

Основни психоакустични проблеми на звуковото възприятие от гледна точка на звукорежисурата.

Павел Стефанов

Abstract: Main Psychoacoustic Problems of Sound Perception in Terms of Sound Engineering.

Psychoacoustics is the science that deals with the psychological and physiological characteristics of auditory perception. The main directions of this course is aimed at studying the perception of simple and complex tones, establishing correspondences between physical stimulations and auditory senses and clarify the mechanism of transmission of aesthetic and semantic information through the parameters of the acoustic signal.

Key words: *sound engineering, sound perception, psychoacoustics, sound, hearing, frequency, amplitude.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Пространствен звук е едно от най-важните понятия в звукорежисурата. Под пространствен звук се разбират всички аспекти на звука и звуковата картина, които носят пространствена информация – локализация, перспектива, дистанция и т.н. Човешкият слух притежава способността да възприема реално обемно звукоизточниците благодарение на своята бинаурална парадигма. Това се използва като основание за разработване на все по-съвършени симулации на реално звуково поле и имплементиране на слуховите особености от физиологична и психофизиологична гледна точка. Именно психическите механизми на слуха са предмет на изучаване от страна на науката психоакустика.

Психоакустиката реално се занимава с по-обширна научна проблематика от пространствения звук, но нейните резултати са много важни с оглед практическите приложения на тази материя. Почти всички пространствени системи за звукозапис (включително двуканалната стереофония) разчитат на психоакустичните заключения в търсенето на естественост и обемност на записания звук. През предходните няколко десетилетия теоретичните и емпиричните направления, третиращи пространствения звук, постигат много при обобщаването и приложенията на тази материя. Независимо от това обаче съществуват ситуации, в които няма съгласие по най-тънките детайли на това, което може да се възприеме и измери. Пример за това е съществуването на множество слухови теории с различна степен на обосноваване и утвърденост. Все още няма категоричен отговор на въпроса как всъщност хората "чуват" звук. От там последствията от липсата на уеднаквен подход към въпроса как трябва да се постигне пространственото звучене са още по-негативни при повече от два канала за запис/възпроизвеждане. При съвременните многоканални звукови формати няма единен отговор на въпроса какви са желаните характеристики на пространствения звук във вторичната звукова среда. Тези проблеми не се ограничават само до вида на използваната техника, броя канали и т.н., но са и неразривно свързани с намирането на най-добрия начин за кодиране на пространственото впечатление в един неизбежно ограничен информационен поток. Основна роля в този процес има извеждането на психоакустичен модел на възприемане на звука и факторите, влияещи на акустичното маскиране на звуковите компоненти.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Звукът в природата е физическо явление – разпространение на енергийни вълни във въздушна или друга материална среда, което е свързано с определени свойства. Необходимо е ясно разграничаване на физическия стимул и ответната психологична реакция. Възприятието на звука и психическата реакция спрямо външното дразнение са обект на изучаване от страна на науката психоакустика.

Най-общо психоакустиката се дефинира като дял от психофизиката, занимаващ се с начина на слушане, факторите, които оказват влияние върху този процес и особеностите на самите слухови възприятия. Връзката на човека със заобикалящата го среда има два аспекта – обективен (физически), т.е. процесите, протичащи в околната среда, които са обект на изследване на точните науки, и субективен (психологически), или процесите, които протичат в човешкия организъм и психика като отражение на обективните дразнения. Във връзка със човешкия слух това съответствие се изразява чрез отношенията дразнение – възприятие (усещане), звуков – слухов, физични величини – качества на възприятието. Следователно звукът не е само физичен процес, а също и продукт на възприятието, като неговите качества зависят както от характеристиките на дразненето, така и психологичните особености, подготовката и способностите на човека. Звукът, независимо от своя произход и вид, сам по себе си е носител на информация. Носител на една от най-високо организираниите и най-сложни акустично-информационни структури е музикалният звук. Звукът е основна градивна единица и главно изразно средство на музиката. В основата на музикалното усещане стоят изцяло психологически феномени на идентификация, прогнозиране и асоцииране от страна на мозъка при възприемане на дадено музикално послание. Звукът се подразделя на три категории – шум (непериодичност), звук (периодичен комплекс), тон (синусоидалност), диференцирани на база физическите качества на спектралната структура, съотнесени към акустичните качества на възприятието. Звуките качества се позовават на честотата, амплитудата, и спектралната характеристика на вълните. Изменението на всяка физическа величина влияе върху няколко качества на възприятието. Трябва да се подчертае, че съотношението между физическите параметри на звука и тяхното субективно отражение не е правопропорционално, и не винаги е обективно причинно-следствено. Например може да съществува усещане за звук и без вълново дразнение, и обратно. Въздействията се намират в тясна и нееднозначна взаимовръзка помежду си.

От изключителна важност в музиката е факторът време. Реално музиката съществува в тоновете, когато физическите качества се променят по определен начин във времето. Именно времевата зависимост прави един тон “музикален”. Времевата последователност на отделни тонове (мелодията) е типичен пример на “музикална информация”. Дали и доколко тази информация е ценна и смислена зависи от стойността, която ѝ придава съзнанието чрез поредица мозъчни процеси като анализ, сравнение, натрупване в паметта, умствени асоциации. По същия начин се разглеждат и другите основни елементи на музиката – хармония, ритъм, ладовост и т.н.

Времевите въздействия се разделят на три вида според продължителността на периода. Най-кратките (или първите) звукови въздействия от опръдъка на десетохилядни и петдесетхилядни от секундата след начало на разпретпяване до 0.5 сек при възприемането си от слуховата система водят до възприятие на първичните тонови качества – тонова височина, сила на звука и тембър. Следващата времева зона, приблизително 0.1 сек по-късно, включва процесите на зазвучаване и отзвучаване на един тон, възприятието за тембър и различаването на отделните тонове, както и първичната информация. И накрая идва “реално” възприеманата времева продължителност на музикалните тонове над 0.1 сек, тоновата последователност, ритмика и т.н. Последната зависи като параметри както от физиологичните слухови особености, така и от слуховия опит и познания, от слуховата памет, воображението, асоциативните способности и др.

При минимална продължителност звуковете се чуват като чуковане. Тонални качества се появяват при удължаване на трайността. Прагът на продължителност за възприемане на височината е най-висок за ниските честоти – 60 мс за 50 Хц, при 500 Хц той е 15 мс, за честоти над 1 кХц прагът е практически постоянен – около 10 мс.

Съществува обратно пропорционална зависимост между дължината на прозвучаване и необходимия за регистрирането интензитет.

Основните или още първични качества на звука от субективна гледна точка са височина, сила и тембър. Като следствие на своята субективна природа те не могат да бъдат точно измерени и регистрирани, което налага съотнасянето им към определени променливи величини на физическото дразнене, подлежащи на точно физико-математическо изразяване. Така височината на тона се съизмерва с основната честота на трептене, изразена в брой трептения в секунда. Силата на звука се съотнася към интензитета (енергийния поток) или амплитудата на налягане на звуковата вълна. Тембърът се разглежда като функция на честотния спектър или допълнителните честотни компоненти (обертоните), смесени един с друг и с основната честота.

Разгледаните дотук обективно-субективни корелации са изключително сложни и многопосочни. Трите качества на възприятието се променят комплексно и едновременно с промяна на всяка от трите физични величини. Промяна в честотата води до промяна не само на височината, но и на силата и тембъра. Промяна на интензитета предизвиква ясно доловими изменения в тоновата височина. Спектралните разлики резултат и в тембровата промяна, и в тоново-височинни и интензитетни изменения. Промени в спектъра могат да настъпят не само вследствие разлика в честотния състав, но и като влияние на пространствената акустика, начина и интензитета на звукоизвличане, и т.н.

В слуховото възприятие тоновата височина се проявява в два аспекта – периодичен и цикличен. Те се онагледяват при разглеждане на даден тон и неговото прозвучаване в различни октавови групи. Както вече беше изяснено височината на тона опоростено се разглежда като психологическо изражение на честотата на звука. Не всяко изменение на честота обаче се възприема от слуха. За отчитане на два различни по височина музикални тона е необходимо достигане на диференциален праг на изменение в честотата, обусловен от съответната музикална система. Европейската музикална система се основава на октавата, чиято периодичност възниква на база сходството на два тона със съотношение на честотите едно към две. Едновременното прозвучаване на такива тонове води до тяхното слухово сливане. Хармоничната височина на тоновете е определяща за организацията в музиката. Съотношенията между отделните честоти намират отражение в хармоничните интервали между тоновете – удвояването на честотата води до увеличаване на хармоничната височина с октава и т.н. Октавата е приета като единица за хармонична височина на тоновете, откъдето следва и разделянето на звукореда на октавови групи.

В хода на психоакустическите изследвания обаче се установява, че слухът притежава усещане за височина с мелодичен характер. Това означава, че едни и същи хармонични интервали се възприемат различно в мелодично отношение в зависимост от октавовата принадлежност. Например мелодична голяма терца в малка октава съответства като мелодична разлика на мелодична чиста квинта в четвърта октава. Чисто мелодически, като звучене, тоновете във високите октавови групи се намират много по-близо един до друг отколкото тоновете в ниските, т.е. слуховата разлика между първите е значително по-малка от тази между вторите. Експериментално е доказано, че до 500 Хц хармоничната и мелодичната височина на тоновете и респективно съответните измерения на интервалите съвпадат. След тази граница хармоничните и мелодичните интервали прогресивно се разминават, като около 2000 Хц мелодичната терца съответства на хармонична квинта. Този паралакс на тонововисочинната детерминанта дава различен поглед върху много звуково-музикални феномени. Например транспонирането на една мелодия в по-висока тоналност стеснява мелодичния ѝ диапазон въпреки съхранените хармонични съотношения.

Силата на звука е второто основно звуково качество. Психологическото възприятие на звуковия интензитет, или звуковата мощност (налягане), се нарича гърмкост. Субективните понятия "тихо" и "силно" определят реакцията спрямо ниския или високия интензитет на звука. Обвързването на гърмкостта само с интензитета обаче е твърде опоростено и неточно. Гърмкостта се изменя и от множество други фактори, в някои случаи без промяна в интензитета. Промяната в честотата е характерен пример за това. При еднакъв интензитет тонове с различна честота се възприемат с различна гърмкост. Това налага установяване на необходимия интензитет за различните честоти с цел изравняването им по гърмкост. Получените резултати са известни като криви на еднаквиата гърмкост като функция от честотата, или още криви на Флетчер и Мънсон.

Единицата за ниво на гърмкост е фон. Нивото на гърмкост се изразява във фонове сътнесено към звуково налягане на тон с честотата 1000 Хц, респективно броят дБ и фонове съпада при тази честота. Равни по фонове звуци са тези, които имат еднакво ниво на гърмкост независимо от отношението на параметрите на характеризиращите ги физични величини. Ниските нива на гърмкост отразяват профила на кривата на долния праг на чуване. Тук е характерна необходимостта от значително по-голям интензитет за достигане на еднаква гърмкост при ниските честоти.

Кривите на Флетчер и Мънсон са във фонове и отразяват начина, по който са свързани възприятието за гърмкост и интензитета на звуковия сигнал. Съотношението на различните гърмкости в светлината на връзката между интензитета и гърмкостта се определя с помощта на единицата за гърмкост – сон. Един сон е равен на гърмкостта на тон с честота 1000 Хц със звуково налягане 40 дБ и ниво на гърмкост 40 фона. В практиката гърмкостта в сонове се извежда като функция на нивото на гърмкост във фонове.

Експериментите с интензитета на звука имат още един интересен резултат – изясняване на обстоятелството, че усещането за височина на тона е пряко свързано със звуковата мощност. Повишаването на интензитета води до повишаване на височината за тонове с честота над 3000 Хц, и понижаване на височината за звуци под 1000 Хц. В диапазона между двете граници височината остава неизменна независимо от промяната в интензитета.

Тембър е третото основно качество на възприетия звук. Музикалните тонове са съставени от множество елементарни трептения (обертонове), смесени с основната честота в определено съотношение. Човешкият слух възприема целия комплекс от тонове и го обединява в неделимо цяло, формирайки по този начин усещането за тембър. Музикалните инструменти звукообразуват по различен начин в зависимост от системата за разтрептяване и резонаторните качества на корпуса, които определят вида и начина на излъчване на звуковата енергия. Акустичните помещения, където се осъществява музикалното изпълнение, със своите отражателни и абсорбиращи свойства, също оказват влияние върху оформянето на окончателния тембър. Възприятието на комплексните тонове все още не е напълно изяснено като механизъм, въпреки че от векове науката разполага със знания за наличието на обертонове и връзката на техния брой, поредност и интензитет с тембъра на звука. Доказателство за това е многовековната история на църковния орган, чието изграждане е тясно свързано с обртоновия състав на музикалния тон.

Възприемането на комплексния музикален звук и разпознаването на тембрите изисква от човешкия слух извършване на многобройни и сложни аналитични операции. Този проблем се разглежда в психоакустиката като съставен от два основни аспекта – 1. механизма на възприемане на състоящ се от различни честоти комплексен тон като едно цяло; 2. границите и възможностите за разпознаване на отделните спектри при константа на честотата и силата на звука. Трите основни качества на тона, обикновено разглеждани поотделно, са многопосочно и напълно

взаимнообусловени. Най-зависимата сред тях е тембъра. Звуковият спектър се изменя с промяна на силата на звука, с изменение височината на тона, вследствие начина на звукоизвличане и пространствено-акустическите влияния. Тембровата разлика съществува и между отделните регистри и дори между съседни тонове на даден инструмент. При това цялостния състав на честотния спектър е сравнително ограничено свързан с реалния тембър. Най-важни за идентификация на различните тембри са преходните процеси на зазвучаване и отзвучаване на тона, характерните шумови съставки, и формантните области в честотния профил на конкретния инструмент. Следователно тембърът се дефинира като тип качество на възприятието, а не означава абсолютно качество на звука.

Характеристиката на тембъра съдържа още една дуалистичност. От една страна понятието определя субективното качество на възприятието, чиито конкретни описания често са заимствани от други сетивни области (оценки като светло-тъмно, меко-остро, широко-тънко и т.н.). Обективното значение на термина третира акустичната форма на съществуване на музикалния звук. Неговите категории са определящи при разпознаването на музикалния инструментариум.

Едновременното прозвучаване и съответно възприятие на два или повече тона е един от най-важните психоакустични проблеми. То е организирано в три основни случая. Това са явленията биене, хармонични обертонове и комбинирани тонове (съзвучия). При минимална разлика в честотата на два тона (под прага на разделителната способност на слуха) не е възможно разчленяване на двете дразнения. Незначителната честотна разлика в такъв случай води до тяхното циклично съвпадение по фаза на времеви интервал равен на разликата в честотите. В резултат биенията отразяват ограничената честотно-разделителна способност на ухото. Биенето е най-силно изразено при тонове с еднакъв или близък интензитет.

Напълно абстрактно разглеждане не е възможно нито на отделните тонове, нито на съзвучията. Тяхното прозвучаване незабавно ги обвързва с конкретно звуково тяло с определени качествени показатели, и с конкретно пространство с реални акустични параметри. Всички регламентилани съзвучия (например мажорен квинтакорд) притежават еднакви структурни качества независимо от височината си, и едновременно с това са различни като субективно възприети "цветови" признаци в зависимост от тоналността и октавовата принадлежност.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Възприятието на звука е изключително сложен феномен. Разгледаните дотук особености на този акт не изчерпват цялостната проблематика, а само рамкират полето на дейност и професионалната сфера на психоакустиката. Нейната база данни намира многообхватно приложение в звукорежисурата. Фундаменталната природа на звукозаписния процес е информационно-комуникативна. Той представлява комуникативен акт, преодоляващ времето и пространството, който позволява определена звукова информация да стане достойна на неограничен брой различно димензионно изместени реципиенти. Въпреки необходимата техническа и технологична база професията на звукорежисьора е творческа с ясно дефинирани художествени задачи. Основният критерий в неговата работа е слуховата оценка на фонограмата. Всички показатели, които се наблюдават при слухова преценка, са резултат от психологическото въздействие на записани и възпроизведени по определен начин звукови сигнали. Критериите като пространствено впечатление, прозрачност, тембър, музикален и стереофоничен баланс, локализация и др., са изцяло свързани със субективното възприемане на звука, с професионалната подготовка и конкретните психо-физиологически качества на звукорежисьора. В този смисъл самата звукорежисура може да се разглежда като един сложен и многостранен психоакустичен феномен. Детайлното познание на

механизмите на възприятие на звука и факторите, влияещи върху него, са задължително условие за качествено разрешаване на звукорежисьорските задачи.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алдошина. И. Основы психоакустики, подборка статей с сайта <http://www.625-net.ru>
- [2] Christopher J. Plack, The Sense of Hearing, Psychology Press 2005.
- [3] Hugo Fastl, Eberhard Zwicker, Springer, Psychoacoustics: Facts and Models, 3rd edition (December 14, 2006).

За контакти:

Гл. ас. д-р Павел Стефанова, Катедра Теория на музиката, НМА „Проф. Панчо Владигеров“, тел.0896 820471, e mail: pavel_stfrv@mail.bg