

Заметки с технического семинара фирмы Парк аудио (июль 2015г.)

Современные системы звукоусиления – это достаточно сложные технические комплексы. В них входят не только усилители и громкоговорители, но и оборудование обработки звукового сигнала. Для получения хороших результатов очень важен этап их установки и настройки. Настройка таких технических комплексов требует не только большого опыта инсталляции, но и знания теории звука, теории работы громкоговорителей и взаимодействия их между собой.

Именно поэтому 30 июля 2015 года на территории компании «Парк Аудио» мы собрали узкий круг специалистов, эксплуатирующих нашу технику, и провели небольшой мастер-класс. Основной его целью была отработка методики настройки линейного массива и экспериментальная проверка нескольких вариантов построения сабвуферных массивов.

В этой статье мы хотели бы рассказать об основных моментах, на которые следует обратить внимание при настройке систем звукоусиления. Статья не претендует на исчерпывающее изложение методики настройки. Это набор кратких заметок, которые могут пригодиться при эксплуатации систем звукоусиления.

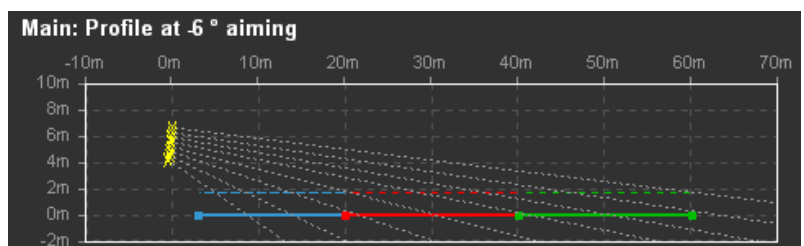
Отработка методики проводилась на базе линейного массива **PARK LINE-12** (<http://old.parkaudio.ua/pageline12.html>) и новинки 2015 года – сабвуферов **SW128 MkII** (http://park.amplifier.in.ua/?page_id=5998).

Компания «Парк Аудио» расположена в промышленной зоне, и поэтому есть отличная возможность, никому не мешая, проводить прослушивания и измерения такого рода звукоусилительных комплексов.



Для прослушивания использовалась открытая площадка длиной около 100 метров. В конце площадки находились отражающие элементы (стальной ангар). Сбоку также была отражающая поверхность (соседнее здание). Однако в 30-метровой зоне прослушивания влияние отражающих поверхностей было небольшим.

Для установки линейного массива были смонтированы две звуковые башни. В каждой из них было подвешено по 8 элементов линейного массива, высота подвеса верхних элементов составила 7 метров. Для предварительного просчета углов наклона элементов была использована программа **ArrayCalc** от **D&B** (можно использовать программы и от других производителей акустики, например, **Easy Focus** от **QSC**). Программа позволяет проанализировать равномерность покрытия озвучиваемой площадки и подготовить необходимые углы поворота элементов линейного массива. Моделирование было сделано на основе систем **D&B J-серии**, как наиболее близких по направленности и физическим размерам к нашим системам.



Установка линейного массива



Углы между элементами устанавливаются достаточно легко (система подвеса калиброванная, при установке фиксирующих «пальцев» в нужные позиции ошибок быть не должно). Но установка угла наклона всего линейного массива является более сложной задачей.

Направление оси излучения верхнего элемента должно попадать на дальний край зоны прослушивания.

Если наклон сделать слишком большим, высокие частоты, излучаемые верхними элементами массива, попадут в середину озвучиваемой площадки, и зрители, расположенные в конце площадки, будут ощущать нехватку высоких частот. Если же, наоборот, наклон сделать слишком малым, то можно направить высокие частоты, излучаемые верхними элементами массива

выше голов дальних слушателей (т.е. в небо).

Для точной настройки угла наклона массива на верхнем элементе был установлен лазерный прицел (обычная лазерная указка с системой быстрого крепления). Но увидеть куда попадает точка от указателя в солнечный день весьма непросто. Для поиска точки от указателя использовался большой лист картона, который перемещали по полю, пока точка не была поймана. После этого уже достаточно просто установить правильный угол наклона массива с помощью задней лебедки подвеса.



На что нужно обратить внимание.

Установить правильный угол наклона без лазерного указателя практически невозможно.

Мы попробовали, установив сначала «на глаз». Потом проверили с помощью лазерного указателя. Ошибка оказалась весьма существенной.

Настройка линейного массива

Первый этап – пошаговая ***проверка работоспособности массива.***

Все регуляторы уровня на усилителях устанавливаем на минимум. Потом, поочередно вводя уровни на усилителях, поэлементно проверяем работу в каждой полосе. При наличии измерительного оборудования необходимо контролировать работу каждой полосы, суммирование полос между собой и симметричную работу обоих порталов массива.

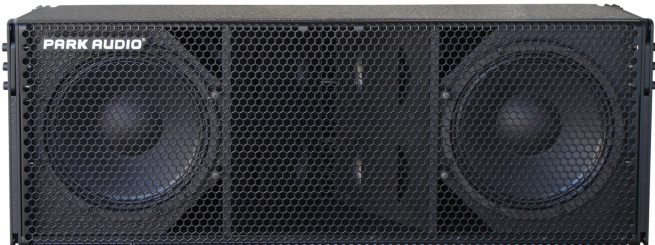
Этот этап позволяет выявить грубые ошибки в коммутации, неисправность громкоговорителей и усилителей.

Следующий этап – **тестовое прослушивание**.

Цель этого этапа – выявление на слух грубых ошибок настройки.

В нашем случае первое, на что обратили внимание, – явно завышенный уровень частот в мидбасовом диапазоне. Последующие измерения это полностью подтвердили.

С чем это связано? Вкратце вспомним устройство линейного массива.



Низкие частоты в каждом элементе воспроизводятся двумя 12” головками. Частотный диапазон этих головок ограничен частотой 300Гц. Диаграмма направленности массива в этом диапазоне формируется только за счет взаимо-

действия между элементами. Излучение от всех элементов массива достаточно хорошо суммируется в зоне прослушивания.

Средние частоты воспроизводятся четырьмя 6” головками, установленными в коротком рупоре. За счет рупора и взаимодействия между головками каждый элемент массива с повышением частоты приобретает собственную диаграмму направленности.

Высокие частоты воспроизводятся тремя драйверами, нагруженными на волноводы и рупор. Вертикальная диаграмма направленности очень узкая (около 10 градусов).

В результате в каждую отдельно взятую точку площадки попадают высокие частоты практически только от одного элемента линейного массива, низкие частоты – от всех элементов одновременно, для средних частот возникает некий промежуточный вариант. Как результат, при ровной характеристике каждого элемента мы получаем явный избыток низких частот при работе всего массива.

Для массивов существует понятие **«coupling correction»**. Это частотная коррекция, зависящая от количества совместно работающих элементов. Фактически, это шельф-эквализация, снижающая уровень низких частот в зависимости от количества элементов на величину от 3 до 9 дБ. Чем больше элементов работает одновременно, тем больше должна быть эта коррекция.

Второй инструмент, которым не следует пренебрегать – это затенение (**«shading»**) или же просто уменьшение уровня высоких частот для элементов, работающих на ближнюю зону. Так как расстояние от этих элементов до слушателей небольшое, то и затухание высоких частот незначительное. Поэтому для комфортного восприятия полезно уменьшить уровень высоких частот для нижних элементов линейного массива. В то же время для элементов массива, работающих на дальнюю зону, уровень высоких наоборот нужно увеличить. В случае подачи на все элементы сигнала высокочастотной полосы с одного канала процессора уровнями элементов массива можно управлять с помощью соответствующих регуляторов уровня усилителей.

После подстройки частотной коррекции (**«coupling correction»**) и уменьшения уровней высоких частот (**«shading»**) для нижних элементов массива звучание массива стало ровным.

Установка и настройка сабвуферных массивов

Целью следующего этапа была экспериментальная проверка нескольких вариантов формирования сабвуферных массивов. В нашем распоряжении были 12 сабвуферов **SW128MkII** в комплекте с соответствующими усилительными рэками.

При формировании сабвуферных массивов необходимо было решить две типичные задачи: равномерное покрытие площадки в передней полуплоскости и уменьшение уровня низких частот в задней полуплоскости (излучаемых в сторону сцены). Выполнение второго условия облегчает жизнь артистам и уменьшает уровень деструктивных отражений от конструкций сцены и расположенных за ними элементов.

Поскольку сабвуферы **SW128MkII** имеют круговую диаграмму направленности, для выполнения этих условий можно использовать только взаимодействие между отдельно взятыми сабвуферами.

Прежде чем начинать расстановку сабвуферов необходимо предварительно промоделировать ее в какой-либо программе моделирования сабвуферных массивов. Для моделирования была использована программа **Y-S3** от **Yamaha**, так как программа **ArrayCalc** от **D&B** не может моделировать работу градиентного массива.

Первый вариант расстановки – традиционный «**end-fire**» из 6 сабвуферов на каждую сторону. Массив обеспечивает отличное сложение излучения всех сабвуферов в передней полуплоскости, но неидеальное, частотно зависимое подавление в задней полуплоскости.



Частоты, на которых обеспечивается максимальное подавление, зависят от расстояния между сабвуферами.

Основой построения массива является определение расстояния между сабвуферами, которое собственно и определяет частоту, на которой происходит максимум подавления. Это расстояние равняется четверти длины

волны, на которой происходит максимум подавления. Например, если расстояние между первым и вторым сабвуферами = 1.3м, то частота максимального подавления составит 66Гц ($345/(1.3 \cdot 4) = 66\text{Гц}$, где 345м/с – это скорость звука при температуре 25 градусов, а $4 \cdot 1,3\text{м}$ – это длина волны). Соответственно при расстоянии между первым и третьим сабвуферами = 2.6м, частота максимального подавления составит 33Гц. В итоге имеем две частоты максимумов подавления 66Гц и 33Гц.

Инсталлировать такой массив достаточно просто. На задние сабвуферы подается сигнал с нулевой задержкой, на впереди стоящие – с задержкой, соответствующей расстоянию между передними плоскостями сабвуферов. (см. рис. 1).

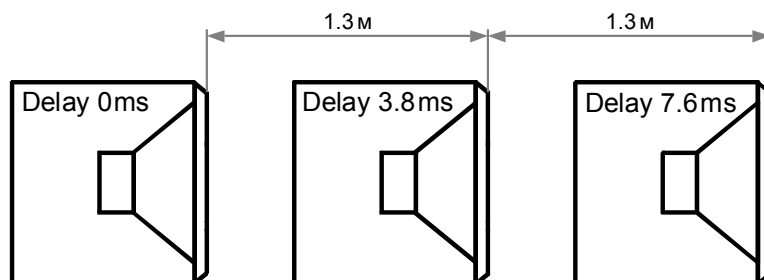


Рис. 1

Моделирование равномерности покрытия озвучиваемой площадки массивом «**end-fire**» выявило определенные проблемы. Два стека массива «**end-fire**», расположенные по бокам сцены, являются типичной конфигурацией «**left-right**». Недостатки ее известны: неизбежное образование так называемых «**power alley**» (зон высокого звукового давления и зон глубоких вычитаний между ними, см. рис.2).

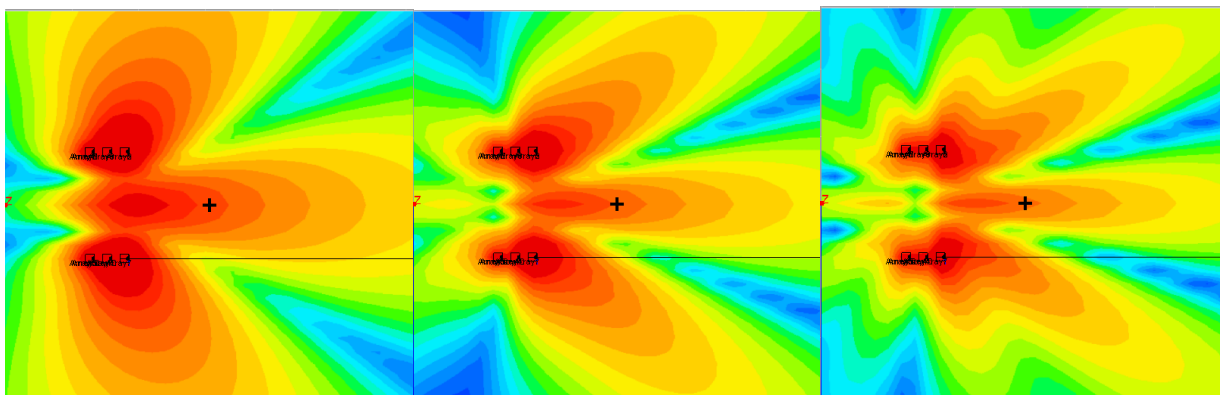


Рис.2
Распределение звукового давления при работе массива «**end-fire**» на частотах 44, 63 и 80Гц.

Прослушивание полностью подтвердило результаты моделирования. Для улучшения распределения низких частот массивы «**end-fire**» попробовали развернуть на угол 30 градусов в разные стороны (см. рис.3). Распределение звукового давления немного изменилось. Покрытие хоть и стало более равномерным, но все равно далеким от идеала.

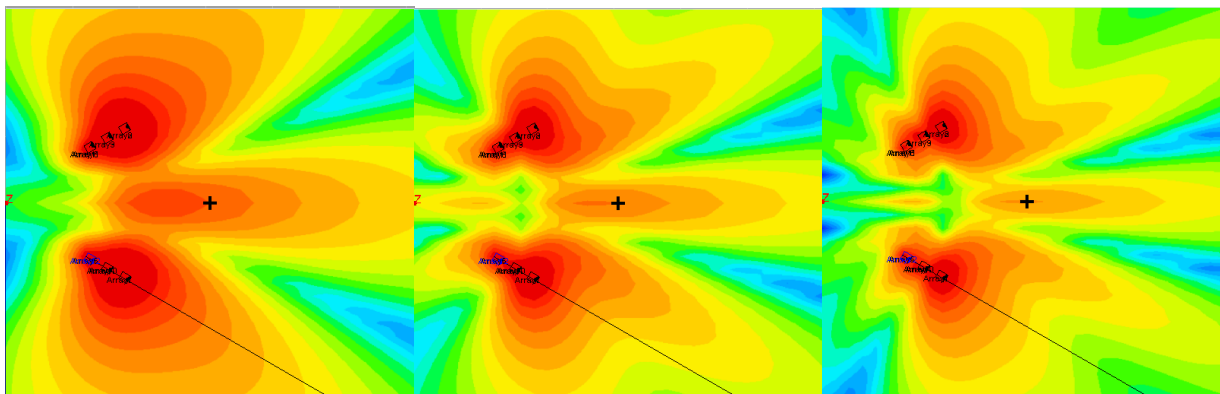


Рис.3
Распределение звукового давления при работе развернутого массива «**end-fire**» на частотах 44, 63 и 80Гц.

Второй вариант расстановки – это градиентный массив. Он устанавливался в двух модификациях. В первой (прямой градиентный массив) все сабвуферы передней линии были включены параллельно, с нулевой задержкой. Сабвуферы второй линии также были включены параллельно, но сигнал для них был проинвертирован и подан с задержкой, соответствующей расстоянию между первым и вторым рядом сабвуферов (см. рис.4).

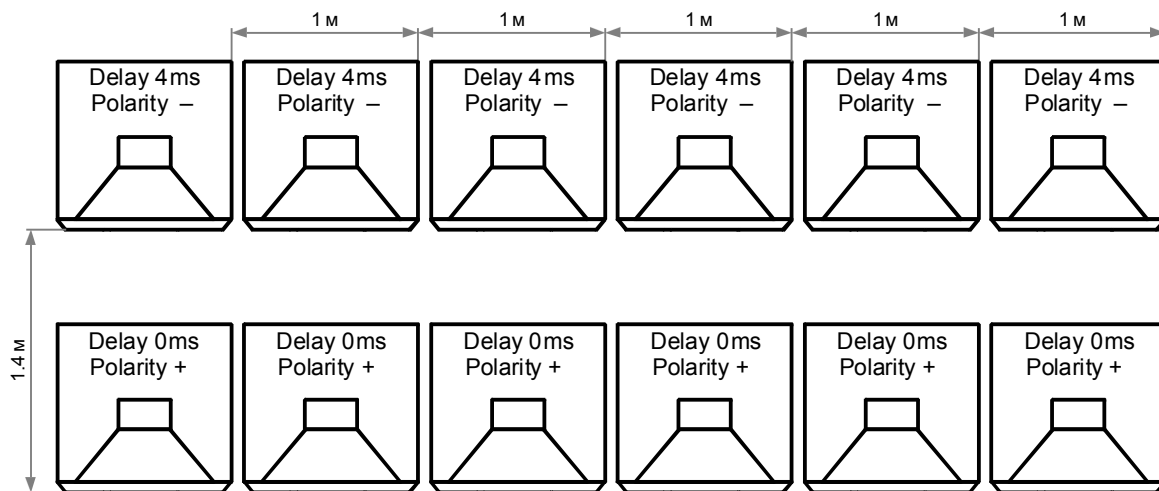


Рис.4

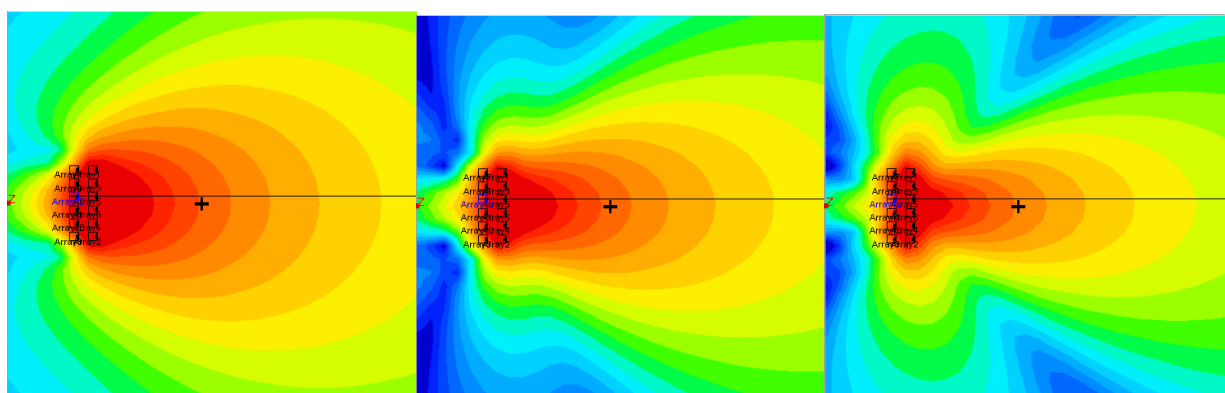


Рис.5

Распределение звукового давления при работе градиентного массива на частотах 44, 63 и 80Гц.

Как видно из рис. 5 распределение низких частот по площадке не идеальное, диаграмма направленности узкая. Для выравнивания уровня НЧ по площадке нужно изогнуть массив (физически или виртуально, с помощью задержек, см. рис.6, 7).

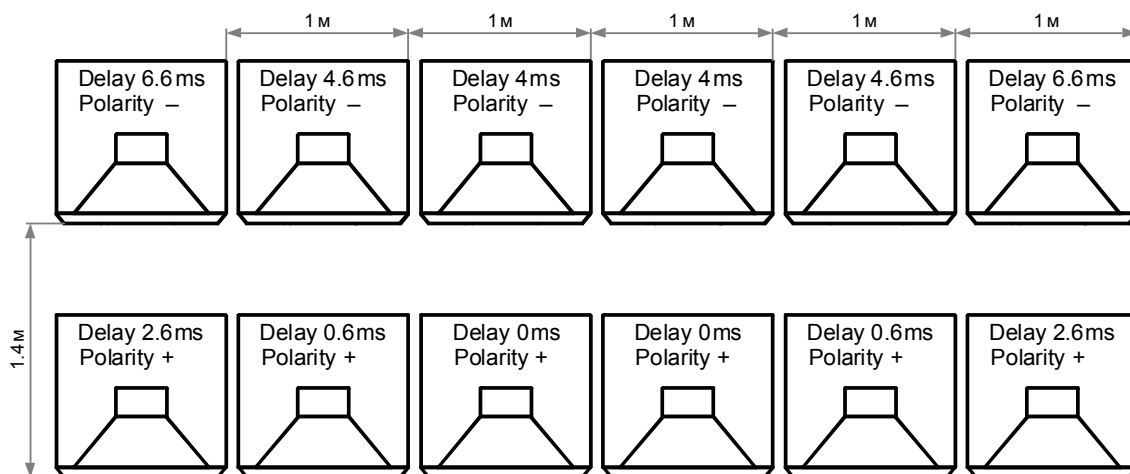


Рис.6

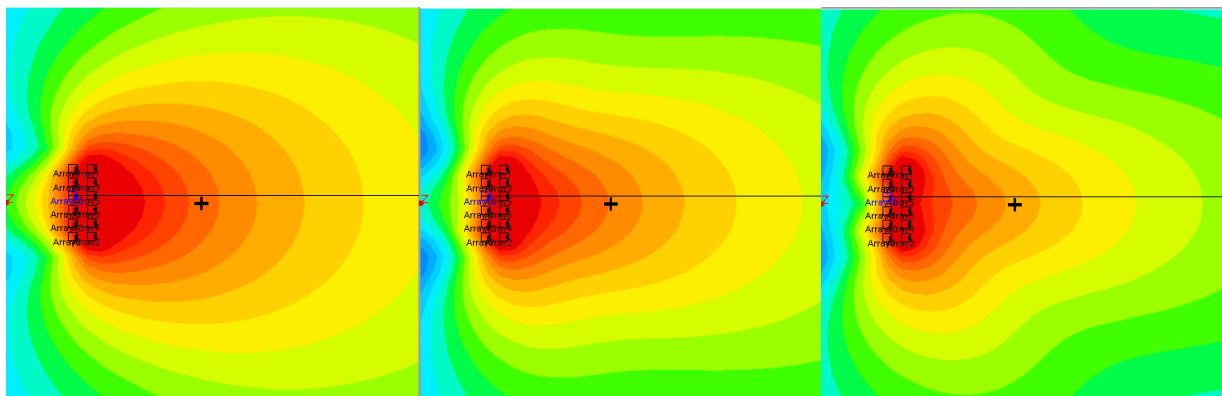


Рис.7

Распределение звукового давления при работе искривленного с помощью задержек градиентного массива на частотах 44, 63 и 80Гц

Низкие частоты распределены по площадке очень равномерно.

Но что произвело наибольшее впечатление, так это подавление низких частот на сцене. Сзади за сабвуферами низа нет вовсе! Когда перемещается вперед из-за сабвуферов, при подходе к передней стенке первого ряда сабвуферов впечатления напоминают прыжок в холодную воду. Граница между отсутствием низа и очень высоким его уровнем очень резкая. Буквально при перемещении вперед на полметра попадаешь под шквал низких частот. Единственный недостаток – в каждом портале требуется минимум 6 каналов процессора для управления сабвуферами.

Можно сэкономить 2 канала процессора физически сдвинув часть сабвуферов на небольшое расстояние вглубь сцены. Такой вариант расстановки показан ниже (рис.8) и требует в каждом портале только 4 канала процессора.

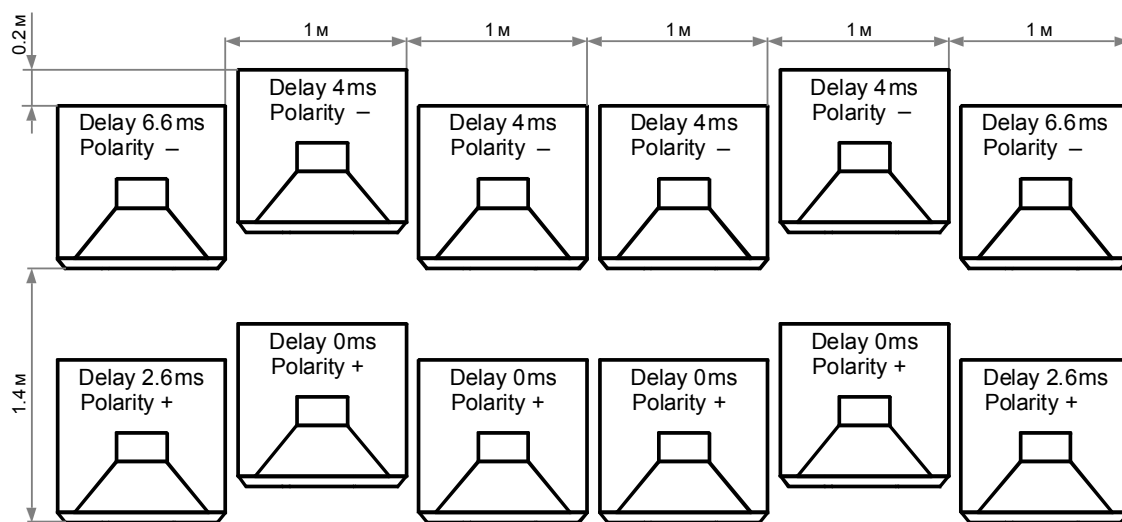


Рис.8

При отсутствии и таких ресурсов можно попробовать еще один вариант расстановки (см. рис. 9, 10). Его идею подсказал известный украинский звукорежиссер – Игорь Курилович. Этот вариант требует всего два канала процессора и фактически представляет собой тот же «end-fire» в комбинации с физически изогнутым массивом. Такой вариант можно установить, используя всего 2 канала процессора.

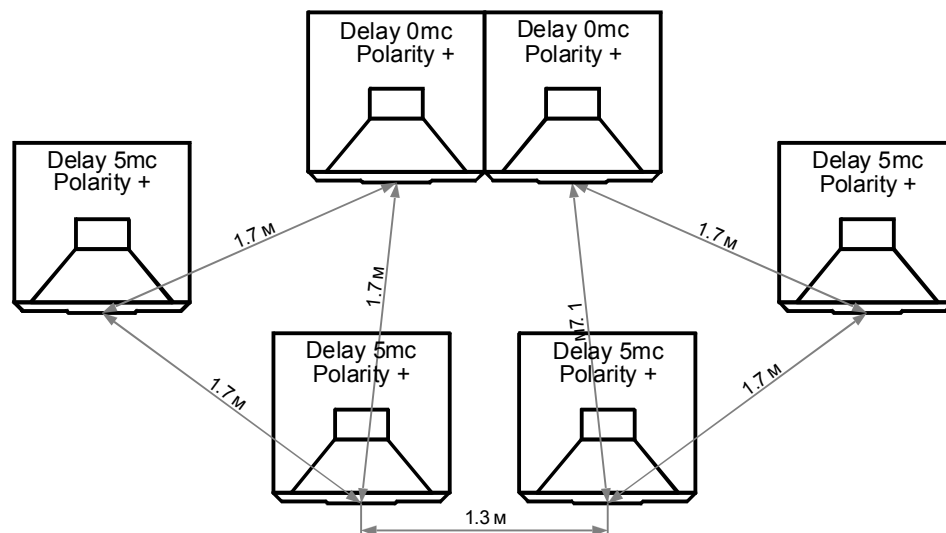


Рис.9

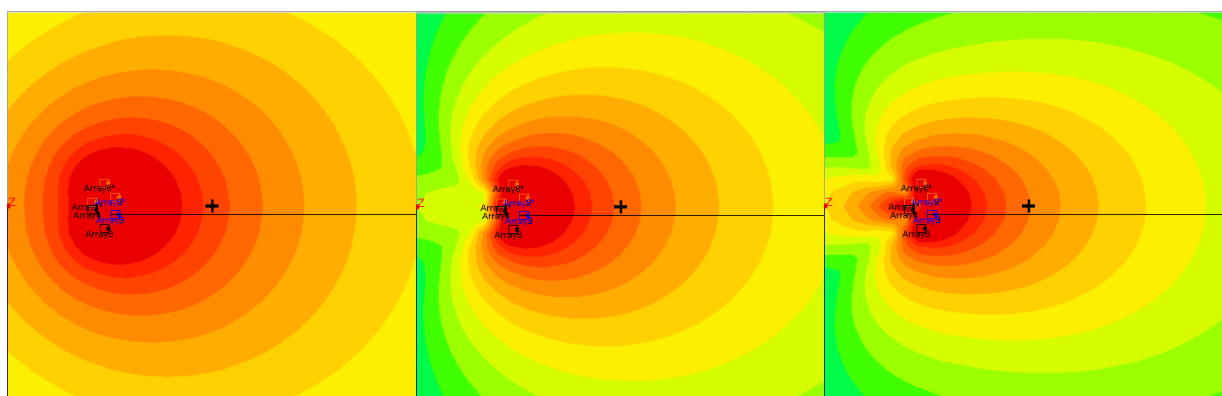


Рис.10

Распределение звукового давления при работе комбинации «end-fire» с физически изогнутым массивом на частотах 44, 63 и 80Гц

Из рис. 10 видно, что распределение низких частот достаточно равномерное. Недостатком можно считать ограниченное подавление излучения в сторону сцены. Выбранное расстояние в 1.7 метра соответствует максимуму подавления на частоте 50Гц. На других частотах подавление ухудшается.

Согласование линейного массива с сабвуферами

Последний и очень важный этап настройки системы – согласование работы подвешенного линейного массива с сабвуферами. От этого согласования зависит воспроизведение частот, которые попадают в рабочий диапазон частот одновременно линейного массива и сабвуферов.

Частота раздела между линейным массивом и сабвуферами находится в районе 90Гц. Исходно согласование сабвуферов и элементов линейного массива было выполнено при условии, что элемент линейного массива лежит на сабвуфере. Поэтому в простейшем случае можно выполнить геометрическое согласование линейного массива и сабвуферов и ввести полученную величину задержки в процессор.

Согласование на всей площадке одновременно выполнить невозможно. Поэтому, обычно выбирают зону, в которой уровень звука от сабвуферов равен уровню звука от массива. Чаще всего для этого используют позицию рубки звукорежиссера. Далее измеряют расстояние от рубки до массива и до сабвуферов. Разницу в этих расстояниях вводят в виде задержки в процессор.

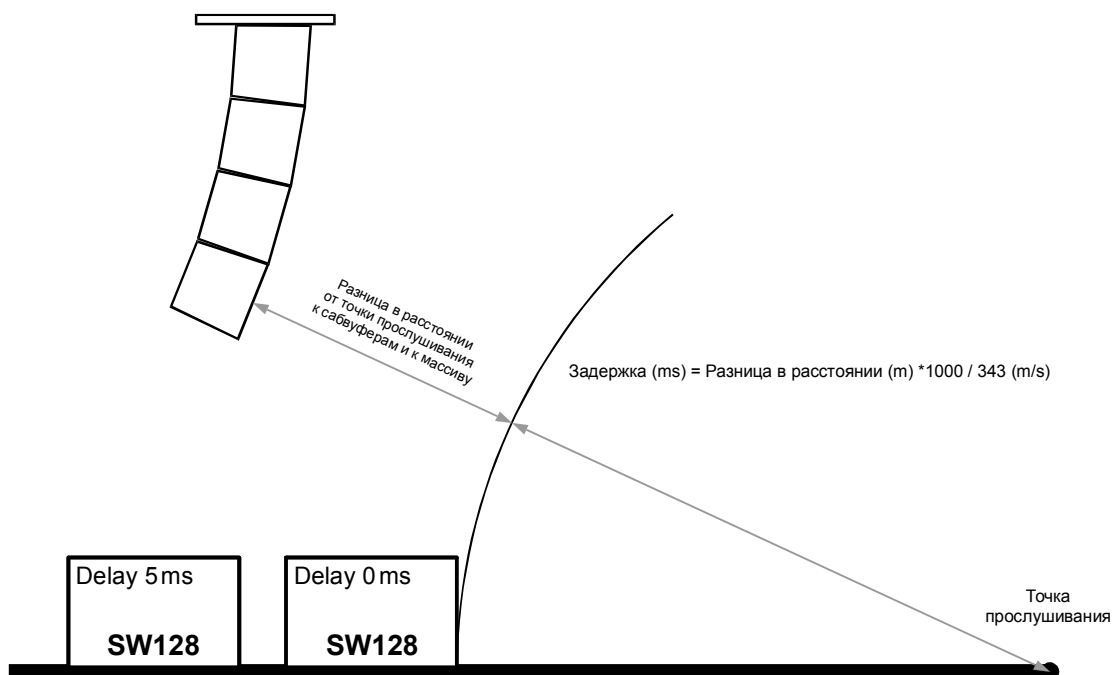


Рис.11

Контроль согласования лучше всего производить, используя измерительный комплекс на базе программы Smaart, но можно попробовать обойтись и без него.

Для этого можно воспользоваться достаточно простой методикой.

1. Оставляем включенным только один портал. Точка контроля выбирается по описанным выше критериям. Помощник звукорежиссера должен находиться именно в этой точке.

2. Подаем на систему синусоидальный сигнал частотой, равной частоте раздела сабвуферы/линейный массив (в нашем случае – 90Гц).

3. Подавая поочередно сигнал на сателлиты и сабвуферы необходимо добиться в точке прослушивания примерно одинакового уровня звука от сабвуферов и линейного массива (это можно сделать регуляторами усилителей).

4. Инвертируем фазу в канале сабвуферов.

5. Вращая регулятор задержки, определяем значение, при котором наблюдается минимальный уровень звука. Значение задержки должно находиться при этом в районе предварительно геометрически рассчитанного значения. При большом отклонении значения задержки от расчетного нужно искать ошибки в настройке.

6. Убираем инверсию фазы, восстанавливаем значения регуляторов уровня.

Теперь системы согласованы между собой.

И только на этом этапе, после проверки работы линейного массива, проверки работы сабвуферного массива, проверки временного согласования массива и сабвуферов можно пробовать эквализировать систему.

При этом не нужно забывать, что контролировать амплитудно-частотную характеристику нужно не в одной точке. Решение по эквализации нужно принимать по нескольким измерениям, сделанным в разных точках площадки.

Заключение: В статье мы остановились только на нескольких моментах настройки большого комплекса звукоусиления. Реальная жизнь обычно ставит еще много других задач, чем решаемые в статье. Вот лишь некоторые из них:

- борьба с отражениями от близлежащих поверхностей;
- дополнительное озвучивание зон перед сценой и по бокам сцены (использование и согласование дополнительных систем с основным комплектом);
- озвучивание сцены («Sidefill» или «прострелы») и их согласование с основным комплектом;
- применение линий задержки при озвучивании больших площадок.

Но в любом случае применение рассмотренных методик позволит избежать грубых ошибок в настройке больших звуковых комплектов.