



ПРОЕКТ

АРХИТЕКТУРНОЙ АКУСТИКИ И ЭЛЕКТРОАКУСТИКИ ДОМАШНЕГО КИНОТЕАТРА

Москва, март 2011 г.

Оглавление

1. АРХИТЕКТУРНАЯ АКУСТИКА	3
1.1. Рассчитываемые акустические параметры	3
1.1.1. Время реверберации	3
1.1.2. Структура ранних отражений	3
1.2. Методика компьютерного моделирования	3
1.3. Компьютерное моделирование архитектурной акустики	4
1.3.1. Акустические требования к помещению	4
1.3.2. Результаты компьютерного моделирования	4
1.4. Вывод.....	12
2. ЭЛЕКТРОАКУСТИКА	13
2.1. Рассчитываемые электроакустические параметры	13
2.1.1. Уровень звукового давления и неравномерность уровня	13
2.1.2. Энергетические индексы.....	13
2.1.3. Индекс разборчивости речи	14
2.2. Методика компьютерного моделирования электроакустики	14
2.3. Технические требования.....	14
2.4. Результаты компьютерного моделирования	15
2.5. Спецификация громкоговорителей	31
2.6. Вывод.....	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	32

1. АРХИТЕКТУРНАЯ АКУСТИКА

В рамках данной работы построена компьютерная модель кинозала и предложена его акустическая обработка, обеспечивающая рекомендуемые для современного кинотеатра акустические параметры.

1.1. Рассчитываемые акустические параметры

При компьютерном моделировании даются количественные оценки следующим параметрам.

1.1.1. Время реверберации

После выключения источника звука процесс его ослабления в помещении занимает определенное время. Стандартным временем реверберации, или просто, временем реверберации называют время, в течение которого звуковое давление уменьшается до 1/1000 первоначального значения, т.е. до уровня –60 дБ.

Оптимальное значение времени реверберации зависит от объема и назначения зала.

1.1.2. Структура ранних отражений

На прямой звук, распространяющийся непосредственно от источника звука, накладываются звуковые отражения, в первую очередь, однократные отражения от потолка и боковых стен. Если в непосредственной близости к слушателю находится звукоотражающая поверхность, то вслед за прямым звуком с небольшим запаздыванием придет сильное отражение. В этом случае интерференция прямого и отраженного звука проявится тембральными искажениями звучания (эффект гребенчатого фильтра). Чтобы избежать подобных неприятностей, необходимо исключить в слушательской зоне появление сильных ранних отражений (в интервале до 10-15 мс после прямого звука).

1.2. Методика компьютерного моделирования

Для компьютерного анализа зала в программу компьютерного моделирования вводятся геометрические и акустические параметры упрощенной модели зала; упрощение связано с уменьшением числа мелких поверхностей, описывающих зал, поскольку большое количество поверхностей приводит к увеличению расчетного времени, не давая существенного уточнения результатов. Основное внимание уделяется расчету частотной характеристики времени реверберации. При отклонении частотной характеристики от рекомендуемых значений проводится целенаправленное изменение обработки некоторых поверхностей, пока частотная характеристика времени реверберации не достигнет оптимальных значений.

При достижении желаемых результатов вырабатываются предложения по акустической обработке, включающие тип и конструкцию используемого звукопоглотителя, а также общую его площадь и возможные варианты размещения. Детали могут быть уточнены при работе с архитектором или дизайнером.

1.3. Компьютерное моделирование архитектурной акустики

Естественная акустика зала в значительной мере определяет качество звучания. Для кинозала важно не только оптимальное время реверберации, но и оптимальная структура ранних отражений.

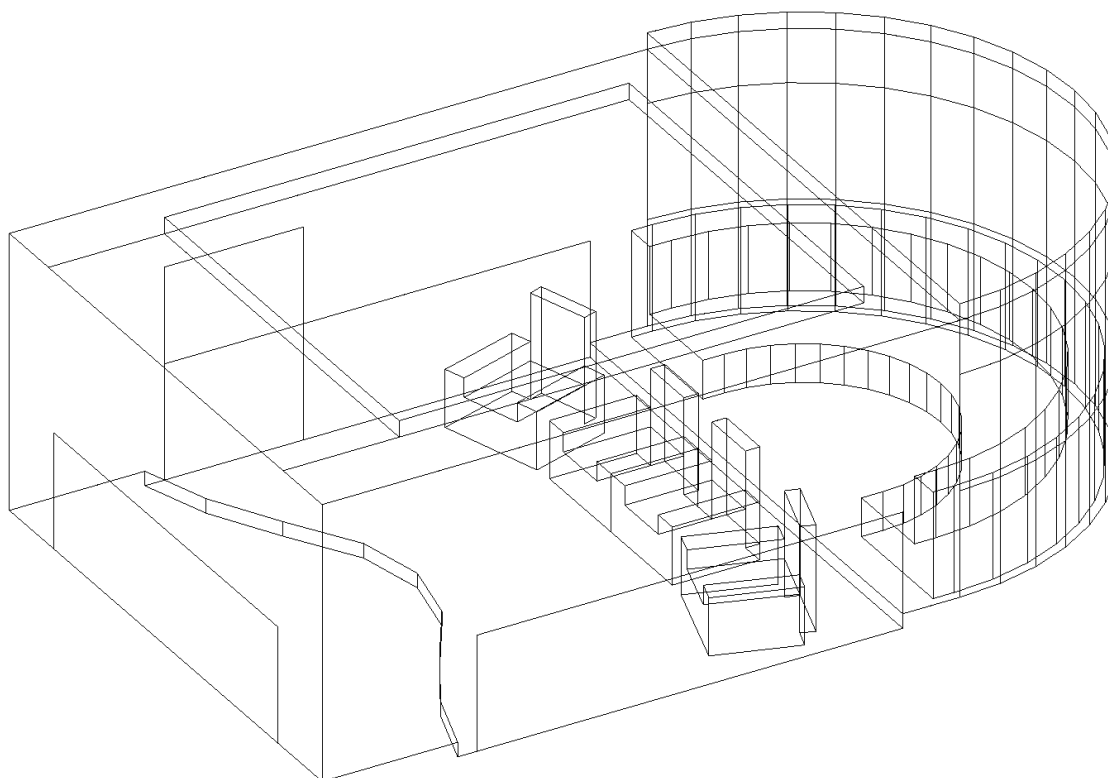
1.3.1. Акустические требования к помещению

Объем зала - около 150 м³. Оптимальное время реверберации для демонстрации современных фильмов в зале такого объема согласно требованиям ТНХ – около 0.25 с. На низких частотах возможно некоторое увеличение времени реверберации, на высоких частотах допускается снижение времени реверберации.

1.3.2. Результаты компьютерного моделирования

Расчет акустических характеристик зала проводился с помощью компьютерной программы моделирования акустики помещений EASE 4.3. Геометрические параметры зала взяты из чертежей зала. Построенная модель зала изображена на рис. 1.1 - 1.8.

Акустическая обработка рассчитывается исходя из размещения громкоговорителей в зале. Основная задача акустической обработки – обеспечить оптимальное время реверберации и одновременно оптимальную структуру ранних отражений звука.



(c) EASE 4.3 / Дюжино / 25.03.2011 15:45:47 / ADI Indin

3D Perspective

Рис. 1.1. Изометрия модели кинозала

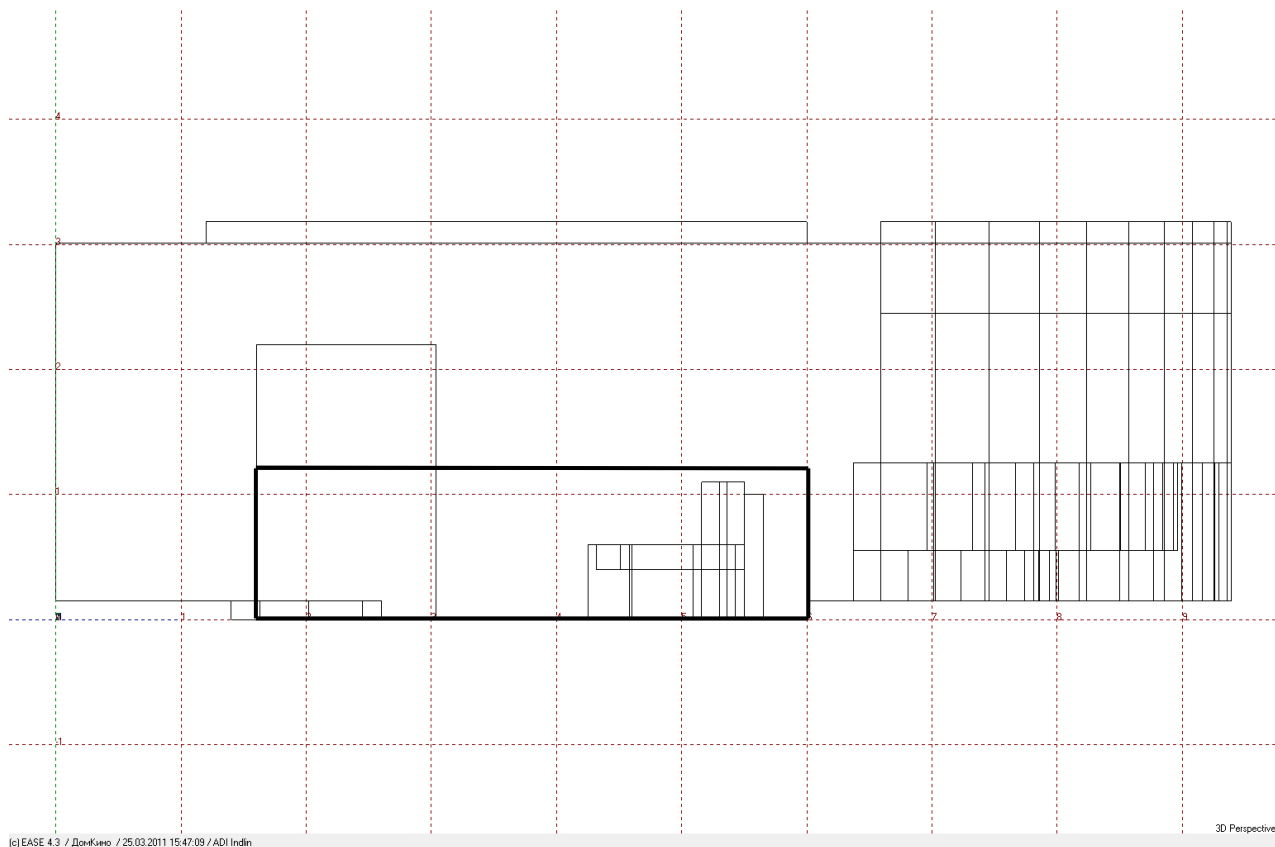


Рис. 1.2. Продольный разрез модели кинозала; жирными линиями выделена полоса стенного широкополосного звукопоглотителя

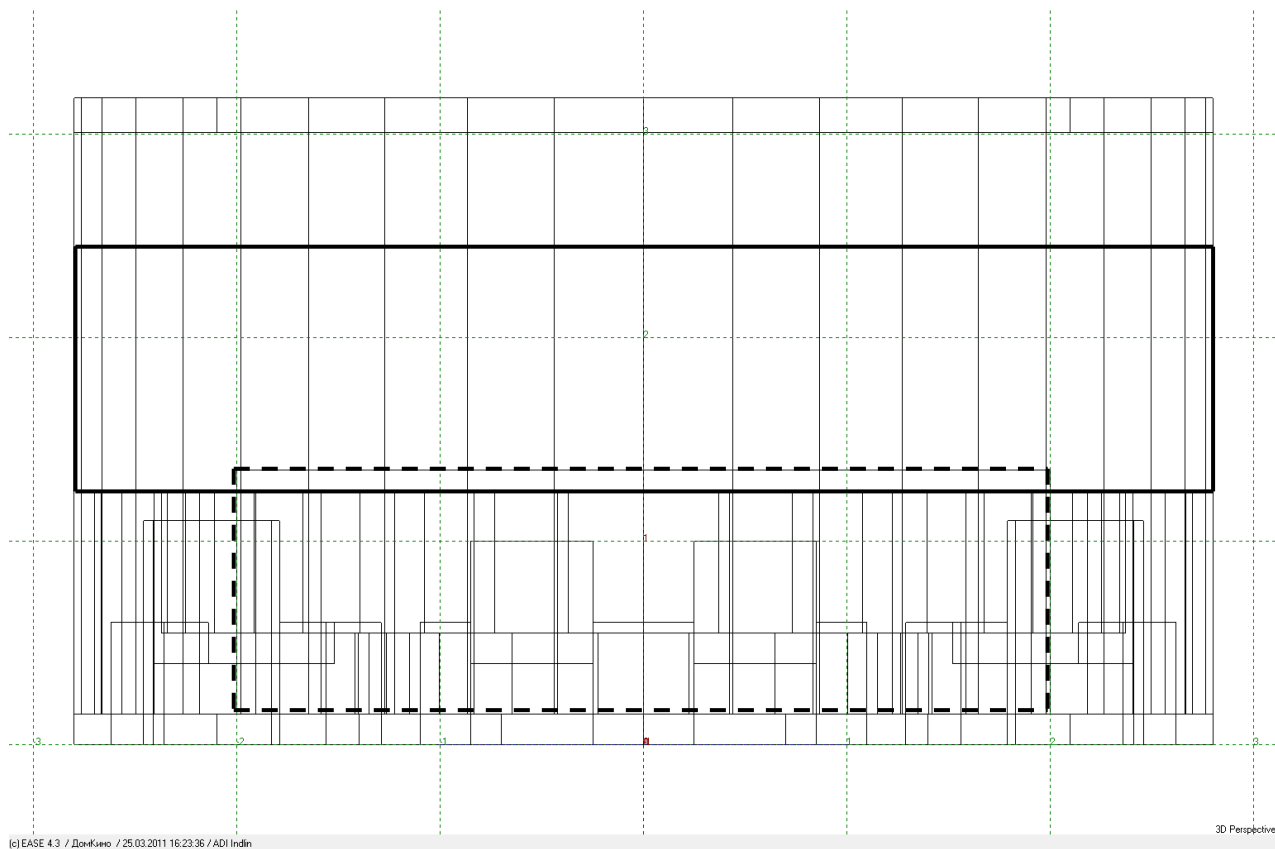


Рис. 1.3. Поперечный разрез модели кинозала; жирными линиями выделена полоса широкополосного звукопоглотителя на задней стене, шриховыми - на передней (заскранной) стене

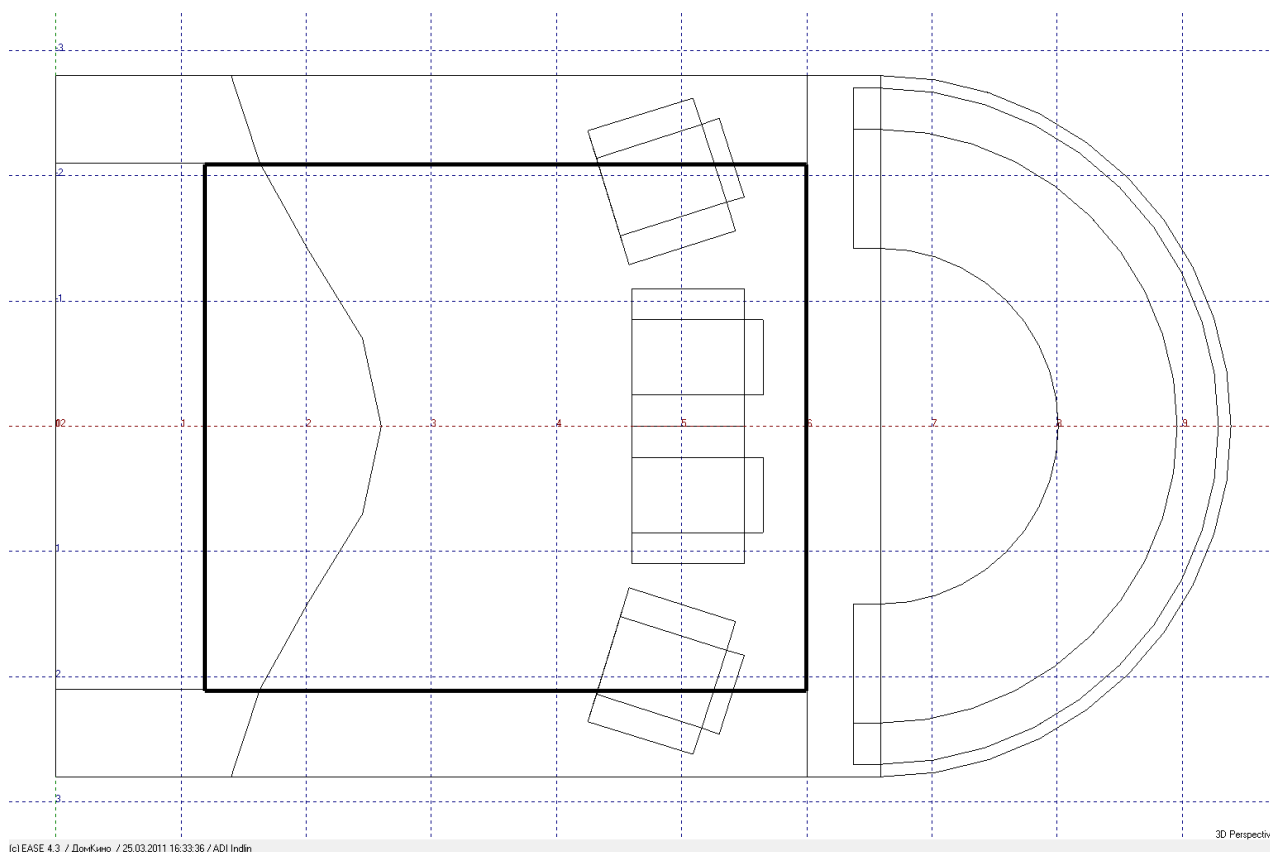


Рис. 1.4. План модели кинозала; жирными линиями выделен участок широкополосного потолочного звукопоглотителя

Для этого на боковых стенах на уровне от пола до высоты 1.2 м (включая нижнюю часть входной двери) размещается полоса звукопоглотителя (выделена жирными линиями на рис. 1.2) для нейтрализации вредных ранних отражений от боковой стены, а также для исключения порхающего эхо от работы стенных громкоговорителей.

Для нейтрализации низкочастотных отражений от заэкранной стены за предполагаемыми фронтальными громкоговорителями размещается широкополосный звукопоглотитель (выделен штриховыми жирными линиями на рис. 1.3).

Для ослабления ранних отражений от задней стены на ее верхней части размещается широкополосный звукопоглотитель (выделен сплошными жирными линиями на рис. 1.3).

Для исключения сильных ранних отражений от потолка центральная его часть облицовывается эффективным широкополосным звукопоглотителем (он выделен жирными линиями на рис. 1.4).

Для ослабления вредных для переднего ряда отражений звука фронтальных громкоговорителей от пола эстрады его необходимо покрыть эффективным звукопоглотителем.

Дополнительное низкочастотное звукопоглощение обеспечивается низкочастотным звукопоглотителем на стенах, а также низкочастотной акустической плитой в задней части потолка.

Окна на задней стене занавешиваются плотной тканью (например, бархат).

Согласно техническому заданию расчет звукоизоляции не проводился. Однако стандартная звукоизоляционная облицовка из одного листа ГКЛ с относом 100 мм, заполненным минватой, все же вводится, поскольку эта конструкция обладает необходимым звукопоглощением низких частот.

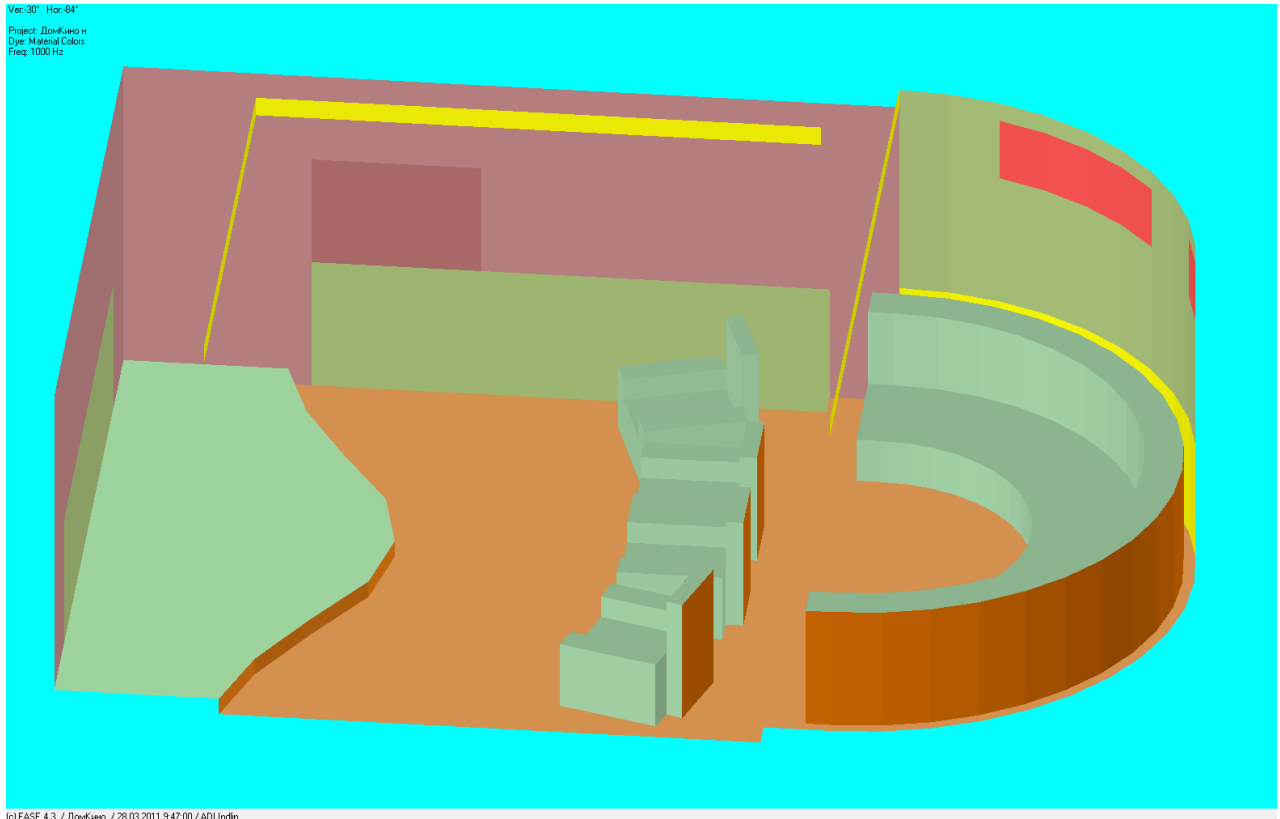


Рис. 1.5. Внешний вид модели кинозала

Итак, для зала предлагается следующая акустическая обработка (порядковый номер согласован с номером поверхности на рис. 1.6 и 1.7).

1. Пол зала:

- жесткий материал (например, паркет).

2. Пол эстрады:

- обрешетка высотой 140 мм, заполненная минватой;
- перфорированный металлический лист (площадь перфораций 50%);
- ковер.

3. Широкополосный звукопоглотитель в нижней части передней (закранной) стены за фронтальными громкоговорителями (от пола до 1.2 м) общей площадью 5 м² (рис. 1.8):

- звукоизоляционная облицовка;
- воздушный зазор 100 мм;
- акустическая плита Ecophon Super G Plus толщиной 40 мм.

4. Широкополосный звукопоглотитель в нижней части боковых стен (от пола до высоты 1.2 м) общей площадью 13 м² (рис. 1.9):

- звукоизоляционная облицовка;
- воздушный зазор 50 мм;
- акустическая плита Ecophon Super G Plus толщиной 40 мм.

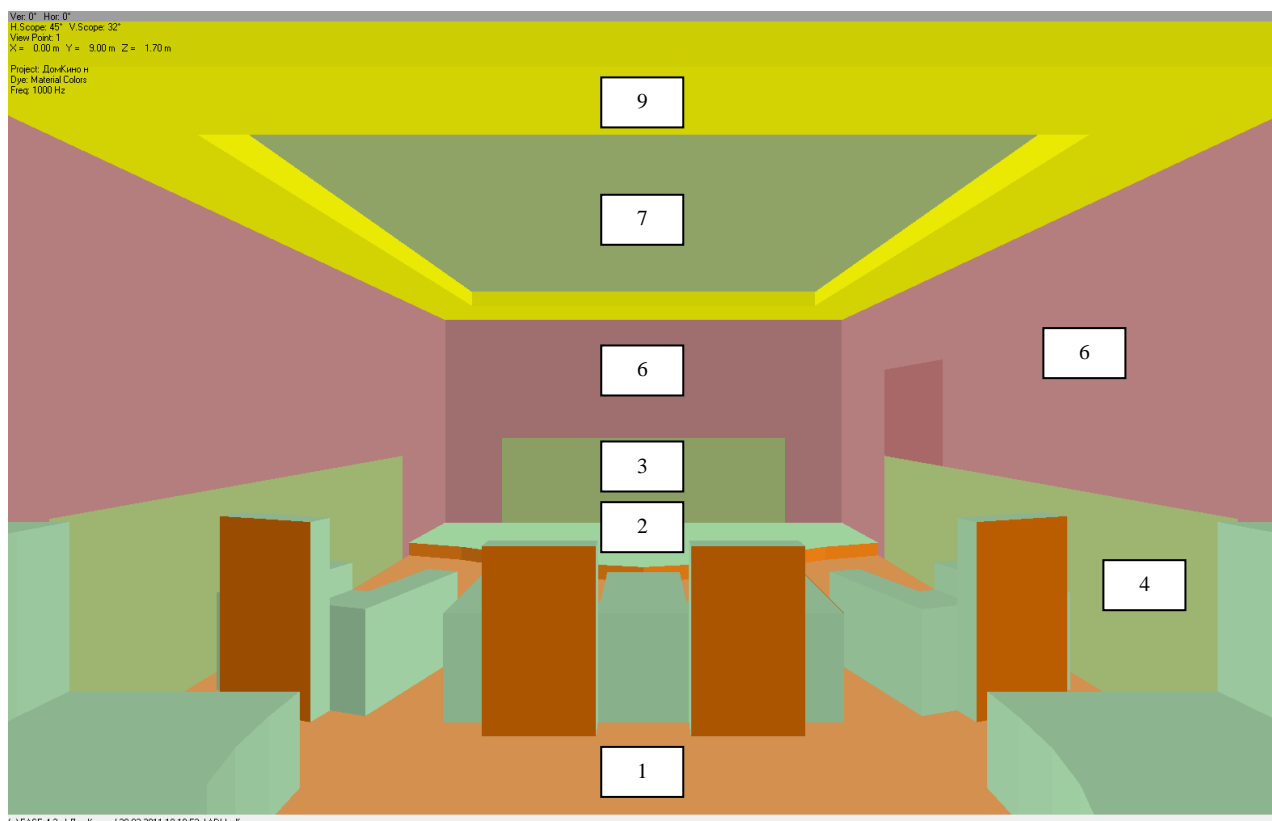


Рис. 1.6. Вид от задней стены в модели кинозала

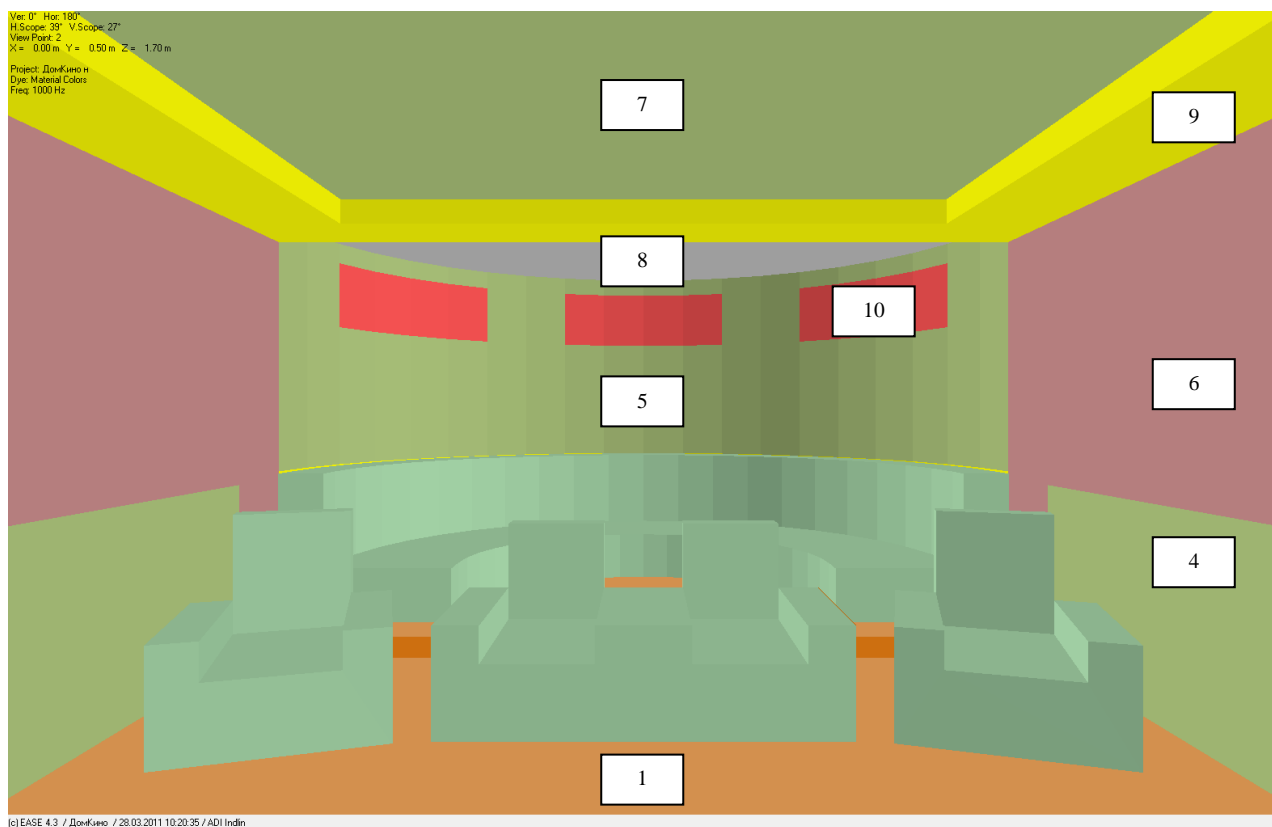


Рис. 1.7. Вид от эстрады в модели кинозала

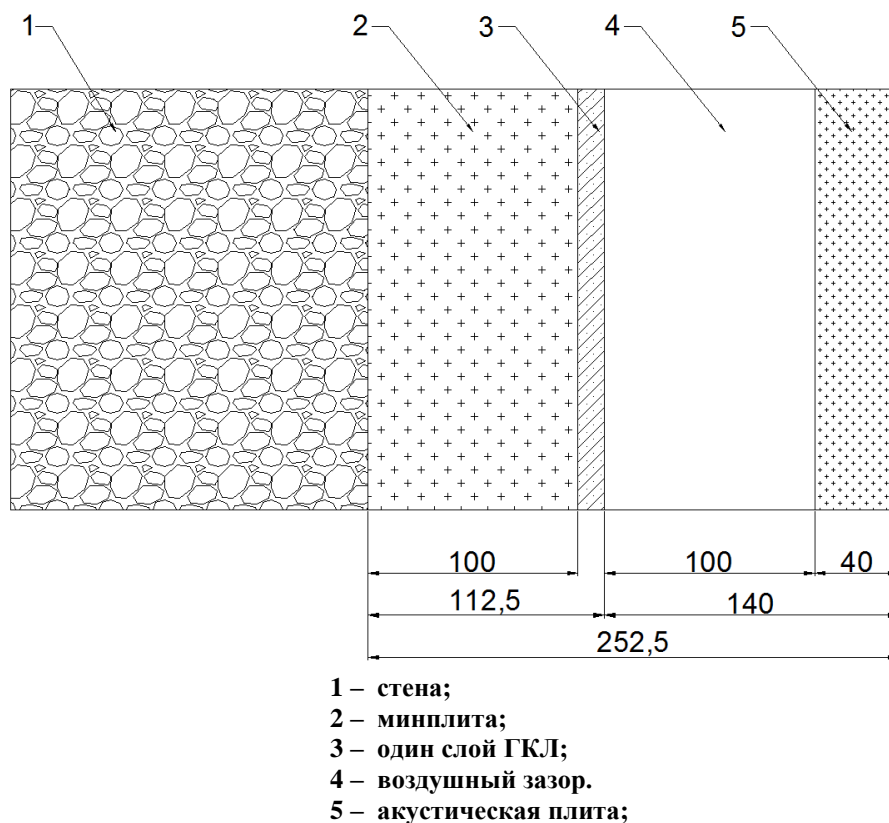


Рис. 1.8. Вертикальный разрез заэкранной перегородки со звукоизоляцией и широкополосным звукопоглотителем (3)

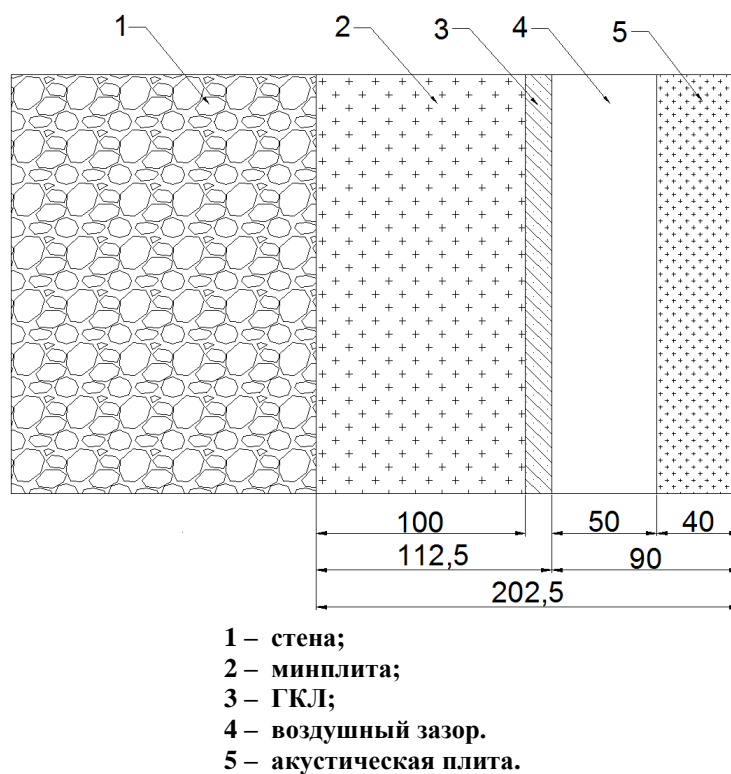


Рис. 1.9. Вертикальный разрез нижней части боковых перегородок со звукоизоляцией и широкополосным звукопоглотителем (4); на двери только позиции 4 и 5

5. Широкополосный звукопоглотитель на верхней части криволинейной задней стены (выше отметки 1.25 м от пола) общей площадью 13 м²:

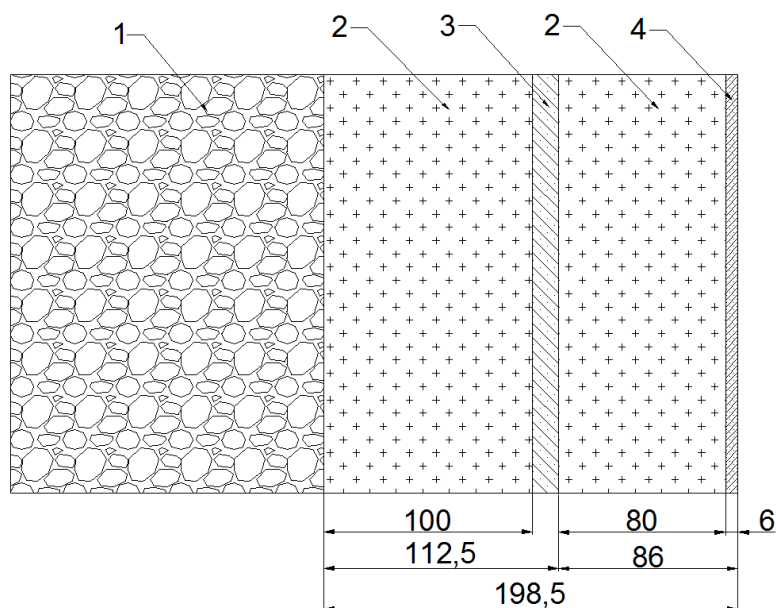
- воздушный зазор 50 мм;
- акустическая плита Ecophon Super G Plus толщиной 40 мм.

6. Низкочастотный поглотитель на передней и боковых стенах общей площадью 38 м² (рис. 1.10):

- звукоизоляционная облицовка;
- решетка из бруса глубиной 80 мм;
- минплита Роквул Акустик Баттс, закладываемая в ячейки;
- ламинированная фанера 6 мм (600 кг/м³) или твердая ДВП 4 мм (800 кг/м³).

Примечание к пункту 6.

1. Минимальный размер ячейки не должен быть меньше 500 мм, максимальный – не больше 1200 мм (оптимальные размеры - 600x1000 мм).
2. Площадь ячейки не должна быть менее 0.4 м².
3. Необходимо обеспечить замкнутость воздушного объема в ячейке, для чего:
 - герметизировать угловые соединения брусьев;
 - брусья прикреплять в звукоизолирующей облицовке через уплотнительную ленту;
 - панель из фанеры или ДВП прикреплять к ячейкам через уплотнительную ленту.



- 1 – стена;
 2 – минплита;
 3 – ГКЛ;
 4 – ламинированная фанера.

Рис. 1.10. Вертикальный разрез верхней части боковых перегородок со звукоизоляцией и низкочастотным звукопоглотителем (6)

7. Центральная часть потолка общей площадью 10 м² (рис. 1.11):

- перекрытие;
- каркас офисного потолка с направляющими под ячейки 600x600 мм с нижним краем на 100 мм ниже перекрытия;
- в ячейках акустическая плита Ecophon Sombra A/alpha толщиной 20 мм.

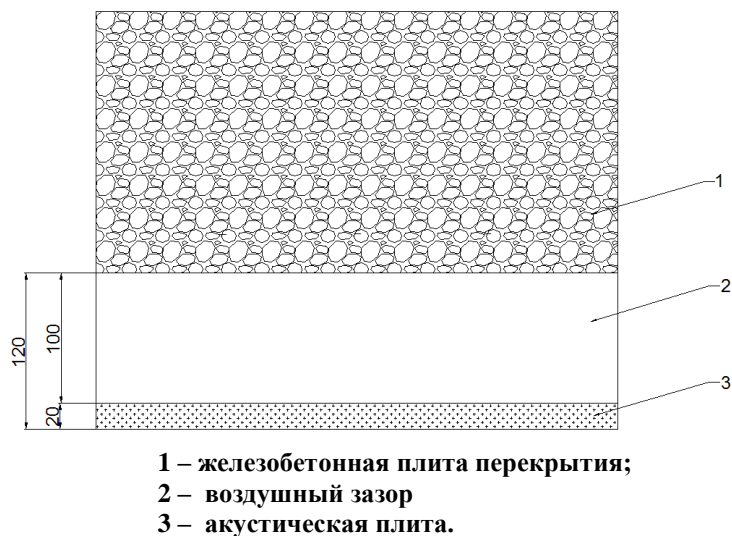


Рис. 1.11. Вертикальный разрез перекрытия над кинозалом с звукопоглотителем

8. Задняя часть потолка общей площадью 12.5 м (рис. 1.11):

- перекрытие;
- каркас офисного потолка с направляющими под ячейки 600х600 мм с нижним краем на 100 мм ниже перекрытия;
- в ячейках акустическая плита Ecophon Sombra A-bass.

9. Периферическая часть потолка:

- перекрытие.

10. Окна на задней стене:

- занавес с поверхностной плотностью 400-500 г/м² (бархат).

Рассчитанная при этой акустической обработке частотная характеристика времени реверберации зала приведена на рис. 1.12 (голубая кривая) вместе с ломаными линиями, обозначающими допуски. Как видно из рисунка, результаты расчета вполне согласуются с рекомендуемыми значениями.

Расчеты импульсных реакций при работе источника звука, помещенного на месте нахождения центрального и бокового фронтальных громкоговорителей, показал, что отражения в интервале до 10 мс относительно прямого звука при выбранной акустической обработке имеют достаточно низкий уровень.

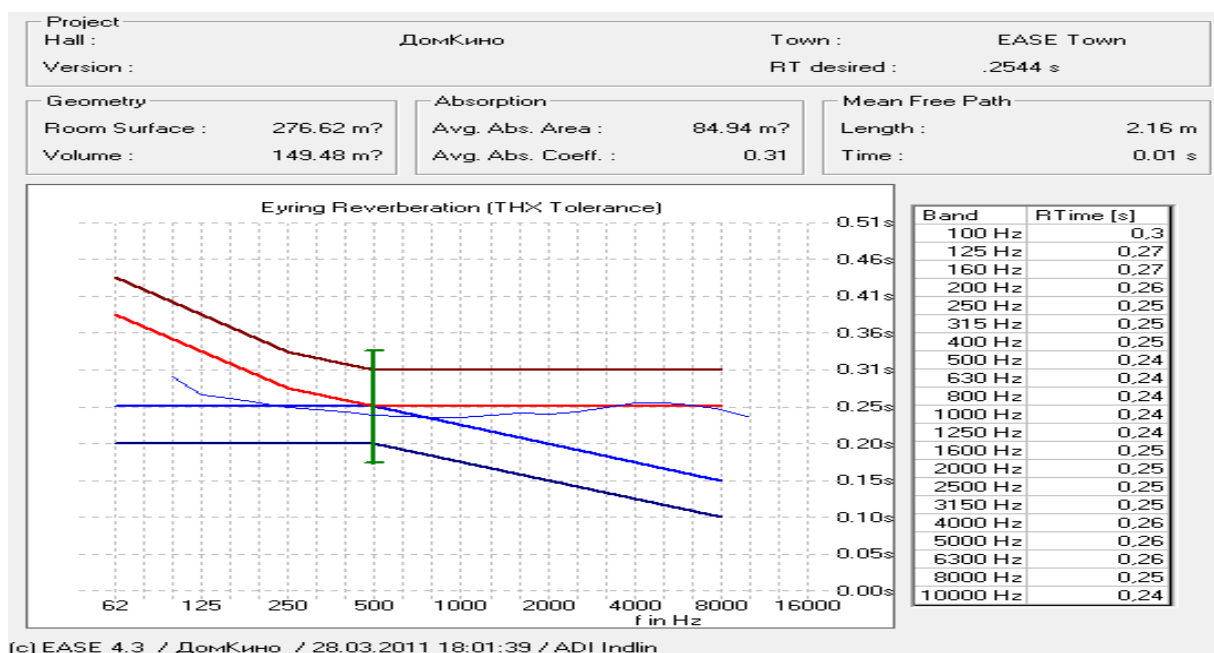


Рис. 1.12. Рассчитанная частотная характеристика времени реверберации (голубая кривая); ломаные линии ограничивают диапазон оптимальных значений

1.4. Вывод

Как показало компьютерное моделирование зала, его акустические параметры при реализации предложенной акустической обработки оптимальны для современного многоканального кино.

2. ЭЛЕКТРОАКУСТИКА

2.1. Рассчитываемые электроакустические параметры

При компьютерном моделировании даются количественные оценки следующим параметрам.

2.1.1. Уровень звукового давления и неравномерность уровня

Уровень звукового давления оценивается как логарифмическая мера относительной величины звукового давления. Уровень прямого (не подвергшегося отражениям) звука для обычных источников звука ослабляется на 6 дБ при удвоении расстояния, что приводит к большой неравномерности уровня по зоне озвучивания. При проектировании звуковой системы эта неравномерность должна быть в значительной мере скомпенсирована разумным выбором громкоговорителей и их размещением.

На прямой звук, распространяющийся непосредственно от источника звука, накладываются звуковые отражения от ограничивающих помещение поверхностей. Вблизи источника преобладает прямой звук, в глубине помещения относительный вес отраженного (реверберационного) звука преобладает, что приводит к существенно меньшей неравномерности общего (прямой + реверберационный) звука.

Инструментально оценка уровня звукового давления в естественных условиях производится по общему звуку. Поэтому разумно задавать требования и проводить расчет в модели именно этой величины.

Что касается неравномерности уровня, то ее важно оценивать для прямого звука, поскольку качество звучания во многом определяется именно прямым звуком, и неравномерность уровня прямого звука подразумевает неравномерность его спектра.

Несколько иная ситуация на низких частотах. Громкоговорители на низких частотах имеют в общем случае шаровую направленность излучения, так что ослабление уровня прямого звука с удалением от громкоговорителя не может быть скомпенсировано (как в случае направленных излучателей) его ориентацией. Поэтому неравномерность прямого звука определяется отношением расстояний до дальнего и ближнего слушателя, которое может быть значительным. Впрочем, наш слух не локализует низкочастотные звуки, и в частотном спектре звучания низкочастотная составляющая образуется в большей степени общим, чем прямым, звуком. Поэтому неравномерность прямого низкочастотного звука не имеет большого значения.

2.1.2. Энергетические индексы

Энергетические индексы указывают на величину относительной энергии на начальном участке импульсного отклика помещения.

Индекс четкости c_{50} – это логарифмическая мера отношения энергии на начальном участке (50 мс) к остальной энергии импульсного отклика. Оптимальное значение c_{50} для речи – более 0 дБ. Индекс четкости тесно связан с разборчивостью речи; поэтому в расчетах чаще используют индексы разборчивости речи.

Индекс ясности s_{80} используется для оценки качества музыкального звука и отличается от c_{50} длительностью начального участка (80 мс). Оптимальный диапазон для музыки лежит в пределах 0-6 дБ.

Индекс ясности характеризует прозрачность звучания музыки.

В залах современного многоканального кино требуется весьма низкое время реверберации, поскольку предполагается, что требуемая акустическая обстановка должна создаваться звукооператором за счет использования периферического канала эффектов. Поэтому для кино индекс ясности должен быть существенно выше, чем 6 дБ.

2.1.3. Индекс разборчивости речи

Разборчивость речи оценивается чаще всего с помощью индекса передачи речи (STI) или его упрощенной модификации (RASTI), основанных на использовании модуляционной переходной функции речи. Суть метода в том, что реверберация и внешний шум воздействуют на динамику огибающей речевой (модуляционной) функции, приводя к ее сглаживанию, а степень сглаживания тесно связана с разборчивостью речи. Оценки сглаживания производятся во всех октавных полосах, покрывающих речевой частотный спектр, в широком диапазоне частот изменения огибающей шумового сигнала, близкого по спектру речи.

Качественная оценка разборчивости производится исходя из следующих соотношений:

Диапазон изменения STI	Качественная оценка
0.80 – 1.00	Отлично
0.60 – 0.80	Хорошо
0.45 – 0.60	Удовлетворительно
0.30 – 0.45	Неудовлетворительно
0.00 – 0.30	плохо

2.2. Методика компьютерного моделирования электроакустики

При компьютерном моделировании звуковой системы в программу дополнительно закладываются данные громкоговорителей: чувствительность, электрическая мощность, углы излучения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, индексы направленности. Координаты размещения, углы ориентации, уровень звука и время его запаздывания (с помощью линии задержки) могут оперативно изменяться в меню программы. Программа позволяет получать в табличной или графической форме необходимые данные о работе моделируемой звуковой системы, провести обоснованную оценку различных вариантов системы и подобрать оптимальный вариант.

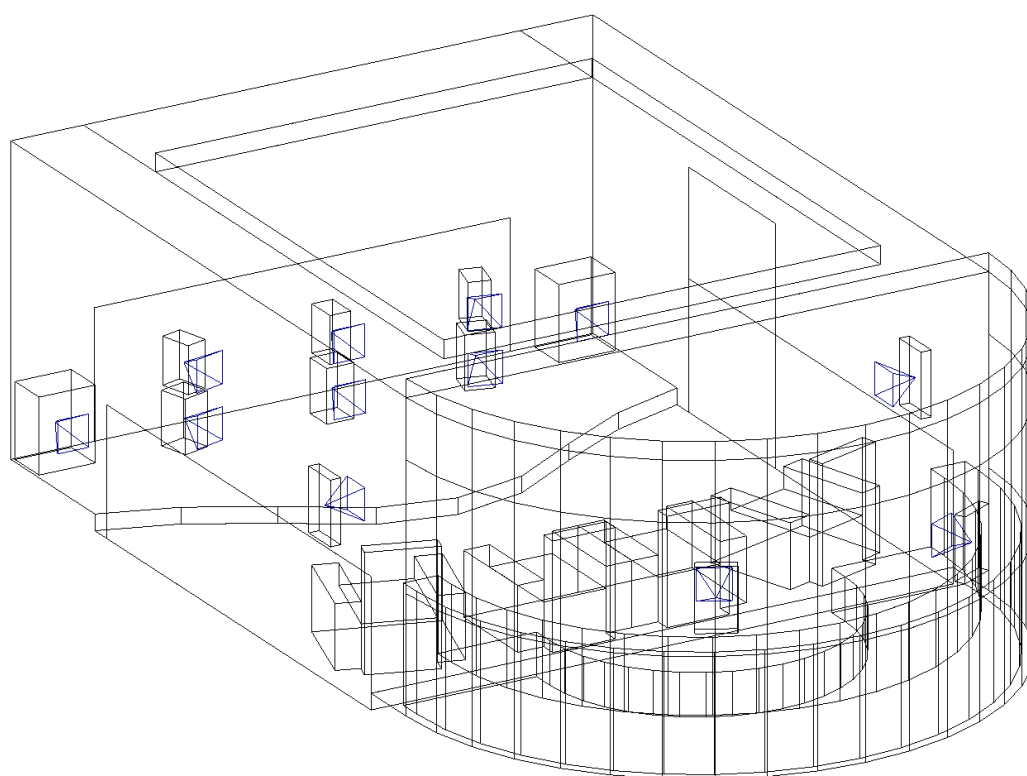
2.3. Технические требования

Технические требования к системе воспроизведения многоканального звука к кинофильмам можно сформулировать следующим образом:

- частотный диапазон не уже 40-12000 Гц;
- электроакустическая частотная характеристика нормативная;
- максимальный уровень общего звука канала не менее 105 дБ;
- максимальный уровень общего звука СНЧ канала не менее .. 115 дБ;
- неравномерность уровня прямого звука не более
 - на низких частотах 10 дБ;
 - на средних и высоких частотах 8 дБ;
- индекс разборчивости речи RASTI не ниже 0.6;
- индекс ясности s_{80} не ниже 6 дБ.

2.4. Результаты компьютерного моделирования

Для построения комплекса звуковоспроизведения зала были выбраны громкоговорители фирмы JBL Synthesis. Комплекс включает (рис. 2.1 – 2.6): три фронтальных системы с двумя громкоговорителями каждая, это низкочастотные громкоговорители SAM2LF (S1, S3, S3*) и высокочастотные громкоговорители SAM1HF (S2, S4, S4*), четыре периферических громкоговорителя эффектов S4Ai (S5, S5*, S6, S6*) и два субнизкочастотных (СНЧ) громкоговорителя S2S-EX (S7, S7*).

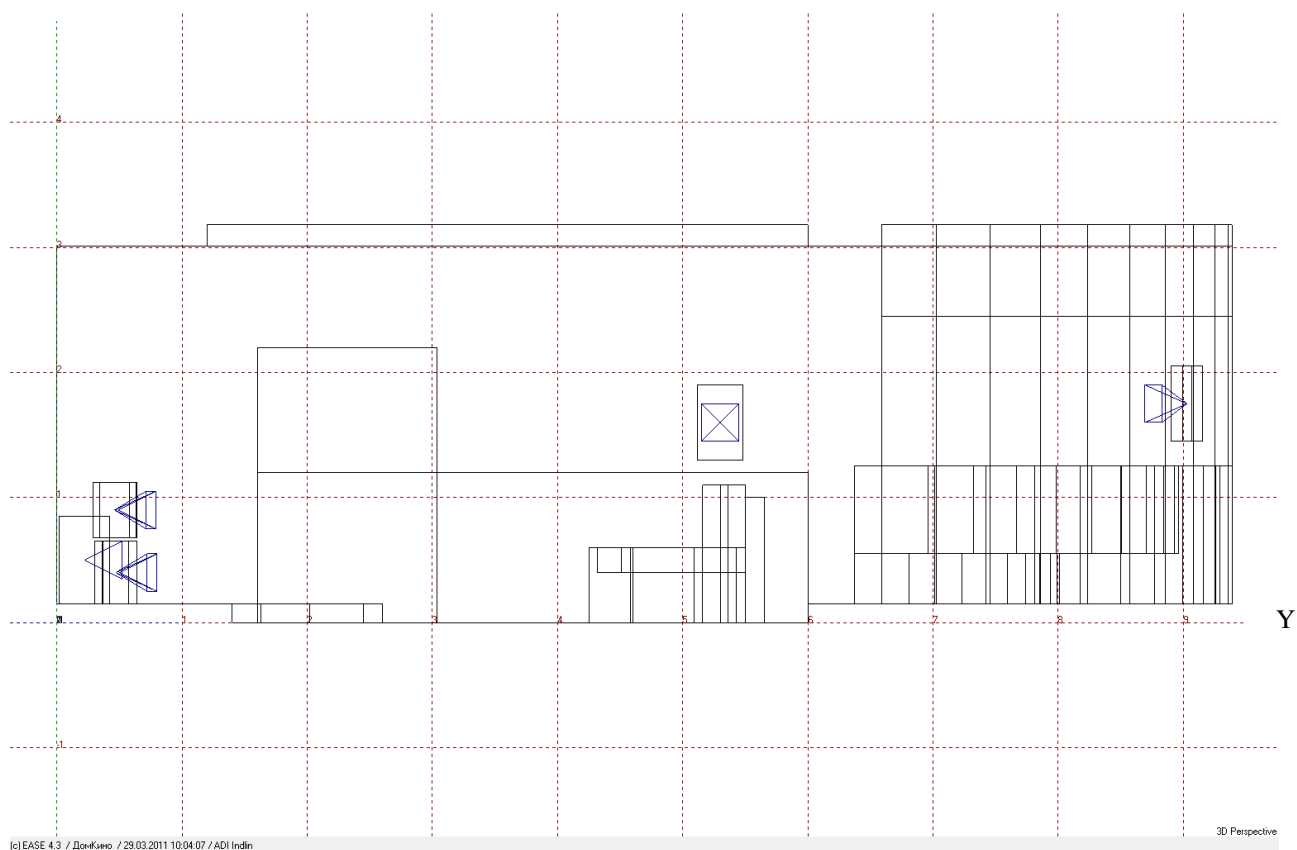


(c) EASE 4.3 / Домашнее / 29.03.2011 10:01:58 / ADI/Indin

3D Perspective

Рис. 2.1. Изометрия модели кинозала с громкоговорителями

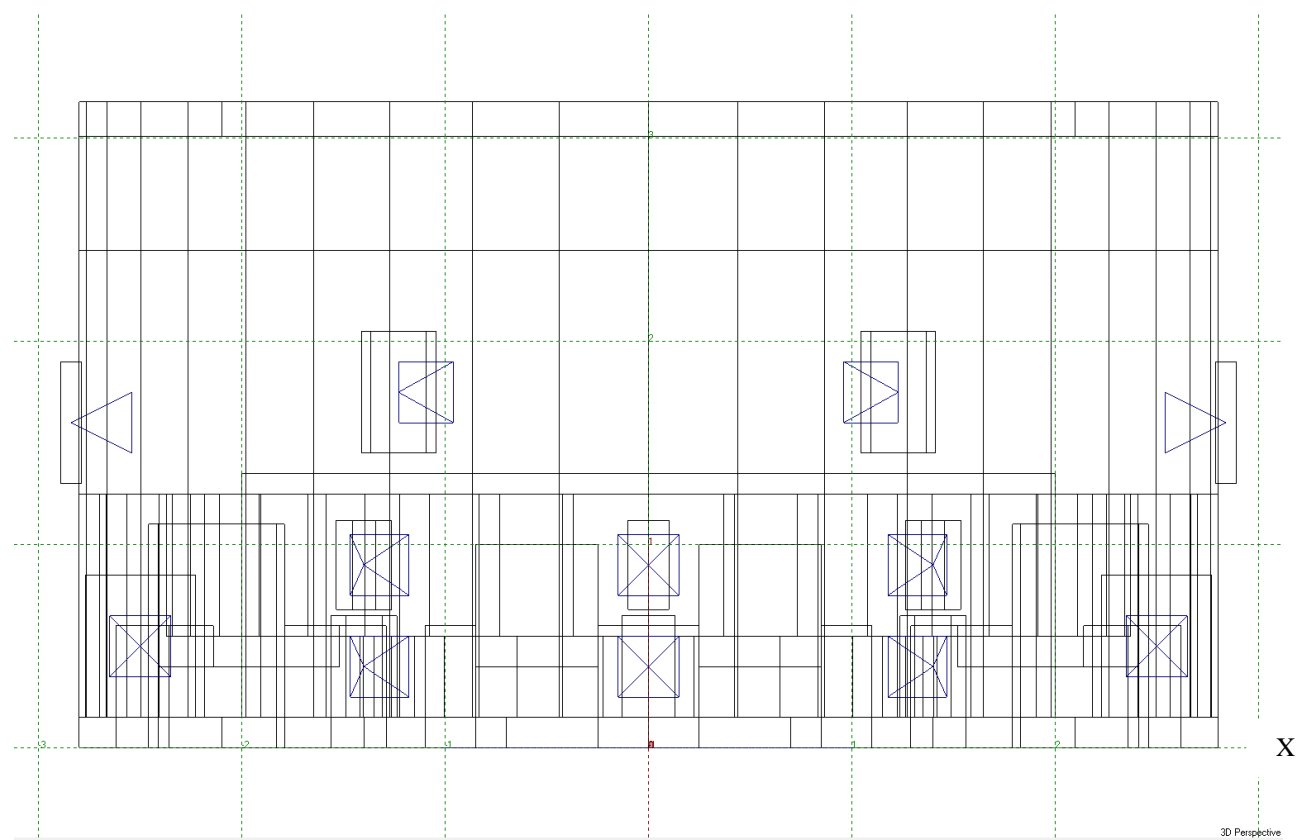
Z



(c) EASE 4.3 / Давыденко / 29.03.2011 10:04:07 / ADI Indin

3D Perspective

Рис. 2.2. Продольный разрез модели кинозала с громкоговорителями



(c) EASE 4.3 / Давыденко / 29.03.2011 10:05:04 / ADI Indin

3D Perspective

Рис. 2.3. Поперечный разрез модели кинозала с громкоговорителями

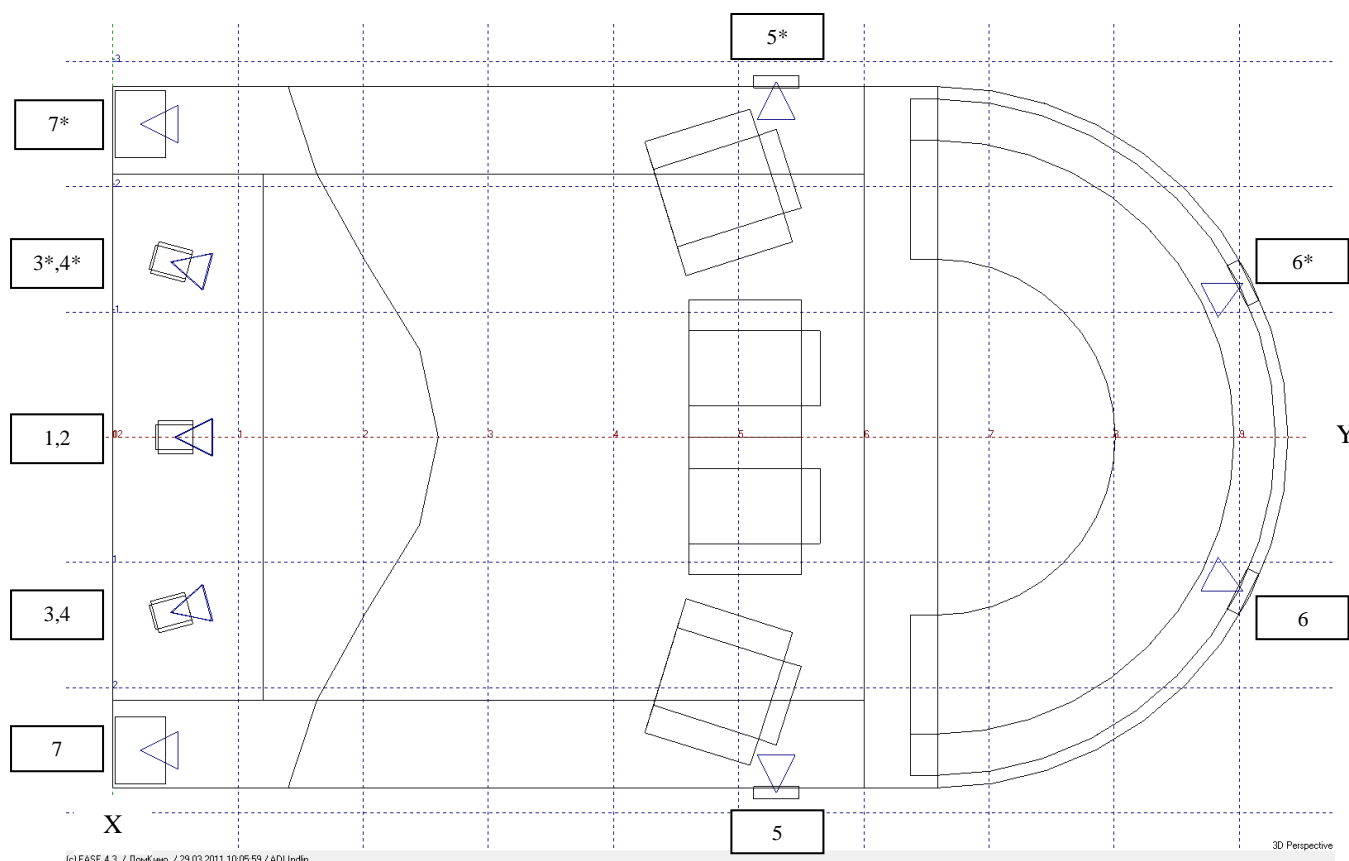


Рис. 2.4. План модели кинозала с громкоговорящими

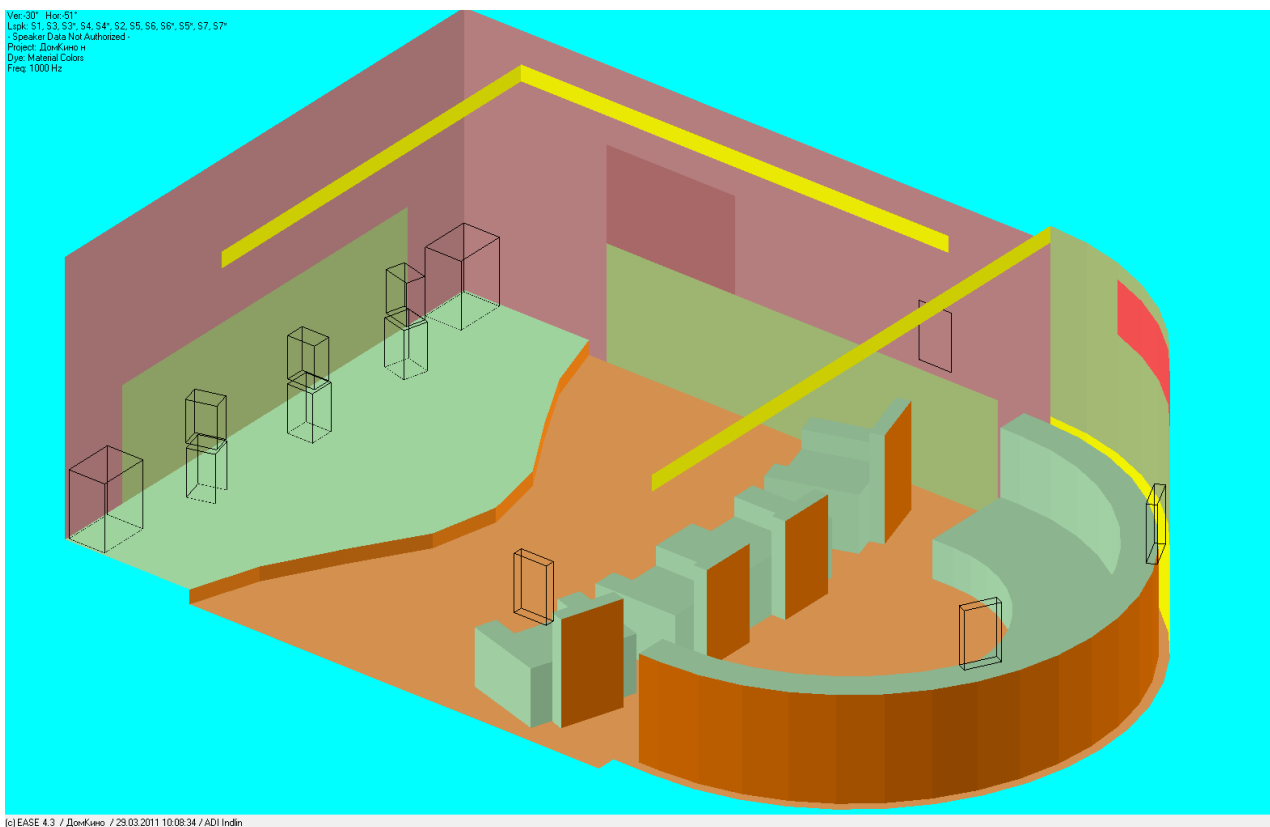


Рис. 2.5. Внешний вид модели кинозала с громкоговорящими

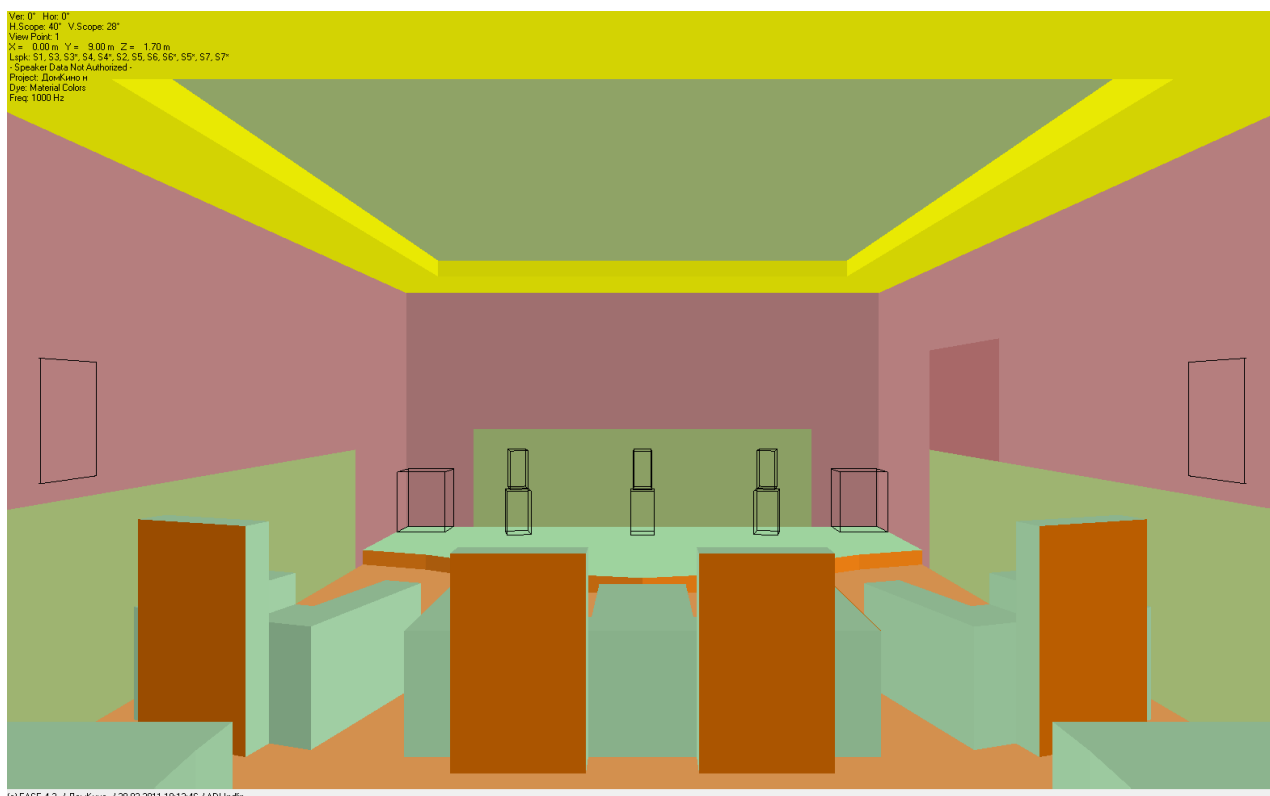


Рис. 2.6. Вид от задней стены в модели кинозала с громкоговорителями

Точные координаты и углы наклона громкоговорителей даны в таблице 2.1 (номера громкоговорителей указаны на рис. 2.4, знак «*» указывает на симметрично расположенный громкоговоритель, сетка координат дана на рис. 2.3 - 2.4, Y – совпадает с продольной осью зала, горизонтальный угол hor отсчитывается от отрицательного направления оси Y: положительный угол – против часовой стрелки; вертикальный угол ver отсчитывается от горизонтальной плоскости: направление вниз – отрицательное).

Таблица 2.1. Типы и параметры громкоговорителей звуковой системы зала

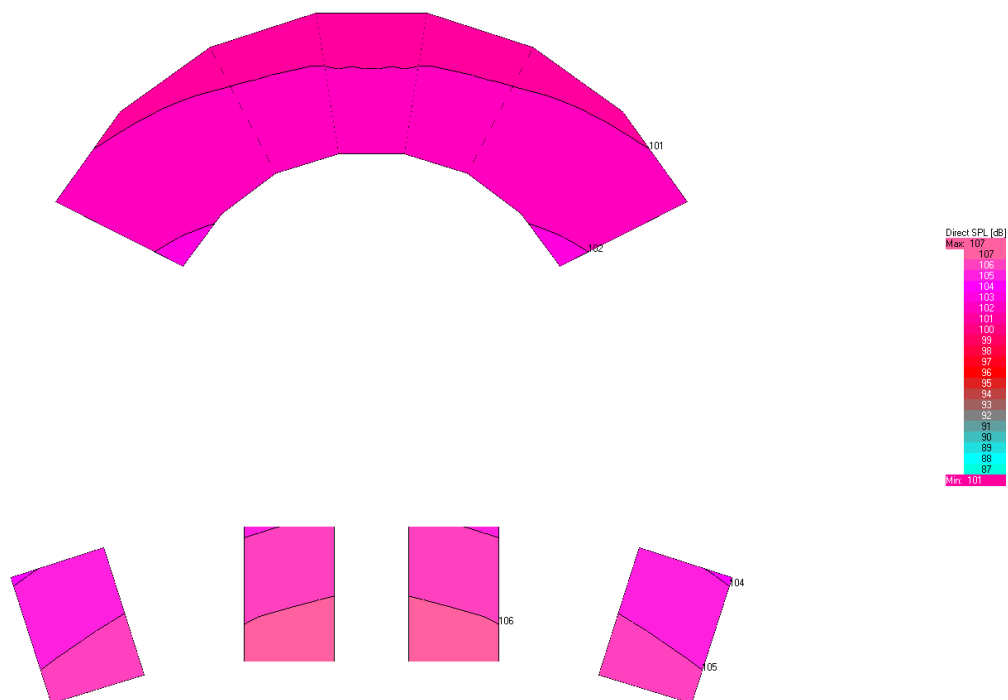
#	Item	Speaker Model	x [m]	y [m]	z [m]	Hor[°]	Ver[°]	Rot[°]
1	S1	SAM2LF	0.00	0.50	0.41	180.0	0.0	0.0
2	S2	SAM1HF	0.00	0.49	0.90	180.0	0.0	0.0
3	S3	SAM2LF	1.40	0.47	0.41	-165.0	0.0	0.0
4	S3*	SAM2LF	-1.40	0.47	0.41	165.0	0.0	0.0
5	S4	SAM1HF	1.40	0.46	0.90	-165.0	0.0	0.0
6	S4*	SAM1HF	-1.40	0.46	0.90	165.0	0.0	0.0
7	S5	S4Ai	2.84	5.30	1.60	-90.0	0.0	0.0
8	S5*	S4Ai	-2.84	5.30	1.60	90.0	0.0	0.0
9	S6	S4Ai	1.23	9.03	1.75	-27.0	0.0	0.0
10	S6*	S4Ai	-1.23	9.03	1.75	27.0	0.0	0.0
11	S7	S2S-EX	2.50	0.22	0.51	180.0	0.0	0.0
12	S7*	S2S-EX	-2.50	0.22	0.51	180.0	0.0	0.0

Для улучшения неравномерности уровня на высоких частотах акустические оси боковых фронтальных громкоговорителей повернуты в горизонтальной плоскости на угол 15° к центру.

Расчет параметров производится для слушательских зон, расположенных на уровне ушей сидящих слушателей.

Результаты расчета приводятся на плане слушательских зон; нижние зоны на рисунках соответствуют первому ряду, верхние зоны – второму ряду.

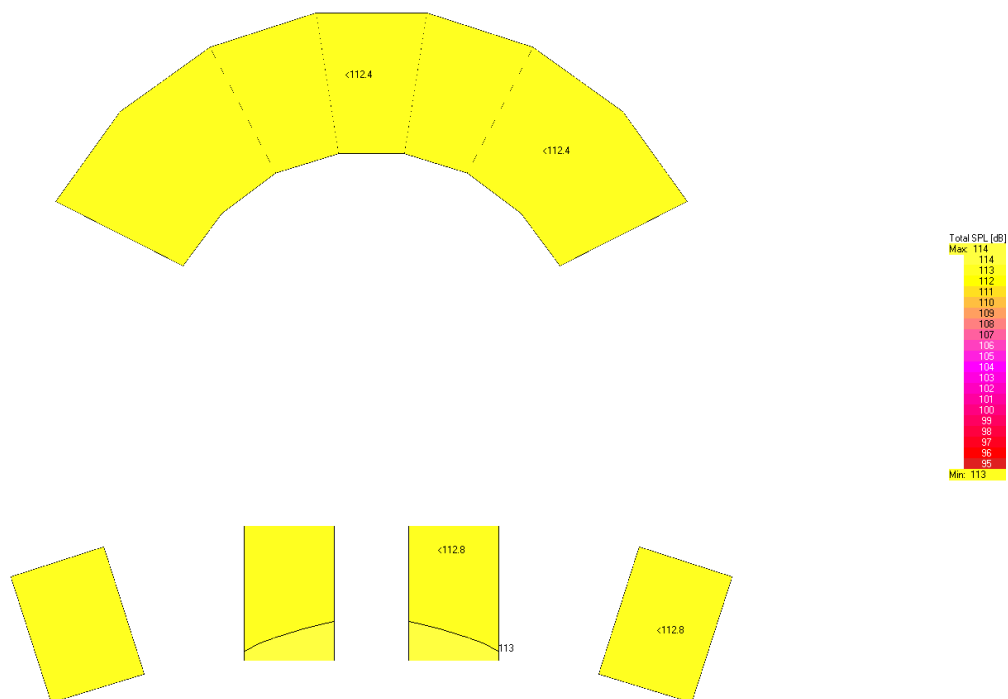
Дождино
Used:
Lspk: S1, S2
- Speaker Data Not Authorized -
Map: Direct SPL (Z)
Freq: 125 Hz
(1/3 Octave Sum)
Energy: 2 * Epot
(1/3rd Octave)



(c) EASE 4.3 / Дождино / 29.03.2011 11:33:02 / ADI Indin

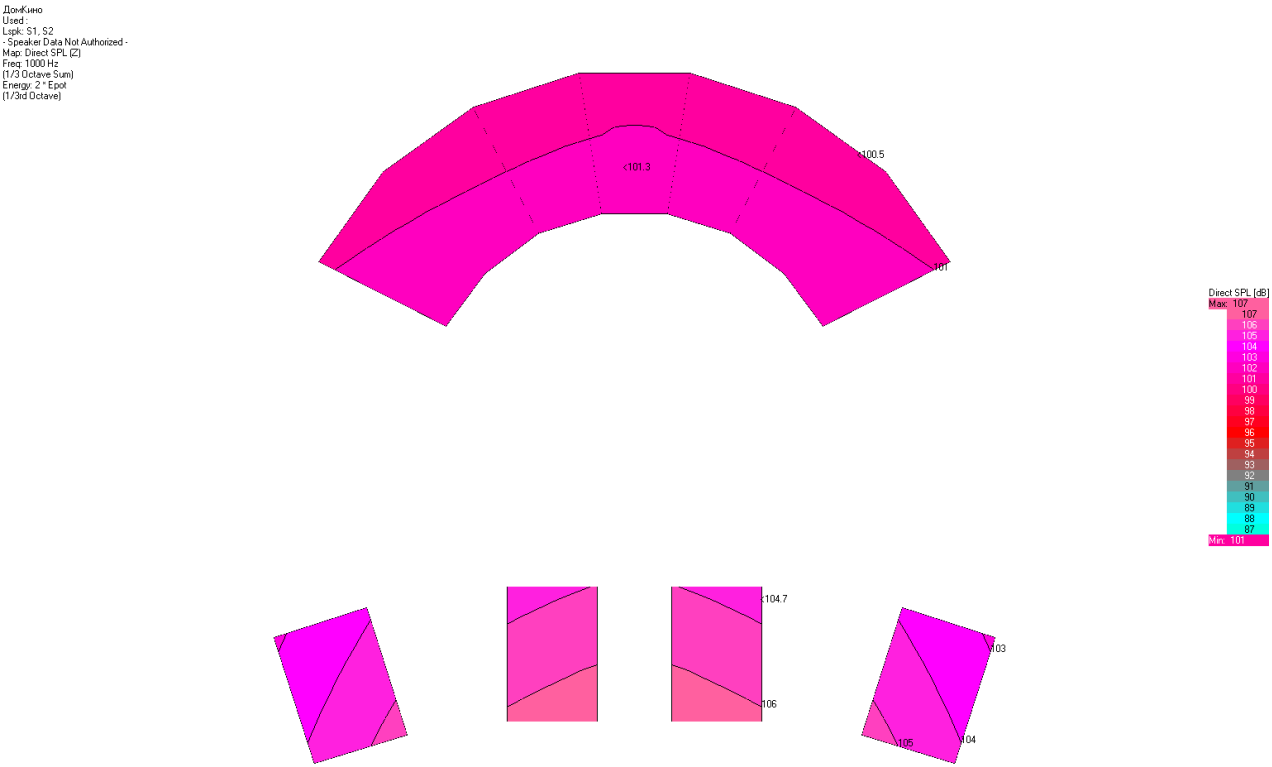
Рис. 2.7. Уровень прямого звука частоты 125 Гц при работе центрального заэкранного громкоговорителя

Дождино
Used:
Lspk: S1, S2
- Speaker Data Not Authorized -
Map: Total SPL (Z)
Freq: 125 Hz
(1/3 Octave Sum)
Energy: 2 * Epot
(1/3rd Octave)



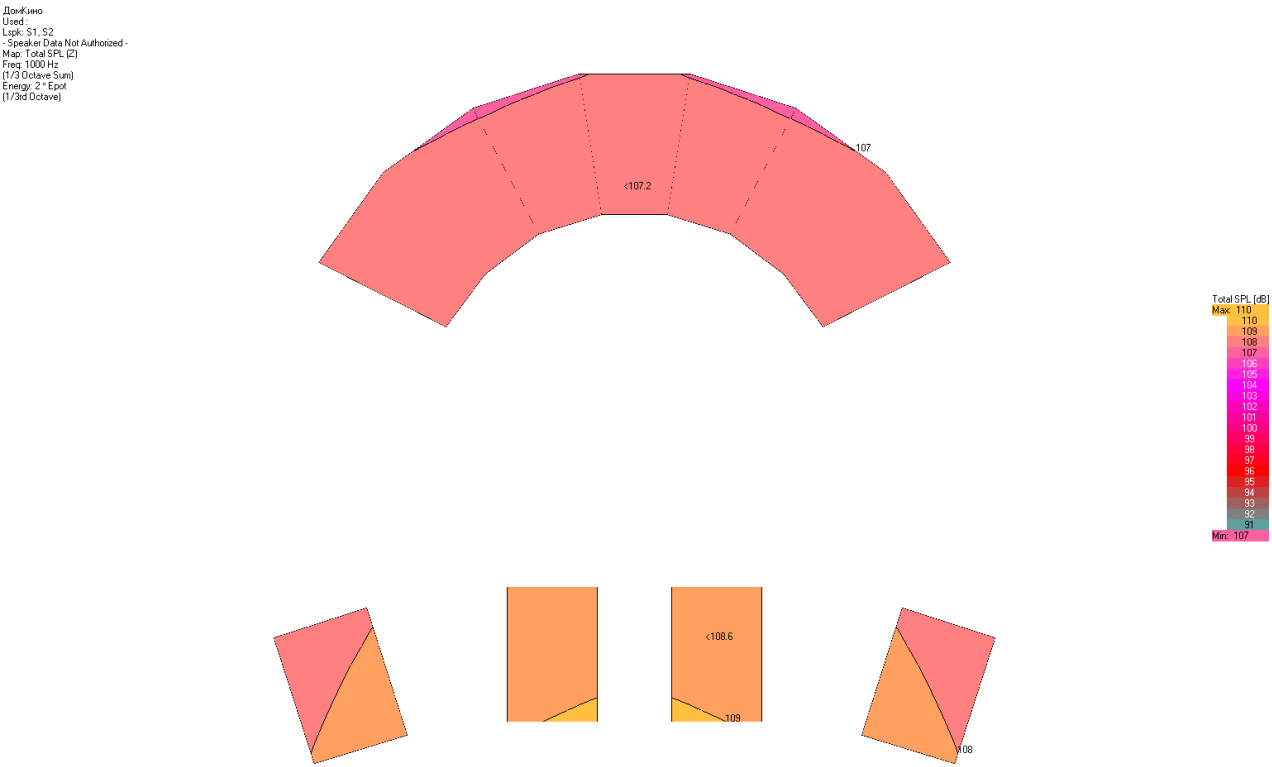
(c) EASE 4.3 / Дождино / 29.03.2011 11:33:49 / ADI Indin

Рис. 2.8. Уровень общего звука частоты 125 Гц при работе центрального заэкранного громкоговорителя



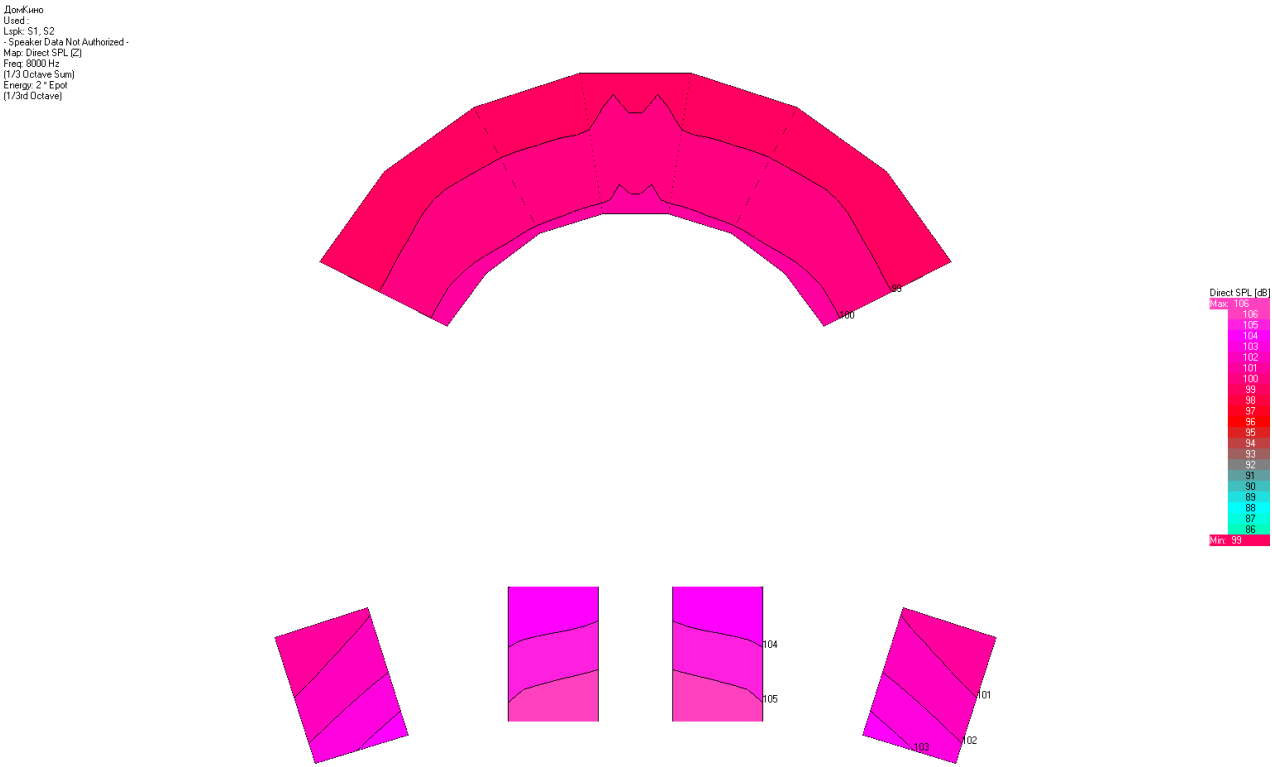
(c) EASE 4.3 / Докжино / 29.03.2011 11:34:43 / ADI Indin

Рис. 2.9. Уровень прямого звука частоты 1 кГц при работе центрального заэкранного громкоговорителя



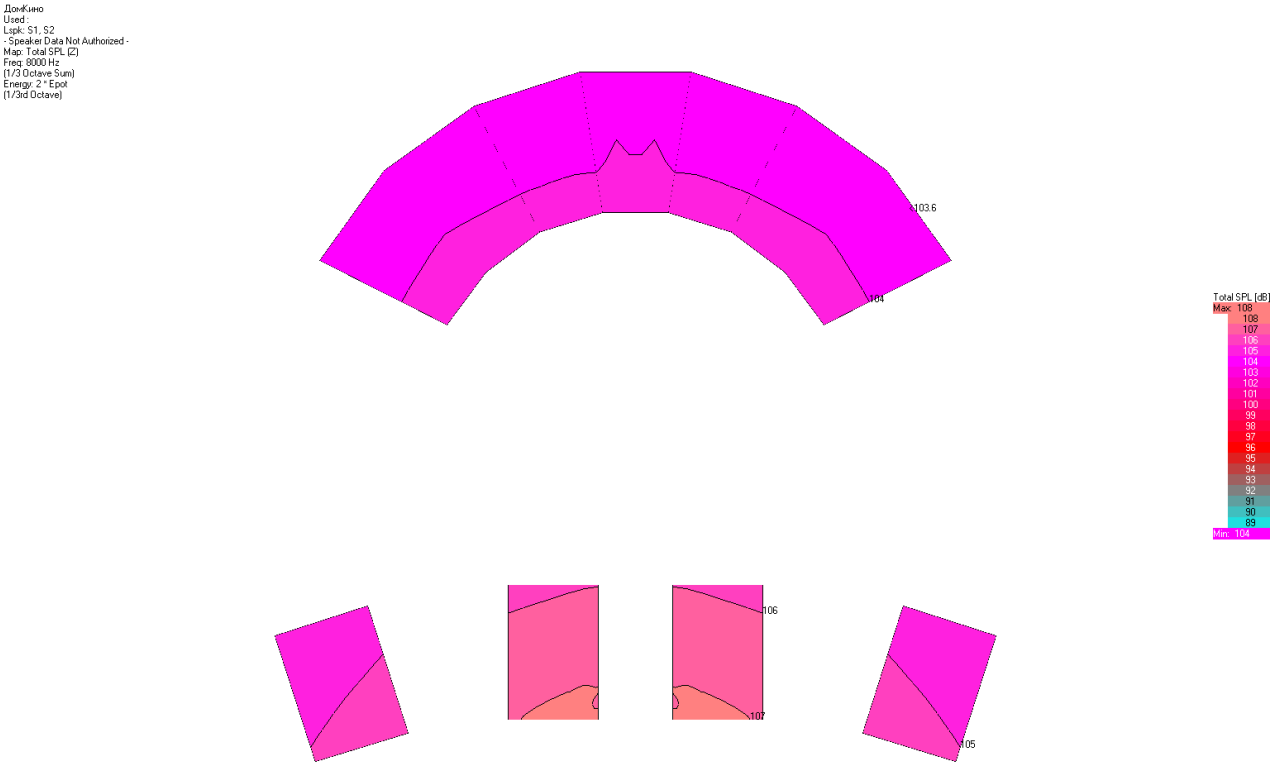
(c) EASE 4.3 / Докжино / 29.03.2011 11:35:12 / ADI Indin

Рис. 2.10. Уровень общего звука частоты 1 кГц при работе центрального заэкранного громкоговорителя



(c) EASE 4.3 / Дождино / 29.03.2011 11:35:48 / ADI Indin

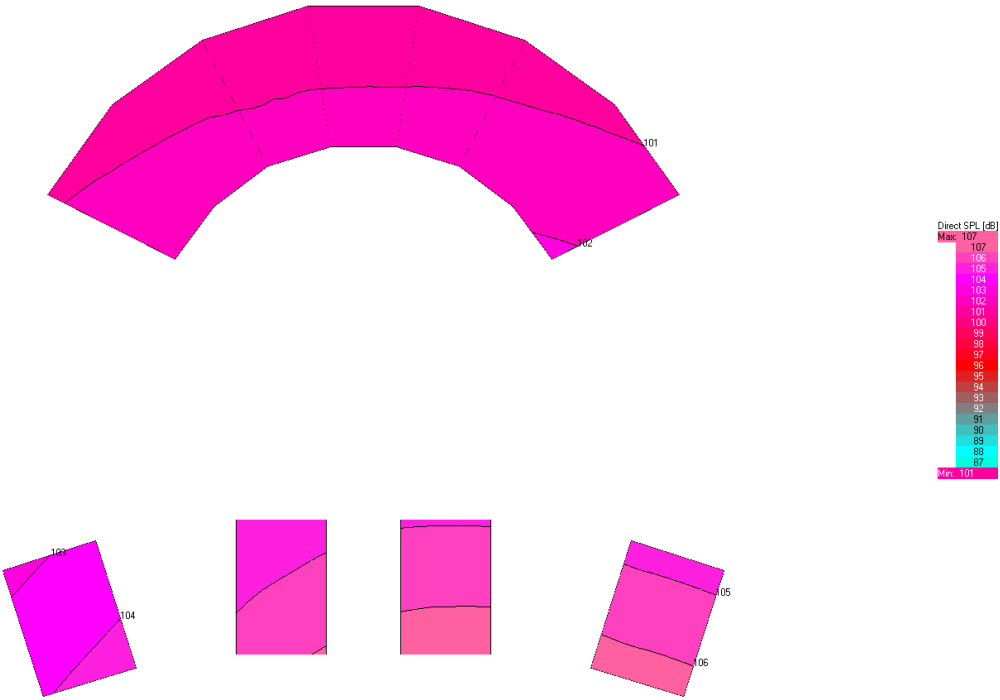
Рис. 2.11. Уровень прямого звука частоты 8 кГц при работе центрального заэкранного громкоговорителя



(c) EASE 4.3 / Дождино / 29.03.2011 11:36:26 / ADI Indin

Рис. 2.12. Уровень общего звука частоты 8 кГц при работе центрального заэкранного громкоговорителя

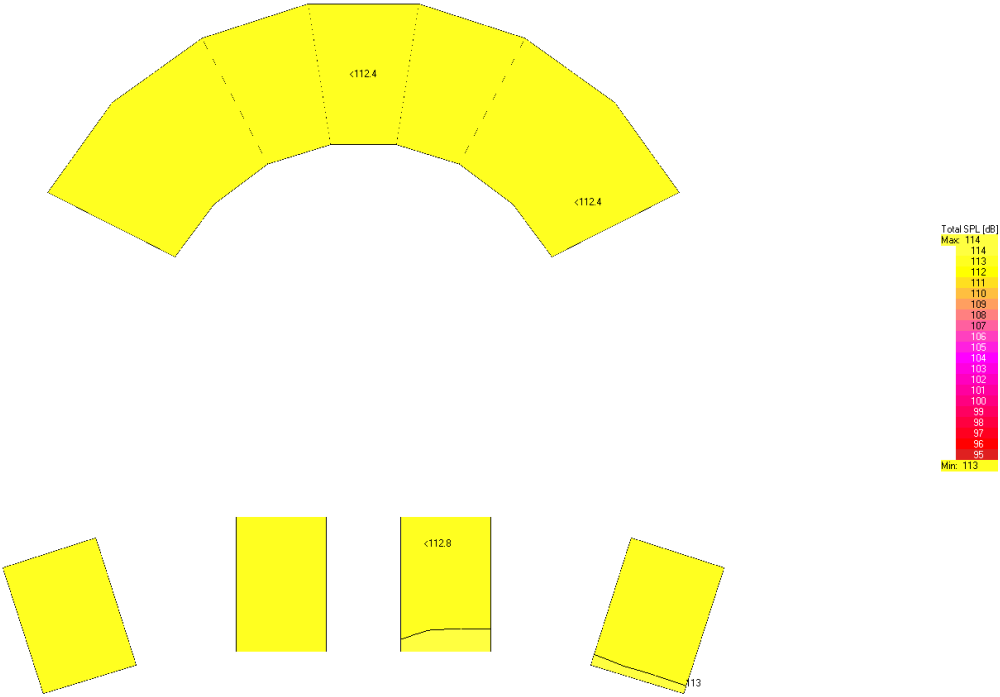
Дождино
Used:
Lspk: S3, S4
- Speaker Data Not Authorized -
Map: Direct SPL (Z)
Freq: 125 Hz
(1/3 Octave Sum)
Energy: 2 * Epot
(1/3rd Octave)



(c) EASE 4.3 / Дождино / 29.03.2011 11:38:35 / ADI Indin

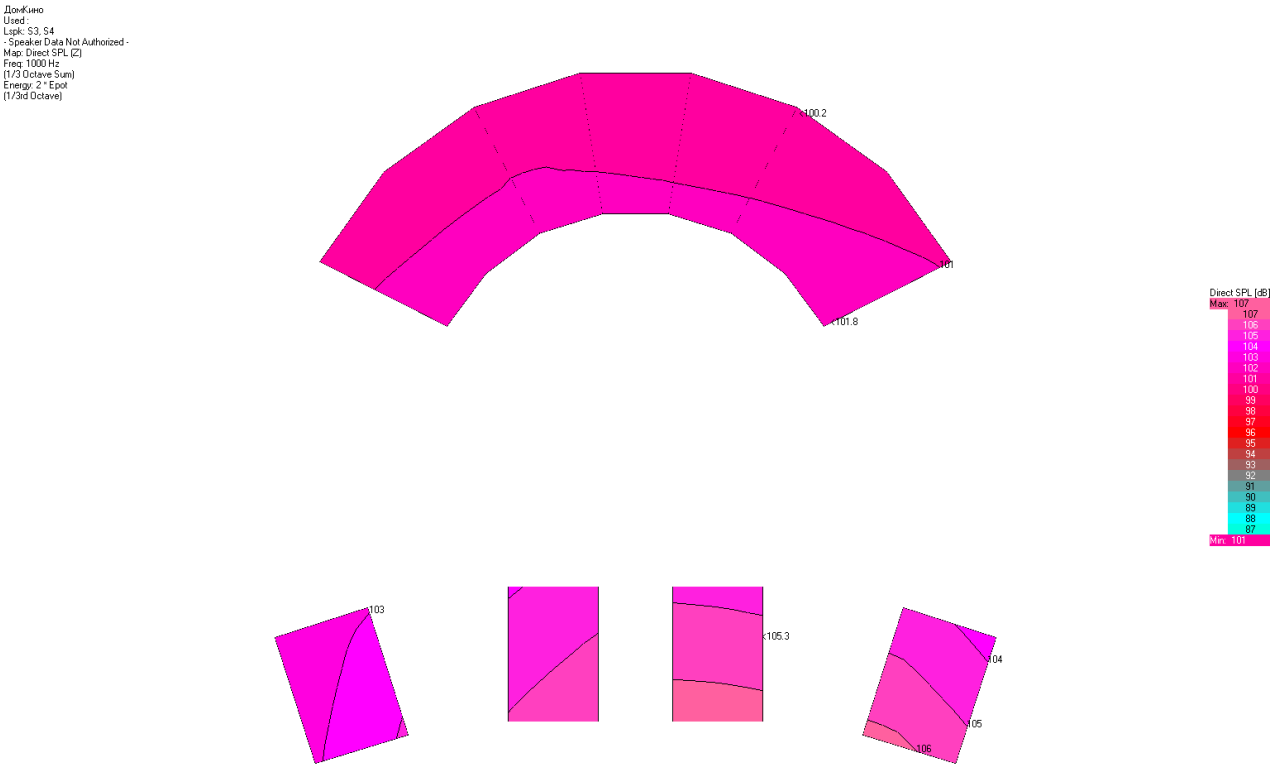
Рис. 2.13. Уровень прямого звука частоты 125 Гц при работе бокового заэкранного громкоговорителя

Дождино
Used:
Lspk: S3, S4
- Speaker Data Not Authorized -
Map: Total SPL (Z)
Freq: 125 Hz
(1/3 Octave Sum)
Energy: 2 * Epot
(1/3rd Octave)



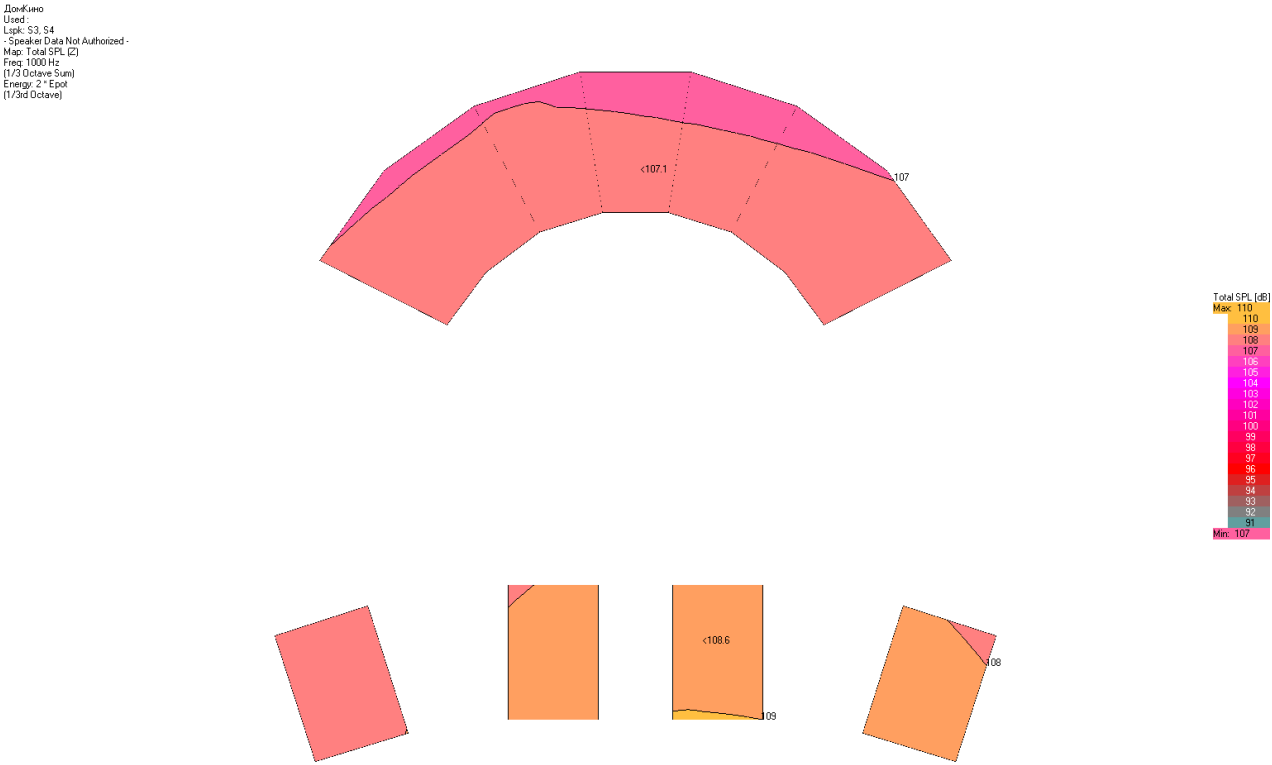
(c) EASE 4.3 / Дождино / 29.03.2011 11:39:06 / ADI Indin

Рис. 2.14. Уровень общего звука частоты 125 Гц при работе бокового заэкранного громкоговорителя



(c) EASE 4.3 / Док-кино / 29.03.2011 11:39:49 / ADI Indin

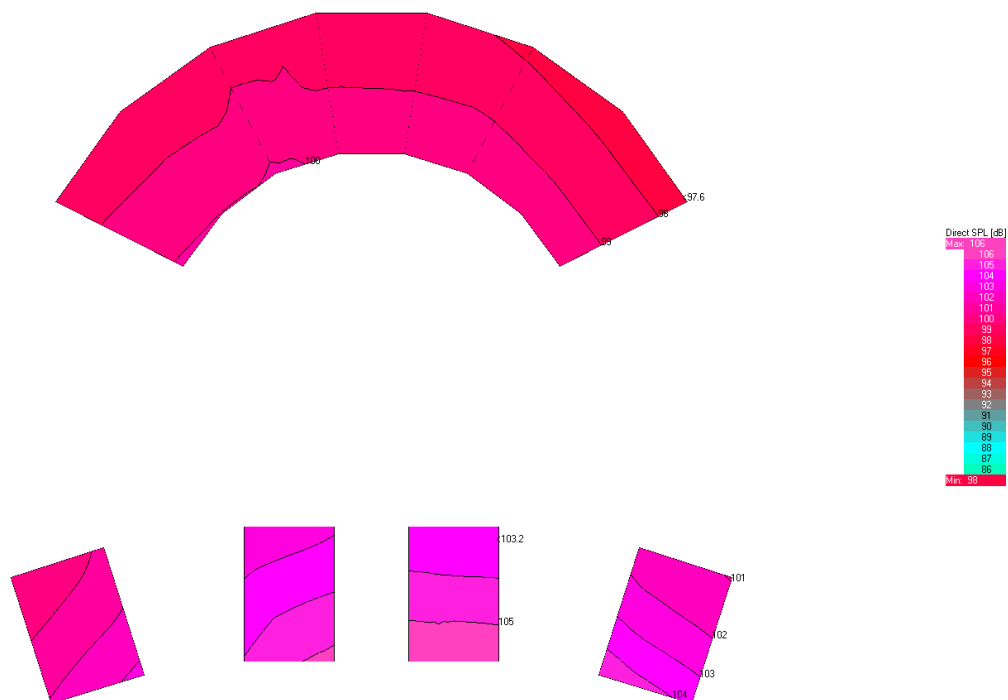
Рис. 2.15. Уровень прямого звука частоты 1 кГц при работе бокового заэкранного громкоговорителя



(c) EASE 4.3 / Док-кино / 29.03.2011 11:40:33 / ADI Indin

Рис. 2.16. Уровень общего звука частоты 1 кГц при работе бокового заэкранного громкоговорителя

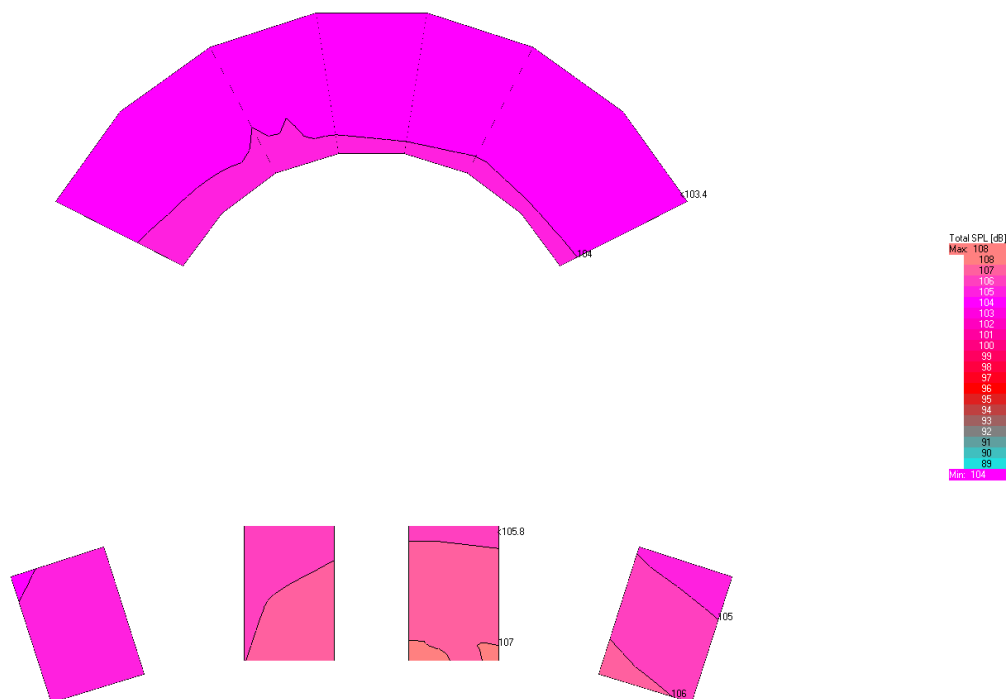
Донжюно
Used:
Lspk: S3, S4
- Speaker Data Not Authorized -
Map: Direct SPL (Z)
Freq: 8000 Hz
(1/3 Octave Sum)
Energy: 2 * Epot
(1/3rd Octave)



(c) EASE 4.3 / Донжюно / 29.03.2011 11:41:50 / ADI Indin

Рис. 2.17. Уровень прямого звука частоты 8 кГц при работе бокового заэкранного громкоговорителя

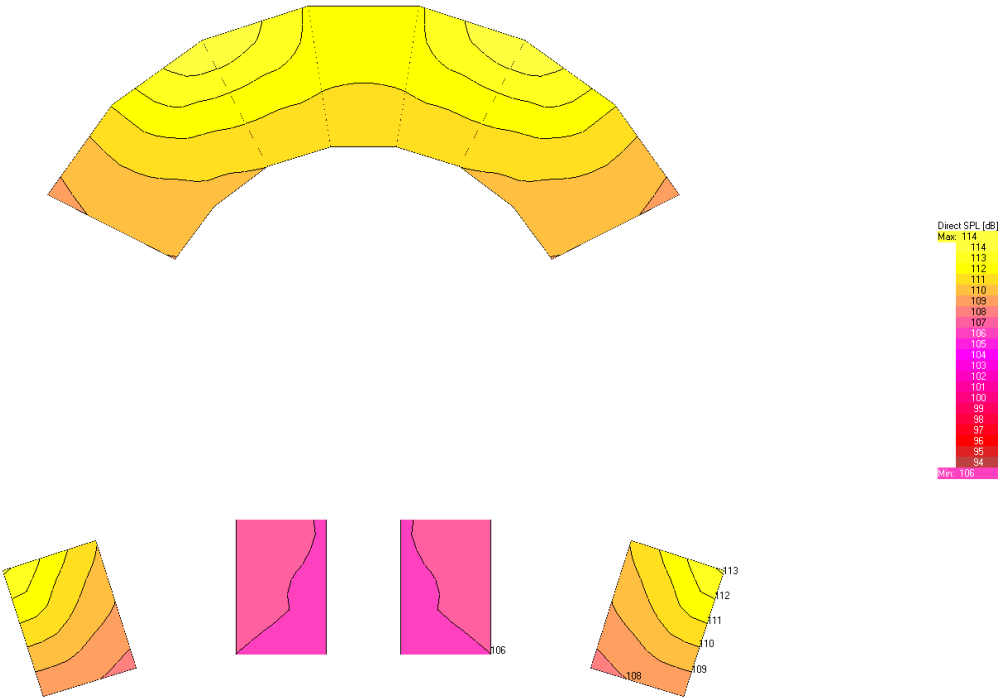
Донжюно
Used:
Lspk: S3, S4
- Speaker Data Not Authorized -
Map: Total SPL (Z)
Freq: 8000 Hz
(1/3 Octave Sum)
Energy: 2 * Epot
(1/3rd Octave)



(c) EASE 4.3 / Донжюно / 29.03.2011 11:42:39 / ADI Indin

Рис. 2.18. Уровень общего звука частоты 8 кГц при работе бокового заэкранного громкоговорителя

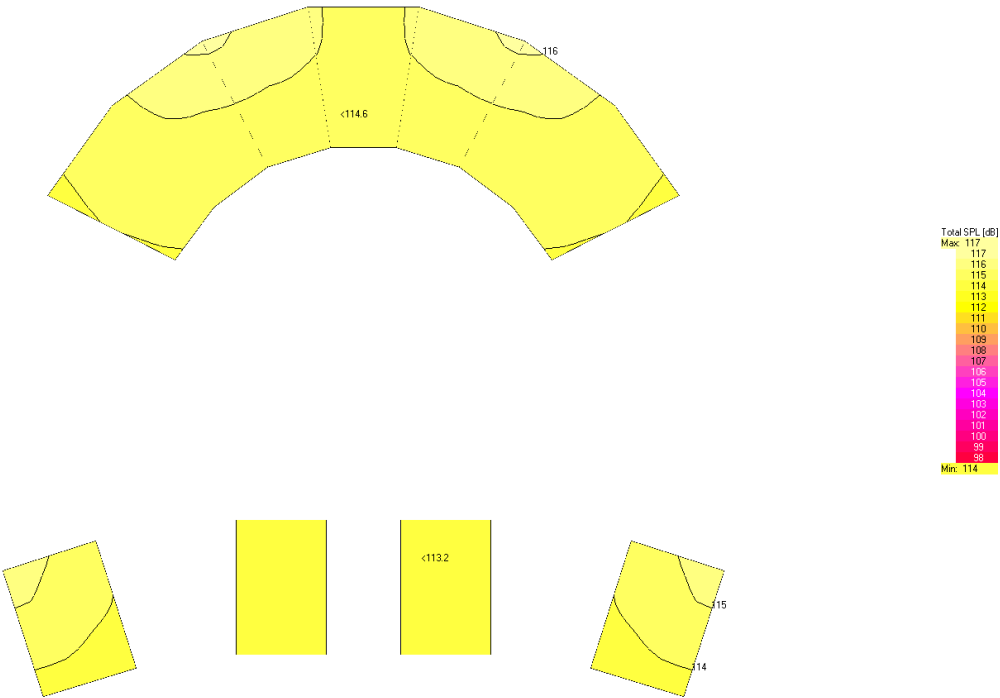
Дожкино
Used:
Lspk: S5, S6, S6', S5'
- Speaker Data Not Authorized -
Map: Direct SPL (Z)
Freq: 125 Hz
(1/3 Octave Sum)



(c) EASE 4.3 / Дожикино / 29.03.2011 11:44:29 / ADI Indin

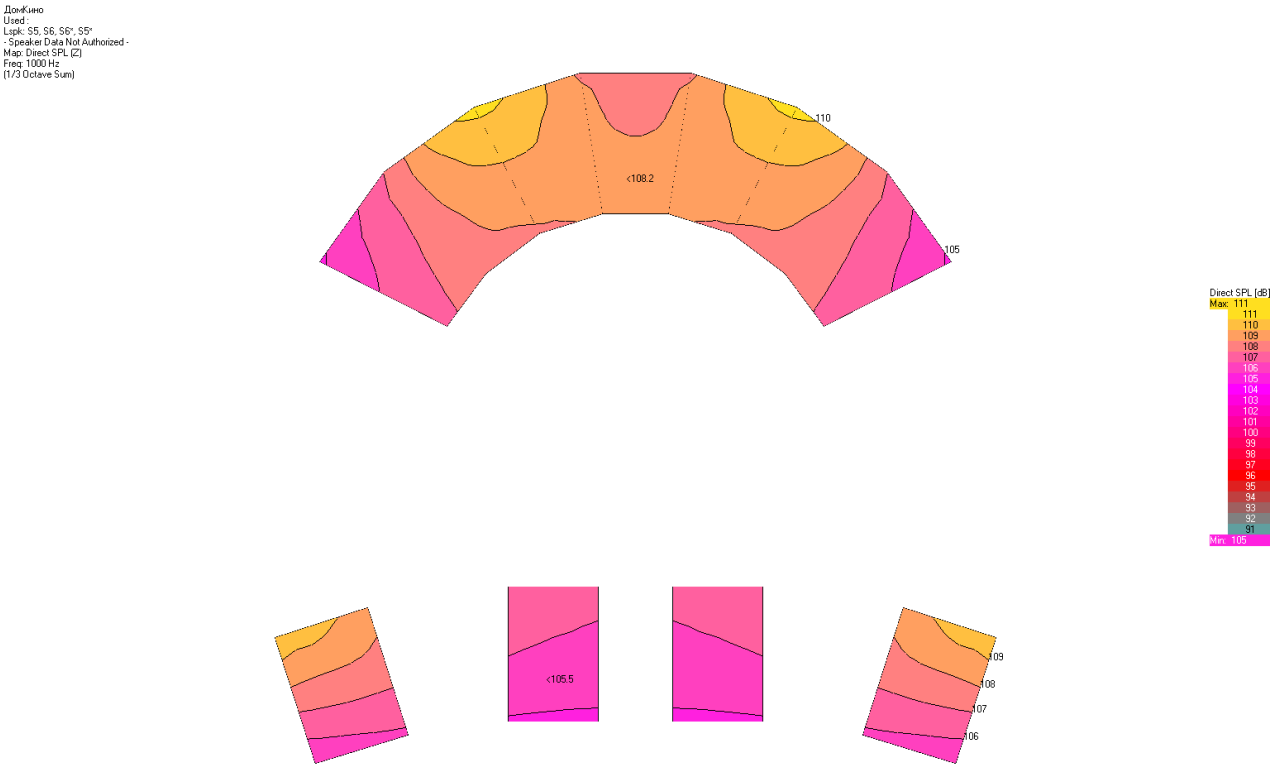
Рис. 2.19. Уровень прямого звука частоты 125 Гц при работе периферических громкоговорителей

Дожкино
Used:
Lspk: S5, S6, S6', S5'
- Speaker Data Not Authorized -
Map: Total SPL (Z)
Freq: 125 Hz
(1/3 Octave Sum)



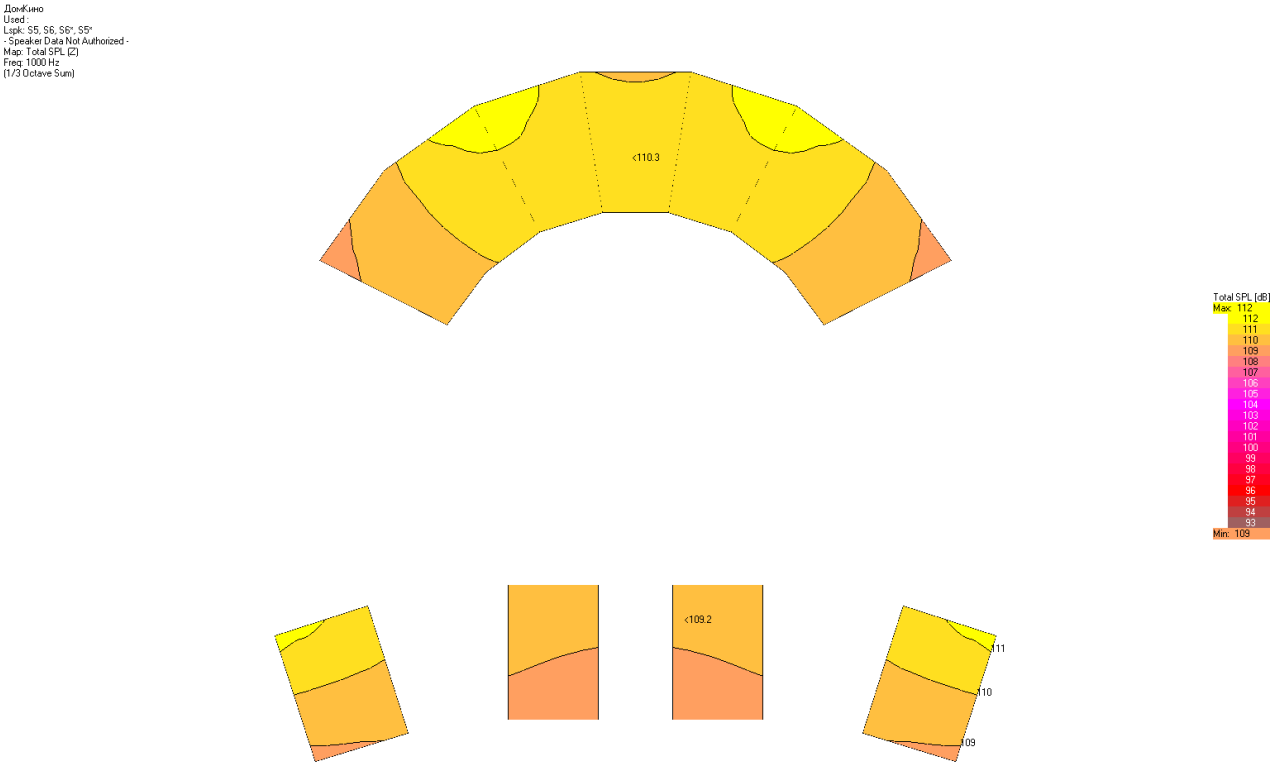
(c) EASE 4.3 / Дожикино / 29.03.2011 11:44:57 / ADI Indin

Рис. 2.20. Уровень общего звука частоты 125 Гц при работе периферических громкоговорителей



(c) EASE 4.3 / Докимно / 29.03.2011 11:45:28 / ADI Indin

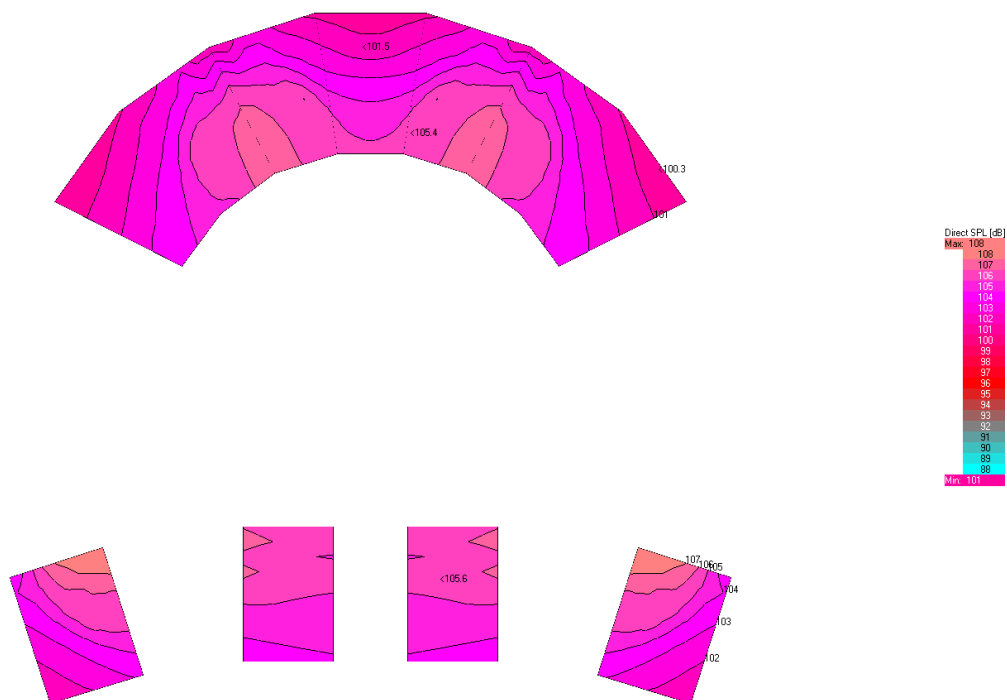
Рис. 2.21. Уровень прямого звука частоты 1 кГц при работе периферических громкоговорителей



(c) EASE 4.3 / Докимно / 29.03.2011 11:45:54 / ADI Indin

Рис. 2.22. Уровень общего звука частоты 1 кГц при работе периферических громкоговорителей

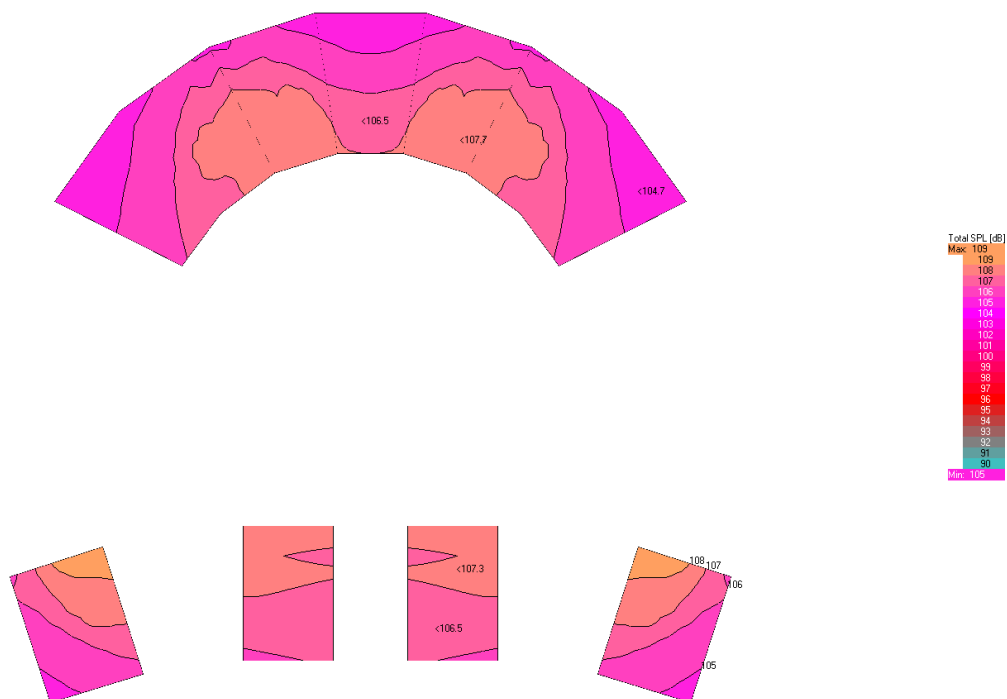
Дождино
Used:
Lspk: S5, S6, S6', S5'
- Speaker Data Not Authorized -
Map: Direct SPL (Z)
Freq: 8000 Hz
(1/3 Octave Sum)



(c) EASE 4.3 / Дождино / 29.03.2011 11:46:52 / ADI Indin

Рис. 2.23. Уровень прямого звука частоты 8 кГц при работе периферических громкоговорителей

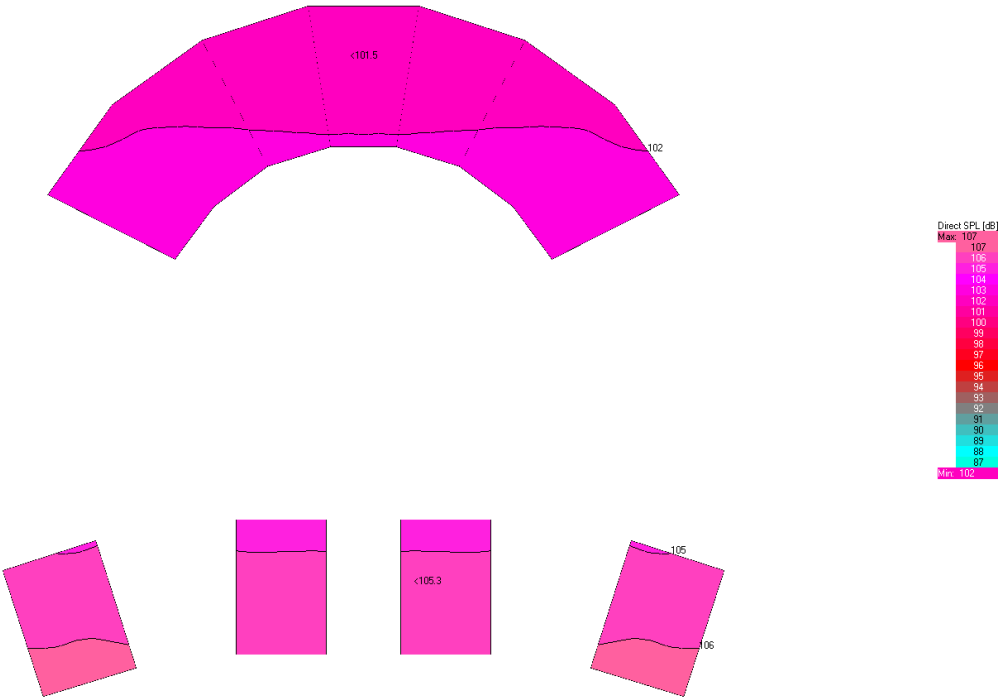
Дождино
Used:
Lspk: S5, S6, S6', S5'
- Speaker Data Not Authorized -
Map: Total SPL (Z)
Freq: 8000 Hz
(1/3 Octave Sum)



(c) EASE 4.3 / Дождино / 29.03.2011 11:47:40 / ADI Indin

Рис. 2.24. Уровень общего звука частоты 8 кГц при работе периферических громкоговорителей

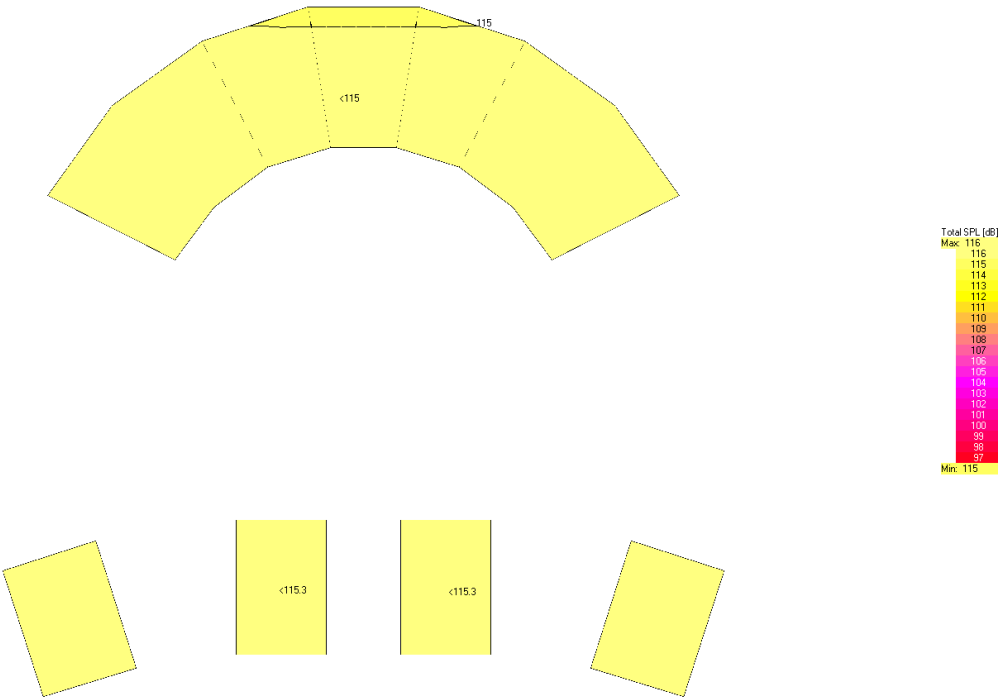
Дожкино
Used:
Lspk: S7, S7*
- Speaker Data Not Authorized -
Map: Direct SPL (Z)
Freq: 100 Hz
(1/3 Octave Sum)



(c) EASE 4.3 / Дожикино / 29.03.2011 11:48:37 / ADI Indin

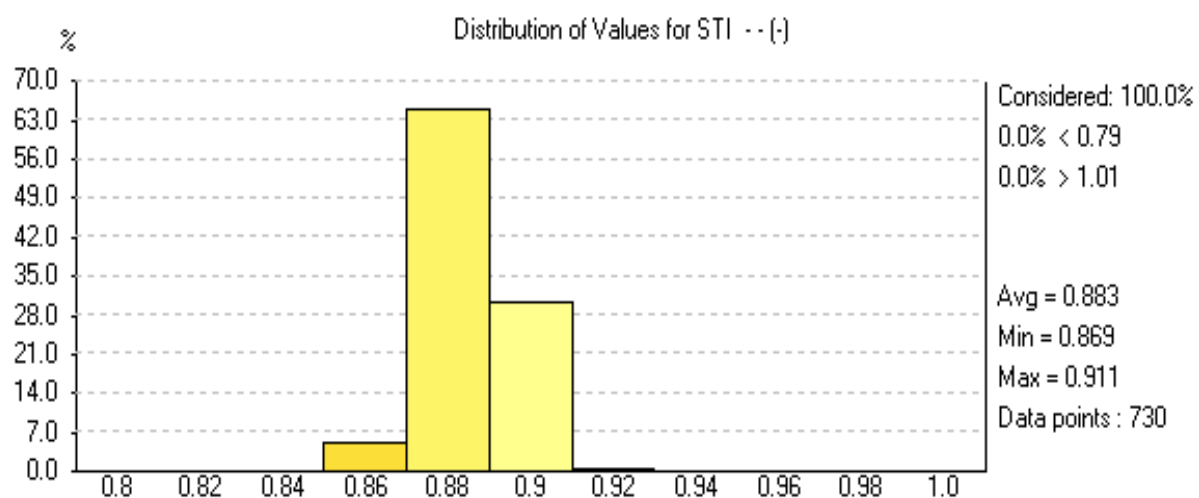
Рис. 2.25. Уровень прямого звука при работе СНЧ громкоговорителей

Дожкино
Used:
Lspk: S7, S7*
- Speaker Data Not Authorized -
Map: Total SPL (Z)
Freq: 100 Hz
(1/3 Octave Sum)



(c) EASE 4.3 / Дожикино / 29.03.2011 11:49:00 / ADI Indin

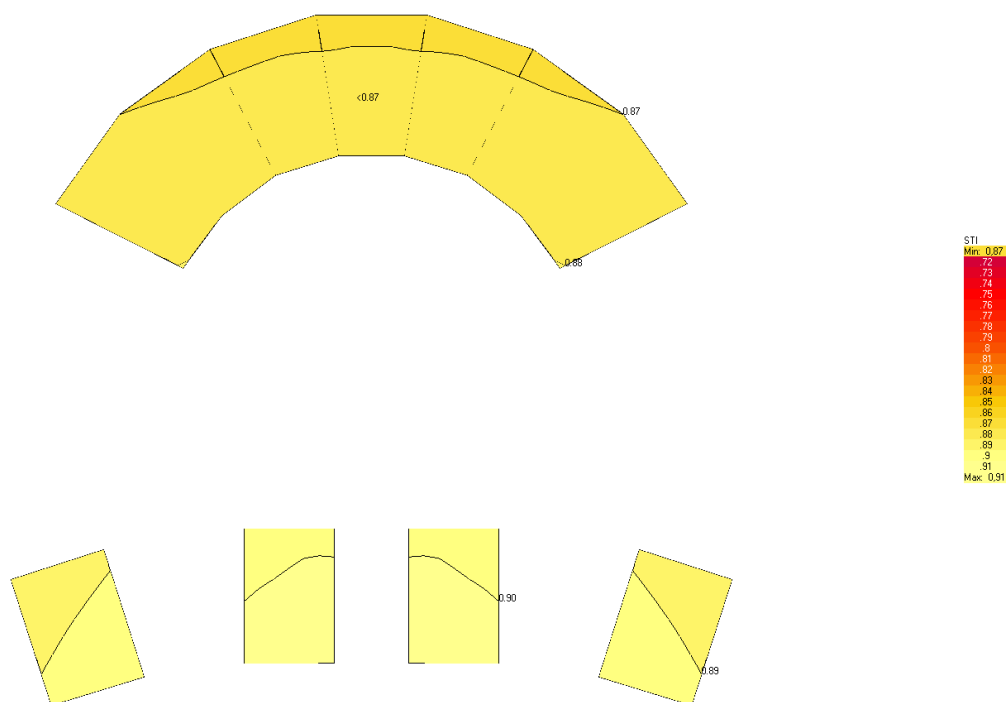
Рис. 2.26. Уровень общего звука при работе СНЧ громкоговорителей



(c) EASE 4.3 / ДомКино / 29.03.2011 11:50:02 / ADI Indlin

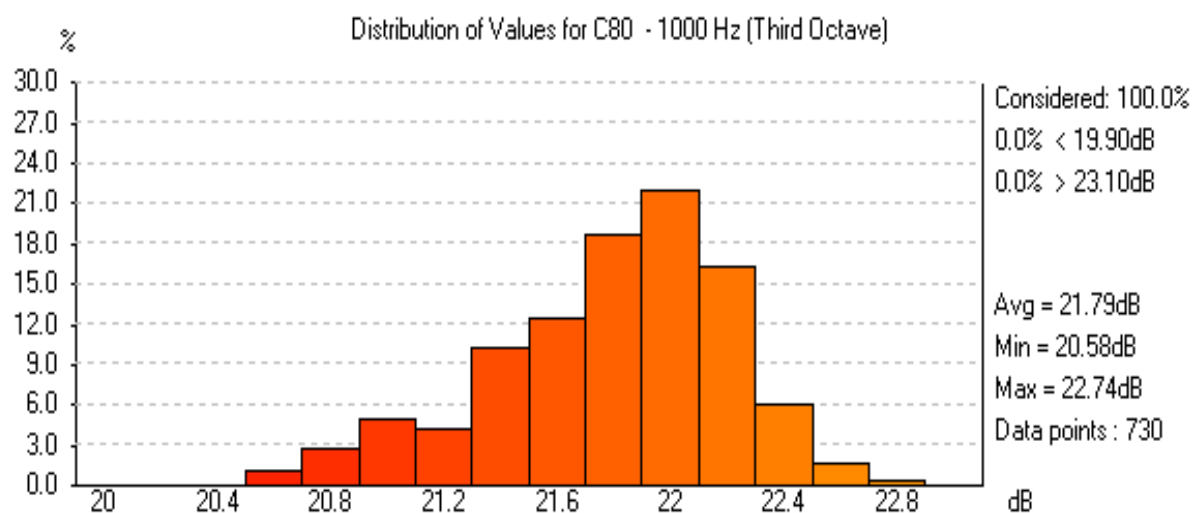
Рис. 2.27. Распределение индекса разборчивости речи STI по величине

ДомКино
 Used:
 Lspk: S1, S2
 - Speaker Data Not Authorized -
 Map: STI



(c) EASE 4.3 / ДомКино / 29.03.2011 11:50:49 / ADI Indlin

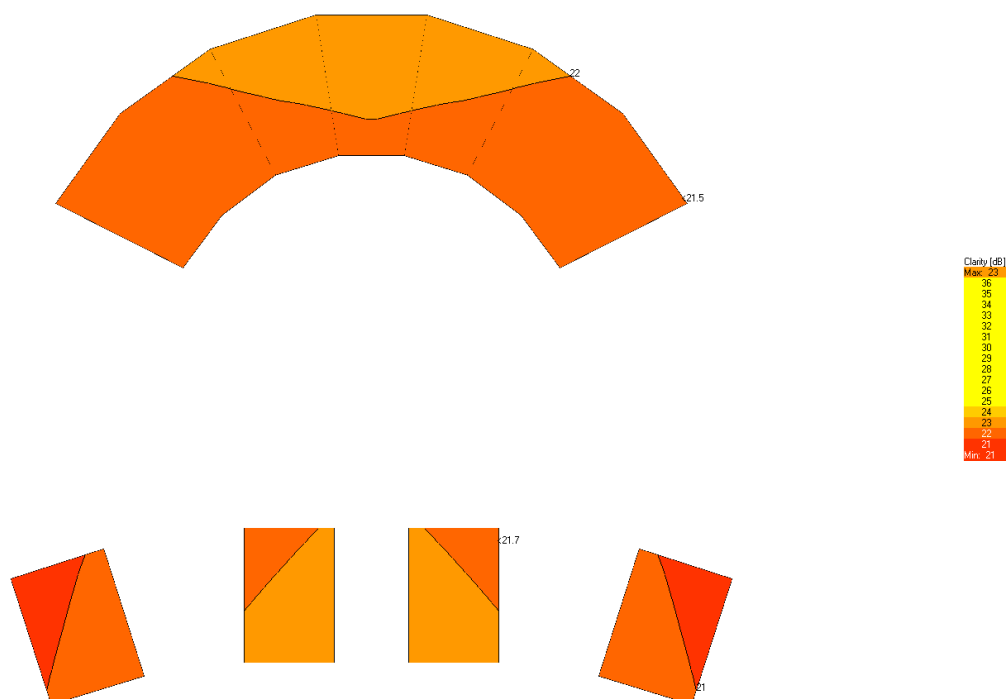
Рис. 2.28. Распределение индекса разборчивости речи STI по зонам



(c) EASE 4.3 / ДомКино / 29.03.2011 11:51:44 / ADI Indlin

Рис. 2.29. Распределение индекса ясности c80 по величине

ДомКино
 Used:
 Lspk: S3, S3*, S4, S4*
 - Speaker Data Not Authorized -
 Map: C80
 Freq: 1000 Hz
 (1/3 Octave Average)



(c) EASE 4.3 / ДомКино / 29.03.2011 11:52:21 / ADI Indlin

Рис. 2.30. Распределение индекса ясности c80 по зонам

Из приведенных на рис. 2.7 – 2.12 данных видно, что технические требования для центрального канала выполняются как по неравномерности прямого звука, так и по уровню общего звука.

То же можно сказать о фронтальном боковом канале (рис. 3.13–3.18), о периферических громкоговорителях (рис. 3.19–3.24) и о субнизкочастотных громкоговорителях (рис. 3.25–3.26).

Величина индекса разборчивости речи (рис. 3.27–3.28) удовлетворяет техническим требованиям с качественной оценкой «отлично».

Индекс музыкальной ясности S_{80} (рис. 3.29–3.30), также удовлетворяет техническим требованиям к звуковым системам для воспроизведения фонограммы современного кино.

2.5. Спецификация громкоговорителей

№	Наименование	Тип	Кол-во
1	Фронтальный громкоговоритель НЧ	JBL SYNTHESIS SAM2LF	3
2	Фронтальный громкоговоритель ВЧ	JBL SYNTHESIS SAM1HF	3
3	Периферический громкоговоритель	JBL SYNTHESIS S4Ai	4
3	СНЧ громкоговоритель	JBL SYNTHESIS S2S-EX	2

2.6. Вывод

Как показало компьютерное моделирование зала, электроакустические параметры звуковой системы удовлетворяют всем техническим требованиям к воспроизведению звука современного кино.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложенная акустическая облицовка, заложенная в компьютерную модель зала, обеспечила оптимальные для многоканального кино акустические характеристики: время реверберации зала и импульсные реакции.

Электроакустическая система на базе громкоговорителей фирмы JBL Synthesis, введенная в компьютерную модель, показала результаты расчетов, полностью соответствующие техническим требованиям по неравномерности уровня прямого звука, уровню общего звука, индексу разборчивости речи и индексу ясности музыки.