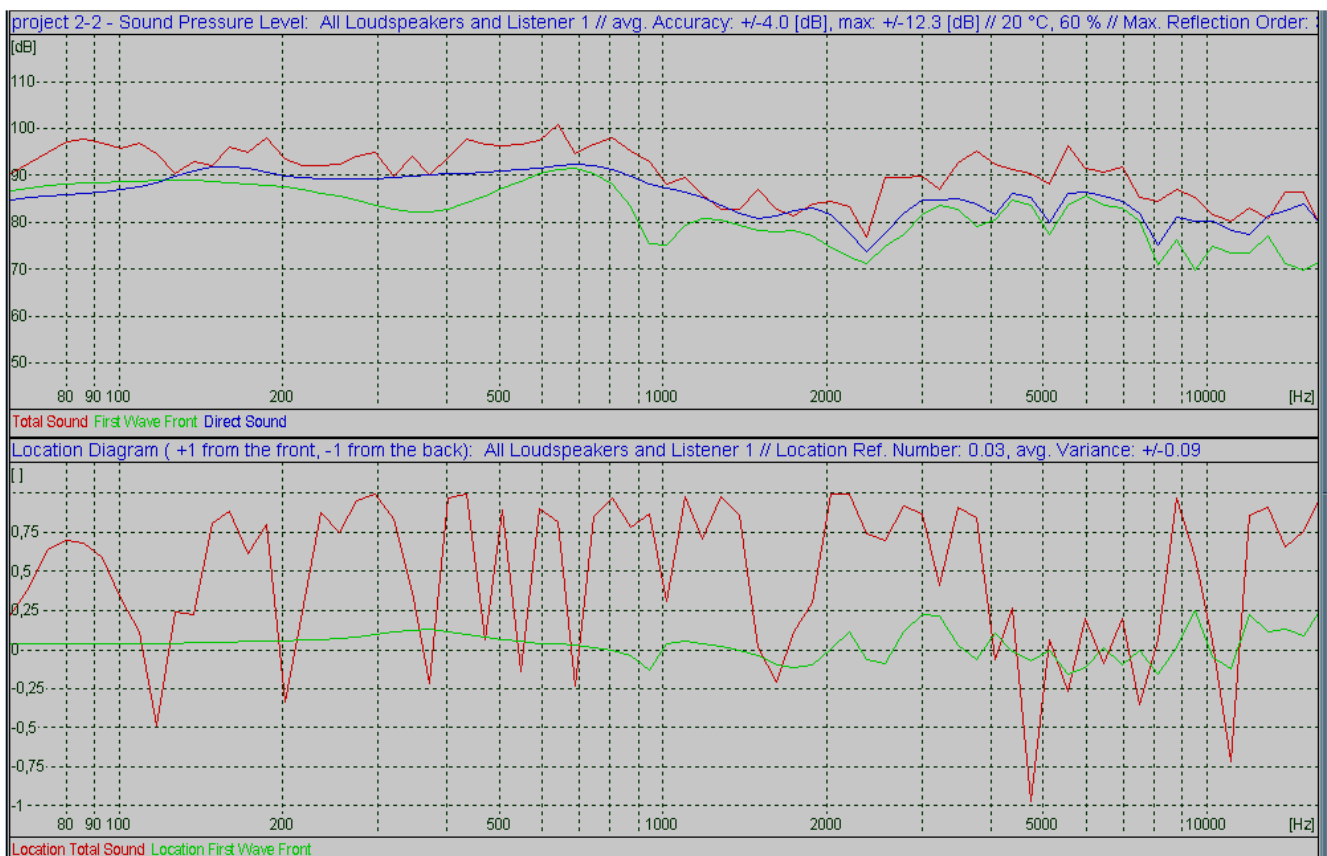
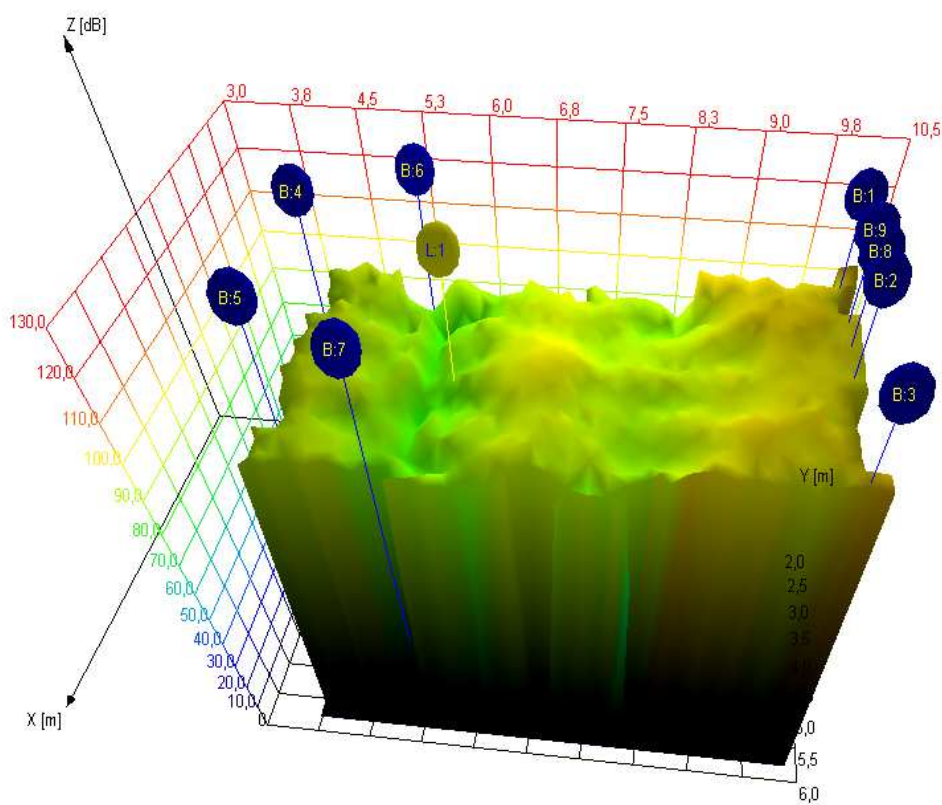
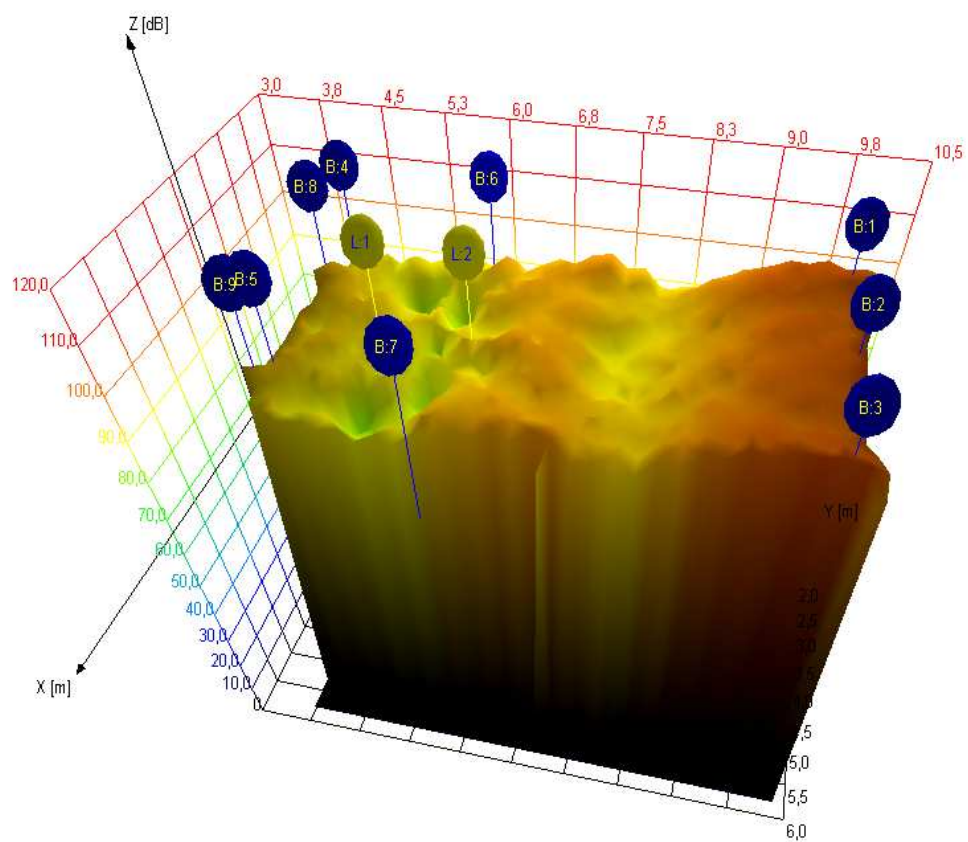


Рис.9. Амплитудно- и фазо-частотные и характеристики (АЧХ, ФЧХ) акустической системы в точке прослушивания

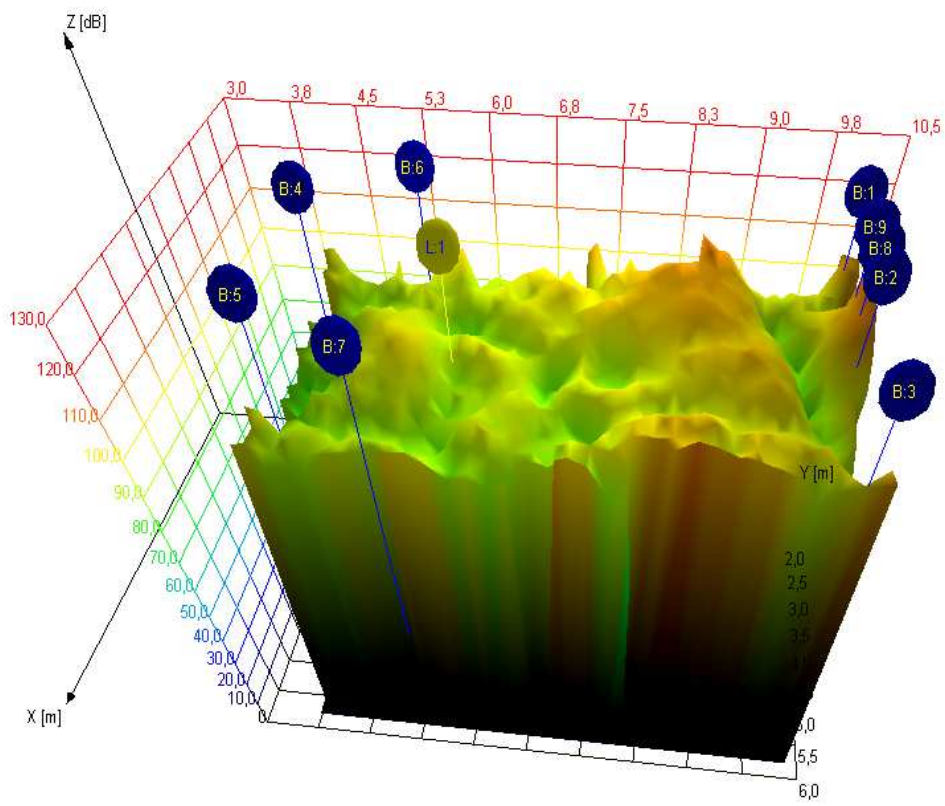
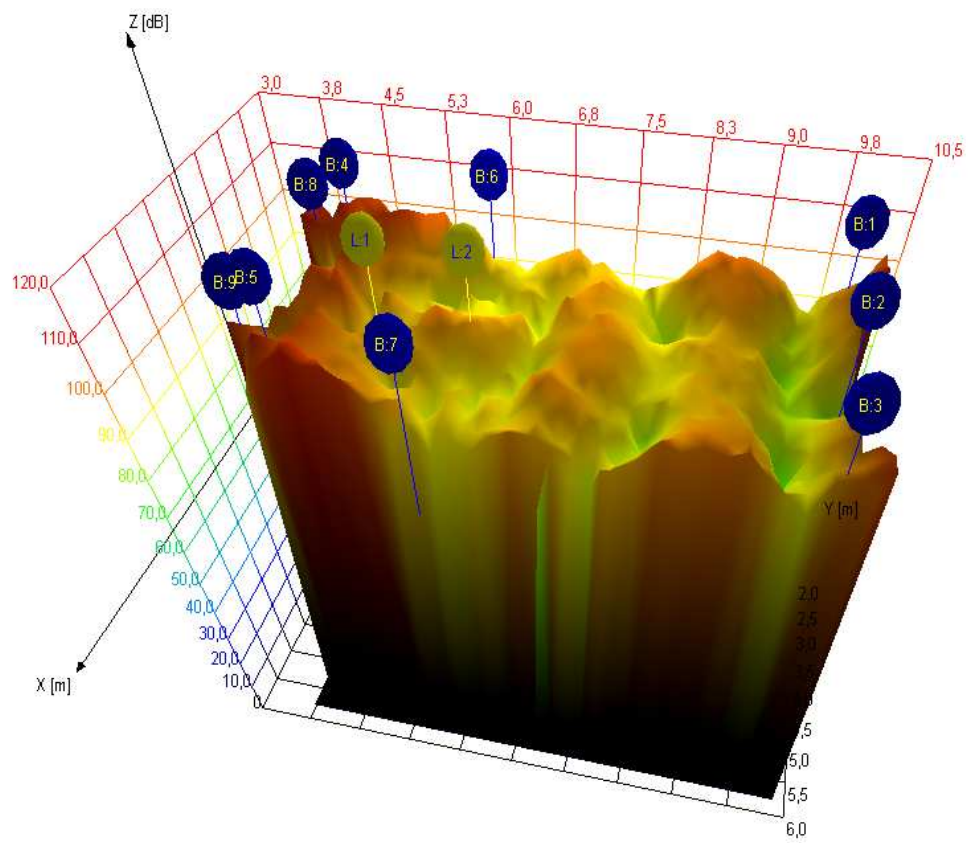
Рис.10. Графики неравномерности звукового поля до и после акустической коррекции

63Гц

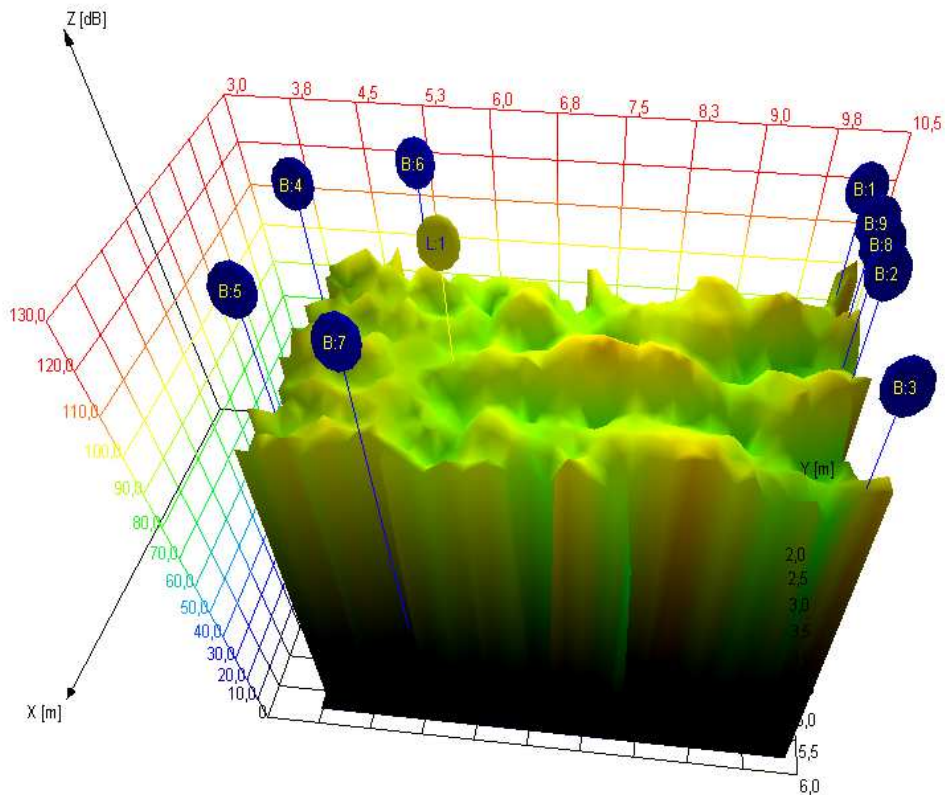
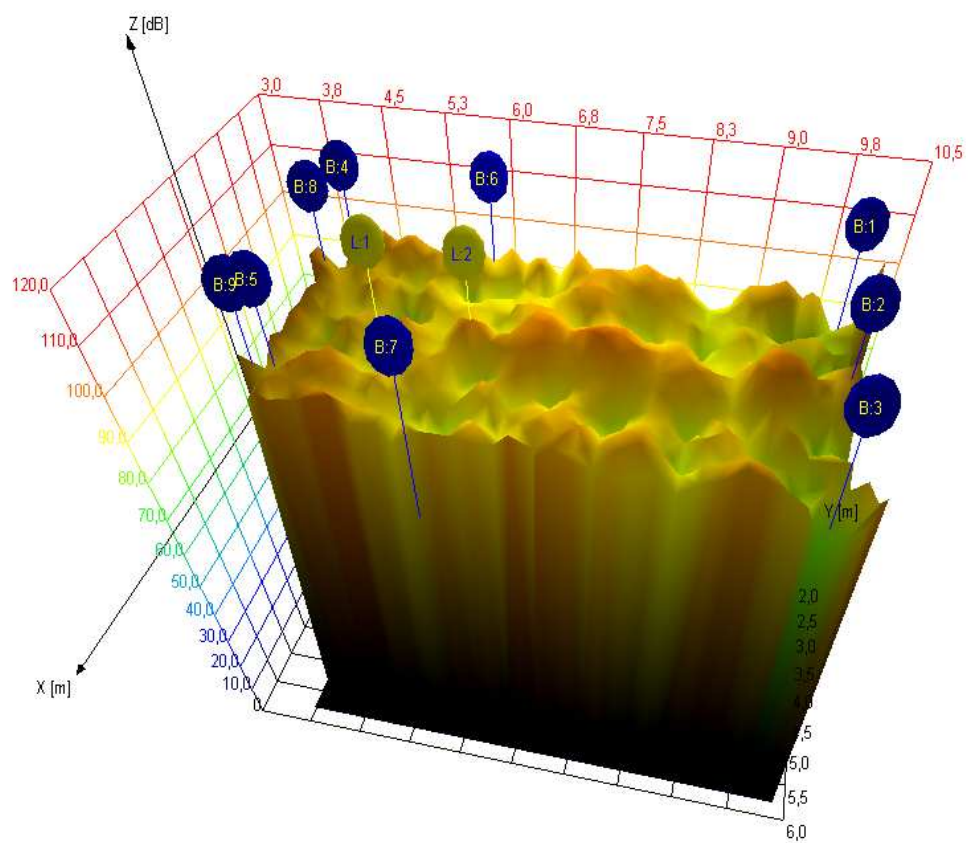




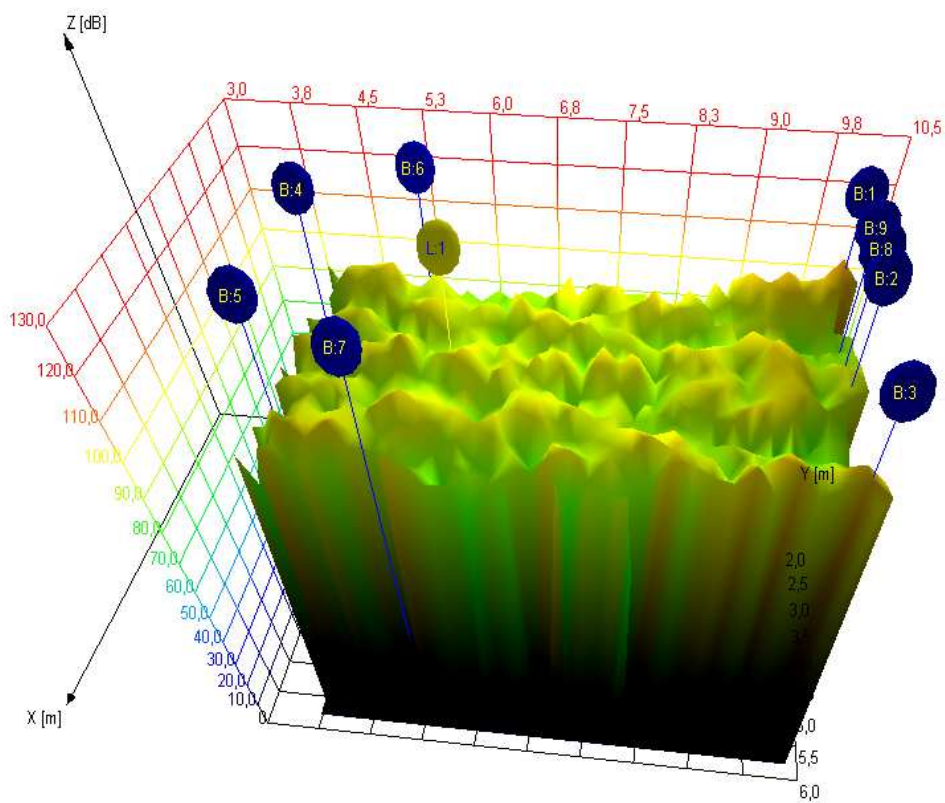
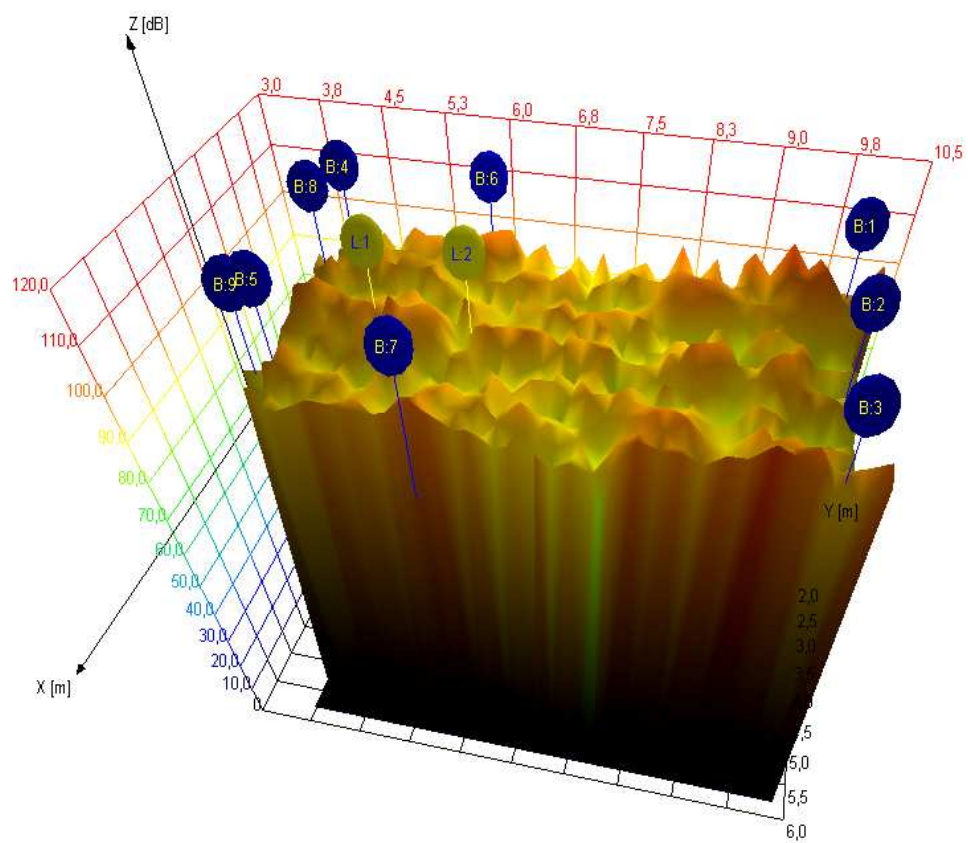
# 125Гц



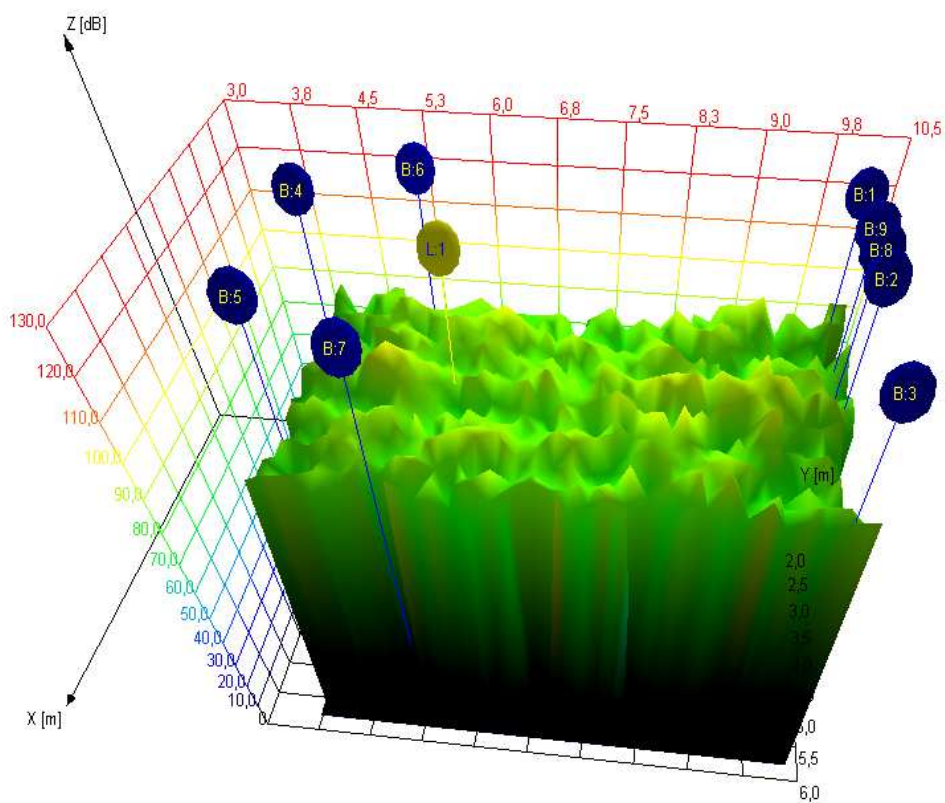
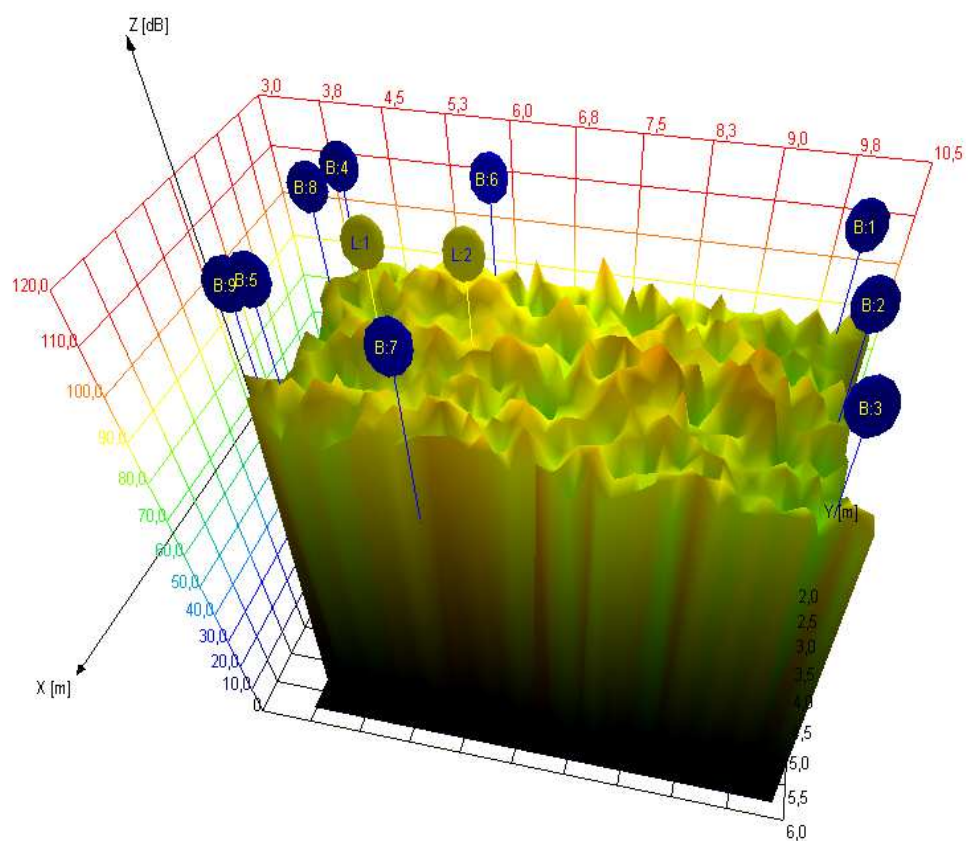
# 250Гц



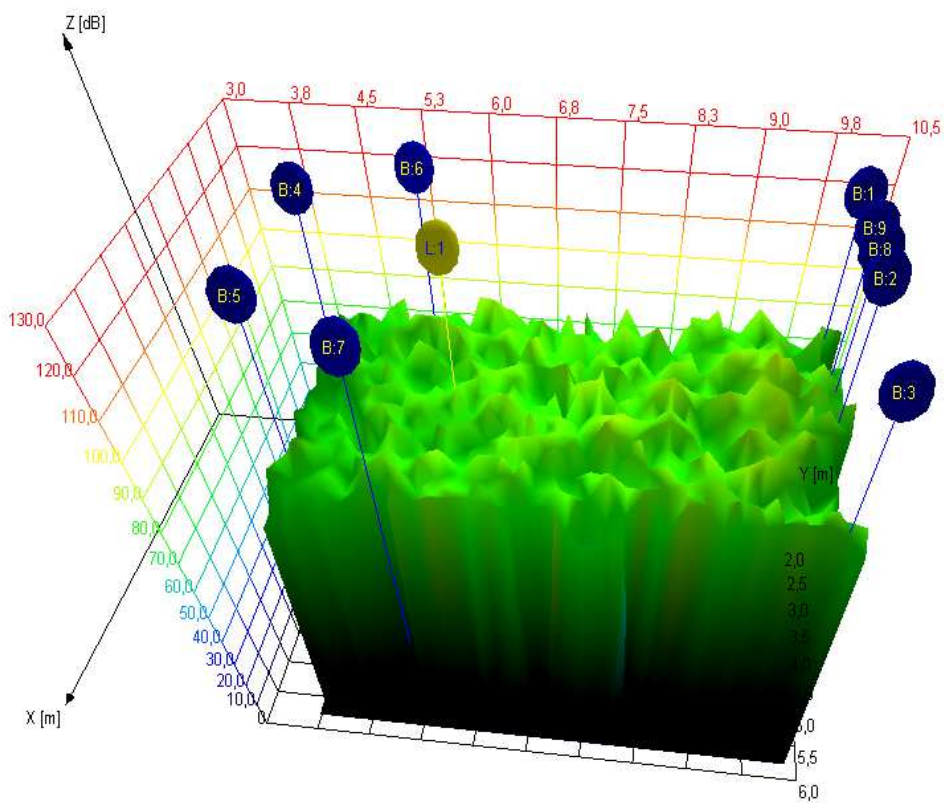
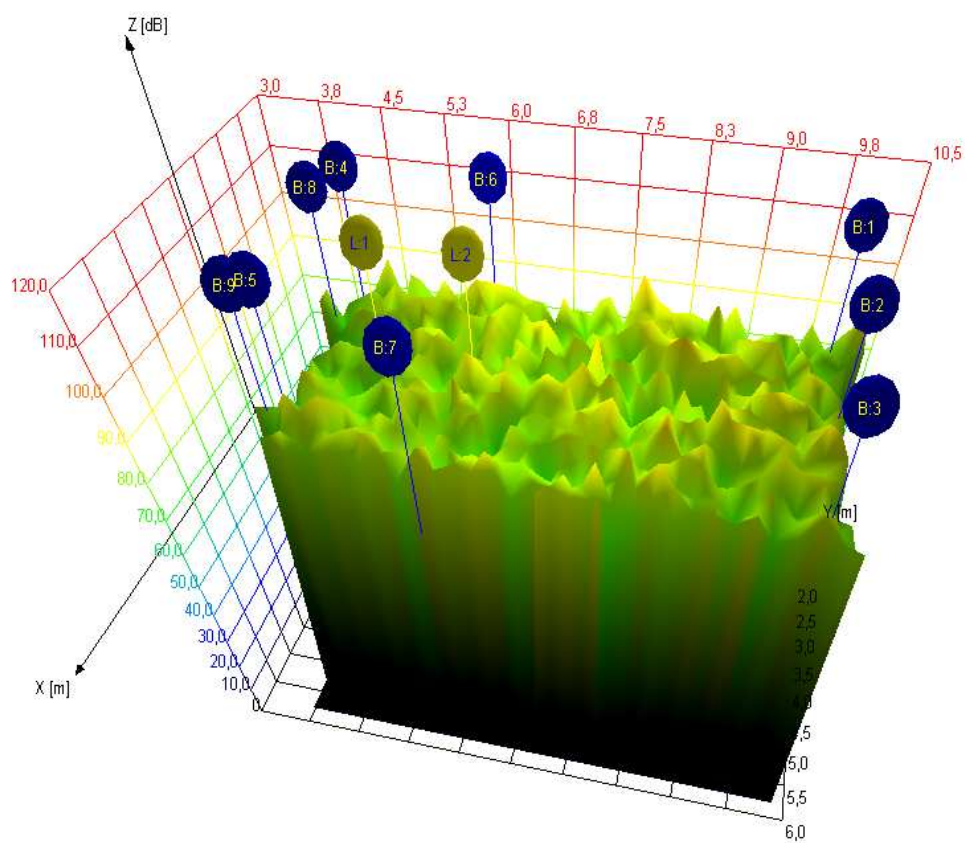
# 500Гц



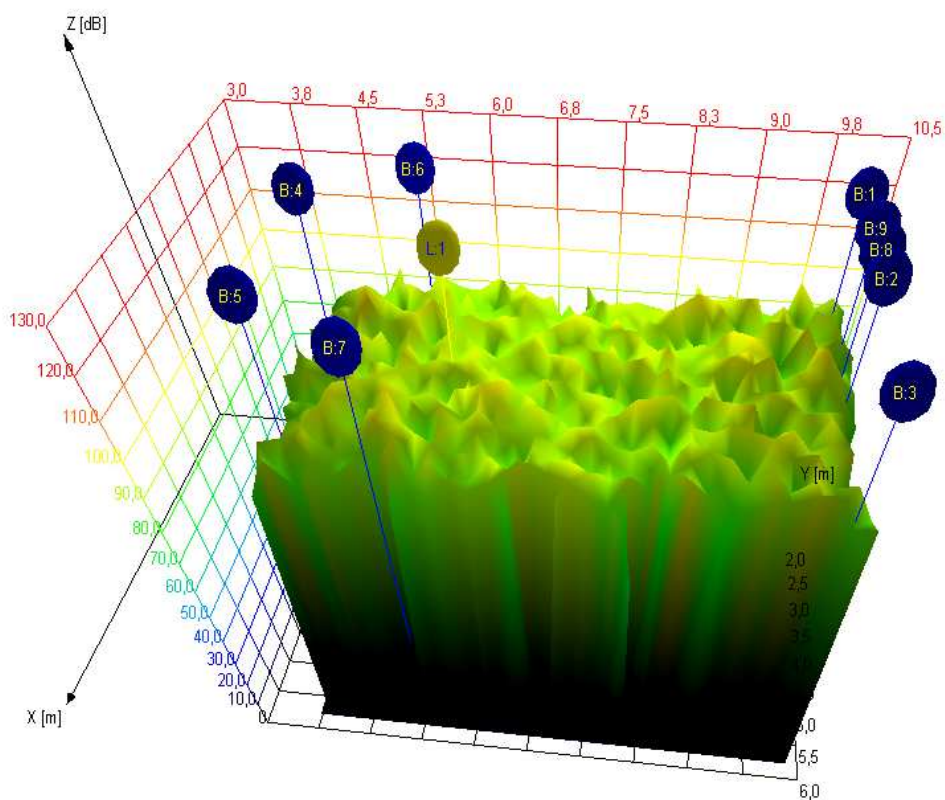
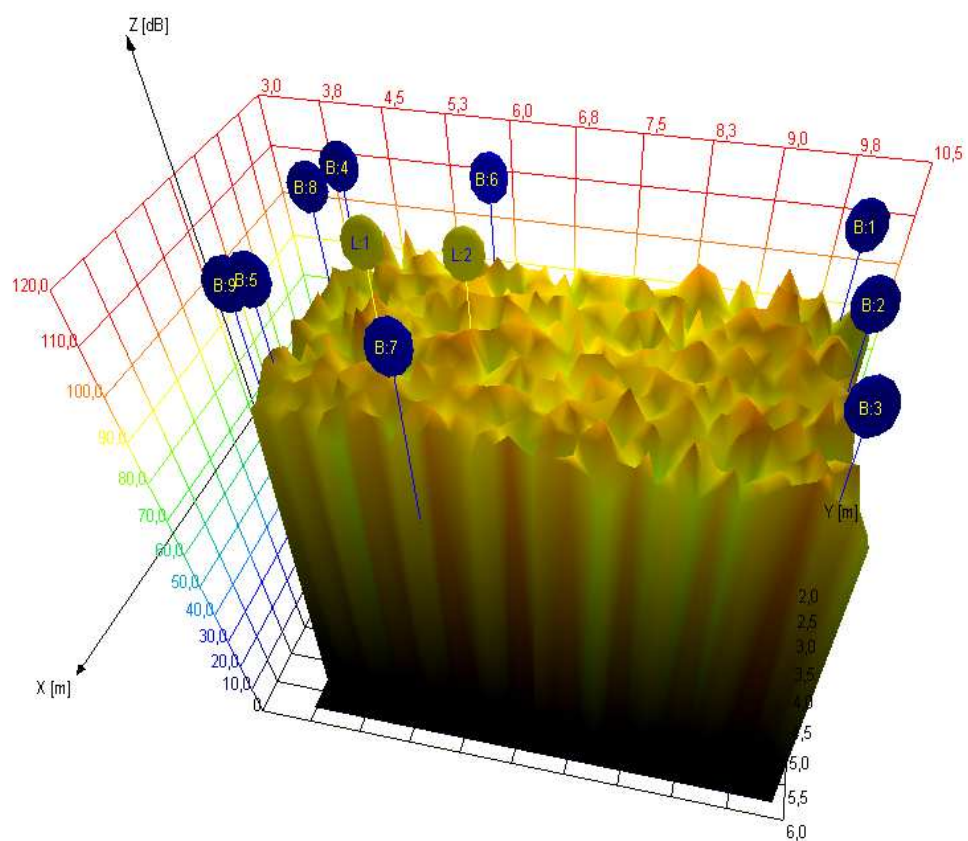
# 1000Гц



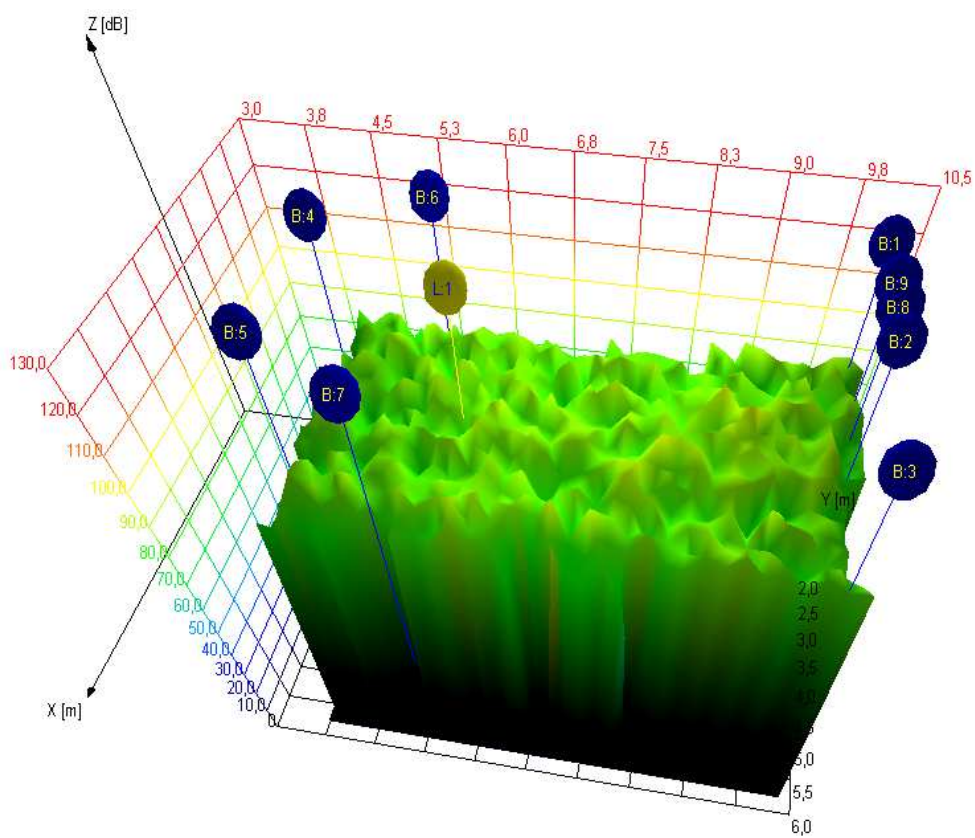
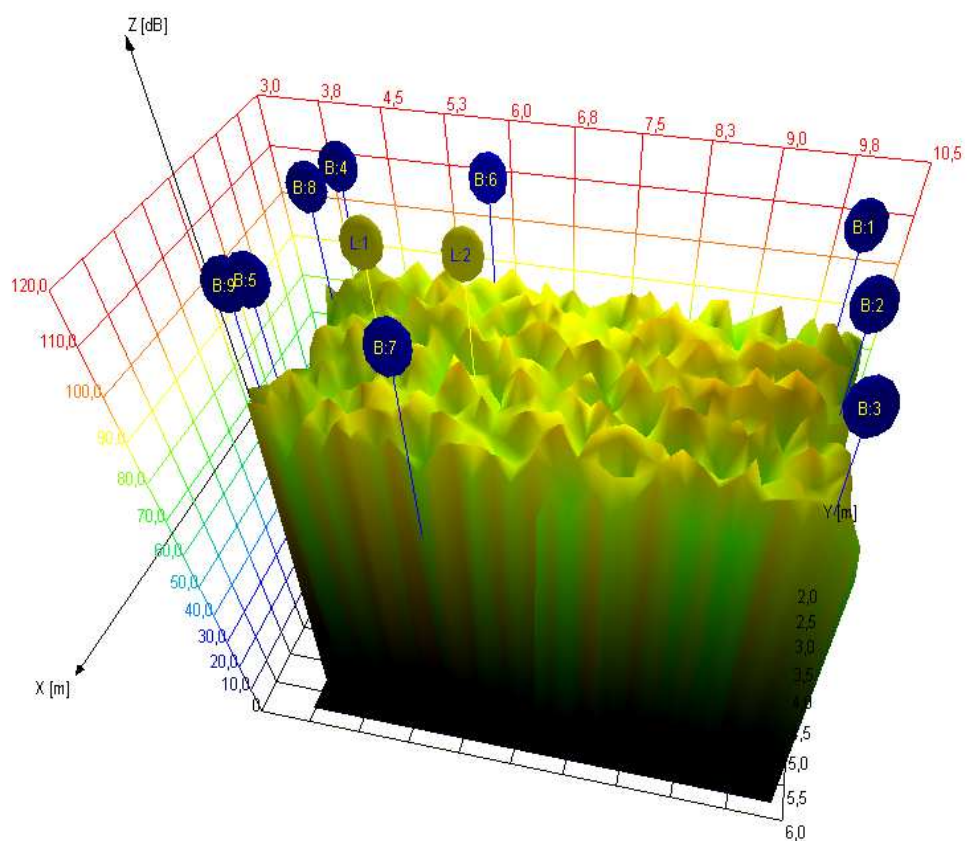
# 2000Гц



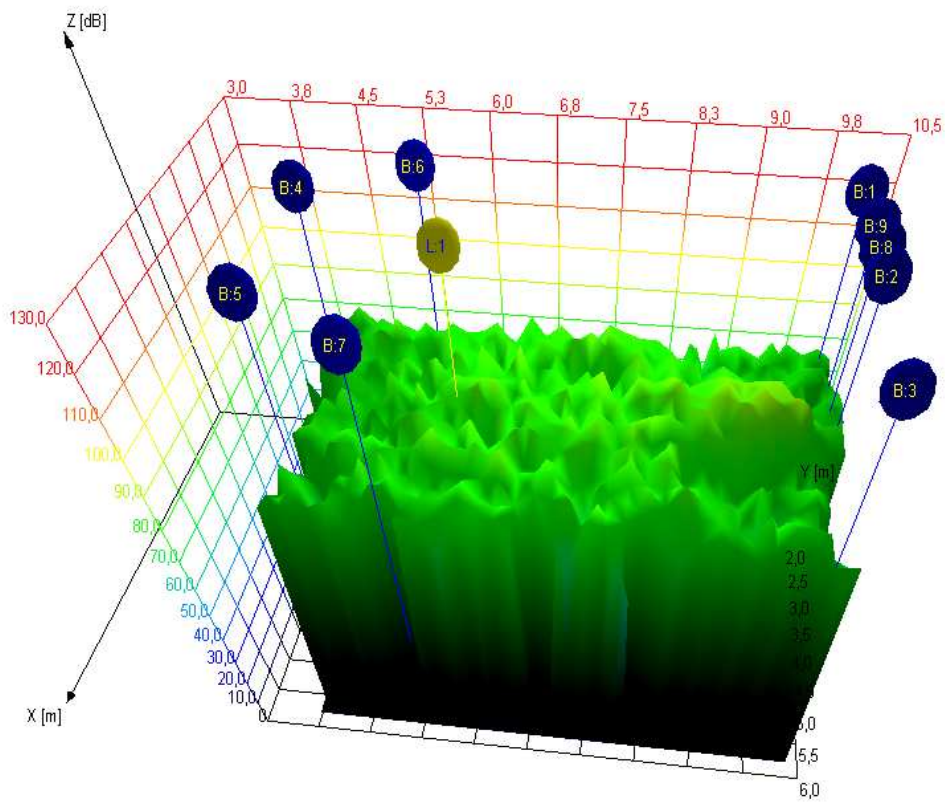
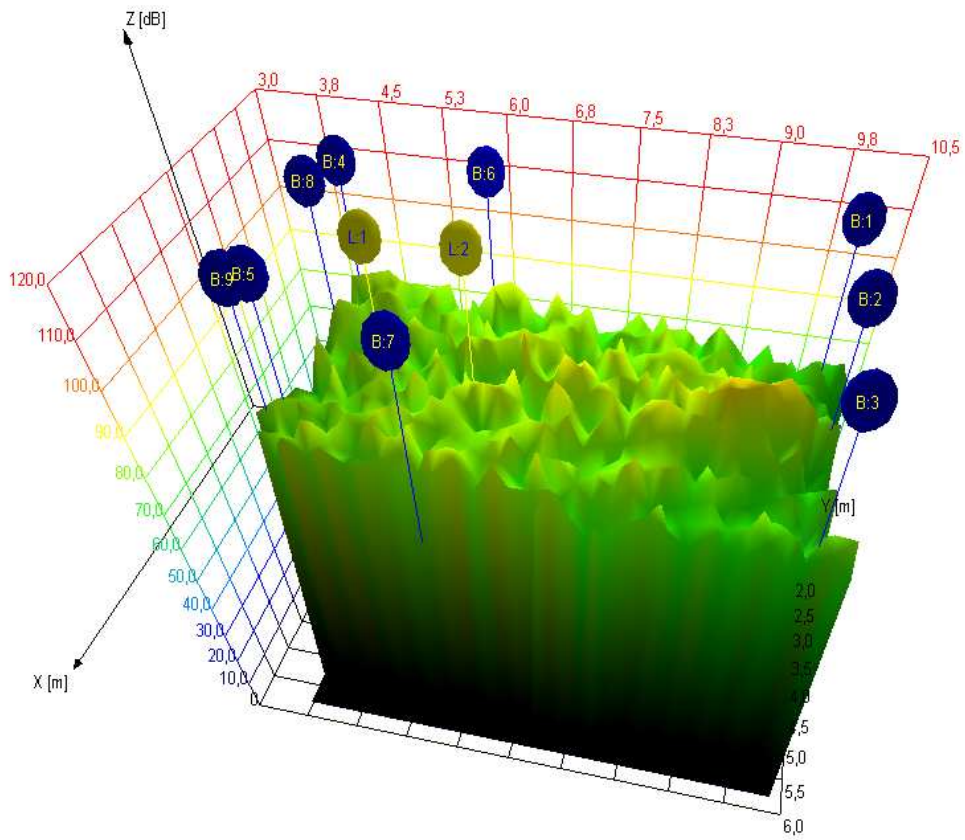
# 4000Гц



# 8000Гц



# 16000Гц





## Графики основных акустических параметров

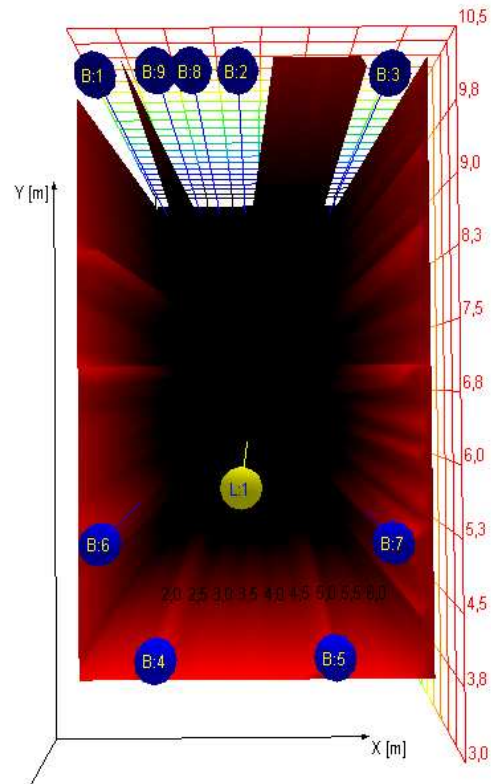


Рис.11. График ясности и разборчивости

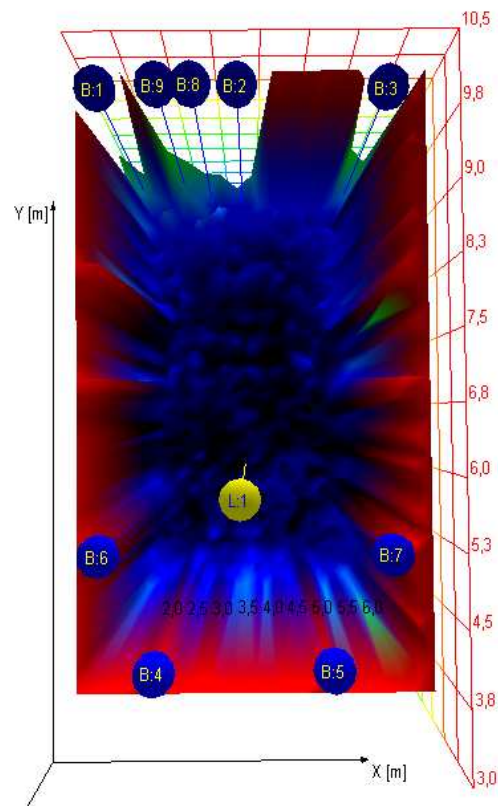


Рис.12. График интерференционной картины

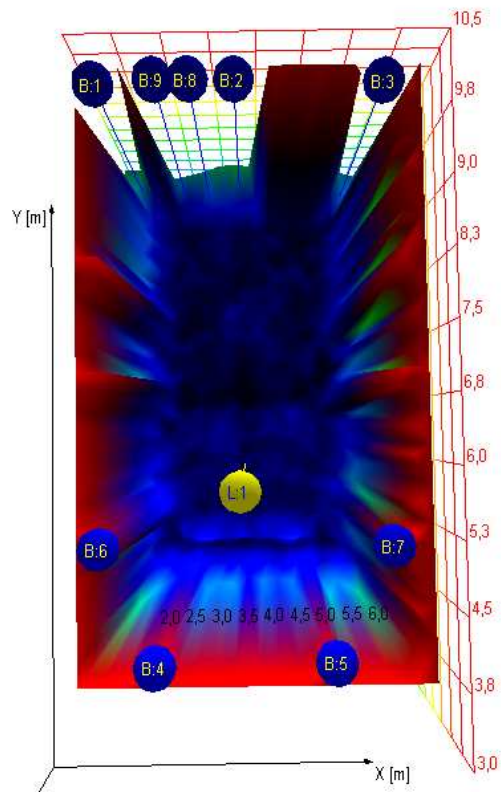


Рис.13. График локализация виртуальных источников звука

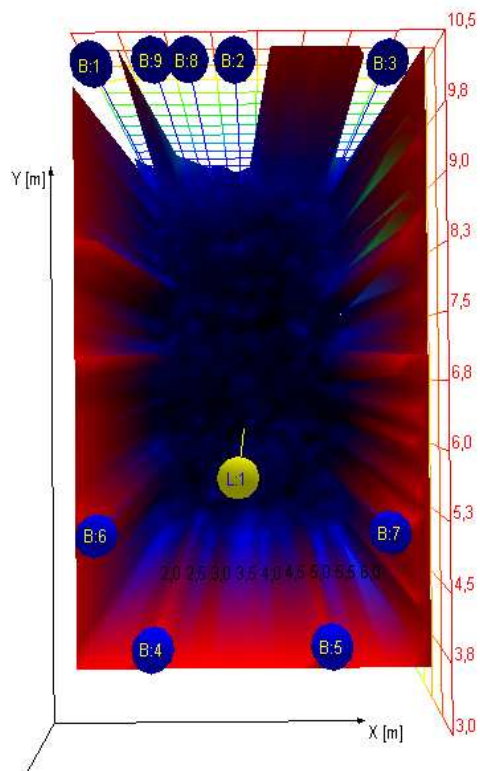
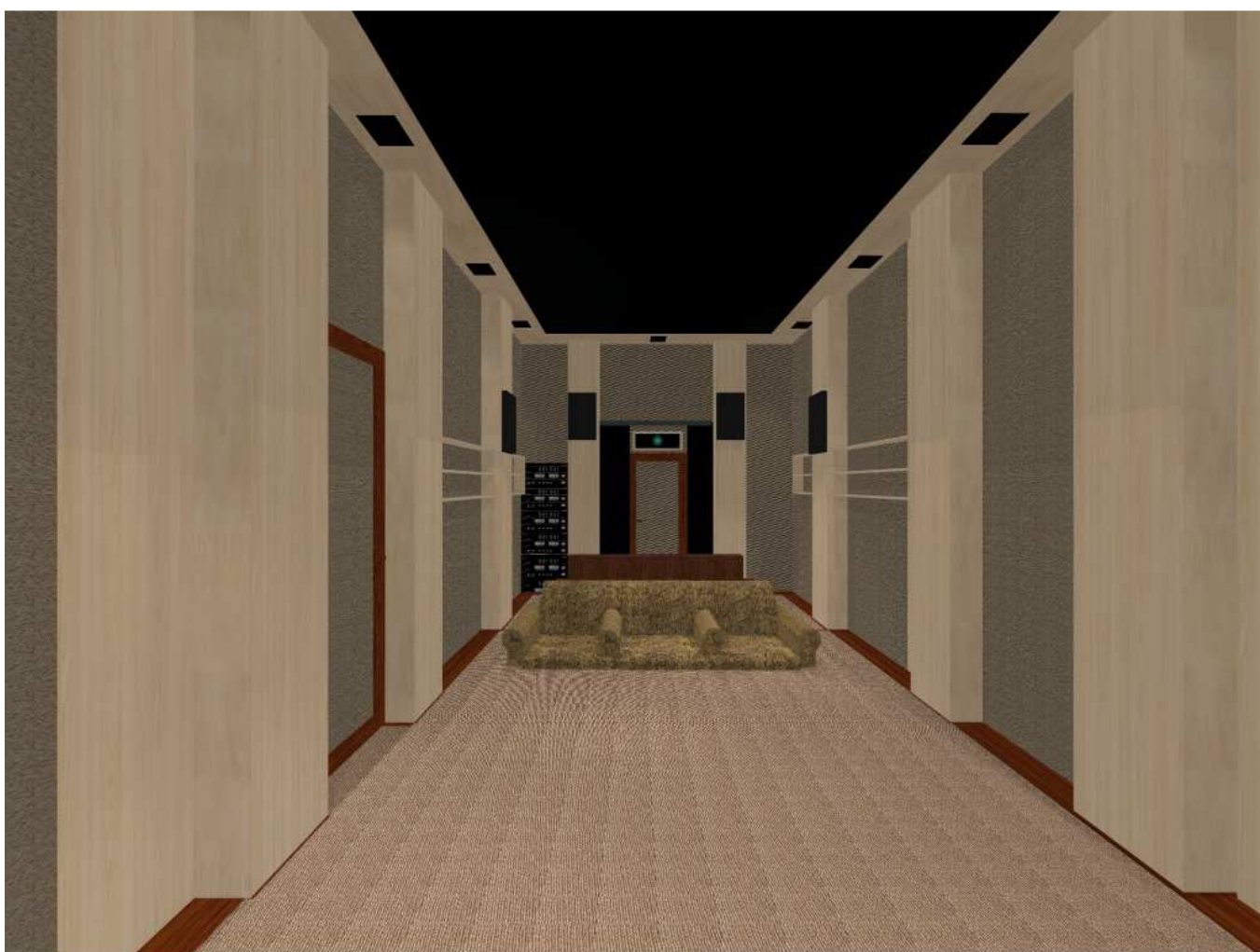


Рис.14. Взвешенная суммарная функция искажений

## Заключение по акустическому моделированию

- Рассчитанный график времени реверберации по Сэбину, лежит в рамках, определённых стандартом качества акустической обработки помещения компании JBL, для данного объёма помещения;
- Частотная характеристика имеет провал  $-5\text{dB}$  с центральной частотой  $2500\text{Гц}$ . Это необходимо учитывать при настройке эквалайзера входящего в стандартный комплект JBL SYN FOUR;
- Графики неравномерности звукового поля показывают, что после коррекции неравномерность звукового поля уменьшилась до необходимого уровня;
- График ясности и разборчивости показал, что разборчивость и ясность удовлетворяют нормам компании DOLBY LAB и JBL;
- График интерференционной картины показал, что уровень интерференции в зоне прослушивания очень мал, что означает отсутствие искажений типа гребенчатой фильтрации;
- График локализации виртуальных источников показал отсутствие слышимых пространственных искажений звукового образа;
- График взвешенной суммарной функции искажений показал, что суммарный уровень искажений находится в норме.

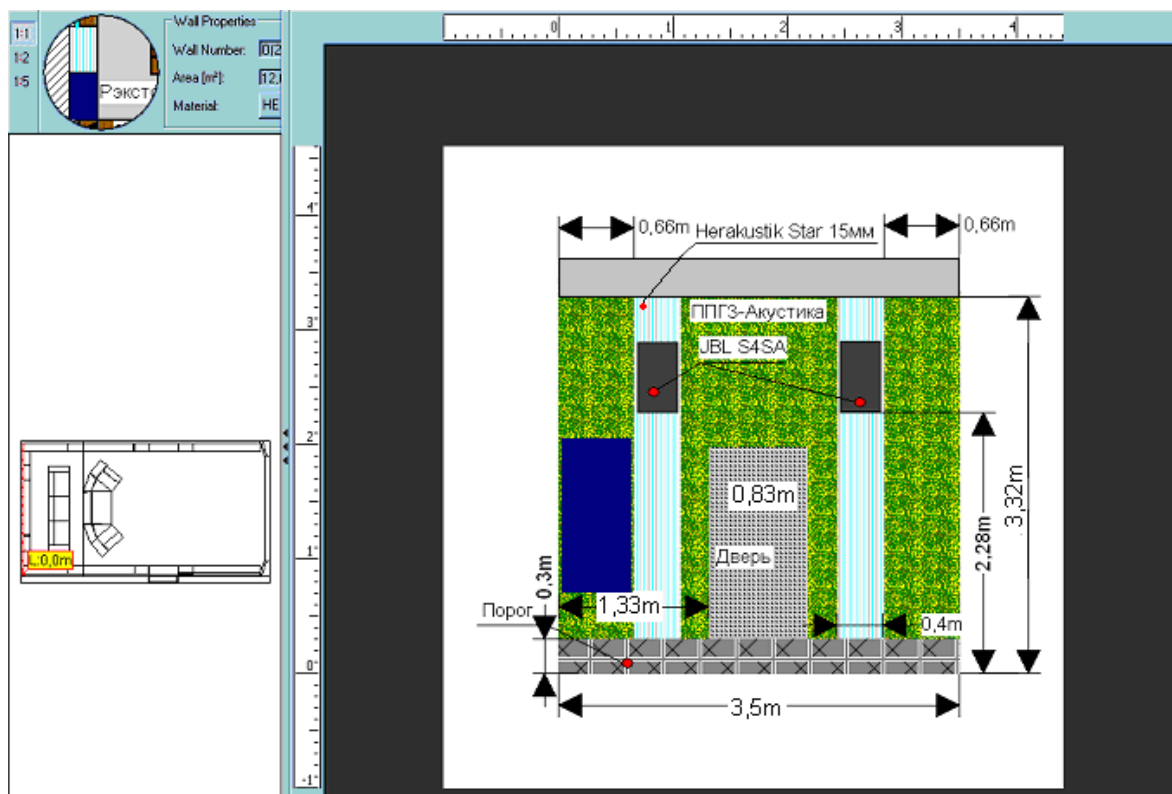
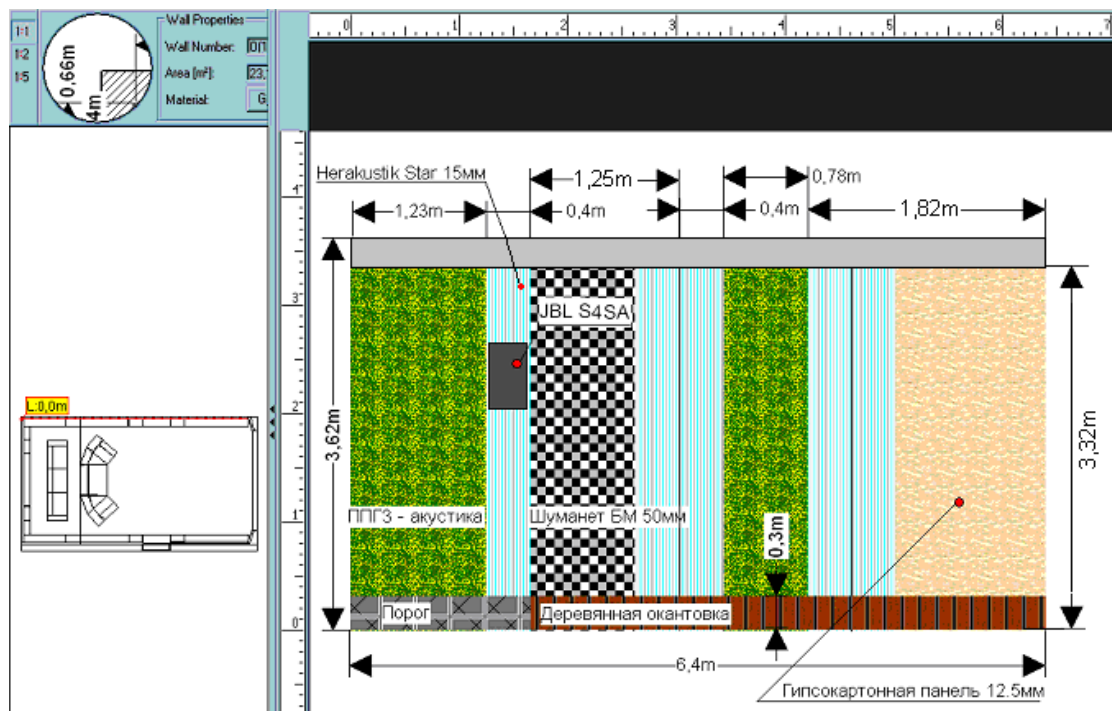
### 3. Дизайнерская 3D модель кинозала

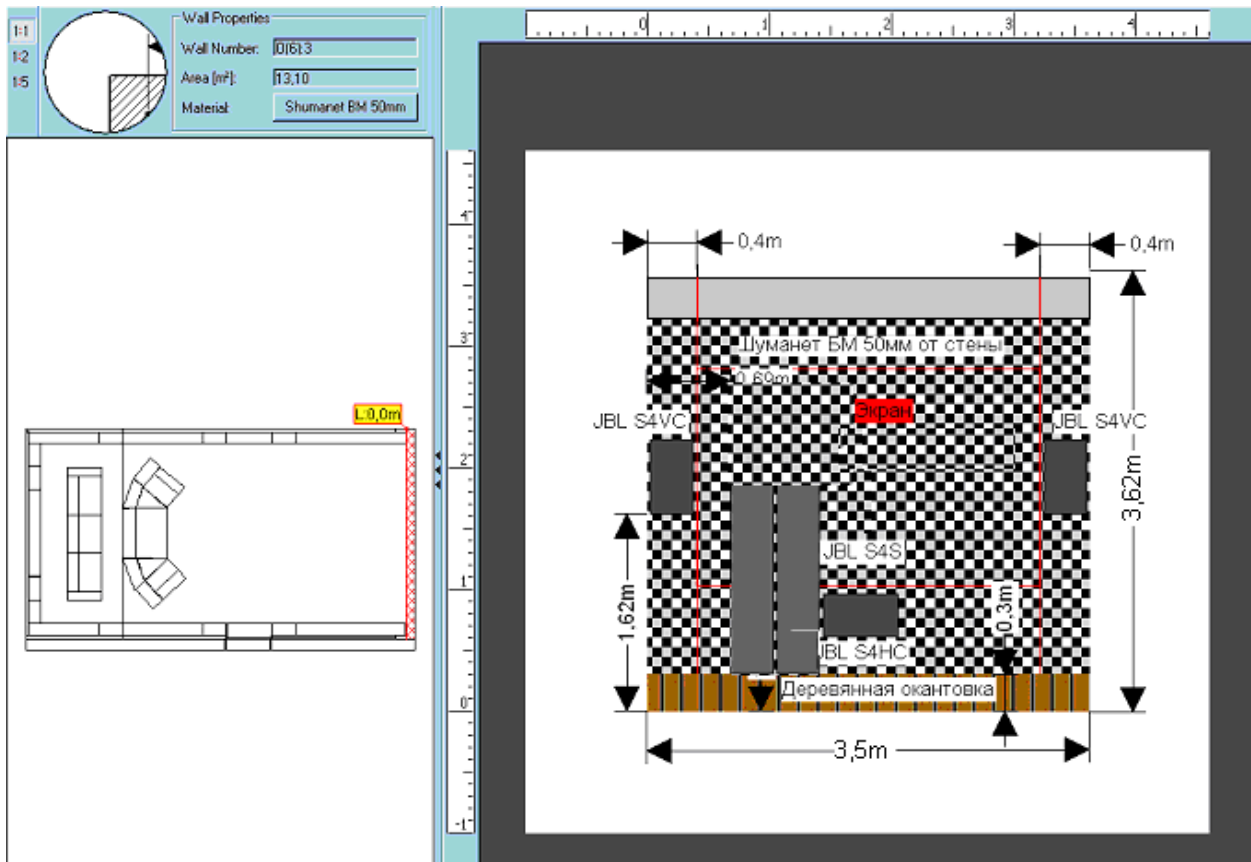
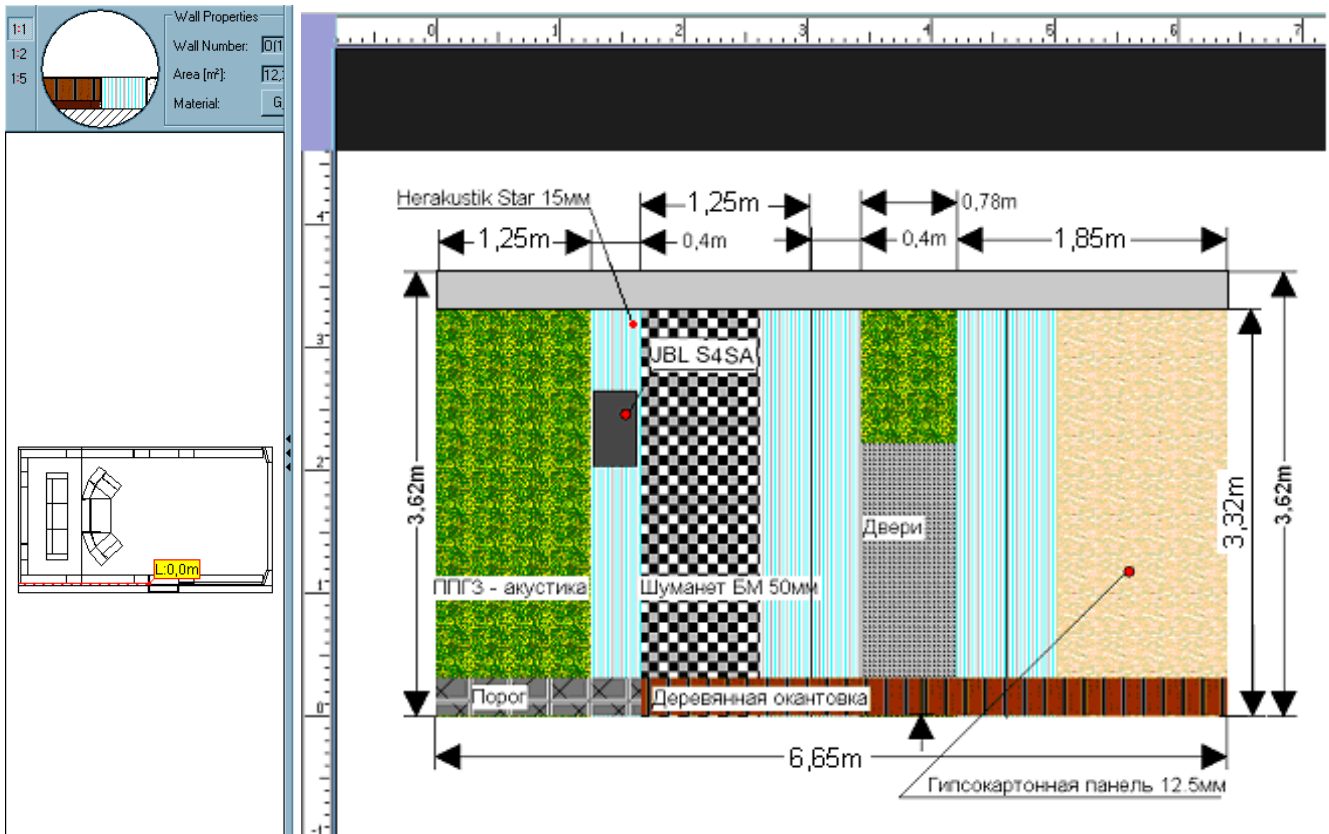






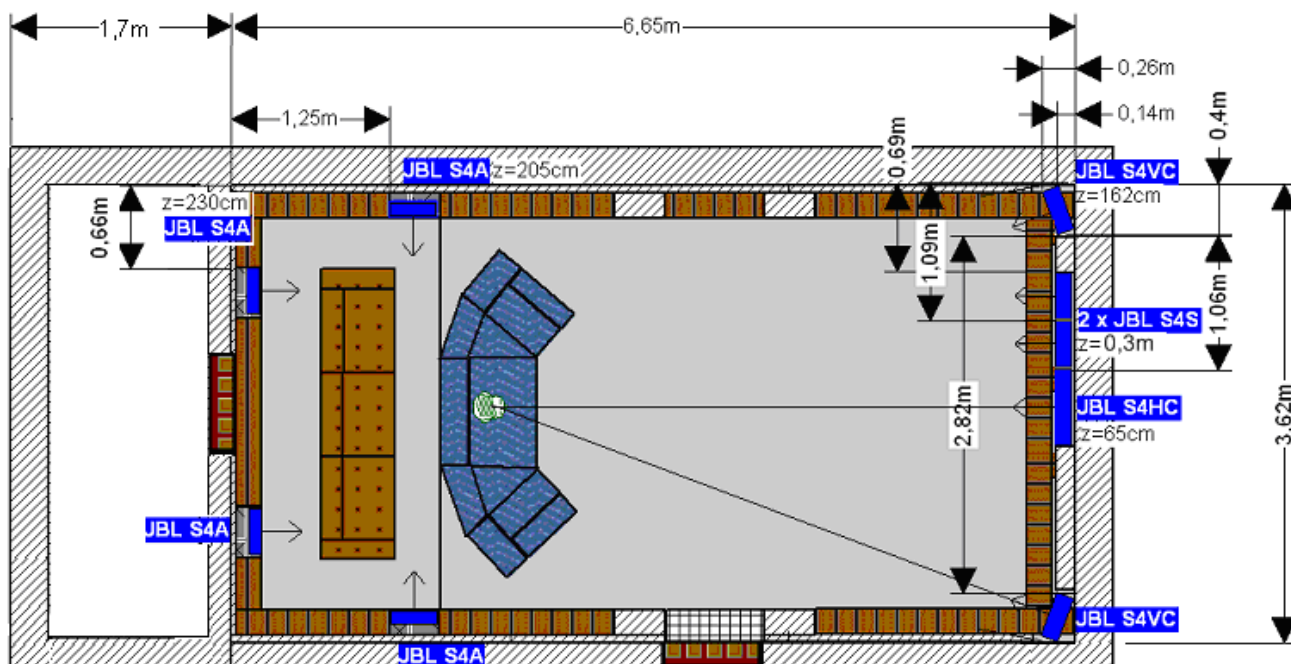
#### 4. Размещение звукопоглощающих панелей на стенах





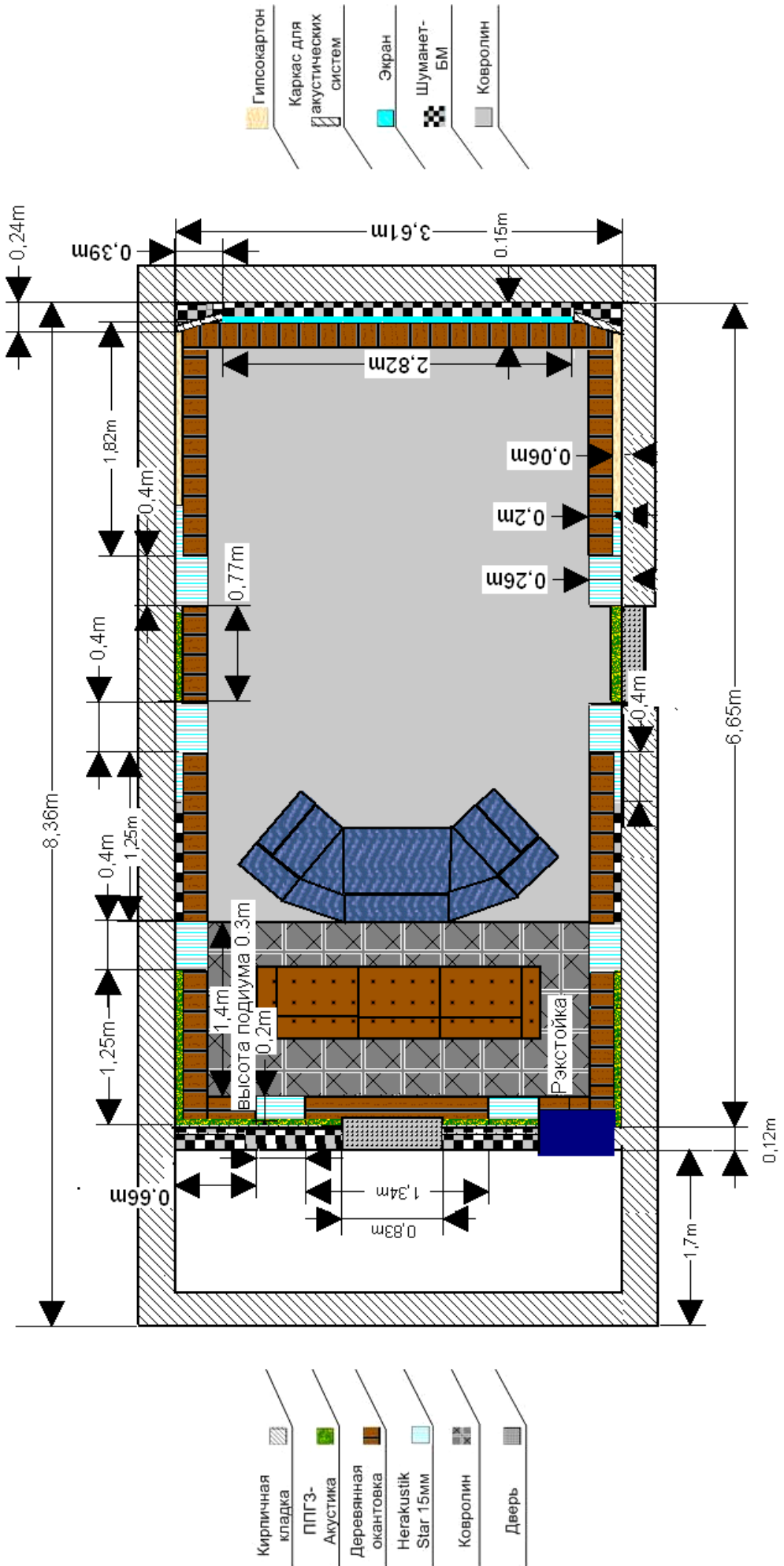


## 5. Оптимальное размещение акустических систем и слушателя



\* Прим.: акустические системы S4VC, S4HC и S4A расположены симметрично

### Размещение звукопоглощающих панелей и конструкций



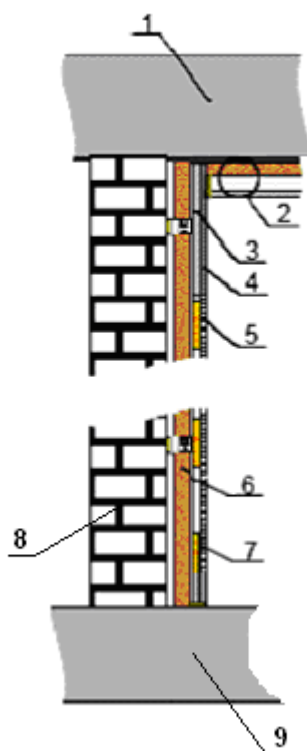


Схема монтажа панелей ППГЗ-Акустика

- 1 – перекрытие потолка;
- 2 – натяжной потолок;
- 3 – гипсокартонный лист 12.5 мм;
- 4 – гобелен;
- 5 – перфорированные гипсовые плиты ППГЗ-Акустика;
- 6 – плиты минеральной ваты толщиной 50мм;
- 7 – деревянный каркас;
- 8 – стена или перегородка;
- 9 – перекрытие.

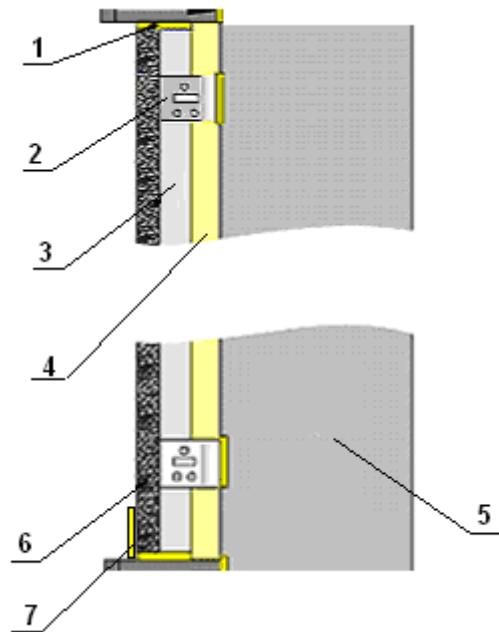


Схема монтажа панелей «HERAKUSTIK STAR»

- 1 – виброизолирующая лента;
- 2 – деревянный каркас горизонтальный брус;
- 3 – деревянный каркас вертикальный брус;
- 4 – воздушный проём шириной 30мм;
- 5 – стена или перегородка;
- 6 – панель «HERAKUSTIK STAR» 15мм;
- 7 – направляющий профиль KNAUF шириной 75мм.

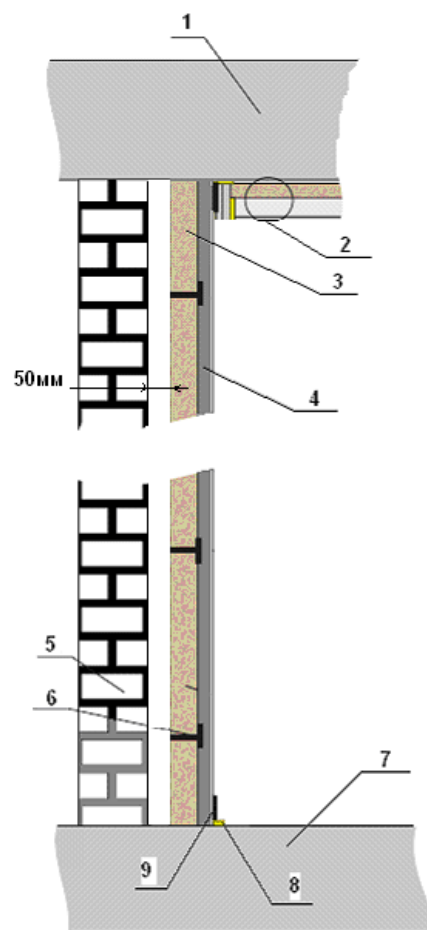


Схема монтажа плит минеральной ваты Шуманет-БМ

- 1 – перекрытие потолка;
- 2 – натяжной потолок;
- 3 – минеральная вата;
- 4 – деревянный каркас;
- 5 – стена;
- 6 – дюбель;
- 7 – конструкция пола;
- 8 – виброизолирующая лента;
- 9 – направляющий профиль KNAUF шириной 75мм.

## SPECIFICATIONS

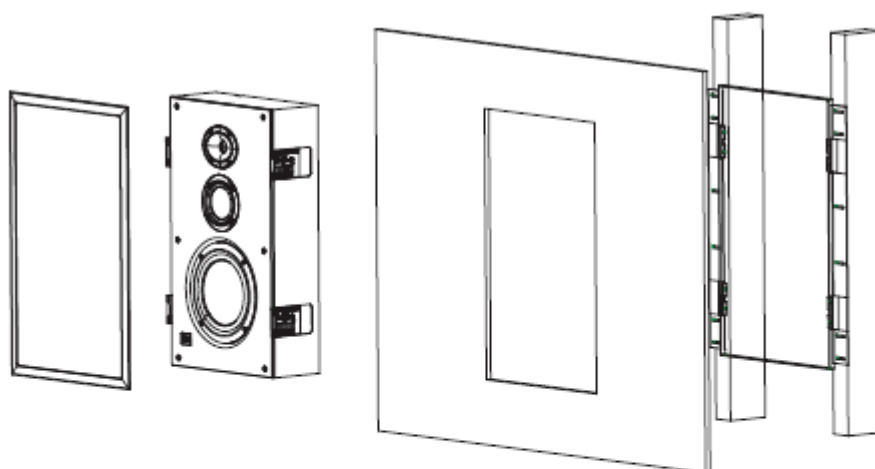
MODEL #	S4VC	S4HC	S4Ai
Description	3-Way 8" (200mm) vertical flush-mount speaker	3-Way dual 6-1/2" (165mm) horizontal flush-mount speaker	Configurable-array flush-mount surround speaker
Power Handling	250W	250W	200W Single-driven or 175W-per-array dual-driven
Nominal Impedance	6 Ohms	6 Ohms	6 Ohms
Sensitivity (2.83V@1M)	91dB	91dB	91dB
Frequency Response	65Hz – 20kHz	65Hz – 20kHz	80Hz – 20kHz
Crossover Frequencies	600Hz, 3.5kHz	600Hz, 3.5kHz	Dipole mode: 800Hz; 3.6kHz Bipole mode: 800Hz, 3.6kHz Direct mode: 2.5kHz
Bass Transducer(s)	8" (200mm) Titanium-alloy inverted dome with rubber surround and cast basket, shielded	Dual 6-1/2" (165mm) titanium-alloy inverted domes with rubber surrounds and cast baskets, shielded	8" (200mm) Dual-voice-coil inverted dome with rubber surround and cast basket
Midrange Transducer(s)	4" (100mm) Titanium inverted dome with rubber surround and cast-aluminum basket, shielded	4" (100mm) Titanium inverted dome with rubber surround and cast-aluminum basket, shielded	Dual 4" (100mm) neodymium full-ranges with rubber surrounds and cast-aluminum baskets
High-Frequency Transducer(s)	1" (25mm) Pure-titanium dome with rubber surround, shielded, with EOS waveguide	1" (25mm) Pure-titanium dome with rubber surround, shielded, with EOS waveguide	Triple 1" (25mm) pure-titanium domes with rubber surrounds, shielded, with EOS waveguide
Dimensions (H x W x D)	23-7/8" x 14" x 5-1/2" (606mm x 356mm x 140mm)	14" x 23-7/8" x 5-1/2" (356mm x 606mm x 140mm)	23-7/8" x 14" x 3-3/4" (606mm x 356mm x 95mm)
Weight	26 lb (12kg)	32 lb (15kg)	23 lb (10kg)
Connectors	Two-conductor push-type, 10 – 16-gauge	Two-conductor push-type, 10 – 16-gauge	Speaker: four-conductor push-type, 10 – 16-gauge; control: two-conductor screw terminal, 16 – 24-gauge
Trigger Input	NA	NA	12-Volt/200mA

## SPECIFICATIONS

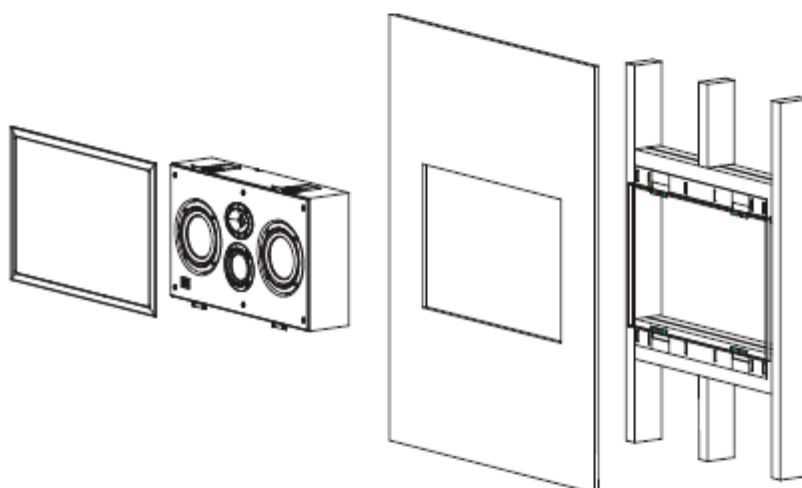
### S4S

Frequency Response (-6dB)	20Hz – 150Hz (THX®/LFE mode)
Maximum Recommended Amplifier Power†	500 Watts per channel
Impedance	4 Ohms nominal
Sensitivity	88dB (2.83V/1m), both woofers driven
Woofer	Dual 10" polymer-coated aluminum cones w/rubber surrounds
Dimensions (H x W x D, mounted in S4SBB enclosure, not including Styrofoam™ blocks)	64" x 14" x 5.1" (1626mm x 356mm x 130mm)
Mounting Cutout Size (W x H)	15" x 24.55" (381mm x 624mm)
Weight per Speaker	24 lb (10.9kg)

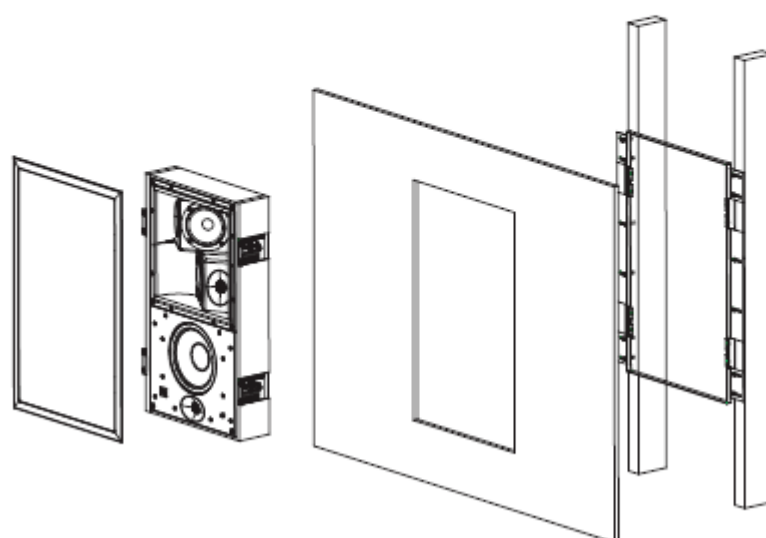
**Монтаж фронтальных АС JBL S4VC**



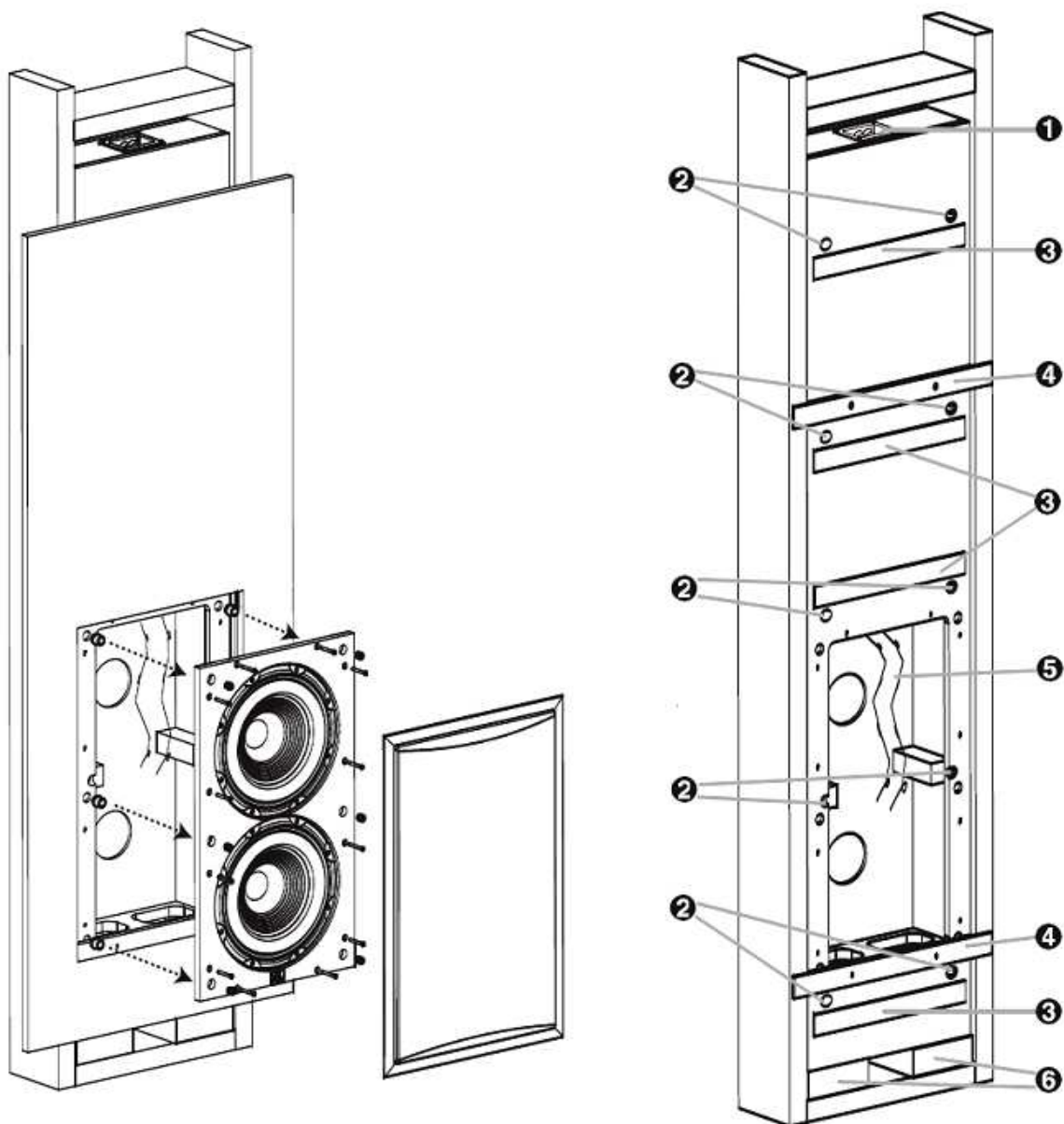
**Монтаж центральной АС JBL S4HC**



**Монтаж тыловых АС JBL S4A**



Монтаж сабвуферных АС JBL S4S





**HERAKUSTIK Star****www.acoustic.ua****Звукопоглощающие панели из прессованного древесного волокна****Общая информация****Описание**

Панели HERAKUSTIK Fine, смонтированные на каркасе или на стандартной подвесной системе являются эффективными звукопоглощающими конструкциями резонансного типа. Их применение позволяет снизить гулкость помещения, эффективно скорректировать время реверберации в области низких частот. Увеличение звукопоглощающих свойств в более широком частотном диапазоне обеспечивается дополнительным размещением плит типа «ШУМАНЕТ» во внутреннем пространстве каркаса, на который монтируются панели HERAKUSTIK.

**Область применения**

Студии звукозаписи, концертные залы и кинотеатры, в том числе домашние. Кроме этого, панели HERAKUSTIK Fine рекомендованы к применению в спортивных залах, вестибюлях, залах ожидания, офисных помещениях. Возможно использование в технических помещениях: вентиляционных камерах, машинных отделениях лифтов, насосных и бойлерных станциях.

**Состав**

Прессованная деревянная стружка диаметром 1-2 мм на магнетитовом связующем.

**Отличительные особенности**

- Высокая механическая прочность
- Возможность окраски в любой цвет
- Звукопоглощающие свойства резонансного типа
- Панели изготовлены из экологически чистых компонентов

**Технические, акустические и эксплуатационные характеристики****Размеры панелей**

Ширина: 600 мм. Длина: 600, 1200, 2400 мм. Толщина: 15, 25, 35 мм. Возможны спец. размеры с длиной до 2400 мм.

**Цвет**

Лицевая поверхность панели покрыта грунтом (под окраску). Возможна дополнительная окраска под заказ по RAL.

**Физические характеристики**

Поверхностная плотность: 6,5/9,5/13,0 кг/м<sup>2</sup> для толщины 15/25/35 мм соответственно.  
Кол-во в поддоне: 80,64 и 50,4 м2 для толщины 15 и 25 мм соответственно.

**Коэффициент звукопоглощения**

Акустические испытания выполнены по заказу HERAKLITH AG в A/TGM Vienna								
Частота, Гц	63	125	250	500	1000	2000	4000	NRC
HERAKUSTIK Star 15 мм с отсосом 30 мм	0,00	0,05	0,15	0,35	0,70	0,65	0,70	0,45
HERAKUSTIK Star 15 мм с отсосом 30 мм с ШУМАНЕТ-СК 30мм	0,00	0,10	0,45	0,90	0,95	0,8	0,85	0,75
HERAKUSTIK Star 15 мм с отсосом 283 мм с ШУМАНЕТ-СК 40мм	0,25	0,65	0,85	0,90	0,90	0,85	0,85	0,85
HERAKUSTIK Star 25 мм с отсосом 30 мм	0,05	0,10	0,20	0,45	0,70	0,55	0,75	0,50
HERAKUSTIK Star 25 мм с отсосом 30 мм с ШУМАНЕТ-СК 30мм	0,05	0,15	0,50	0,95	0,90	0,80	0,90	0,80
HERAKUSTIK Star 25 мм с отсосом 275 мм с ШУМАНЕТ-СК 40 мм		0,70	0,90	0,90	0,90	0,80	0,95	0,80

**Сертификаты**

Материал имеет гигиенический, акустический и пожарный сертификаты (трудногорючий материал Г1)

**Технология монтажа**

В конструкциях звукопоглощающих облицовок в качестве отделочного слоя (перфорированного экрана), смонтированного на металлическом или деревянном каркасе с отсосом от жесткой поверхности. В качестве модульной плиты в конструкции подвесного акустического потолка, смонтированного с отсосом от плиты перекрытия.

Acoustic Group 2006

## ШУМАНЕТ-БМ

www.acoustic.ua

### Звукопоглощающая плита из минеральной ваты

#### Общая информация

##### Описание

Минеральные плиты на базальтовой основе ШУМАНЕТ-БМ являются одним из наиболее эффективных материалов в классе звукопоглощающих строительных материалов. Обязательный контроль качества каждой плиты обеспечивает стабильно высокие акустические и потребительские свойства данного продукта.

##### Область применения

Плиты ШУМАНЕТ-БМ применяются в качестве эффективного среднего слоя в конструкциях звукоизолирующих каркасных перегородок или облицовок из листов ГКЛ/ГВЛ, ДСП, фанеры, а также в системах акустических перфорированных экранов или подвесных потолков.

##### Состав

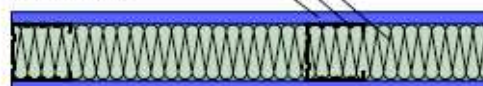
Гидрофобизированная плита из минеральной ваты на основе базальтовых пород

##### Отличительные особенности

- Контроль качества каждой плиты
- Гарантировано высокие акустические свойства
- Негорючий материал (НГ)



Плита звукопоглощающая Шуманет БМ  
Профиль стоечный  
Лист ГКЛ/ГВЛ



#### Технические, акустические и эксплуатационные характеристики

##### Размер плит

Длина плиты: 1000 мм. Ширина плиты: 600 мм. Толщина плиты: 50 мм.

##### Физические характеристики

Объемная плотность: 40 кг/м<sup>3</sup>. Количество плит в упаковке: 4 шт. Количество в упаковке: 2,4 м<sup>2</sup>.  
Объем упаковки: 0,12 м<sup>3</sup>. Вес упаковки: 4,8 кг.

##### Коэффициент звукопоглощения

Акустические испытания выполнены лабораторией акустических измерений НИИСФ РААСН г. Москва									
Частота, Гц	100	125	160	200	250	320	400	500	630
Плиты ШУМАНЕТ-БМ без отнoса	0,14	0,26	0,40	0,56	0,67	0,82	1,00	1,00	1,00
Плиты ШУМАНЕТ-БМ с отнoсом 50 мм от жесткой поверхности	0,45	0,54	0,68	0,76	0,92	0,96	0,99	1,00	1,00
Частота, Гц	800	1000	1250	1600	2000	2500	3200	4000	5000
Плиты ШУМАНЕТ-БМ без отнoса	1,00	1,00	1,00	1,00	0,99	0,99	0,93	0,90	0,90
Плиты ШУМАНЕТ-БМ с отнoсом 50 мм от жесткой поверхности	1,00	1,00	0,98	0,95	0,90	0,88	0,85	0,83	0,80

Средний коэффициент звукопоглощения NRC: 0,9

##### Сертификаты

Материал имеет акустический, гигиенический и пожарный сертификаты (негорючий материал).

##### Технология монтажа

В конструкциях звукопоглощающих облицовок и многослойных каркасных перегородок стоечный профиль (или брус) каркаса монтируется, как правило, с шагом 600 мм. Плиты ШУМАНЕТ-БМ закладываются в ячейки обрешетки. В конструкциях акустических подвесных потолков плиты монтируются в пространстве между подвесным потолком и плитой перекрытия. ШУМАНЕТ-БМ укладывается за подвесной потолок, либо монтируется к плитам перекрытия с помощью пластмассовых «грибов» для крепления теплоизоляционных плит. При использовании в негерметичных конструкциях для предотвращения эмиссии частиц материала в окружающую среду плиты ШУМАНЕТ-БМ предварительно рекомендуется оборачивать звукопроницаемым нетканым полотном типа спанбонд (Лутрасил).

## ППГЗ

www.acoustic.ua

### Плиты из перфорированного гипсокартона

#### Общая информация

##### Описание

Плиты ППГЗ, смонтированные на каркасе или на стандартной подвесной системе, являются эффективными звукопоглощающими конструкциями резонансного типа. Существенное значение для величины низкочастотного звукопоглощения имеет величина отступа плит от жесткой поверхности. Увеличение звукопоглощающих свойств в более широком частотном диапазоне обеспечивается дополнительным размещением плит типа «ШУМАНЕТ» во внутреннем пространстве между жесткой поверхностью и облицовкой.

##### Область применения

ППГЗ применяются в студиях звукозаписи, музыкальных и речевых комнатах, в домашних кинотеатрах и концертных залах, в офисных помещениях. Возможно использование в помещениях вентиляционных камер, машинных отделений лифтов, насосных и бойлерных станций.

##### Состав

Перфорированный лист гипсокартона, на тыльную сторону которого наклеено звукопроницаемое нетканое полотно типа спанбонд.

##### Отличительные особенности

- Эффективно корректируют акустическую среду помещения на низких частотах
- Возможность окраски плит в любой цвет
- Звукопоглощающие свойства резонансного типа



#### Технические, акустические и эксплуатационные характеристики

##### Размеры панелей

Ширина: 595 мм. Длина: 595 мм. Толщина: 10 мм.

##### Типы перфорации

Тип А: отверстие 6 мм с шагом 20 мм, коэффициент перфорации 7%. Тип С: отверстие 10 мм с шагом 30 мм, коэффициент перфорации 8,7%. Тип D: отверстия 8 и 12 мм с шагом 40 мм, коэффициент перфорации 10%.

##### Физико-технические характеристики

Цвет: белый. Поверхностная плотность: 6,6 кг/м<sup>2</sup>. Количество в одной упаковке: 6 плит (2,12 м<sup>2</sup>). Вес упаковки: 14 кг.

##### Коэффициент звукопоглощения

Акустические испытания выполнены лабораторией акустических измерений НИИСФ РААСН г. Москва							
Частота, Гц	125	250	500	1000	2000	4000	NRC
ППГЗ тип А с отступом 50 мм	0,23	0,52	0,84	0,68	0,46	0,36	0,63
ППГЗ тип А с отступом 50 мм с заполнением плитами «ШУМАНЕТ-СК»	0,45	0,98	0,96	0,80	0,52	0,32	0,82
ППГЗ тип С с отступом 50 мм	0,48	0,87	0,95	0,65	0,21	0,18	0,67
ППГЗ тип С с отступом 50 мм с заполнением плитами «ШУМАНЕТ-СК»	0,85	0,95	0,89	0,68	0,41	0,23	0,73
ППГЗ тип D с отступом 50 мм	0,32	0,60	0,83	0,74	0,46	0,22	0,66
ППГЗ тип D с отступом 50 мм с заполнением плитами «ШУМАНЕТ-СК»	0,72	0,84	0,81	0,68	0,51	0,32	0,71

##### Сертификаты

Материал имеет гигиенический, акустический и пожарный сертификаты (трудногорючий материал Г1).

##### Технология монтажа

Плиты ППГЗ монтируются на металлический или деревянный каркас с отступом от жесткой поверхности. Внутреннее пространство, в зависимости от задачи, может заполняться звукопоглощающими плитами типа ШУМАНЕТ. Плиты ППГЗ также укладываются в стандартную металлическую модульную подвесную систему типа Armstrong, которая монтируется с отступом от плиты перекрытия.

## Дополнительные рекомендации

- Потолок выполняется в виде матового натяжного потолка на расстоянии 40см от перекрытия с заполнением тыльной стороны плитами минеральной ваты толщиной 50мм;
- Все плиты из минеральной ваты с внешней стороны закрываются с помощью технической ткани;
- Все поверхности должны быть матовыми для снижения их светоотражающей способности;
- Двери должны быть металлическими, иметь порог и закрываться с помощью плотной шторы, из тяжёлой ткани;
- Каркас выполняется из деревянного бруса с шагом 60см;
- На стыках гипсокартонных листов и каркаса, необходимо применять прокладку из виброизолирующей ленты;
- Тыловая перегородка должна быть выполнена из двойного гипсокартонного листа 12.5 мм и 9.5 мм, обработанных монтажной пеной по периметру их стыка.