

FRI-2G.408-1-AS-02

SOUND GENERATION IN LABIAL WIND INSTRUMENTS ¹⁰

Assoc. Prof. Pavel Stefanov, PhD

Department of Soundengineering and Sounddesign,

National Academy of Music "Prof. Pancho Vladigerov" – Sofia

Tel.: 086-820 471

E-mail: pavel_stfnv@mail.bg

Abstract: *In woodwind instruments, the principal oscillating element is the air. The oscillation of the air stream within the wind instrument (tube) produces and propagates sound within the surrounding environment. Labial wind instruments exhibit a distinctive mode of sound production, characterised by a number of specific patterns in the implementation of this process. This article provides a comprehensive analysis of the conditions necessary for the occurrence of periodic oscillation in these instruments, the characteristics of the oscillation itself, and the methods employed to manage, maintain, and control the vibration.*

Key words: *music acoustics, labial tubes, resonance, sound generation, air stream, vortex tones sound extraction.*

ВЪВЕДЕНИЕ

Дървените духови инструменти са специфична група музикални инструменти, широко използвани в съвременната музикална практика. Те са обединени на база акустични принципи на звукообразуване и звукоизвличане, а не според материала на изработка, както насочва името на групата. Лабиалните духови инструменти на свой ред са част от семейството на дървени духови. Признакът, по който са обособени, отразява конкретния начин на възникване на звук, на изпълнение, характерното акустично, художествено и тембово отражение на лабиалното звукообразуване.

Лабиалните духови инструменти включват флейтата, блокфлейтата и редица органни тръби. Името им произлиза от латинската дума "labium", което означава "устна", тъй като звукът се създава чрез въздушен поток, който преминава през устните на изпълнителя и на инструмента. Звукът при тях се генерира директно от въздушната струя, вдъхана в инструмента от музиканта (или от генератора на въздух при органа). Лабиалните духови инструменти имат чист, ясен и умерено наситен тембър, което ги прави подходящи за много различни музикални жанрове.

Флейтата например е един от най-подходящите инструменти за музикално ограмотяване и запознаване на учащи се в началните класове с характеристиката, тембъра и възможностите на духовите инструменти. Нейният звук може да се използва успешно при иновативни образователни подходи като творчество чрез творчество. „Стимулирането на творчество чрез творчество е подход, който цели вдъхновяването на учениците и мотивирането им за активно участие в творческия процес като условие за натрупване на трайни впечатления и знания чрез вокално-изпълнителска дейност“ (Стефанова, 2021, стр.75).

ИЗЛОЖЕНИЕ

Въздушният стълб, затворен в корпуса на инструмента, е основният звукоизточник при лабиалните инструменти. Въздухът има изключително малка инерционност, следователно единични импулси затихват почти мигновено, в рамките на 100-200 милисекунди. Създаване

¹⁰ Докладът е представен на 63-та НАУЧНА КОНФЕРЕНЦИЯ на Русенски университет „Ангел Кънчев и Съюз на учените – Русе 2024 г. в секция „Изкуствознание“ с оригинално заглавие на български език: ЗВУКООБРАЗУВАНЕ ПРИ ЛАБИАЛНИ ДУХОВИ ИНСТРУМЕНТИ.

на продължителен звук на лабиален инструмент е възможно само при условия на непрекъснат приток на енергия под формата на състен въздух.

Основен източник на енергия са белите дробове на изпълнителя, където въздуха се компресираща и се подава през дихателните пътища. При инструменти като органа съществуват специални механизми за генериране на въздушна струя. Разбира се самата въздушна струя трябва да се модулира по определен начин, за да генерира устойчиви процеси на осцилация на въздуха. При лабиалните инструменти модулацията се състои в разбиване на въздушната струя в ръба на твърдо тяло (лабиум). Звук се генерира само при изпълнение на определени условия като достатъчна скорост на въздушната струя, и достатъчно остра форма на лабиума.

Трептенията на въздушния стълб при лабиалните инструменти се дължат на явлението „динамична нестабилност“, вследствие на която възникват специфични „вихрови тонове“.

Вихрови тонове се образуват винаги, когато въздушна струя с висока скорост преминава през някакво препятствие. Като пример за реални вихрови тонове може да се посочи инструмента Еолова арфа¹¹. Причина за възникването на вихрови тонове е характерната нерегулярност на въздушния поток, излизащ от тясно отворстие и/или срещащ остра преграда по пътя си.

Нестабилността на въздушния поток може да се разгледа в три специфични случая:

1. *въздушната струя излиза от тесен отвор*. В този случай основна променлива е скоростта на потока. Когато скоростта е ниска, разсейването на въздуха е плавно, и потокът се нарича ламинарен. При него енергийните линии са успоредни. Повишаването на скоростта води до нестабилност, в потока възникват вихри (локални смущения на частиците с повишено налягане). Такъв поток носи името *турбулентен*, движението става вълнообразно. При тези условия се генерират вихрови движения, локални концентрации и разреждания на въздуха, което по същество представлява звукова вълна. В най-честия случай турбулентния поток генерират шум, непериодични звукови трептения (макар че съществуват изключения).

2. *въздушната струя излиза от тесен отвор и се удря в остър ръб*. При наличие на висока скорост на потока, изтичащ от тесен отвор, процесите на завихряне се усилват. В резултат от сблъсъка с острия ръб струята се диференцира на два потока, разпространяващи се от двете страни на лабиума. Поради турбулентността на потока той не се разделя на две равни части. Формата на потока се огъва и основната част се насочва от едната страна на ръба, където се образуват значително повече вихри, а от другата страна налягането е по-малко. Зоната с по-ниско налягане привлича вихрите и става причина за промяна посоката на движение на струята, която бива изтласкана по посока на по-ниското налягане. След това процесът се повтаря отново и отново. В резултат възникват периодични осцилации на струята около лабиума, което се проявява във вид на тонални звуци или т.н. вихрови тонове. Така въздушната струя играе роля и на генератор на трептенията, и на вибратор осигуряващ устойчива осцилация.

Вихровите тонове имат ясно определима честота, определяща се според израза:

$$f = 0,2 V/B$$

където V е скоростта на въздуха, B – разстоянието между изходното отворстие и ръба на лабиума. С други думи честотата на вихровите тонове зависи от скоростта на струята, от разстоянието между източника и лабиума, и формата на самия лабиум. Съществува минимално прагово разстояние, под което не е възможно генериране на вихрови тонове. След прага при наличие на тонове и постоянна скорост на потока плавното увеличаване на разстоянието води до понижаване на честотата вследствие увеличената дължина на вихрите. При последващо увеличение на разстоянието се наблюдава скок в честотата, която се връща почти в началната точка. Това се дължи на повторно увеличение на количеството на вихрите

¹¹ Еолова арфа – древен музикален инструмент, чиито струни се разтрептяват от действието на вятъра. Носи името на древногръцкият бог Еол, повелител на ветровете.

след определена критична дистанция, и вследствие на скъсената дължина честотата се покачва отново почти до изходна стойност.

При константно разстояние и нарастване на скоростта на въздуха се наблюдава повишение на честотата вследствие увеличения брой вихри за единица време. При достигане на критична скорост на струята следва скокообразно повишение на честотата. При наличието на съответния резонатор – корпусът на инструмента, това се проявява като повишаване на тона с октава или по-голям интервал.

Вихровите тонове и турбулентната въздушна струя взаимодействат с въздушния стълб в тръбата на инструмента по специфичен начин. Посредством насочването си вътре в корпуса струята създава импулс от стъстен въздух с повишено налягане, който навлиза през мундщука и започва да се движи надлъжно по протежение на тръбата. В края при устието на инструмента този импулс се отразява обратно при срещата си със свободната атмосфера. В момента на отражение налягането се изравнява с атмосферното, и поради рязкото падане следва инерционен ефект и поява на зона с намалено налягане – разреден въздух. В този си вид импулсът се връща към мундщука по протежение на тръбата. Достигайки до лабиума въздухът с отрицателно налягане привлича като вакуум турбулентната струя отново навътре в корпуса, тя отново формира импулс от стъстен въздух, който тръгва отново надлъжно по тръбата. Процесът се повтаря два пъти повече за секунда отколкото е честотата на звучащия тон.

В началото на процеса се активират всички собствени честоти на вихровите тонове и на въздушния стълб в инструмента. След кратък период от време импулсите се синхронизират с резонантната честота и в корпуса се формира стабилна устойчива картина на стояща вълна. Върховете и възлите на тази вълна са на постоянни точно определени места в пространството, които зависят само от дължината на вълната. Процесът на осцилация продължава дотогава, докато има наличие на устойчиво подавана въздушна струя, точно синхронизирана във времето.

Стабилен тон може да се възпроизведе само когато честотата на вихровите тонове е много близка или идентична със собствената резонантна честота на въздушния стълб. Това се обуславя от точното разстояние между амбушура и лабиума, както и от точната скорост и интензивност на въздушния поток. Именно при тези условия на съвпадение на честотата на външната принуждаваща сила и собствените честоти на системата се наблюдава рязко нарастване на амплитудата на трептене, настъпва резонанс и гръмкостта се увеличава максимално.

Собствените резонантни честоти на лабиалните инструменти зависят от формата и размерите на тръбата (корпуса), и състоянието на двата края. В по-общ смисъл има и други зависимости – например от еластичността на стените на тръбата, но подобни фактори за без практическо значение предвид характеристиките на реалните духови инструменти.

Най-разпространената форма на лабиалните инструменти е цилиндрична тръба, в по-редки случаи конус с малък ъгъл. Техните тръби най-често биват отворени от двете страни, което позволява въздуха вътре да контактува свободно с околната атмосфера. При отворената цилиндрична лабиална тръба условията в двата края създават максимална амплитуда на трептене на въздушните частици, и минимално налягане. В средата на тръбата се наблюдава максимална стойност на налягането и минимална динамика на осцилация. Това определя първият резонанс на подобна тръба като звукова вълна, която побира в тръбата само $\frac{1}{2}$ от своята дължина. Друга важна акустична особеност е факта, че подобна тръба е в състояние да възпроизведе всички поредни хармоници доколкото мензурата позволява да има валиден фурдаментален тон.

Звукобразуването на пълен хроматичен звукоред при лабиалните инструменти включва освен описаните вихрови тонове още две явления – пренадуване, и скъсяване на въздушния стълб посредством звукови отвори - клапи.

Затвореният в тръбата въздушен стълб, основният осцилиращ елемент при лабиалните инструменти има теоретически неограничено количество собствени честоти на трептене. На

практика обаче във формирането на тоновете и тембъра участват само няколко от първите хармоници. При наличие на върхове на стоящата вълна в двата отворени края на тръбата местата на възлите се изместват в зависимост от честотата на хармоника и количеството полудължини на вълната, побиращи се в тръбата. Вече беше споменато повишаване честотата на вихровите тонове при увеличаване на скоростта на въздуха и скъсяване на дистанцията до лабиума. При конкретни стойности на тези параметри следва скок в честотата и поява на следващия хармоник – след фундамента това е тон на октва, следващо увеличаване на скоростта резултира в скок на квинта, след това кварта и т.н. В това се състои същността на явлението пренадуване – разделяне на въздушния стълб на хармонични конкамерации и възпроизвеждане на натуралния звукред от тонове в целочислени честотни съотношения.

Пренадуването се определя от мензурата на тръбата (отношението на диаметъра към дължината), и обуславя правопрпорционалната връзка между честота/височина на тона и гръмкост/динамика. Не на последно място това се отразява пряко и на спектралния състав на тоновете като функция на гръмкостта или динамиката. В допълнение тясната мензура благоприятства обогатяване на спектъра с височестотни компоненти и обратно.

Звуковите отвори или клапи са другият основен начин за промяна честотата, респективно височината на тоновете при лабиални духови. Те се разполагат върху корпуса на инструмента в точно определена и прецизно пресметната последователност. Те са снабдени със специални механизми, някои от тях за отворени и по време на изпълнение се затварят, други са затворени и трябва да се отворят за постигане на определени тонове.

При затворени всички клапи тръбата изпълнява своя основен най-нисък тон, с върхове в двата края и възел на стоящата вълна точно в средата. При отваряне на клапа в средата на тръбата ще се създаде нов връх, който ще съкрати дължината на вълната на половина и възпроизведения тон ще бъде с октава по-висок – втори хармоник. При отваряне на клапа на 2/3 от дължината на тръбата вълната ще се съкрати с необходимата стойност за да се възпроизведе трети хармоник, и т.н. Постепенното отваряне и затваряне на съответните клапи по корпуса на инструмента съкращава и удължава въздушния стълб, и съответно променя височината на тона. При комбиниране на клапите и пренадуването изпълнителят е в състояние да възпроизведе пълен хроматичен звукоред в рамките на основната теситура на инструмента.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основен представител на лабиалните духови инструменти е флейтата. Тя представлява цилиндрична отворена лабиална тръба, най-често изработена от метални сплави, съдържащи сребро или злато, по-рядко платина. С дължина от 70 см и диаметър на тръбата 1,9см при затворени всички клапи тя възпроизвежда тонът c1. Последователното отваряне на основните клапи генерира следващите диатонични тонове, докато хроматичните се постигат чрез междинни клапи. Без пренадуване са възможни тоновете до cis2. Най-високите тонове не са точно ограничени, зависят от качествата на инструмента, от възможностите на изпълнителя, но при всички случаи са свързани с пределно напрежение на въздуха и силна динамика.

В рамките на симфоничния оркестър участието на флейтата като най-висок глас на групата на дървени духови е свързано с традиционни функции и конкретни художествени задачи. При звукозапис на класически оркестър вниманието към детайла във флейтовата партия е необходимо условия за качественото пресъздаване на оркестровия звук. Но тук на преден план излиза и още една необходимост - „предварителното запознанство с партитурата е един от важните подготвителни етапи на звукозаписа, доколкото навременното и дозирано включване на директния звук в общия микс трудно би станало факт без детайлно познаване на записваната творба“ (Гочев, стр.15).

Флейтата е най-виртуозният дървен духов инструмент, с богати художествени и технически възможности. „По протежение на целия си диапазон с необикновена лекота и естественост тя изпълнява всевъзможни бравурни пасажи и изразителни мелодии, скокове до две и повече октави и плавни последователни ходове, диатонични и хроматични гами, арпежи, трилери, мелизми и пр. – от бавни до пределно бързи и с най-различна щрихова техника“ (Абрашев, стр 199).

С тези свои качества флейтовият тембър се доказва като силно импониращ и много подходящ в музикалното ограмотяване на деца от началния курс на обучение. В творчески задачи като звуково и музикално пресъздаване на приказки от децата основен тембров роля може да изпълнява именно флейтата. А още по-голям ефект би имало използването на нейния звук в неформална образователна среда като музикално-творческо ателие за деца. „Задаването на творческа задача за озвучаването на литературен текст със средствата на музиката е предизвикателство за работата в неформална естетическа среда“ (Стефанова, 2014).

REFERENCES

- Абрашев, Б. (1995). Музикални инструменти – част първа. Музика, София.
- Алдошина, И., Притс, Р. (2006). Музыкальная акустика. Композитор, Санкт Петербург.
- Гочев, Я. (2019). Звукозаписът като творчески процес. Роля и значение на уменията за бърза и ефективна работа с музикалната партитура. Електронно издание „Музикален Логос“, 2019. ISSN 2534-8973.
- Стефанова, П. (2021). TEACHING SPECIFIC KNOWLEDGE OF MUSICAL INSTRUMENTS THROUGH CREATIVE TASKS IN PRIMARY SCHOOL AGE. PROCEEDINGS OF UNIVERSITY OF RUSE - 2021, volume 60, book 6.3., стр 74 – 78.
- Стефанова, П. (2014). Озвучаване на литературен текст като форма на развитие на творческото мислене на децата от предучилищна и начална училищна възраст. Алманах на НМА „Проф. Панчо Владигеров“, година 6 (2014).
- Everest, F. A., Pohlmann, C. K. (2009). Master Handbook of Acoustics. McGraw-Hill Companies, Inc.
- Meyer, J. (2009). Acoustics and the Performance of Music. Springer Science+Business Media, LLC.