

## Акустика студий

*Михаил Ланэ*

### Введение

Настоящая статья является первой из намеченной серии публикаций, подготовленных членами российской секции международного звукотехнического общества (AES) по заказу редакции журнала 625. Основная задача этой серии состоит в представлении современной информации по профессиональной звукотехнике для практических работников радиодомов, телецентров, студий звукозаписи и т.п. Поскольку студия является головным звеном тракта вещания и звукозаписи, то логично посвятить первую статью серии именно вопросам студийной акустики. Статья не является оригинальной научной работой. Она также не ставит своей целью дать подготовку в области акустического проектирования. Цель публикации заключается в том, чтобы ознакомить читателя с основами студийной акустики и теми требованиями, которые предъявляются к студиям различного назначения.

### Некоторые понятия и определения

Для описания звуковых полей в акустике широко используется звуковое давление  $p$ , измеряемое в Паскалях (Па). Так же как и применительно к электрическим величинам в звукотехнике, здесь обычно оказывается удобнее пользоваться логарифмической шкалой. При этом вводится понятие уровня звукового давления (УЗД)  $L=20 \lg (p/p_0)$ , где  $p_0 = 2 \times 10^{-5}$  Па - звуковое давление на пороге слышимости. Весьма часто УЗД измеряют (или вычисляют) в отдельных частотных полосах. Наибольшее распространение получили октавные или 1/3 октавные полосы с относительно постоянной шириной полосы. Среднегеометрические (ниже в тексте для краткости - средние) частоты этих полос регламентированы международными и отечественными стандартами. Предпочтительный ряд средних частот для октавных полос: ...125, 250, 500,... Гц; для 1/3 октавных полос: ...125, 160, 200, 250,... Гц. Помимо указанных узких частотных полос применяется и широкополосная коррекция, форма которой обозначается буквами А, В, С,... и также строго регламентирована. Наиболее часто из них применяется кривая А. При ее использовании говорят об уровнях звука по кривой А и вводят обозначение дБА.

Для оценки способности материала или конструкции поглощать звуковую энергию используют, в частности, понятие коэффициента звукопоглощения (КЗП). Он равен отношению поглощенной данным материалом звуковой энергии ко всей падающей на материал звуковой энергии, т.е.  $a = E_{\text{погл}}/E_{\text{пад}}$ . Таким образом, в экстремальных случаях,  $a = 1$  когда вся звуковая энергия полностью поглощается материалом, и  $a = 0$ , когда вся звуковая энергия полностью отражается от материала. КЗП определяют в октавных (реже в 1/3 октавных) полосах, используя обычно диапазон от 125 до 4000 Гц. Иногда в справочной литературе можно встретить значения КЗП большие, чем 1. Казалось бы, это физически некорректный результат, т.к. поглощенная энергия оказывается больше падающей. Фактически, разумеется, принцип сохранения энергии нарушен быть не может, и величины  $> 1$  связаны лишь с особенностями измерения КЗП при размещении материала в реверберационной камере.

Одним из важнейших понятий акустики помещений является время реверберации  $T$ . Под этой величиной подразумевается временной интервал, в течение которого УЗД в помещении падает на 60 дБ после выключения звукового источника. Величины  $T$ , так же как и КЗП, измеряют (или вычисляют) в октавных или 1/3 октавных полосах.

### Классификация студий

Ведя речь о классификации, обычно используют формулировки нормативных документов. Следует отметить, организациями по стандартизации обычно не уделялось особого внимания акустическим показателям студий. Известны некоторые национальные и отраслевые стандарты, включая нормы бывшего Гостелерадио, а также несколько рекомендаций международной

организации по радиовещанию и телевидению (ОИРТ). Сейчас Технический Комитет ОИРТ прекратил свое существование, но следует учесть, что сравнительно недавно большинство рекомендаций ОИРТ в области акустики были пересмотрены и, в основном, не потеряли своей актуальности.

Поскольку в современных публикациях по акустике студий ссылки на эти рекомендации встречаются весьма часто, то представляется оправданным использовать их и в данной статье. Итак, достаточно общепринятой является следующая классификация студий (цифры после буквы "С"- студия указывают на площадь помещения в кв. м.). По радиовещанию: большая (С-1000), средняя (С-450), малая (С-250) и камерная (С-150) музыкальные студии; литературно-драматическая студия (С-100); заглушенная студия (С-50) и речевая дикторская студия (С-24-36). По телевидению: большая (С-450-600), средняя (С-300), малая (С-150) и дикторская программная (С-60-80) телевизионные студии.

Требования к уровню звукового фона в студиях приведены в таблице, где указаны предельно допустимые УЗД в октавных полосах и в дБА (последние лишь для ориентировочной оценки). Следует отметить, что измерения УЗД шума проводятся в пустой студии при закрытых дверях и включенных системах кондиционирования, спецосвещения и технологическом оборудовании. Последние требования характерны для ТВ студий и означают, что при измерении звукового фона должно быть включено на типовой режим спецосвещение, а также размещенные в студии камеры и мониторы. Помимо указанных требований к уровню звукового фона, регламентируются также оптимальные значения времени реверберации. Эти величины будут рассмотрены ниже, дифференцированно по отдельным типам студий.

**Таблица**

<b>Максимально допустимые УЗД шума для разных типов студий и аппаратных</b>					
<i>Средние частоты октавных полос, Гц</i>	<i>Номер максимально допустимой кривой</i>				
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>
31,5	53	55	57	59	62
63	37	41	45	48	52
125	24	29	34	38	43
250	16	21	26	31	35
500	12	16	20	24	29
1000	10	12	16	20	25
2000	10	10	13	17	22
4000	10	10	12	15	20
8000	10	10	12	15	20
16000	10	10	12	15	20
Уровни звука в дБА	20	22	26	30	34

### **Основные принципы акустического проектирования**

Как будет ясно из дальнейшего изложения, основные принципы акустического проектирования студий достаточно просты. Тем не менее, данный раздел хотелось бы начать с одной рекомендации, обращенной как к работникам радиодомов и телецентров, так и к людям, решившим организовать новую студию: **НЕ СЛЕДУЕТ ПЫТАТЬСЯ САМОСТОЯТЕЛЬНО СПРОЕКТИРОВАТЬ СТУДИЮ ИЛИ АППАРАТНУЮ. ВСЕГДА ЦЕЛЕСООБРАЗНЕЕ ОБРАТИТЬСЯ К СПЕЦИАЛИСТАМ-ПРОФЕССИОНАЛАМ.** В подтверждение этой рекомендации можно привести следующие доводы.

Во-первых, обеспечить в одном и том же помещении оптимум реверберации можно в принципе совершенно различными конструктивными решениями. При этом надо выбрать наиболее подходящий вариант, как по экономическим и эстетическим соображениям, так и по наиболее

благоприятной структуре импульсного отклика. Для решения этой проблемы надо иметь достаточный практический опыт проектирования и настройки студий.

Во-вторых, надо учесть, что расчеты фонда звукопоглощения помещений не являются абсолютно точными. Это связано с целой группой факторов, в том числе с тем, что используемые при расчетах справочные данные о КЗП различных материалов и конструкций являются среднестатистическими. Реально значения КЗП могут в определенной степени отличаться от справочных данных, что обуславливает необходимость корректировки времени реверберации в построенном помещении.

Подобная корректировка, называемая также акустической настройкой, является обязательной процедурой перед вводом в эксплуатацию любой студии. Поэтому опытный консультант всегда старается предусмотреть в проекте конструктивные решения, позволяющие проводить акустическую настройку достаточно быстро и без сколько-нибудь существенных дополнительных капитальных затрат. Бывают варианты, когда найти подобные решения оказывается довольно сложно. Разумеется, процедура акустической настройки базируется на проведенных в студии акустических измерениях, для чего надо иметь соответствующее аппаратное оснащение. Сейчас в этой области достигнут значительный прогресс, и в мировой практике повсеместно применяется для данной цели цифровая измерительная аппаратура с процессорным управлением. При проведении акустических измерений в студиях не ограничиваются определением только нормированных показателей, т.е. временем реверберации и УЗД шума. Необходимо определять также структуру звуковых отражений и целый ряд дополнительных параметров акустического качества: индекс прозрачности, индекс четкости, время раннего затухания и др.

В подтверждение целесообразности привлечения к проектированию студий высококвалифицированных специалистов можно привести и тот факт, что исправление акустики студии с неудовлетворительным качеством звучания может в ряде случаев потребовать капитальных затрат, соизмеримых со стоимостью всех первоначальных работ. Известны печальные примеры, когда подобные работы столь дороги и трудоемки, что студии в течение всего периода их существования эксплуатируются с явно неудовлетворительным качеством звучания. что вызывает закономерные жалобы звукорежиссеров. В конце статьи приведен перечень российских организаций, имеющих опыт профессиональной работы в области архитектурной акустики.

При акустическом проектировании студий приходится сталкиваться с двумя основными группами задач. Первая из них связана с защитой студий от проникающих звуковых помех, а вторая - с получением оптимальной структуры звукового поля непосредственно внутри студии. Поскольку первая группа задач решается методами строительной акустики, а вторая - архитектурной акустики, то они будут рассмотрены отдельно.

### **Защита студий от звуковых помех**

Можно выделить три основных механизма, приводящих к образованию звукового фона в студиях. Первый из них - это вентиляционные шумы, обусловленные работой моторов вентиляторов и процессами распространения звука в воздуховодах. Вторым - это так называемый воздушный шум. Данный механизм связан с проникновением звука через студийные ограждения. Источниками воздушного шума могут являться транспортные шумы (если ограждение студии является наружной стеной здания), звук работающих в смежной аппаратной контрольных агрегатов, разговоры в смежных со студией коридорах и помещениях и т.п. Наконец, третий механизм, структурный звук, связан с распространением звуковых волн по перекрытиям и ограждениям здания при возбуждении их в форме вибрационных нагрузок. Типичными примерами источников структурного звука являются шаги в смежных со студией коридорах и расположенных над студией помещениях, а также хлопки при закрытии дверей. Структурные шумы могут также возникать при работе лифтов и другого технологического оборудования.

Борьба со всеми указанными источниками шумов должна проводиться в комплексе. Опыт показывает, что принципиально важно правильно выбрать объемно-планировочное решение аппаратно-студийных помещений в зданиях. Поэтому в случае строительства нового аппаратно-студийного комплекса целесообразно специалиста-акустика привлекать к проектированию на самой ранней его стадии, когда составляются поэтажные планы будущего здания. Только в этом

случае удастся выбрать оптимальное размещение студий, обеспечивающее их защиту от шума при минимальных капитальных затратах.

Методика расчета вентиляционных шумов в настоящее время достаточно хорошо разработана. Для каждой конкретной студии с учетом числа исполнителей и типов выделяющего тепло технологического оборудования определяется требуемый воздухообмен. На основе этих данных выбираются параметры вентсистемы и типы вентиляторов. После этого с учетом конкретной конфигурации системы выбираются глушители шума, обеспечивающие снижение шума вентсистем до требуемого уровня. Обычно для студий требуется минимально две группы глушителей: магистральные - на выходе патрубков моторов вентиляторов и секционные - перед входами воздуховодов в студию. Расчеты по методике хотя и достаточно громоздки, но позволяют достаточно точно определить требования к типу и конструкции глушителей, обеспечивающих требуемое снижение шума. Весьма важно, чтобы при производстве работ не проводились произвольные изменения параметров системы. Известны примеры, когда принятое при строительстве занижение сечения коробов вентсистемы приводило к столь большому уровню шума, что студии совсем не могли эксплуатироваться при включенной вентиляции. В целом же при корректном проектировании борьба с вентиляционными шумами может проводиться вполне успешно и представляет собой чисто инженерную задачу.

Задача снижения воздушного звука в своей постановке достаточно проста. После выбора объемно-планировочного решения студии становятся известны возможные источники шума в смежных помещениях. Обычно среди них наибольший УЗД создают работающие в смежной аппаратной контрольные агрегаты. Зная этот УЗД (он определен в Рекомендации ТК ОИРТ 86/3) и допустимый уровень шума, можно определить требования к звукоизоляции (ЗИ) ограждения. Довольно распространенной является ошибка, при которой требуемую ЗИ определяют как простую разность уровней между шумным и изолируемым помещениями. Реально же следует при определении ЗИ учитывать также площадь ограждения и время реверберации в изолируемом помещении.

Наиболее сложной является проблема борьбы со структурным звуком. Связано это с тем, что требуется обеспечить полную акустическую развязку между внутренними ограждениями студии и конструкциями здания. Ситуация усугубляется и отсутствием инженерной методики расчета распространения структурных шумов по реальным конструкциям здания. На практике для эффективного ослабления структурного звука широкое распространение получил принцип коробка в коробке. При этом внутренняя коробка студии (стены, пол и перекрытие) являются независимыми и не имеют жесткой связи с другими конструкциями здания. Последнее достигается либо устройством внутренней коробки на отдельном фундаменте (что, естественно возможно только при размещении студии на нижнем этаже), либо опиранием пола внутренней коробки на несущее перекрытие не непосредственно, а через упругий слой. В качестве него могут использоваться пружинные амортизаторы, резиновые кубики или иные упругие прокладки. При тщательном качестве выполнения строительных работ подобное решение обеспечивает вполне достаточную ЗИ.

Отметим, что в отечественной практике (за редким исключением) получил распространение лишь один конструктивный подход к реализации принципа коробка в коробке. Он заключается в том, что двойные ограждения студии, образующие внутреннюю и внешнюю коробку, выполняются в виде кирпичных стен, каждая из которых опирается на собственный фундамент. Такой подход является очень трудоемким и дорогостоящим. Кроме того, его эффективность очень критична к качеству строительных работ. Например, наличие забытого строительного мусора в промежутке между ограждениями внешней и внутренней коробок или плохо выполненная расшивка акустического шва во входном тамбуре приводят к резкому снижению ЗИ структурного звука и сводят на нет все дорогостоящие затраты на сооружение подобной конструкции.

В зарубежной практике для ЗИ студий почти повсеместно используются легкие многослойные ограждающие конструкции. При этом широко применяются укрепляемые по металлическому каркасу в несколько слоев гипсовые обшивочные листы. Наличие упругих прокладок между этими листами обеспечивает эффективное ослабление структурного звука. В последние годы стал широко рекламироваться модульный принцип устройства студий. Он исходит из применения упомянутых многослойных ограждений, конструкция которых очень тщательно отработана.



Подобная студия может быть вписана в любое помещение достаточно больших размеров. Известно несколько конструктивных подходов. Достаточно часто на ограждение исходного помещения кладут резиновые кубики, выполняющие роль амортизаторов и ослабляющих передачу вибраций на ограждения будущей студии. На эти кубики кладут панели пола, крепят металлический каркас, а затем обшивают его панелями, образующими стены и перекрытие студии. Предусмотрены стеновые панели с заранее встроенными смотровым окном и входными студийными дверями. Все необходимые для сооружения такой студии материалы достаточно легкие и могут транспортироваться в обычном грузовике. Ряд изготовителей с гордостью сообщает, что подобная студия может быть полностью смонтирована и сдана в эксплуатацию за несколько часов.

### **Обеспечение оптимальных акустических характеристик.**

Основным этапом проектирования является подбор фонда звукопоглощения помещения, который обеспечивал бы требуемые значения времени реверберации при оптимальной структуре ранних звуковых отражений. Подобные расчеты обычно производятся по формуле Эйринга. Исходными данными для их проведения являются объем помещения, общая площадь его внутренних поверхностей и требуемый оптимум реверберации. Расчеты проводят для отдельных октавных полос, используя обычно частотный диапазон от 125 до 4000 Гц. В справочных руководствах приводятся значения КЗП различных звукопоглощающих материалов и конструкций, а также данные о звукопоглощении исполнителей, кресел и других предметов.

Прежде всего, необходимо отобрать те звукопоглощающие материалы и конструкции, которые будут намечены к использованию в проектируемой студии. Эта задача является наиболее сложной и ответственной, так как при этом приходится учитывать одновременно целый ряд факторов: стоимость материалов, их внешний вид, возможность поставки, требования пожарной безопасности и т.п. На этой же предварительной стадии следует решить вопрос и о способе монтажа материалов на поверхностях студии. Дело в том, что значения КЗП материалов зависят от способа их крепления. Например, наличие воздушного зазора между задней поверхностью звукопоглощающей плитки и плоскостью стены (при креплении плитки по несущему каркасу) приводит к увеличению КЗП в низкочастотной области. Игнорирование этого факта при акустическом проектировании может привести к существенному "переглушению" студии на низких частотах, причем исправление этого дефекта в построенной студии обычно весьма сложно и требует больших дополнительных затрат. Помимо этого, следует принимать во внимание и ряд дополнительных чисто акустических требований. В частности, для музыкальных студий оказывается полезным размещать на потолке достаточно большое количество звукорассеивающих конструкций, в дикторских студиях следует избегать поступления первых интенсивных отражений в область размещения дикторского стола. Некоторые эти вопросы ниже рассмотрены подробнее.

После решения указанных проблем приступают к непосредственным расчетам. Суть их сводится к тому, чтобы путем варьирования площадей занимаемых выбранными материалами подобрать такой общий фонд звукопоглощения студии, при котором в ней будет обеспечен оптимум реверберации. В настоящее время подобные расчеты повсеместно производятся на ЭВМ по специально разработанным программам, позволяющим найти оптимальное решение. При расчете, как показывает опыт, обычно необходимо учитывать некоторые поправочные параметры, к которым относится так называемый коэффициент добавочного звукопоглощения. Этот коэффициент учитывает добавочное поглощение, обусловленное наличием осветительной арматуры, щелей и ряда других факторов. Его значения были определены на основании исследования большого числа студий разного назначения. После завершения расчетов приступают к заключительному этапу, на котором подготавливаются необходимые чертежи для проведения строительных работ.

### **Типовые акустические решения студий различного назначения**

Указанные выше основные принципы защиты помещений от проникающих звуковых помех в целом являются общими для всех типов студий и аппаратных. По иному обстоит дело с проектированием акустических облицовок на внутренних поверхностях, требования к которым для различных типов студий существенно отличаются. Ниже кратко будут рассмотрены эти требования дифференцированно по отдельным типам помещений.

## Телевизионные студии

Для указанных выше ТВ студий устанавливаются следующие значения оптимума реверберации: студии С-450-600 -  $T = 0,8-1,1$  с; С-300 -  $T = 0,75-0,85$  с; С-150 -  $T = 0,6-0,7$  с и С-60-80  $T = 0,3-0,4$  с. Форма частотной характеристики времени реверберации должна быть строго горизонтальной. При этом в ТВ студиях площадью 150 кв. м и более является допустимым (но не обязательным) спад времени реверберации в области низких частот (в октавной полосе 125Гц) до 20-25% относительно указанных выше средних значений.

Из всех типов студийных помещений проектирование ТВ студий является наиболее простым. Это связано с тем, что в них достаточно разместить на стенах и потолке плоские звукопоглощающие облицовки, обеспечивающие оптимум реверберации. Однако их размещение должно быть выбрано обоснованно и разумно. Часто встречается ошибка, при которой все поверхности стен и потолка облицовываются одинаковым звукопоглощающим материалом. При таком подходе качество звучания в студии оказывается неудовлетворительным. Связано это с тем, что при этом невозможно обеспечить во всем частотном диапазоне оптимум реверберации. При использовании пористого звукопоглощающего материала (например, плит АКМИГРАН) студия оказывается переглушенной в области высоких частот, а при выборе резонансного звукопоглотителя (например, плит ППГЗ) - переглушенной в области средних частот. Кроме того, при размещении на всех поверхностях одинакового звукопоглотителя степень равномерности звукового поля (так называемая диффузность поля) оказывается явно неудовлетворительной. Надо отметить, что в студийной акустике в большинстве случаев следует избегать размещения одинаковых звукопоглощающих материалов крупными фрагментами на большой площади стен или потолка.

В последние годы в отечественной практике наибольшее распространение получило практически единственное акустическое решение ТВ студий. Отчасти такое единообразие является вынужденным и связано с крайне бедным ассортиментом звукопоглощающих материалов, выпускаемых отечественной промышленностью. Сейчас он еще более сузился, и типы пригодных для использования звукопоглощающих плиток можно буквально пересчитать по пальцам одной руки. Кроме того, в ТВ студиях требования пожарной безопасности являются весьма жесткими, что еще более суживает возможность выбора материалов для акустических облицовок.

Итак, данное акустическое решение заключается в следующем. На стенах и потолке студии монтируется несущий каркас (обычно из деревянного бруса, пропитанного антипиренами в целях пожарной безопасности). Глубина каркаса определяется акустическим расчетом и составляет от 50 до 100 мм. Из экономических соображений с целью снижения расхода материала стараются, при возможности, ограничиться глубиной каркаса в 50мм. В нижней части стен на высоту порядка 1-1,5 м к каркасу прикрепляется так называемая технологическая панель. Она может быть выполнена из любого прочного гладкого и негорючего панельного материала толщиной до 20 мм, например, асбоцементных листов. Промежуток за панелью часто используется для прокладки кабелей (от этого и происходит ее название). Выше данной панели на всей площади стен, а также на потолке к каркасу прикрепляются гладкие листы сухой гипсовой штукатурки (СГШ) и плиты марки ППГЗ (плиты перфорированные гипсокартонные звукопоглощающие). Плиты ППГЗ представляют собой перфорированную гипсовую панель, подклеенную с тыльной стороны слоем ткани. Ранее эти плиты выпускались в двух типоразмерах 500х500 мм и 600х600 мм. Сейчас в производстве остались только плиты второго вида. Плиты ППГЗ и вырезаемые по месту листы СГШ крепятся к каркасу в чередующемся порядке (в шахматном или в виде смежных полос шириной 600-1200 мм). Последнее необходимо для обеспечения достаточно высокой диффузности звукового поля. Согласно требованиям расчета в отдельных местах в ячейки каркаса за плитами ППГЗ или листами СГШ может предварительно закладываться пористый наполнитель из минерало-ватных плит с объемным весом до 125 кг/м<sup>3</sup>. Технологическая панель, плиты ППГЗ и листы СГШ при необходимости могут быть окрашены в любой цвет.

Такова в общем виде суть наиболее распространенного решения ТВ студий. В лаборатории акустики ВНИИТР разработаны соответствующие ему типовые решения для ТВ студий всех типов. Многолетний опыт показывает, что при его реализации удается достаточно просто обеспечить оптимум реверберации. Жалоб на качество звучания со стороны звукорежиссеров при проведении речевых передач не возникает. Следует отметить, что при подобном решении единственным специальным акустическим материалом являются плиты ППГЗ, а это в настоящее

время самый дешевый звукопоглощающий материал (1000 руб. +20% НДС за 1 кв. м по данным на сентябрь 1993г.).

Дело обстоит не столь однозначно, когда речь идет о размещении ТВ студии в уже существующем помещении, которое первоначально строилось для совсем других целей. Здесь часто бывают оправданными отступления от указанного типового подхода, и конкретное решение выбирается с учетом индивидуальных особенностей отведенного под студию помещения.

### **Музыкальные студии**

Приведенную выше классификацию музыкальных студий нужно рассматривать с учетом реальной сложившейся в настоящее время в России ситуации. Сейчас капитальное строительство новых аппаратно-студийных комплексов практически полностью прекращено. Строительные работы ведутся лишь на тех объектах, которые были начаты несколько лет назад (Курган, Новгород, Архангельск). Кроме того, в целом ряде городов ведутся или планируются работы по размещению аппаратно-студийных комплексов в приспособленных помещениях (бывшие дома политического просвещения, административные здания и т.п.). Частные студии звукозаписи также в подавляющем большинстве ориентируются на размещение студий в приспособленных помещениях. Во всех этих случаях в настоящее время не идет речь о строительстве или проектировании крупных музыкальных студий площадью более 150 кв. м. Поэтому в данном разделе мы остановимся лишь на вопросах акустики музыкальных студий меньшей площади.

Попадающая под действие современной классификации камерная студия С-150 должна иметь  $T = 0,9-1,1$  с при строго горизонтальной форме частотной характеристики времени реверберации. Отметим, что последнее требование справедливо для всех музыкальных студий. Достаточно часто сооружаются музыкальные студии меньшей площади С-120, С-100 и т.п. Во всех случаях сооружение музыкальных студий площадью менее 60-70 кв. м является нежелательным. В одном из старых типовых проектов радиодомов были предусмотрены "камерные" студии площадью 46 кв. м. Однако, реально для записи камерных музыкальных программ они никогда не использовались и применялись, в основном, для речевых передач. С уменьшением размера студии ее оптимум реверберации должен иметь тенденцию к снижению. Так для студий С-100 обычно рекомендуют  $T = 0,8-0,9$  с, а для С-70  $T = 0,6-0,7$  с.

Все указанные требования относятся к традиционным музыкальным студиям, ориентированным на режим так называемой "естественной акустики". В тоже время достаточно давно наметилась тенденция создания сильно заглушенных студий с "мертвой акустикой". Такие студии независимо от их размеров (они редко сооружаются с площадью более 100 кв. м) обычно проектируются на время реверберации от 0,35 до 0,55 с. Частотная характеристика времени реверберации здесь также должна быть строго горизонтальной.

При проектировании музыкальных студий нежелательно использовать типичные для ТВ студий плоские облицовки. Здесь необходимо применять достаточное количество звукорассеивающих конструкций, чередуя их со звукопоглощающими материалами. Проведенные исследования показывают, что большее количество звукорассеивающих конструкций должно размещаться на потолке студии. Хорошо зарекомендовали себя на практике конструкции в форме призм и пирамид, которые изготавливаются в виде отдельных объемных модулей, крепящихся затем к потолку. При выборе данных конструкций следует учитывать их диаграммы рассеяния звука на разных участках звукового диапазона. Расчет подобных диаграмм встречает серьезные математические сложности. Приходится ориентироваться на экспериментальные данные, полученные, в основном, методом масштабного моделирования. Обычно звукорассеивающие конструкции изготавливаются в виде деревянного каркаса, который обшивается фанерными листами. Известны также примеры, когда их удавалось делать из гипса при использовании армирования и специальных отливочных форм.

В отечественной практике при проектировании музыкальных студий часто совсем отказываются от применения промышленных звукопоглощающих плит. Это связано как с их ограниченным ассортиментом, так и с недостаточно хорошим внешним видом, что весьма важно для музыкальных студий. При этом на стенах в ячейки несущего деревянного каркаса закладываются обернутые стеклотканью минерало-ватные плиты, а затем обращенная к студии их поверхность закрывается декоративным акустически прозрачным покрытием. В качестве последнего часто

используются деревянные рейки. Такие весьма эффективно поглощающие звук конструкции выполняются в виде чередующихся фрагментов, а в промежутках между ними устанавливаются звуко рассеивающие элементы в виде членений разного профиля (пилообразного, треугольного и т.п.). Конструктивно эти элементы часто изготавливаются из древесно-стружечной плиты. При наличии соответствующих требований по технологии звукозаписи углы студии скашивают, размещая в них звукоизолированные кабины для ударной установки и отдельных исполнителей.

Завершая краткое рассмотрение акустического решения музыкальных студий, отметим, что в зарубежной практике находят широкое распространение высокоэффективные звуко рассеивающие конструкции типа так называемых диффузоров Шредера. В своем классическом виде они представляют собой набор параллельных канавок (щелей), разделенных ребрами. Канавки имеют различную глубину, причем при переходе от одной канавки к другой она меняется по закону числовой последовательности с хорошими корреляционными свойствами. Подобные конструкции различного типа выпускаются американской фирмой RPG Diffuser Systems Inc., отметившей в этом году 10-летие своей деятельности.

### **Речевые студии**

К речевым помещениям относятся литературно-драматические и дикторские студии. Первые из них, часто объединяемые в литературно-драматические блоки, имеются в составе радиодомов Москвы, Ст-Петербурга, ряда крупных региональных центров (например, Хабаровск) и в большинстве столиц республик бывшего СССР. Строительство новых подобных студий в настоящее время не планируется и по этой причине вопросы их акустики здесь рассматриваться не будут. Отметим только, что акустические решения помещений литературно-драматических блоков достаточно хорошо отработаны и имеются типовые, хорошо зарекомендовавшие себя на практике решения.

Более актуальной является проблема сооружения дикторских студий, являющихся самыми распространенными из студийных помещений. Для дикторских студий С-24-36 установлен оптимум реверберации  $T = 0,3-0,4$  с. Форма частотной характеристики времени реверберации также должна быть горизонтальной. При проектировании подобных студий следует тщательно подходить к выбору их габаритных размеров, так как соотношение длина/высота:ширина/высота:1 влияет на распределение спектра собственных частот помещения. В сравнительно небольших помещениях, к которым относятся и дикторские студии, данный спектр на низких частотах является существенно дискретным и в области до 150-200 Гц интервалы между смежными собственными частотами могут достигать нескольких герц.

При упомянутом соотношении 1:1:1 (кубическое помещение) спектр собственных частот является наиболее неравномерным, что приводит к специфическим тембральным искажениям, часто характеризующимся звукорежиссерами как бубнящее звучание. Также явно неудачным является квадратное в плане помещение. В нормативных документах на основе старой публикации Лаудена рекомендуется соотношение 1,9:1,6:1. Однако далеко не во всех случаях оно может быть применено. Поэтому перед началом проектирования дикторской студии следует уточнить ее габариты. Это можно сделать, вычислив спектр собственных частот по достаточно элементарной программе, либо обратившись к справочным данным. В частности, в работе "Об оптимальном выборе размеров речевых студий" приведены многочисленные таблицы, на основании которых можно подобрать наилучшее соотношение размеров для всех реально встречающихся на практике дикторских студий. После уточнения размеров будущей студии приступают к выбору ее акустического решения. В отечественной практике наиболее широко применяются два подхода.

Первый из них часто называется вариант "в дереве". Суть его сводится к следующему. На стенах и потолке монтируется каркас из деревянного бруса сечением 50 x 50 мм. В нижней части стен на высоту порядка 800 мм к каркасу крепится технологическая панель из древесно-стружечной плиты. В остальные ячейки каркаса на стенах и потолке закладываются минерало-ватные плиты и поверх них делается прослойка из стеклоткани. Затем на потолке к ячейкам каркаса прикрепляются в шахматном порядке листы гладкой и перфорированной фанеры. Как правило, применяют листы размером 500 x 500 мм или 600 x 600 мм. Часто приемлемой здесь оказывается перфорация диаметром 10 мм при шаге в осях между отверстиями в 20 мм. На стенах (выше технологической панели) к каркасу в шахматном порядке или чаще в виде чередующихся полос шириной 500-600 мм прикрепляют листы гладкой фанеры и декоративное покрытие из деревянных реек. Обычно используют рейки



сечением 20 x 20 мм при расстоянии между смежными рейками в 20-30 мм. Для удовлетворения требованиям пожарной безопасности рейки и деревоплиту надо пропитать антипренами, а фанеру окрасить (с тыльной стороны) огнезащитной краской.

Второй вариант, называемый "в гипсе" достаточно сходен с первым. Отличие состоит в том, что вместо фанеры используются листы ГШ, а вместо перфорированной фанеры - плиты ППГЗ. Часть плит ППГЗ при этом также размещается и на стенах студии. Конкретные детали размещения облицовок, соотношение их площадей определяются акустическим расчетом, проведение которого обязательно для каждой проектируемой студии. Многолетний опыт показывает, что при тщательном проектировании оба этих варианта обеспечивают вполне удовлетворительное качество звучания речи дикторов.

В настоящее время в эксплуатации находится достаточно много дикторских студий старой постройки, имеющих площадь всего 12-16 кв. м и даже менее. Часто приходится также сталкиваться с заказчиками, предлагающими спроектировать дикторскую студию в столь малых помещениях. Здесь возникает ряд проблем, связанных в первую очередь с тем, что упомянутый спектр собственных частот тем более дискретен, чем меньше размеры помещения. Поэтому искажения типа "бубнящее звучание" проявляются в подобных малых студиях весьма часто и достаточно отчетливо. При заниженных размерах дикторских студий рекомендуется уменьшать оптимум реверберации до величины 0.2-0.35 с. Однако далеко не во всех случаях это позволяет избавиться от бубнящего характера звучания. Известны некоторые методы, позволяющие если не исключить полностью, то по крайней мере ослабить подобные тембральные искажения, однако всегда (если есть такая возможность) следует стремиться размещать дикторские студии в помещениях площадью не менее 20 кв. м.

### Аппаратные

К акустике аппаратных (в первую очередь это относится к аппаратным музыкальных студий) предъявляются не менее жесткие требования, чем к самим студиям. Наиболее распространенный в отечественной практике принцип равномерного размещения звукопоглощающих материалов с разной частотной зависимостью КЗП на поверхностях аппаратной сейчас является явно устаревшим. В зарубежной практике сложились два подхода к акустическому решению аппаратных. Первый из них это принцип LEDE (живая-мертвая зоны помещения). Он исходит из оптимума реверберации в 0,25-0,4 с при размещении эффективных звукопоглотителей в передней зоне помещения, где установлены контрольные агрегаты, и звукорассеивающих конструкций на задней стене. Второй - это принцип "мертвой акустики". Здесь применяется размещение очень эффективных звукопоглотителей на всех поверхностях помещения и время реверберации снижается до величины 0,2-0,25 с во всем диапазоне частот. Детальный анализ этих методов требует специального рассмотрения и ему планируется посвятить отдельную публикацию. Отметим только, что принцип LEDE является более распространенным и, по мнению автора, ему следует отдать предпочтение при создании аппаратных.

### Литература

1. Ведомственные нормы технологического проектирования объектов телевидения, радиовещания и телекинопроизводства. ВНТП-01-81.
2. Рекомендация ТК ОИРТ 31/1.
3. Рекомендация ТК ОИРТ 51/1.
4. Руководство по расчету и проектированию шумоглушения в промышленных зданиях .М., Стройиздат, 1982.
5. Рекомендация ТК ОИРТ 86/3.
6. Руководство по расчету и проектированию звукоизоляции ограждающих конструкций зданий. М., Стройиздат, 1983.
7. Макриненко Л.И. Акустика помещений общественных зданий. М., Стройиздат, 1986.
8. Ланэ М.Ю. Акустика студий. Обзорная информация ВНИИТР. Вып. 1(11). М., 1986.
9. Ланэ М.Ю. Об оптимальном выборе размеров речевых студий. Депонир. в ОНТИ ВНИИТР 05.10.89. N38-тр89.