

### **Вопрос 3. Общие принципы звукоусиления в концертных залах.**

#### **Звукоусиление при озвучивании**

Система звукоусиления применяется в тех случаях если источник звука (оратор, актер, оркестр) расположен на значительно большем расстоянии от слушателей вследствие чего не обеспечивает нормальной слышимости, в сильно зашумленных помещениях (вокзал, крупный магазин) или если помещение имеет плохие акустические свойства, например, фойе где стены, потолок и пол сделаны из стекла.

В закрытых помещениях с хорошими акустическими свойствами, усиление звука требуется при объеме свыше 2000 м<sup>3</sup> и расстоянии до наиболее удаленных слушателей более 25 м. Любая система звукоусиления состоит из нескольких элементов. Все составляющие систему компоненты можно классифицировать следующим образом:

Вход - микрофоны, распределительные коробки, мультикоры и сценические коммутаторы.

- Управление и маршрутизация - пульт, эквалаизация и кроссовер.
- Обработка и внешние эффекты: компрессоры, гейты, внешние эквалайзеры, ревербераторы и задержки.
- Усиление - усилители мощности. Они могут состоять из двух- или трехполосных систем усиления с отдельным управлением по каждой из частотных полос, а также электронного кроссовера, который разбивает сигнал консоли по частотным диапазонам и передает каждый на свой усилитель.
- Выход – динамики, на данный момент - есть два типа колонок: порталы (для аудитории) и мониторы (для исполнителей).<sup>1</sup>

Особенность озвучивания заключается в том, что первичный источник звука (микрофон) и вторичные (динамики) находятся в одном помещении и возникает обратная связь.

Другая особенность состоит в том, что наилучшее звуковосприятие возникает тогда, когда зрительный образ у слушателя совпадает со звуковым. Это требует локализации действия источников звука. Задача звукоусиления заключается в создании уровня звукового поля на местах слушателей не менее того, который получается у слушателя, находящегося на оптимальном расстоянии от первичного источника звука. Обычно типовые расстояния:

- до слушателя 10-12 м;
- до микрофона 2-3 м.

Разность уровней в точке с минимальным уровнем поля и у микрофона называют индексом передачи тракта микрофон – удаленный слушатель (или просто индексом тракта).

Для речевых передач при определении индекса исходят из получения полной понятности речи в точке с минимальным уровнем поля с учетом уровня шумов в этой точке.

При звукоусилении, как правило, нет необходимости в создании громкоговорителями повышения уровня поля вблизи источника звука. Поэтому громкоговорители устанавливают либо впереди микрофона, создавая зону обслуживания

---

<sup>1</sup> Головань Е.Ю. Специфика создания звукового оформления культурно-массовых мероприятий центров культуры и досуга. Екатеринбург, 2020.

первичным источником, либо звуковые колонки располагают сверху, как показано на рис. 1, достигая того же эффекта.

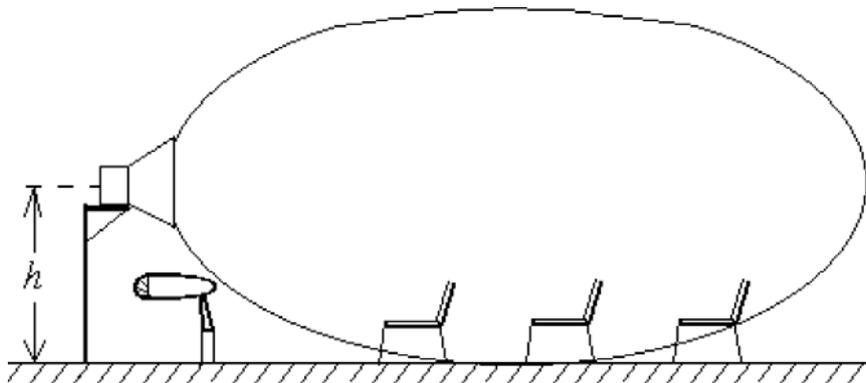


Рис. 1. Верхнее размещение громкоговорителей

Из-за обратной связи возможно самовозбуждение на одном из пиков частотной характеристики тракта. Перед началом самовозбуждения прослушивается позванивание на вероятной частоте возбуждения, получается так называемая регенеративная реверберация.

Реверберация – это постепенное затухание звука в закрытом помещении из-за повторных отражений звуковых волн от окружающих предметов после того как источник звука перестал звучать. Регенерация – это возрождение, восстановление колебаний. При этом частотная характеристика звукового тракта становится более неравномерной. Обратная связь в помещении возможна как по прямому, так и по диффузному звуку.<sup>2</sup>

### Настройка малых и средних залов.

Системы звукоусиления предназначены для того, чтобы донести чистый, прозрачный звук в правильном динамическом и частотном диапазоне с достаточной громкостью до всех слушательских мест, сделать прослушивание музыкальных и речевых программ возможно более комфортным, создать эффект присутствия.

По своему функциональному назначению залы, в которых устанавливаются системы звукоусиления, отличаются друг от друга. Например, на дискотеках основное внимание уделяется танцевальной площадке. Здесь главное создать равномерное звуковое поле над головами танцующих, воспроизвести весь динамический и частотный диапазон музыкальных программ, причем ограничений по мощности в используемых звукоусилительных системах практически не существует. В ресторанах и ночных клубах системы звукоусиления должны обладать некоторой универсальностью. Они должны транслировать с неизменным качеством фоновую, камерную, симфоническую, блюз, рок, диско и другую музыку, а также «живые» выступления музыкантов.

Такой же универсальностью должны обладать системы звукоусиления и в концертных залах.

Каждый зал, в зависимости от его архитектурных особенностей и функционального

<sup>2</sup> Самойлов А.Г. Основы акустики и электроакустики: учеб. пособие / А.Г. Самойлов, С.А. Самойлов; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 56 с.

назначения, требует индивидуального подхода при проектировании звукоусилительных систем. В данной статье предлагается рассмотреть особенности построения систем звукоусиления, исходя из размеров зала, а не от функционального назначения, предполагая, что данное помещение может использоваться как многоцелевое.

С увеличением пространства проблемы, связанные с обеспечением чистого, понятного (разборчивого) звука и необходимого уровня звукового давления, а значит и громкости воспроизведения музыкальных и речевых программ, растут. Это связано с тем, что чем дальше от источника звука (акустической системы звукоусилительного комплекса) находится слушатель, тем меньше уровень громкости воспроизводимой программы. В пространстве, в котором отсутствует реверберация, например на улице, уровень звукового давления уменьшается в два раза (на 6 дБ) при удалении от источника на двойное расстояние.

Вторая проблема, которая возникает при озвучивании помещения это реверберация, присущая каждому помещению. Если слушатель располагается вблизи акустической системы, то он находится в «прямом поле». Это поле, где звук, идущий от акустической системы, гораздо громче отраженного звука. При удалении от акустической системы звук, отраженный от пола, потолка и стен помещения, становится громче звука, приходящего непосредственно от нее.

Вот здесь и начинаются проблемы. В реверберационном пространстве всегда найдется точка, где отраженный звук сильнее, чем прямой. Надо отметить, что уровень звукового давления стремится к постоянному значению в реверберационном (диффузном) поле, независимо от того, где находится слушатель. Расстояние от акустической системы, на котором уровни прямого и отраженного звука равны, называется «критическим расстоянием». Когда слушатель находится в реверберационном поле, то звук, который он слышит, япо большей части является отраженным от пола, потолка и стен помещения и лишь небольшая его часть идет непосредственно от акустической системы. Все эти отражения достигают ушей слушателя через слегка различающиеся промежутки времени, имея несколько больший уровень звукового давления, чем прямой звук. В результате для слушателя, находящегося в реверберационном поле, теряется разборчивость и прозрачность звука.

Проблему реверберационных полей можно решить двумя путями. Первый - это изменить форму и отделку отражающих элементов стен и потолка помещения. Но на практике изменить интерьер помещения таким способом практически невозможно. Второй путь - это правильно спроектировать звукоусилительный комплекс, чтобы он смог преодолеть проблему реверберационных полей в помещении.

Основное внимание при проектировании звукоусилительной системы, предназначенной для работы в конкретном помещении, следует уделять выбору акустических систем. Акустические системы с узкой диаграммой направленности иногда называют системами «дальнего боя» (это не стандартизированный технический термин, а профессиональный жаргон). Термины «дальний бой», «ближний бой» характеризуют, как далеко акустические системы могут донести чистый, понятный звук. Это напрямую зависит от дисперсии. Для описания принципа построения таких систем можно взять пример из повседневной жизни. Представьте себе обычный шланг для полива. Вода в шланге подходит к насадке на его конце с постоянным давлением, а сама насадка определяет, как пойдет вода. Если насадка широкая, то вода далеко не польется, но если поменять насадку на более узкую или зажать конец шланга, вода польется значительно дальше.

То же самое происходит и со звуком. Например, если среднечастотный драйвер соединить с широкоугольным рупором, получится система «ближнего или среднего боя».

Если же его соединить с узкоугольным рупором, то получится система «дальнего боя». Применяя рупорные системы с узкой диаграммой направленности можно решить проблему реверберации в помещениях среднего и большого размеров. Путем повышения уровня звукового давления прямого звука добиваются, чтобы материал музыкальных и речевых программ стал более понятным и разборчивым. Системы «дальнего боя» используются не только для повышения

уровня звукового давления, но также и для концентрации звука на удаленных от источника звука слушательских местах, при этом уровень звукового давления прямого звука будет выше уровня отраженного. А это и есть решение проблемы реверберационных полей.

Рассмотрим специфику озвучивания различных по размеру помещений и опишем звукоусилительные системы, которые могли бы использоваться в них.

Условно разделим рассматриваемые помещения в зависимости от их объема на три типа - маленькие с объемом до 300 м<sup>3</sup>, средние с объемом до 900 м<sup>3</sup> и большие с объемом до 2700 м<sup>3</sup>. Надо отметить, что при такой разнице в размерах помещений мощности систем звукоусиления, необходимые для поддержания определенного уровня звукового давления (SPL) в реверберационном поле, будут значительно различаться. Рассмотрим простейший пример, где примем для удобства, что одинаковые звуковые системы будут работать в помещении с объемом 300 и 3000 м<sup>3</sup>. Если система звукоусиления мощностью в 100 Вт сможет обеспечить в маленьком помещении средний уровень звукового давления в 100 дБ, то для большого помещения потребуется в 10 раз больше мощности (примерно 1000 Вт) для получения того же уровня звукового давления в 100 дБ. Также требуемая акустическая мощность системы сильно зависит от того, какие музыкальные и речевые программы и как громко необходимо озвучивать в конкретном помещении. На рис. 2 показаны средние уровни звукового давления в некоторых типичных случаях. Уровень звукового давления при обычном разговоре на расстоянии 30 см равен примерно 70 дБ. У большинства людей уровень в 120 дБ вызывает болевые ощущения. Иногда на концертах рок-групп уровень звукового давления достигает 115-120 дБ и выше. В дальнейшем будем исходить из того, что заданным параметром в залах является звуковое давление в зоне слушательских мест, а расчету подлежит необходимая для обеспечения этого звукового давления акустическая мощность излучателей. Потребляемая электрическая мощность определяется при этом КПД и чувствительностью акустических систем.



Рис. 2

Если требуется озвучить относительно маленькое помещение с размерами 10м на 10м и высотой 3м (объем 300м<sup>3</sup>), то типовая установка акустических систем звукоусилительного комплекса, которая обычно хорошо работает, показана на рис 2. Для этого помещения из всего многообразия производимых в мире акустических систем желательно подобрать двухполосную акустическую систему прямого излучения с 12-дюймовым широкополосным динамиком и с соответствующими рисунку углами излучения по вертикали и горизонтали. мощность системы должна обеспечивать средний уровень звукового давления около 106 дБ, а в пике 116 дБ, тогда вокал и инструменты будут звучать чисто и неискаженно.

Для повышения угла рассеивания и звукового давления можно использовать более мощные 3-полосные акустические системы с 15-дюймовым низкочастотным динамиком и соответствующим усилитель мощности, позволяющий достичь среднего уровня звукового давления 116 дБ и 126дБ в пике. На рис. 3 показано, как соединяются между собой приборы, входящие в состав рекомендуемого звукоусилительного комплекса. Это соединение несколько неточно называется «monoural»-системой, которая в данном случае более практична, чем стереоинсталляция. При установке стереосистемы есть риск, что часть партий музыкального произведения будет на слышна одной стороне, а часть на другой, и только слушатели, сидящие посередине услышат все целиком. Если описанная выше система предназначена для постоянной установки в данном помещении, то лучше было бы подвесить акустические системы в местах, указанных на рис. 2.

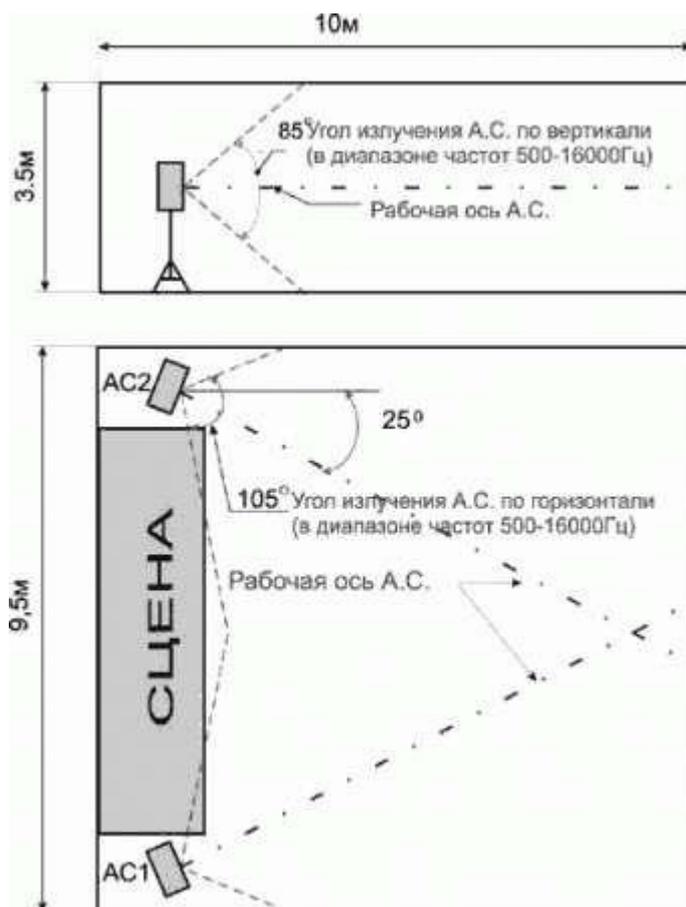


Рис. 2

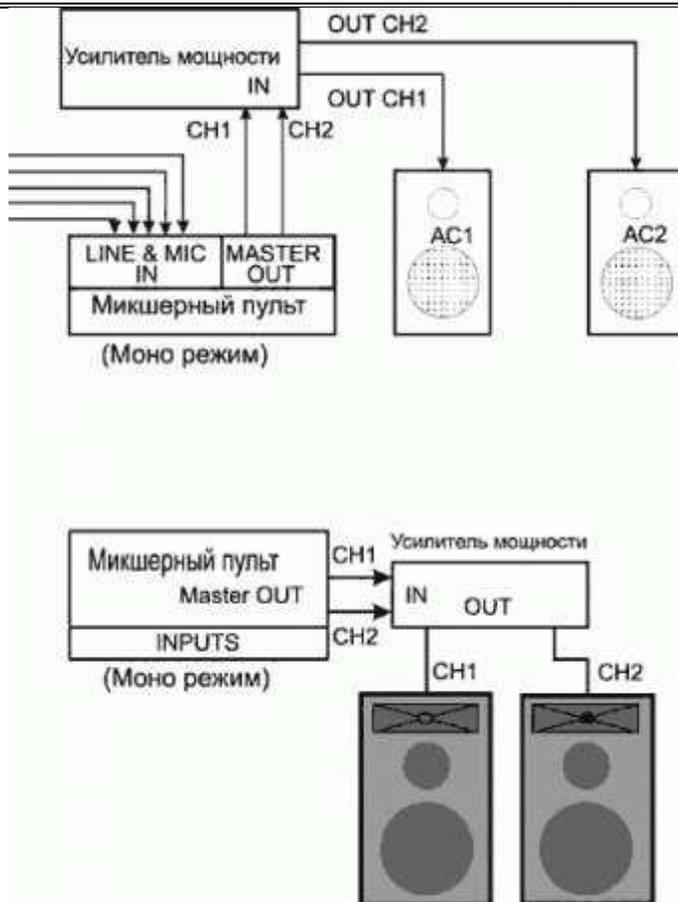


Рис. 3 (сверху) и рис. 5 (снизу)

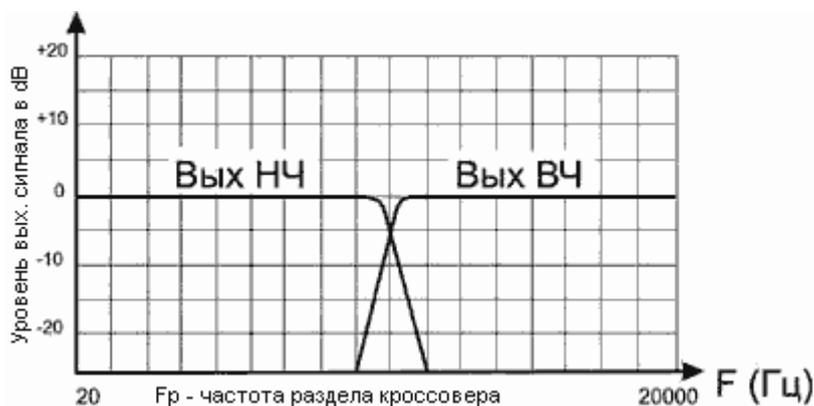


Рис. 8

Для озвучивания среднего помещения размером 13 м на 15 м и высотой 4,5 м можно, так же как и в маленьком помещении, использовать широкополосные акустические системы, обеспечивающие указанные на рис. 4 углы излучения по вертикали и горизонтали. При этом мощность звукоусилительной системы должна обеспечивать средний уровень звукового давления 106 дБ и до 116 дБ в пике. Для достижения более высоких уровней звукового давления (например, среднего 116 и 126 дБ в пике) в данном помещении лучше использовать двухполосную систему с активным разделением частот. Инсталляция такой системы для среднего помещения показана на рис. 6.

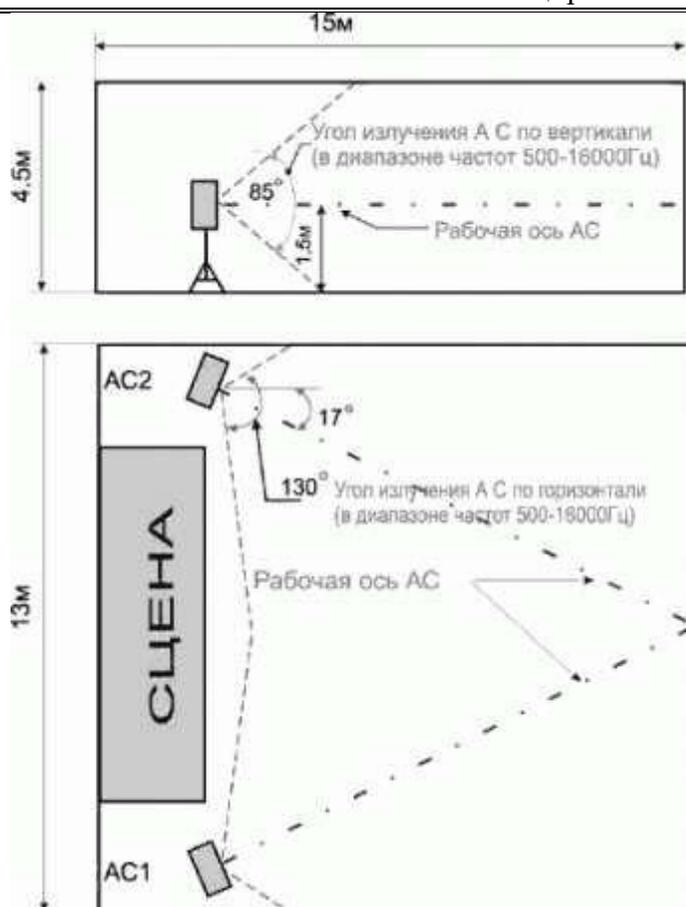


Рис. 4

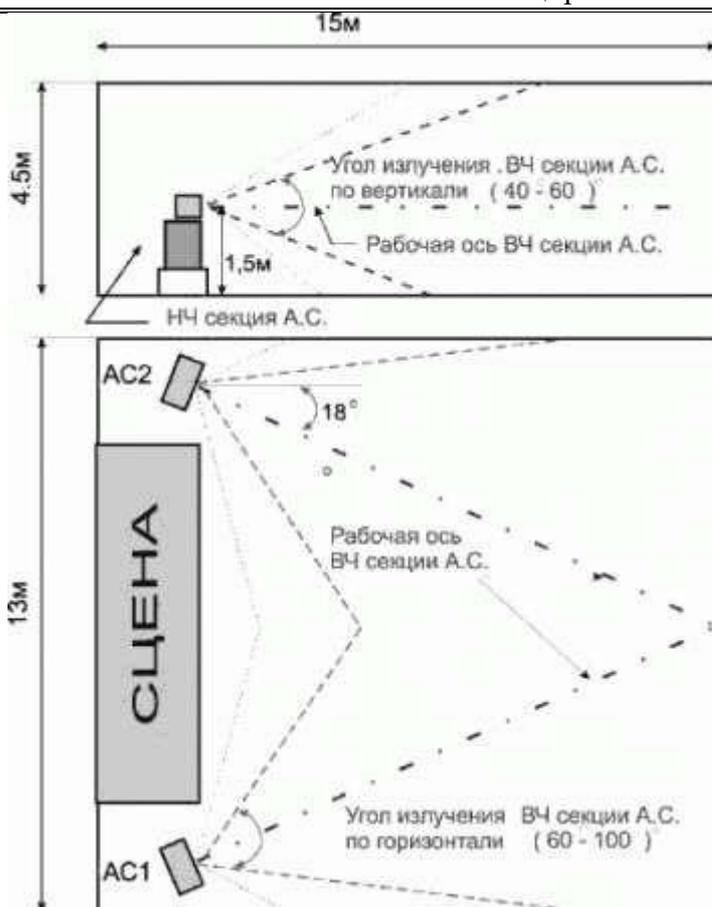


Рис. 6

Эти системы имеют ряд преимуществ перед системами описанными выше:

- возможность регулировки угла наклона высокочастотной секции акустической системы под геометрию помещения и направить больше энергии в высокочастотном диапазоне на заднюю

стену помещения, что дает более однородный уровень звукового давления во всем помещении и повышает прозрачность звука и разборчивость речи.

Такая система обладает гибкостью для увеличения мощности в будущем.

Использование таких систем требует дополнительного прибора - электронного кроссовера. Этот прибор включает в себя электронные компоненты и поэтому называется активным кроссовером. Примерная амплитудно-частотная характеристика активного кроссовера показана на рис. 7.

Обычно активный кроссовер включается между выходами пульта и входами усилителей мощности (см. рис. 8), что делает систему «двухусилительной» (biamping). В двухусилительной системе усилители подключены непосредственно к низко- и высокочастотным секциям акустической системы. Двухусилительные системы имеют ряд преимуществ. Они более гибки в настройке, обладают более высоким КПД, а также снижают различимые на слух неприятные звуковые эффекты, связанные с перегрузкой усилителей (ситуации, которые время от времени возникают в любой, даже правильно спроектированной системе). При использовании таких систем уровень звука высокочастотных секций должен быть сбалансирован с уровнем звука низкочастотных секций. Один из самых простых способов достижения этого баланса следующий - «открыть» все усилители, повернув ручки усиления вверх, а на кроссовере уровень высоких частот «зажать», повернув регуляторы уровня вниз (если на кроссовере нет ручек регулировки уровня высоких и низких частот, то

нужно использовать аттенюаторы на усилителях, работающих на высокочастотные секции акустической системы). Пока вы говорите или поете в микрофон, поворачивайте регуляторы уровня высоких частот на кроссовере вверх (открывайте усилители, работающие на высокочастотные секции акустической системы), пока не получите натурального звучания голоса. Баланс звука достигнут. Точную настройку баланса можно произвести, используя третьоктавный анализатор спектра, который покажет уровни низкочастотных и высокочастотных диапазонов в зоне звучания.

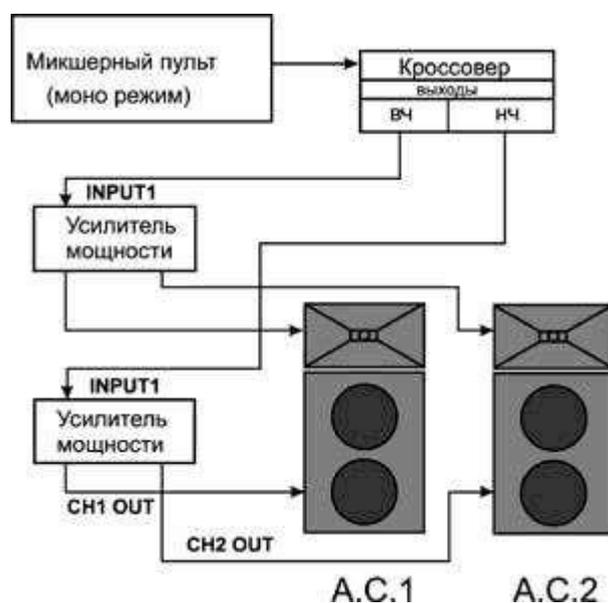


Рис. 7

Для озвучивания больших помещений размером примерно 15 м на 30 м и высотой 6 м (объем помещения 2700 м<sup>3</sup>) использование двухусилительной звуковой системы является практически единственным путем для достижения необходимого перекрытия звуковым полем всех слушательских мест, достижения необходимого уровня звукового давления и качества звучания музыкальных и речевых программ. Надо помнить, что большинство даже высококачественных широкополосных акустических систем, которые можно использовать в маленьких и средних по

размеру помещениях, не принесут хороших результатов. В звукоусилительной системе, показанной на рис. 9, используются две высокочастотные секции «ближнего» и «дальнего боя» на одну сторону.

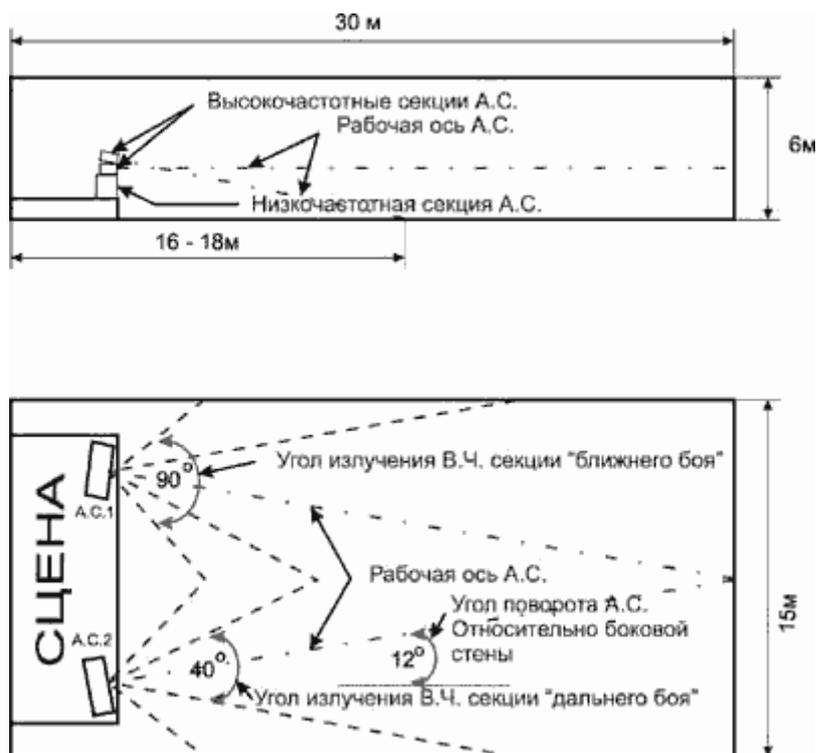


Рис. 9

Как видно из этого рисунка, одна из высокочастотных секций направлена прямо на заднюю стенку для того, чтобы заполнить звуковым полем заднюю часть помещения. Другая высокочастотная секция направлена немного вниз для того, чтобы заполнить звуковым полем пространство, между сценой и зоной, расположенной несколько дальше середины зала. Структурная схема соединения отдельных компонентов одного канала звукоусилительного комплекса показана на рис. 10.

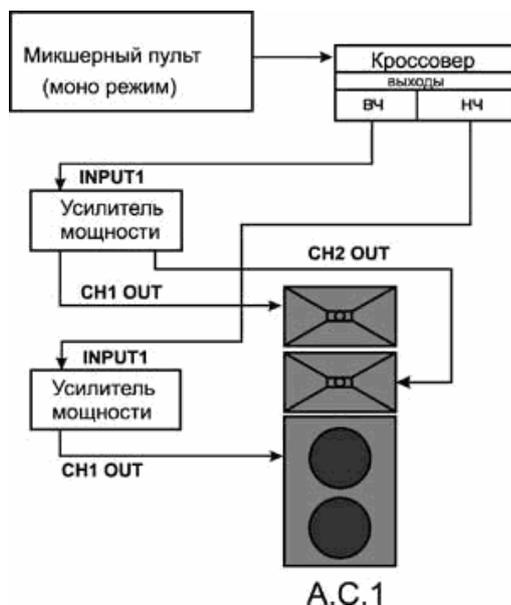


Рис. 10

Так же, как и в случае со средним помещением, при использовании двухусилительной

системы в большом помещении необходимо сбалансировать по уровню высокочастотные секции звукоусилительного комплекса с низкочастотными. Способ регулировки, не требующий измерительных приборов, это регулировка такого баланса «на слух». Сначала необходимо сбалансировать звук между высокочастотными и низкочастотными секциями акустической системы в дальней части помещения, используя методику, описанную выше для помещений средних размеров. При этом усилители, работающие на высокочастотные секции «ближнего боя», должны быть «закрыты». Затем нужно перейти в переднюю половину помещения и, «открывая» усилители, сбалансировать звук и в этой части помещения. Окончательный баланс в разных точках помещения можно произвести, используя регуляторы уровня на усилителях. Более точную настройку в разных точках зала лучше производить при помощи третьоктавного анализатора спектра, который покажет реальный баланс частот.<sup>3</sup>

### **Как улучшить акустику актового зала**

Основная проблема большинства актовых залов - их плохая акустика, а именно: большое время реверберации, порхающее эхо, возникающее между параллельными отражающими звук плоскостями, резонирующие ниши под сценой, между потолочными балками, в углах, неравномерность амплитудно-частотной характеристики и др. В таких залах более или менее разборчиво может звучать голос и CD-запись в условиях полного заполнения зала слушателями, одежда которых является звукопоглотителем.

Большое время реверберации, благодаря значительной энергии многократно отраженных звуковых волн от гладкого потолка, стен и пола, часто приводит к общему гулу в зале.

Звук в не заглушенном зале просто неуправляем, а качество общей звуковой картины напрямую зависит количества людей, находящихся в нем. По этой причине звук на репетиции будет существенно отличаться от звука во время концерта.

Если надо чтобы звук из зала во время концерта "гулял" по всему помещению (и мешал дополнительным занятиям, проводимым в это время), то кроме звукопоглощения избыточного звука в зале нужно будет продумать и звукоизоляцию актового зала.

Звукопоглощение - очень непростая задача, поскольку при этом, в общем случае, необходимо не только убрать лишний звук, звуковой шум и различные мешающие звуковые эффекты - резонирование стекол в оконной раме, дребезжание конструкции освещения зала и др., но и скорректировать амплитудно- частотную характеристику зала.

Большое влияние на акустику зала оказывает потолок. Поэтому одно из решений - звукопоглощение потолка - применение подвесного акустического потолка из звукопоглощающих плит. Во многих актовых залах потолки достаточно высокие ~ 5 метров. Поэтому подвесной потолок не приведёт к значительному уменьшению высоты зала и его объема. Подвесной потолок просто необходим в случае, когда плоскость потолка разделена высокими балками.

Для эффективного звукопоглощения в области низких и высоких частот используются разные решения и материалы.

Но, прежде чем приступить к проектированию и монтажу подвесного потолка, нужно подумать о том, какое потолочное оборудование будет размещаться в актовом зале (металлические конструкции для подвешивания светового оборудования и приборов) для света, конструкцию для подвеса одежды сцены - занавес, арлекин, кулисы, задник, система пожарной сигнализации, общий свет в зале, потолочные коммуникации и др.

---

<sup>3</sup> Журнал «Звукорежиссер» за январь 1999 года // [room.ucoz.ru/\\_bd/1/109\\_\\_002.pdf](http://room.ucoz.ru/_bd/1/109__002.pdf)

Иначе может получиться ситуация, когда все работы по монтажу и отделке подвесного акустического потолка выполнены, и возникает вопрос, а как же нам теперь повесить занавес или прикрепить к потолку мультимедийный проектор?

Общее освещение зала из модулей ламп дневного света, пожарную сигнализацию и прочую коммуникацию лучше размещать на стенах, поскольку высока вероятность, что на подвесном потолке они будут дребезжать, да и разбирать потолок для проводки дополнительных коммуникаций или устранения неполадок - непростая и затратная задача.

Для повышения эффективности звукопоглощения можно использовать стеновые звукопоглощающие панели, размером не менее 1 метра на две стены, размещенные на высоте примерно 0,5 -1,5 метра от пола. Это доступное решение, поскольку освещение и проводка в зале устанавливается на высоте 3-4 метров.

Отдельно нужно поговорить о звукопоглощении в области сцены. Часто сцена представляет собой деревянную полу конструкцию высотой 0,5 метра, что является прекрасным резонатором, особенно в низком и среднем диапазоне частот. Использование занавеса и драпировки позволяет решить сразу несколько задач в плане улучшения визуального восприятия сценического пространства и акустики сцены.

Если в актовом зале проходят танцевальные номера, то звукопоглощение пола видится проблематичным.

Улучшения акустики зала можно добиться не только его звукопоглощением. Правильный выбор и размещение звуковоспроизводящей аппаратуры также влияет на качество звука в зале.

То есть, на звук, помимо акустики, оказывают влияние как зрители, так и звуковоспроизводящий тракт. Для улучшения звука можно установить колонки на стойки или подвесить их на потолочные фермы под некоторым наклоном в зал. В последнем случае можно значительно улучшить звук, поскольку прямой звук будет покрывать значительное пространство зала без преград, но это связано с дополнительными строительными работами по закреплению фермы на потолке и колонок на ферме.

Улучшения звука можно добиться и отдельным воспроизведением вокала и инструментов в низкочастотном (бас-гитара) и среднечастотном (гитара, клавиши) диапазонах. Но это повлечет за собой дополнительные затраты на аппаратуру. При проведении различных музыкальных мероприятий нередко возникает задача усиления звука при имеющемся звукоусилительном комплекте небольшой мощности. Как это можно сделать без приобретения дорогого и более мощного звукоусилительного комплекта? С помощью определенного размещения акустических систем и приобретения недорогой активной акустической системы.

Данный вопрос возникает в том случае, когда необходимо в большом актовом зале (150 кв. м, 500 куб. м) озвучить выступление музыкального ансамбля или провести дискотеку. Это непростая задача, если учесть, что в наличии обычно имеется усилитель 2 по 200-300Вт и пара широкополосных акустических систем (АС). Ситуация усложняется тем, что в недорогих звукоусилительных комплектах амплитудно-частотная характеристика очень далека от оптимальной. Поэтому более или менее хорошо воспроизводится средне-высокочастотный диапазон сигнала, а низы и, в особенности, середина (которая и задает общий уровень звука) воспроизводятся тускло, из-за чего создается впечатление недостаточного уровня звука.

Поскольку покупать новую аппаратуру никто не будет, то приходится самим как-то выходить из ситуации. Вот оптимальные решения применительно к тому или иному случаю.

**Подъем акустических систем.** На рис. 11 упрощенно показана зависимость уровня звука. Положим, что высота парты - 0,8 м, сцены - 0,4 м, сидящего человека - 1,1 м, стоящего - 1,7 м)

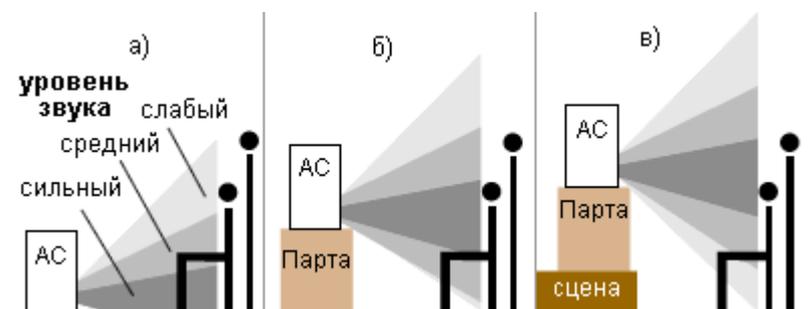


Рис. 11

Вариант а). АС стоит на полу, и мы видим, что сидящий и стоящий человек будет воспринимать слабый уровень звука.

Вариант б). АС установлена на стол, поэтому сидящий человек будет воспринимать сильный уровень сигнала, а стоящий - средний. Это хороший вариант для концерта, когда слушатели сидят.

Вариант с). АС установлена на стол, который стоит на сцене. И сидящий, и стоящий человек воспринимают сильный уровень звука. Это хороший вариант для дискотеки, когда слушатели стоят.

Конечно, стол нужно будет предварительно накрыть тканью, чтобы вся конструкция выглядела эстетично.

Если в Вашем распоряжении есть 2 акустические системы, которые устанавливаются на штативы, то это самый удачный вариант, поскольку тогда их можно установить на уровне головы стоящего в зале человека.

**Наклон колонок.** Корпус некоторых акустических систем выполнен в виде трапеции, что позволяет класть их на бок. Тогда звуковая волна будет распространяться не вдоль пола, а вверх под некоторым углом. Эффект ощутимо усилится, если положить акустическую систему на стол. Но это будет выглядеть некрасиво в случае проведения концерта, а вот в случае дискотеки данный вариант вполне подойдет.

**Дополнительная акустическая система.** Идея этого способа заключается в том, чтобы за счет одной активной акустической системы (ААС), которая воспроизводит достаточно узкую полосу средних частот усилить общий уровень звука. Маломощные широкополосные системы по определению не могут эффективно воспроизводить весь диапазон звукового сигнала. Если усилить среднечастотный диапазон, то исчезнут низы, поскольку медленные и амплитудные колебания диффузора динамика будут прерываться быстрыми

колебаниями более высоких частот. Если усилить низкочастотную составляющую, то во избежание перегрузок усилителя и акустических систем придется уменьшать уровень сигнала. С другой стороны далеко не каждый комплект 2\*300Вт способен мощно воспроизводить среднечастотный диапазон. Поэтому на основном комплекте устанавливается некоторый номинальный уровень широкополосного сигнала, а дополнительная ААС выводится на максимальную мощность в средних частотах.

Еще один момент касается размещения ААС (рис.12). Она устанавливается в центре между основными АС, но, если установить её на одной линии с основными АС (вариант 1), то может пропасть стереоэффект, поскольку ААС может заглушить основные АС в средних частотах. Поэтому ее следует располагать позади основных АС (вариант 2), если при этом она не будет мешать выступающим.

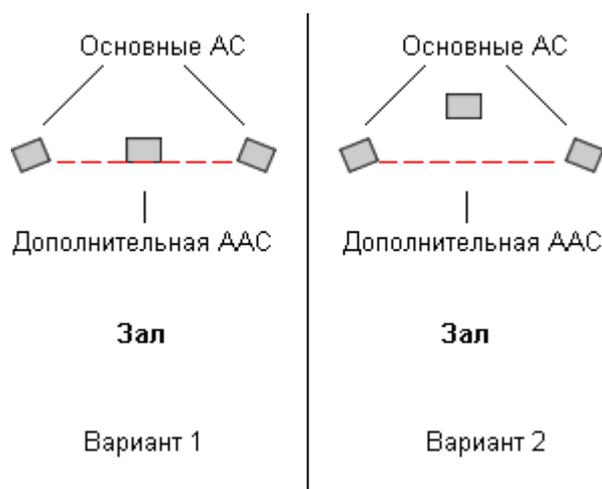


Рис. 12<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Метлин И.Н. Методическая разработка «Звукооператорское мастерство». Нижний Новгород, 2010.