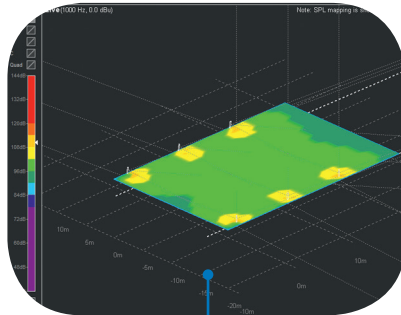
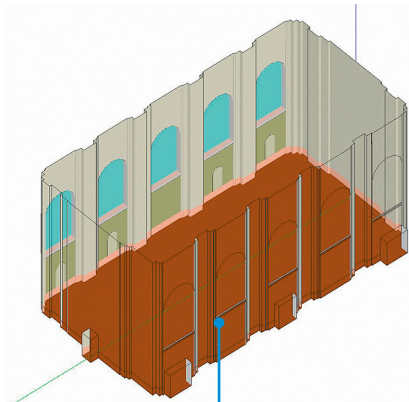


# БАР

бюро  
акустических  
расчетов



моделирование

расчеты

воплощение



## Бюро Акустических Расчетов

Бюро Акустических Расчетов (сокращенно БАР) является одним из подразделений компании «АРИС». Бюро продолжает дело, начатое Михаилом Юрьевичем Ланэ в рамках Лаборатории архитектурной акустики, которую он возглавлял в нашей компании.



## Наша цель

Цель нашей работы – гарантированно хороший звук в театрах, концертных и универсальных залах, храмах, спортивных и развлекательных заведениях.

Бюро организовано для удовлетворения всевозрастающего потока запросов на акустическое проектирование, коррекцию свойств существующих залов, моделирование поведения систем звукоусиления и расчет шумоизоляции. Как показывает практика, даже грамотный подбор очень дорогого звукового оборудования не гарантирует высокое качество звучания. Виной тому дефекты акустики помещения, влияющие на такие параметры как равномерность покрытия, разборчивость и уровень комфорта во время прослушивания. В большинстве случаев отсутствие стадии акустического проектирования не позволяет использовать весь потенциал установленного звукового оборудования, что снижает эффективность затраченных на него средств, уменьшает комфорт зрительского восприятия и, как следствие, снижает общую рентабельность площадки.

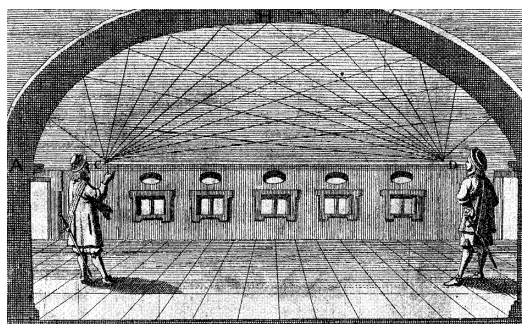
Чтобы итоговое качество звучания не стало неприятным сюрпризом, есть смысл обращаться к нам, специалистам по акустике, еще на стадии подготовки ТЗ на проектирование. Наш опыт и уникальные профессиональные навыки позволяют свести к минимуму негативные акустические факторы помещения, таким образом повысить эффективность звуковой системы и комфорт зрительского восприятия.

## Чем мы занимаемся

Бюро выполняет три типа работ:

- расчет звукоизоляции
- коррекция акустических свойств помещения
- моделирование поведения системы звукоусиления в заданных условиях

Эти задачи решаются методом акустического моделирования помещения: строится 3D-модель зала, определяются материалы отделки внутренних плоскостей, рассчитывается время реверберации и другие параметры, влияющие на качество звучания. Эти работы являются основой для проектирования систем звукоусиления. Важно понимать, что проект системы звукоусиления



обязательно должен базироваться на совершенно определенных акустических свойствах помещения, и если это требование игнорируется, электроакустические расчеты не станут залогом хорошего звука.

## Почему это важно для вас

Если вы конечный заказчик, строите объект или переоборудуете его, вы должны быть уверены в том, что ваши усилия и финансовые затраты приведут к желаемому результату. Инвестору необходимы гарантии, что новый объект не придется вскоре переоборудовать по причине плохого звука, ставшего следствием некомпетентного проектирования или его отсутствия.

Если вы интегратор, сотрудничая с нами, вы получаете возможность подкрепить свое предложение акустическим расчетом и таким образом сделать его более конкурентоспособным. Услуги Бюро – это дополнительные преимущества в разговоре с заказчиком, потому что вы можете гарантировать результат.

В любом случае, стоимость расчетов не соизмерима со стоимостью общестроительных работ и материалов. Согласитесь, гораздо дешевле создать компьютерную модель зала, которая позволит виртуально попробовать различные варианты отделки, декора, акустических материалов, чем один раз «вживую» ошибиться и годами ждать следующего финансирования проекта.

## Наши последние проекты

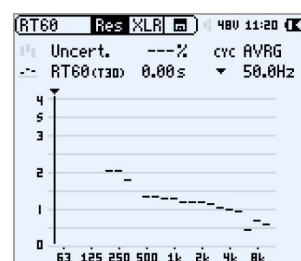
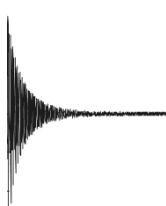
### Проект коррекции зала Дворца Культуры г. Балаково

#### Краткое описание помещения

Зал представляет собой симметричное помещение в форме параллелепипеда. Его максимальная длина по оси Y составляет 30 м. Максимальный поперечный размер по оси X равен 17,2 м. Зал делится на две неравные части по линии сцены. Потолок, находящийся на высотах от 4,03 до 6,58 м от уровня представляет собой бетонное перекрытие. Пол представляет собой разноуровневую деревянную поверхность.

#### Результаты измерений

Измерения проводились с помощью прибора – акустического анализатора NTI XL2. В качестве источника импульсных аудиосигналов использовался сигнальный пистолет. С помощью пистолета создавался импульсный звуковой сигнал с высоким уровнем звукового давления. Анализатор записывал акустический импульс и реверберационный отклик зала.

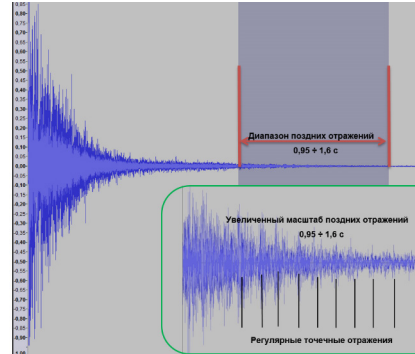


Значение реверберации RT60 равно 2,27 с

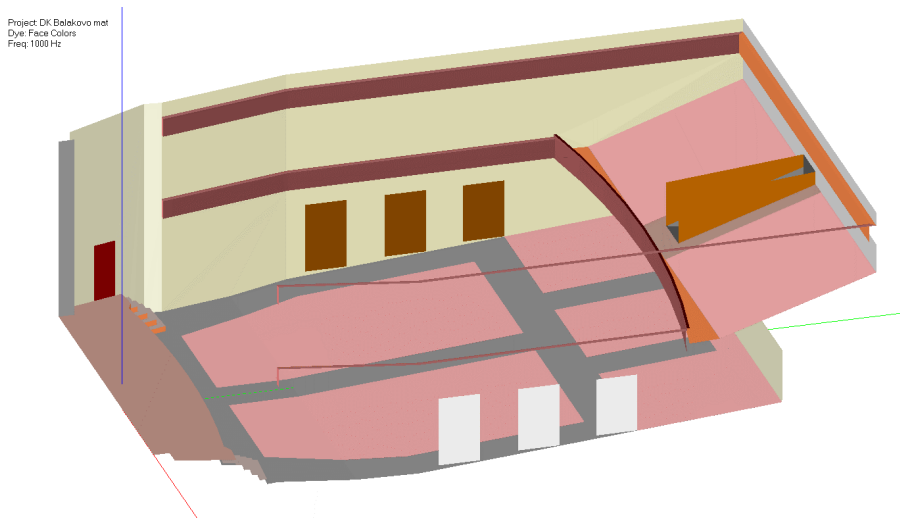
Анализ результатов измерений позволяют сделать следующие выводы об акустике зала:

1. Данный зал можно отнести к категории 4 в соответствии с СП 5.1.13330 «ЗАЩИТА ОТ ШУМА» (универсальные залы), согласно которому залы соответствующего объема должны иметь время реверберации  $RT60 \sim 1,2$  с. По результатам измерений, усредненное время реверберации в зале 1,3–1,4 с. В области НЧ достигает 2,0 с, что превышает нормативные показатели.

2. Звукоотражающая облицовка стен в виде гладких панелей ГКЛ обуславливает проявление в зале слышимого эхо, что является серьезным акустическим дефектом. Таким образом, для улучшения акустики зала необходимо обеспечить снижение гулкости помещения и ослабление уровней дискретных звуковых отражений от стен, приводящих к образованию слышимого эхо.

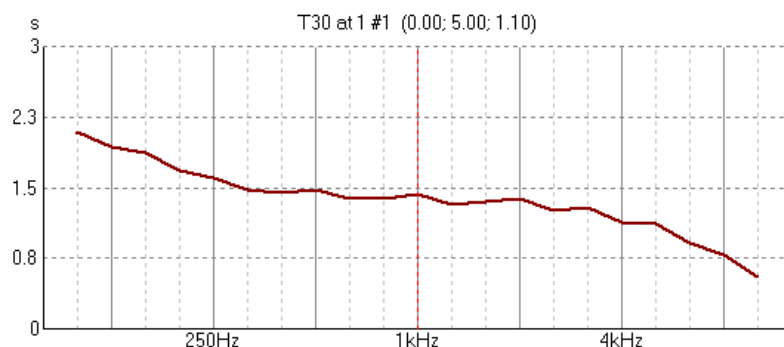


### 3D модель зала, построенная в программе EASE 4.4



Сначала была построена базовая модель с параметрами, максимально приближенными к начальному состоянию зала.

#### Расчётное время реверберации (без акустических материалов)

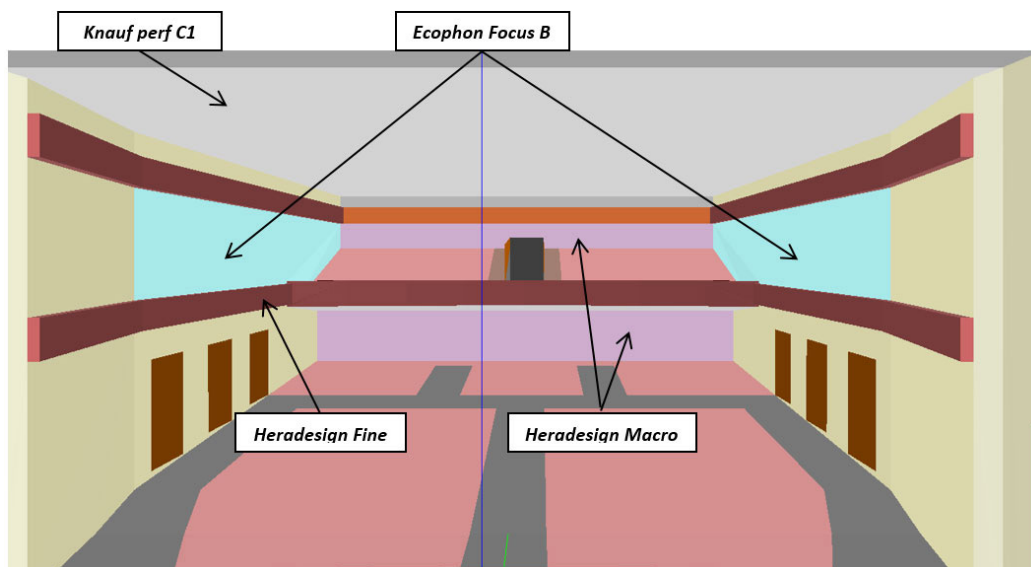


Расчетное время реверберации соответствует фактически измеренному значению. Это говорит о том, что модель помещения построена корректно и дальнейшие расчеты будут соответствовать реальности.

## Модель зала с акустическими панелями

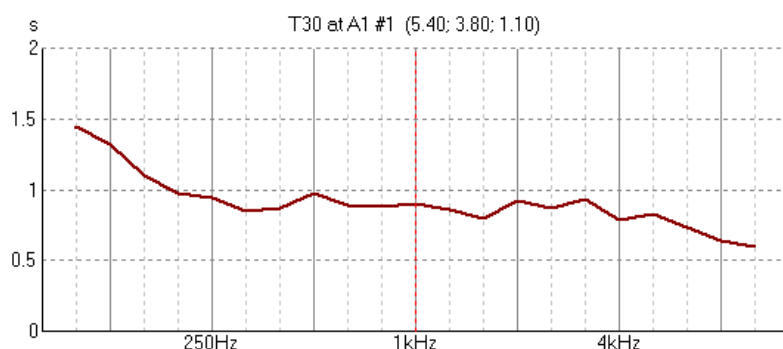
Далее в модели применены акустические поглощающие материалы на поверхностях стен, общего потолка зала, потолка под балконом.

### 3D модель зала с акустическими панелями



Данные компьютерного моделирования и расчётов показывают, что при реализации предложенных мероприятий уровень реверберации в помещении снижается с существующих на данный момент 1,9 с до 0,9 с, что практически соответствует нормативному времени реверберации для помещений данного объёма, равному 0,9 с в соответствии с СП 51.13330.

### Расчётное время реверберации в главном зале с акустическими панелями



*Акустический и электроакустический расчеты универсального зала медицинской академии им. Пирогова*

### Краткое описание помещения

Зал представляет собой симметричное помещение в форме амфитеатра. Его максимальная длина по оси У составляет 20,3 м. Максимальный поперечный размер по оси Х равен 33 м.

## Результаты измерений

Измерения проводились с помощью прибора – акустического анализатора NTI XL2. В качестве источника импульсных аудиосигналов использовался сигнальный пистолет. С помощью пистолета создавался импульсный звуковой сигнал с высоким уровнем звукового давления. Анализатор записывал акустический импульс и реверберационный отклик зала.



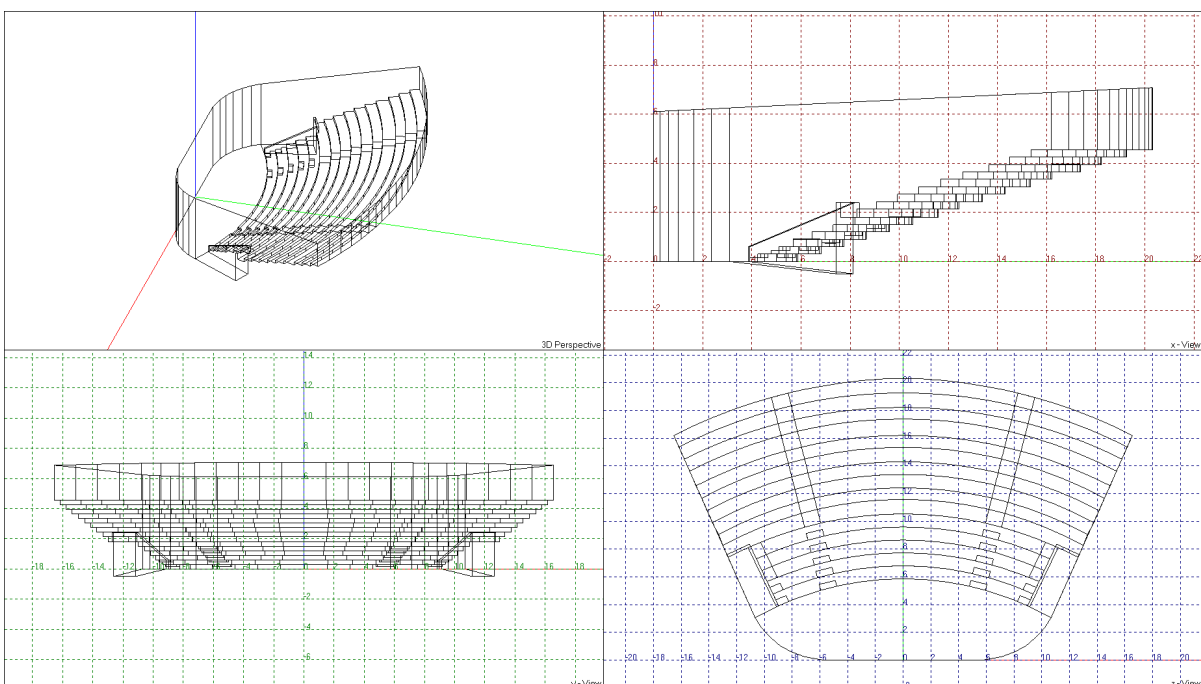
Усредненная величина времени реверберации RT60 составляет: 1,3 с

## Анализ результатов измерений позволяют сделать следующие выводы об акустике зала:

Данный зал можно отнести к категории 4 в соответствии с СП 51.13330 «ЗАЩИТА ОТ ШУМА» (универсальные залы), согласно которому залы соответствующего объема должны иметь время реверберации RT60 ~ 1,0 с. По результатам измерений, усредненное время реверберации в зале  $1,4 \div 1,6$  с. В области НЧ достигает 2,0 с, что превышает нормативные показатели.

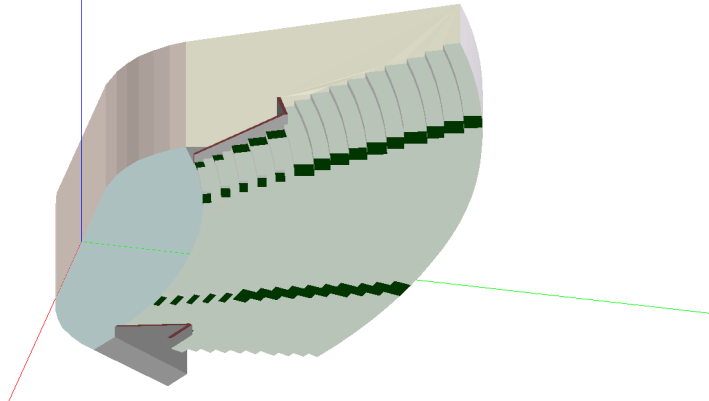
Для улучшения акустики зала необходимо обеспечить снижение гулкости помещения и ослабление уровней дискретных звуковых отражений от стен, приводящих к образованию слышимого эхо.

## Контурная модель зала, построенная в программе EASE 4.4



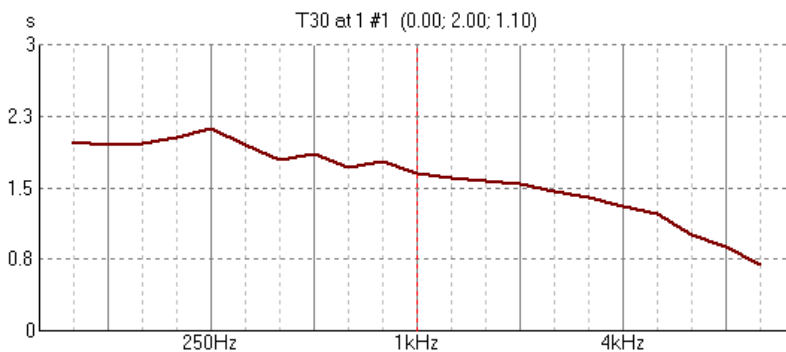
## 3D модель зала, построенная в программе EASE 4.4

Ver: 30° Hor: 77°  
 Layer: TOP L1, TOP L2, SUB L1, SUB L2, TOP R1, TOP R2, SUB R1, SUB R2  
 Project: Prigova mat+LS  
 Dye: Face Colors  
 Freq: 1000 Hz



Сначала была построена базовая модель с параметрами, максимально приближенными к начальному состоянию зала.

### Расчётное время реверберации в главном зале с акустическими панелями



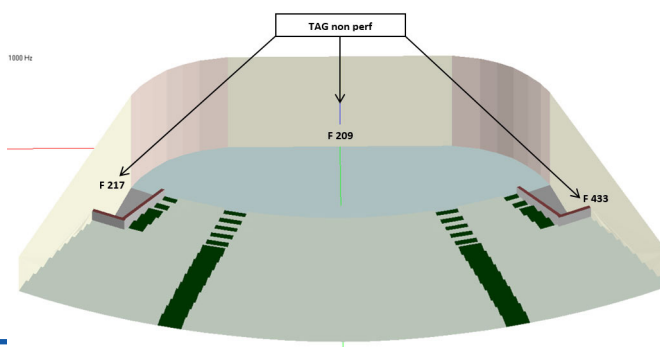
Расчетное время реверберации соответствует фактически измеренному значению. Это говорит о том, что модель помещения построена корректно и дальнейшие расчеты будут соответствовать реальности.

### Модель зала с акустическими панелями

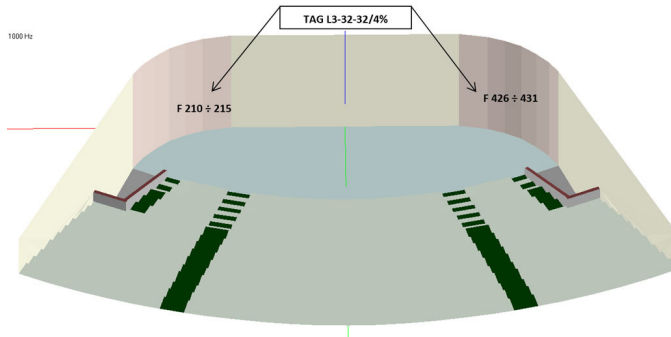
Далее в модели применены акустические поглощающие материалы на поверхностях стен, общего потолка зала, потолка под балконом.

## 3D модель зала с акустическими панелями

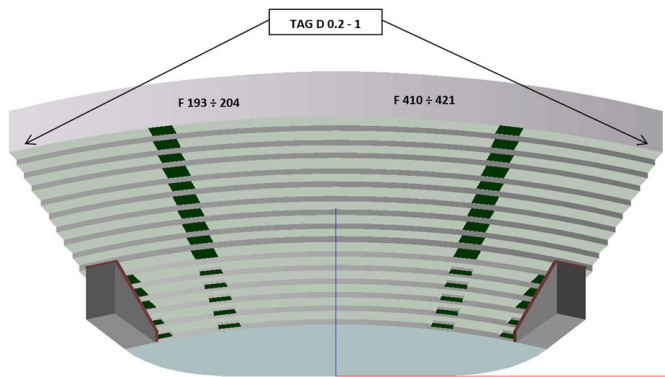
### Акустические панели TAGInterio без перфорации



**Акустические панели TAGInterio с перфорацией L3-32-32/4%**

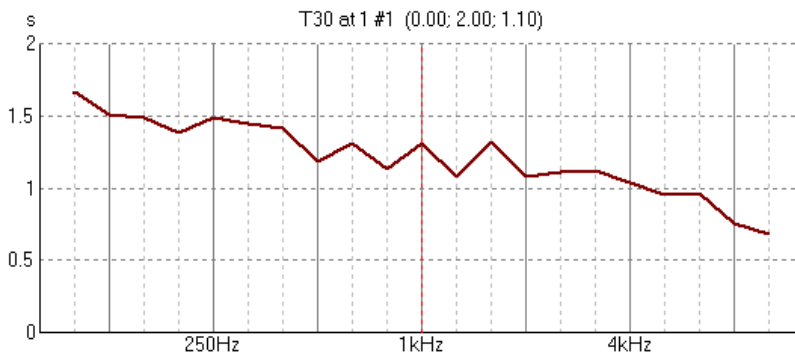


**Акустические панели TAGInterio с микроперфорацией D 0.2 – 1 (вся площадь задней стены зала)**

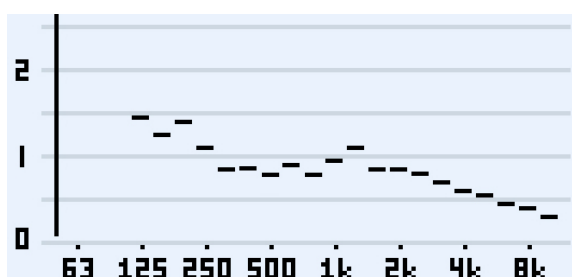


Данные компьютерного моделирования и расчётов с использованием алгоритма EASE AURA показывают, что при реализации предложенных мероприятий уровень реверберации в помещении снижается до среднего значения 1,0 с. во всем диапазоне частот, что практически соответствует нормативному времени реверберации для помещений данного объёма.

**Расчетное время реверберации в главном зале с акустическими панелями**



**Фактически измеренное время реверберации в главном зале с акустическими панелями**





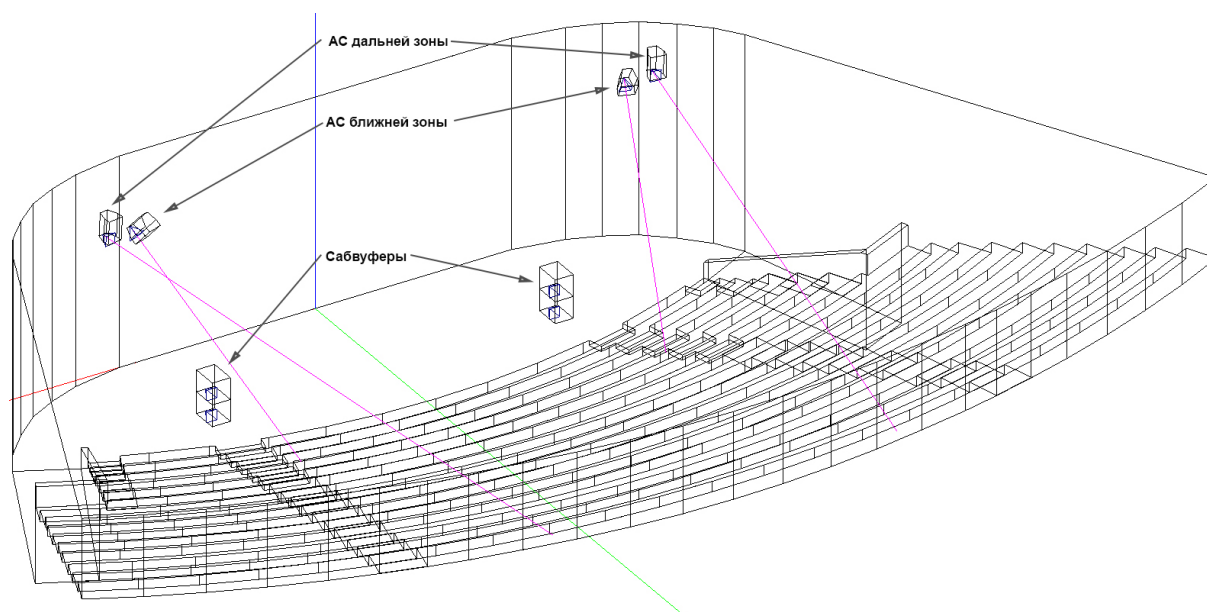


### Цели и задачи акустического расчета

Задачей расчета является нахождение оптимального решения по озвучиванию помещения, при котором выполняются следующие условия:

- обеспечение уровня звукового давления в зоне озвучивания (не менее 105 дБ)\*
- получение равномерности звукового поля в пределах зоны озвучивания  $\pm 3$  дБ\*
- обеспечение разборчивости речи по параметру RASTI пределах  $0,6 \div 1,0$

### Расположение АС в зале



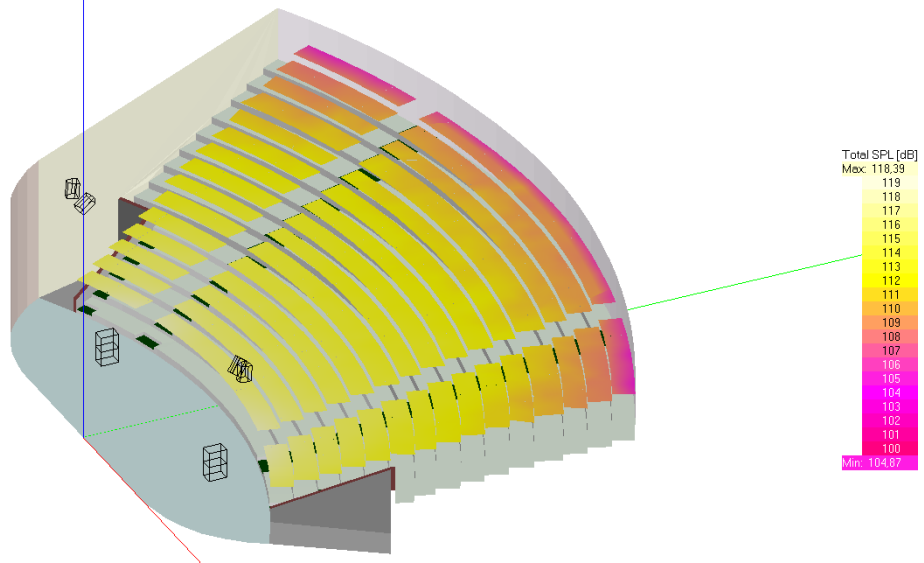
Мы озвучили зал по принципу «дальняя-ближняя зона». Верхний громкоговоритель направляется на дальнюю часть зала. Нижний громкоговоритель направлен на ближнюю часть зала. Низкочастотные излучатели – сабвуферы установлены на пол.

При компьютерном моделировании звуковой системы в программу дополнительно вводятся данные громкоговорителей: чувствительность, электрическая мощность, углы излучения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, индексы направленности. Места размещения, углы ориентации, уровень звукового давления и время задержки (Delay) могут оперативно изменяться в меню программы. Данные по AC RCF C52 15 90°x40°, S80 18 II, импортированы из библиотеки фирмы RCF для программы EASE.

### Распределение звукового давления Total SPL в главном зале на частоте 1 кГц

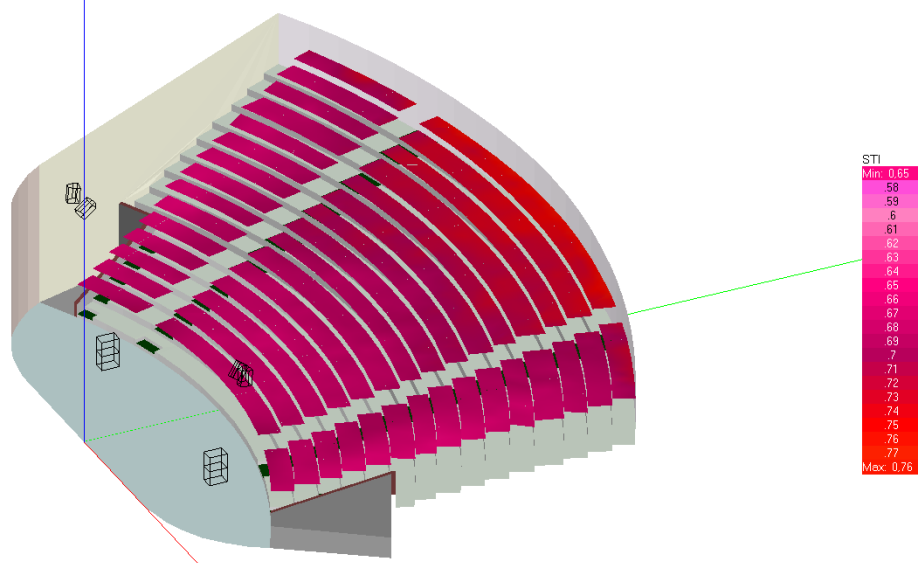
Неравномерность звукового давления не превышает  $\pm 3$  дБ

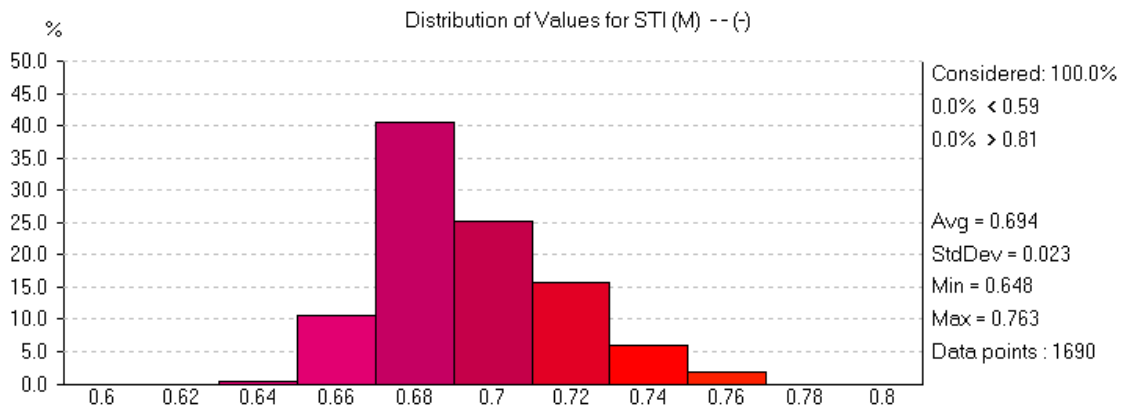
Ver-30° Hor-115°  
 Lspk: TOP L1, TOP L2, SUB L1, SUB L2, TOP R1, TOP R2, SUB R1, SUB R2  
 Project: Pirogova mat+LS  
 Map: Total SPL (Z)  
 Freq: 1000 Hz  
 (1/3 Octave Sum)  
 Shadow Cast Yes  
 Resolution = 0.65 m



### Коэффициент разборчивости речи STI

Ver-30° Hor-115°  
 Lspk: TOP L1, TOP L2, SUB L1, SUB L2, TOP R1, TOP R2, SUB R1, SUB R2  
 Project: Pirogova mat+LS  
 Map: STI (M)  
 Shadow Cast Yes  
 Resolution = 0.65 m





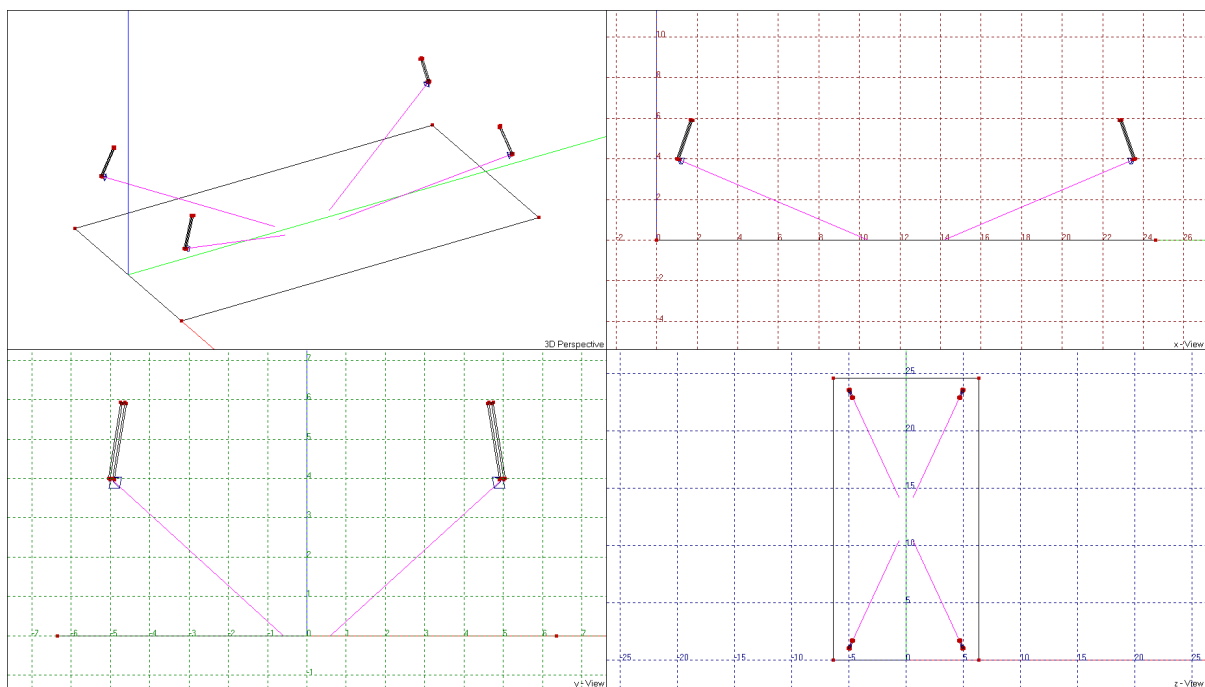
(c) EASE 4.4 / Pirogova / 03.07.2018 17:40:56 / Sergey Petrovski Aris Evgeny

Значение параметра STI находится в пределах 0,66 – 0,74 %, что соответствует оценке «хороший» результат

## Электроакустический расчет для корпоративного зала заседаний

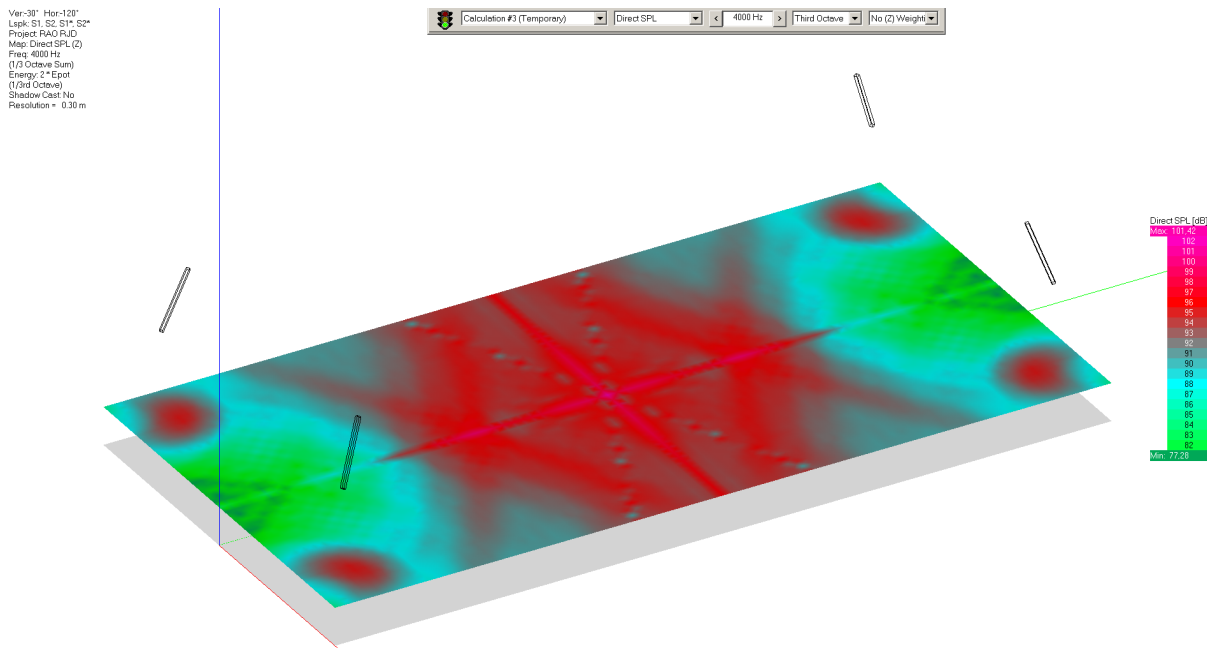
Первоначальная концепция озвучивания зала, которую заказчик решил проверить, пригласив экспертов из Бюро Акустических Расчетов – звуковые колонны по четырем углам помещения. Весьма распространенное решение, демонстрирующее обычно неудовлетворительный результат.

### Изначальная схема озвучивания



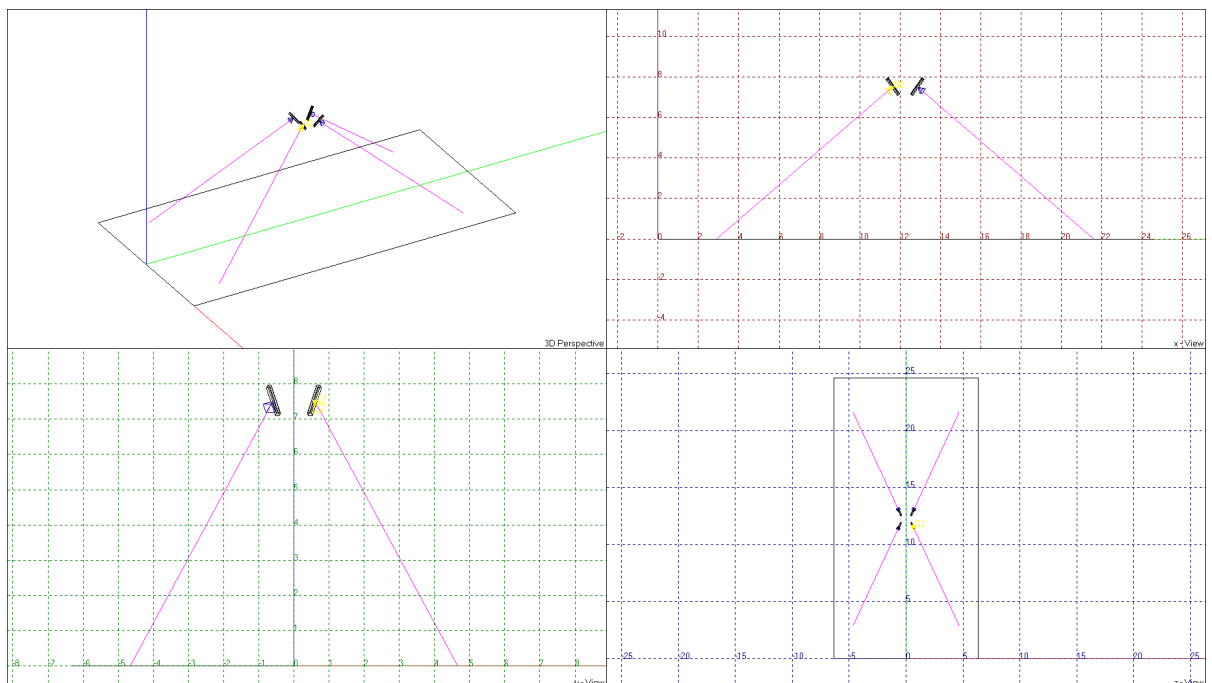
Было выполнено электроакустическое моделирование. Как и ожидалось, при изначальной схеме озвучивания проявилась ярко выраженная деструктивная интерференция. Как видно на картинке, при одновременной работе четырех колонок в одних местах зала звук усиливается, в других вычитается, а рабочие места вблизи колонок вообще не озвучены.

### Деструктивная интерференция



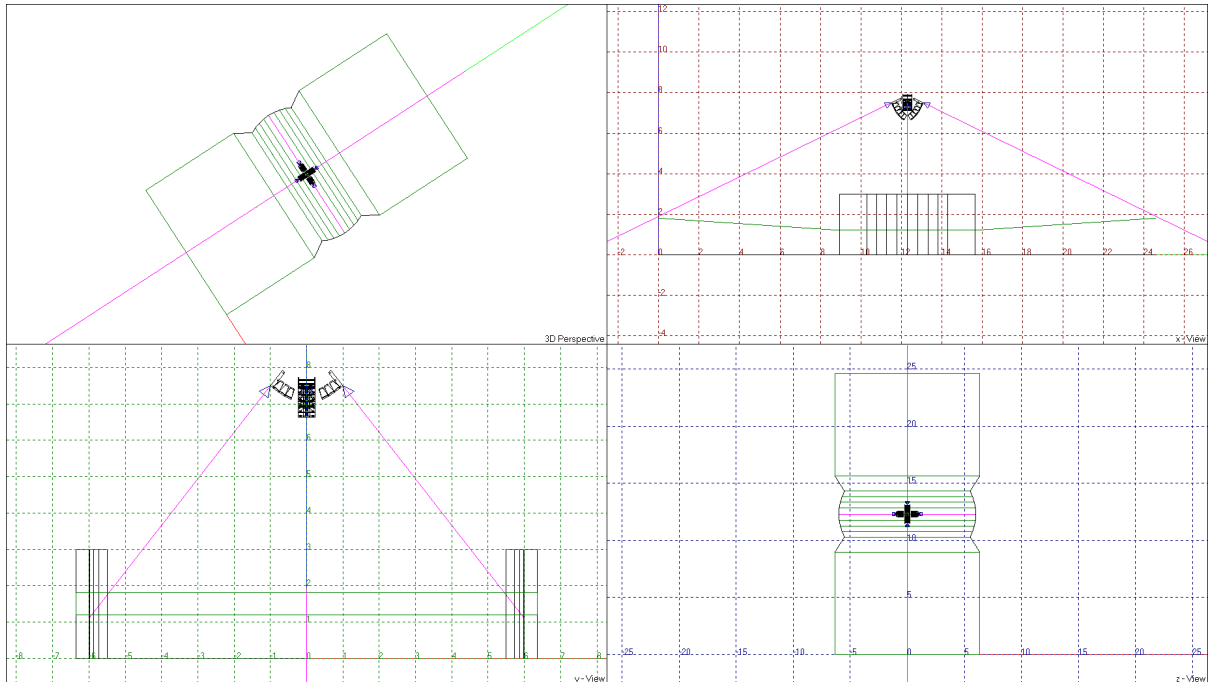
Мы предложили эти же четыре колонны повесить в центре зала под потолком, в виде сборного точечного источника. Распределение звукового давления получилось очень ровным, без интерференции, поскольку диаграммы направленности отдельных источников (колонок) не накладываются друг на друга.

### Второй вариант озвучивания – звуковые колонны по центру



В процессе работы над проектом заказчик принял решение вместо колонн использовать компактные линейные массивы. Концепция осталась та же – сборка из четырех массивов по центру помещения. На длинные стороны зала работают массивы из 6 элементов, на короткие – из 4 элементов. Принцип одного точечного источника сохранился.

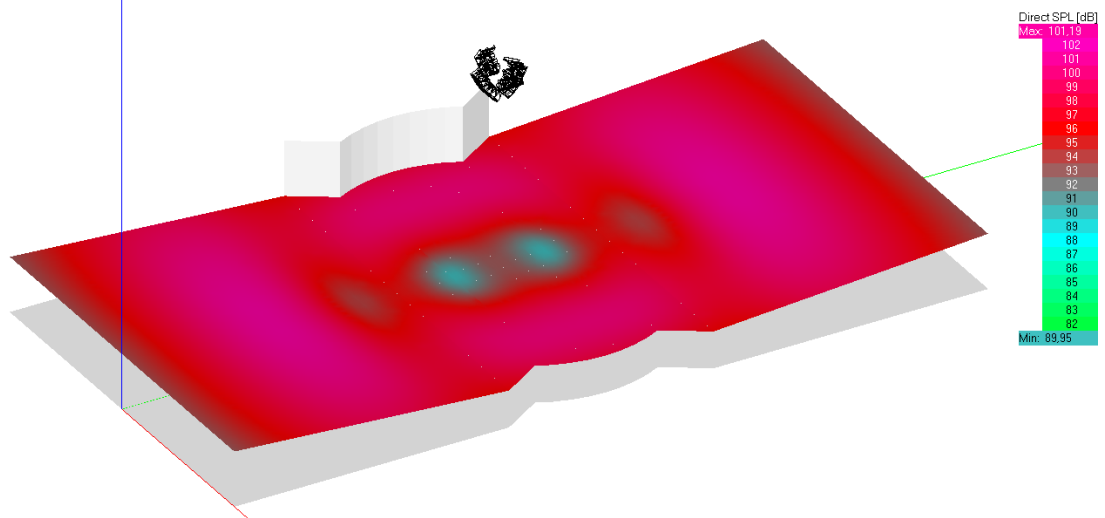
### Озвучивание зала – финальный вариант



Как мы видим на модели в программе EASE, такой вариант дает гораздо большую равномерность покрытия без признаков деструктивной интерференции.

### Результат моделирования для окончательного варианта

Ver-30° Hor-120°  
 Lspk: S1, S2, S3, S4  
 Project: RAO RJD  
 Map: Direct SPL (Z)  
 Freq: 1000 Hz  
 (1/3 Octave Sum)  
 Shadow Cast: Yes  
 Resolution = 0.30 m



Именно этот вариант был реализован. Использовались громкоговорители в заказном цвете, что позволило вписать их в дизайн помещения. По результатам контрольных измерений результат можно оценивать как хороший.

**Так выглядит в результате система звукоусиления зала**



## Наши проекты

1. Клуб Центр (Ельцин-центр), г. Екатеринбург (акустическое оформление, моделирование СЗУ)
2. Дворец Культуры г. Балаково (коррекция акустики, моделирование СЗУ)
3. Актальный зал института ВНИИФТРИ (акустическое оформление, моделирование СЗУ)
4. Ресторан THE TOY, г. Москва (акустическое оформление, моделирование СЗУ)
5. Универсальный зал SAP, г. Москва (моделирование СЗУ)
6. Зал президиума РНИМУ им. Н.И. Пирогова, г. Москва (акустическое оформление, моделирование СЗУ)
7. Многофункциональный зал Технопарк, Сколково (моделирование СЗУ)
8. Музыкальная школа Гольденвейзера (коррекция акустики)
9. Президентский зал РИА Новости (коррекция акустики)
10. Магаданский музыкальный и драматический театр (моделирование СЗУ)
11. Зал заседаний РАО РЖД (моделирование СЗУ)
12. Мосгордума, большой зал, малый зал (моделирование СЗУ)
13. Кондитерская фабрика, Московская область (разработка решений по снижению шума)
14. Кондитерская фабрика, г. Санкт-Петербург (разработка решений по снижению шума)
15. Офис компании "Coca-Cola", г. Москва (комплекс измерений и разработка решений по звукоизоляции)
16. Парк «Патриот», выставочный павильон (коррекция акустики, моделирование СЗУ)
17. Актальный зал общеобразовательной школы, г. Москва (акустическое оформление, моделирование СЗУ)
18. Атриум в здании Минфина, Москва (коррекция акустики, моделирование СЗУ)
19. Банк «Славянский кредит» (комплекс измерений и разработка решений по звукоизоляции)
20. ГМИИ им. Пушкина, новое выставочное пространство (разработка электроакустической концепции, моделирование СЗУ)
21. ГИТИС, новая сцена учебного театра (акустическое оформление, моделирование СЗУ)
22. Еврейский музей и центр толерантности, выставочный зал (коррекция акустики, моделирование СЗУ)
23. ММВБ, Москва. Акустическое проектирование (коррекция акустики зала)
24. Комната переговоров компании Руссдрагмет, Москва (акустическое проектирование)



Россия, 117519, Москва, Кировоградская ул., 22  
тел.: +7 (495) 771-74-73  
e-mail: [aris@arispro.ru](mailto:aris@arispro.ru)  
[www.arispro.ru](http://www.arispro.ru)