

АКАДЕМИЯ ЗА МУЗИКАЛНО, ТАНЦОВО И ИЗОБРАЗИТЕЛНО ИЗКУСТВО. ГОДИШНИК. ПЛОВДИВ. 2015

Анализ и подобрене на звукоизвличането при кавал

Иван Танев Иванов, Тракийски университет – Стара Загора, Катедра физика,
биофизика, рентгенология и радиология

Духовите музикални инструменти се състоят от две основни части - хидродинамичен източник на звукова енергия и звуков резонатор (Fabre et al., 2012:1–25). Източникът генерира звукова енергия, която се улавя и усилява чрез резонанс от звуковия резонатор. Резонаторът най-общо представлява тръба с два отворени края (кавал, напречна флейта, китайска флейта дизи, най, шакухачи, индианска флейта, рекордер, говорния апарат на човек и др.) или с един отворен и един затворен край (кларинет, саксофон, обой, гайда, акордеон и др.). При свирене въздушният стълб в тръбата трепти със звукова честота, която зависи от ефективната дължина на тръбата. Част от механичната енергия на трептящия въздушен стълб се освобождава извън тръбата и се разпространява като звук. Чрез отваряне и затваряне на отворите по тръбата се мени ефективната дължина на тръбата и оттам се променя честотата на звука.

Източникът на звукова енергия (наустник, мундщук, embouchure) е разположен в единия край на тръбата. Неговата основна функция е да превръща издишваната от музиканта въздушна струя в прекъсната (импулсна, турбулентна) като с това генерира акустични нарушения (импулси, трептене, вихри). Генерираните импулси или вихри възбуждат звуково трептене във въздушния стълб в тръбата по механизъм, който не е съвсем ясен. След като звуковото трептене в тръбата се възбуди, то се превръща в незатихващо като непрекъснато приема енергия от импулсите на въздушната струя (стационарен режим). Например приема се, че при флейтите акустичното нарушение на въздушната струя достига до по-далечния край на тръбата, отразява се и след като се върне в наустника принуждава въздушната струя да се отклони извън тръбата (Dickens 2007:28). При духовите инструменти с един отворен край (кларинет) акустичното нарушение се разпространява по дължината на тръбата и многократно се отразява от двата ѝ края.

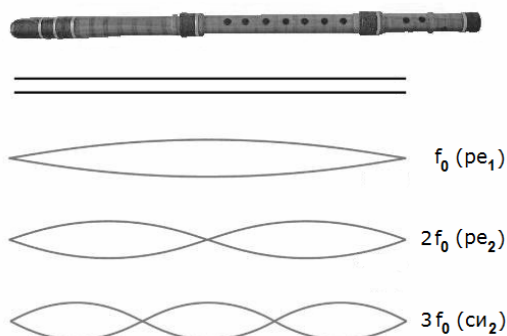


Рис. 1. Кавалът се моделира с тръба, отворена в двата си края. Показани са трептенията, отговарящи на основната честота и първите две хармонични честоти.

При кавала въздушната струя се насочва с подходяща скорост срещу един от двата отворени края на тръбата, който играе ролята на звуков източник. От взаимодействието на въздушната струя с края на тръбата (наустника) се генерират звукови импулси - миниатюрни височестотни вихри с най-различна честота и фаза. При резонанс на някои от генерираните вихри с

въздушния стълб на тръбата в него се възбужда бягаща вълна, която многократно се отразява от отворените краища на тръбата. От събирането на отразената и бягаща вълна в тръбата се създава стояща вълна чиято дължина и, съответно, честота зависят от ефективната дължина на тръбата. Освен на тази т.н. основна честота въздушния стълб резонира и при няколко по-високи честоти (обертони), кратни на основната честота. Трептенето при основната честота, получаващо се при затваряне на всички отвори на кавал в строй re^1 , е показано на рис. 1. Обертоните се получават чрез пренадуване – увеличаване на скоростта на въздушната струя, при което се генерират вихри с по-високи честоти (Bader 2005: 109-122).

Качеството на произведения тон силно зависи от източника на звукова енергия, който при различните духови инструменти бива два вида - трептяща пластинка при резонаторите с един отворен край и разделящо острие при резонаторите с два отворени края. От своя страна духовите инструменти с разделящо острие се подразделят на две категории. В едната категория инструменти (обикновена свирка, рекордер, индианска флейта, дудук), въздушната струя първо преминава през тесен канал преди да достигне до разделящото острие. Това улеснява произвеждането на звука, но ограничава възможностите на музиканта да контролира тембъра и височината на тоновете. При втората категория инструменти (напречна флейта, кавал, шакухачи) въздушната струя пряко взаимодейства с разделящото острие, което води до обратен ефект – произвеждането на звука изисква значително умение, но музикантът има силен контрол върху качеството на звука (Rozier 2009).

Настоящата статия има за задача да анализира действието на източника на звукова енергия при традиционния български духов инструмент кавал и да се предложи конструктивна промяна с цел подобрене на неговата функция. За целта ще бъде заимствана идея от механизма на действие на звуковия източник при напречната флейта – духов инструмент, най-близък по конструкция и начин на свирене до кавала.

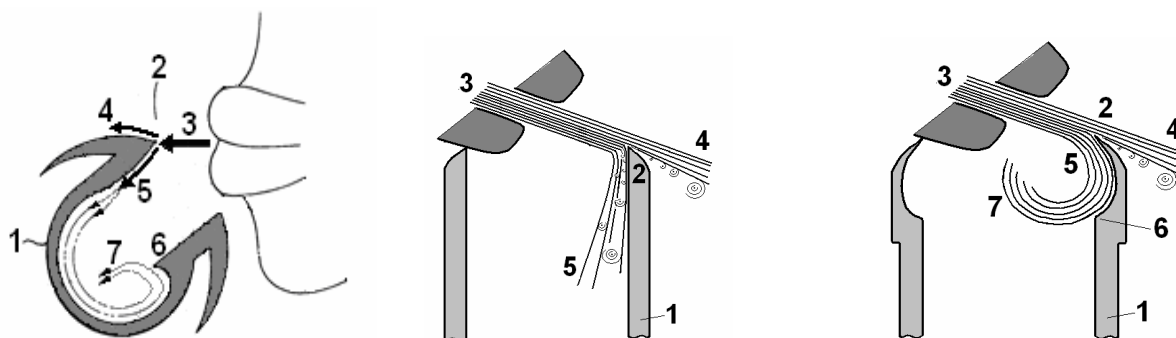


Рис. 2. Действие на звуковия източник при флейта (в ляво) и кавал (в средата). В дясно е показан нов вид наустник за кавал с подобрено звукоизвличане.

Резонаторите при флейтата и кавала имат един и същи вид, това е тръба с два отворени края. И при двата инструмента единият от отворените краища на тръбата (1) е оформен като острие и се използва като източник на звукова енергия – наустник (рис. 2; в ляво - флейта, в средата - кавал). Към острието (2) се подава въздушна струя - ламинарен поток въздух (3), идващ от устния канал на изпълнителя. Острието разделя ламинарния поток на две части - външен поток (4), който не участва в създаването на звука и вътрешен поток (5), който играе основна роля при възбуждането на звуковото

трептене в тръбата. Обикновено, вътрешният поток (5) представлява само няколко % от първоначалната въздушна струя (3), освен това само няколко % от неговата енергия се превръща в звук (Bader 2005: 109-122). Едновременно с разделянето на потока, острието променя посоката на неговото разпространение. От хидродинамиката е известно, че когато посоката на движение на един ламинарен поток се промени в него се появяват вихри (турбуленция). При това, колкото е по-голям ъгълът на закривяване на потока, толкова повече вихри се генерират. По тази причина във вътрешния поток (5) се генерират вихри със звукова честота, които възбуждат звуково трептене в тръбата (Bader 2005: 109-122).

Недостатъкът на обикновеното разделящо острие като източник на звукова енергия е, че твърде малка част от първоначалната въздушна струя се превръща във вихров поток, т.е., броят на генерираните вихри е малък. При източниците с трептяща пластинка (платък) това превръщане е много по-ефективно, съответно произведеният звук е по-силен. При напречната флейта също има благоприятни условия за добро вихрообразуване. Както се вижда от рис. 2 (в ляво), вътрешният поток (5) при флейтата обтича голяма част от вътрешната повърхност на тръбата под наустника. Това удължава закривения път на потока и увеличава броя на вихрите в него. Допълнително може да се монтира жлеб (6) с подходяща обтекаема форма, който силно закривява въздушния поток и създава мощен спиралообразен вихър в центъра на тръбата под наустника (7). В центъра на този вихър се създава понижено налягане, което всмуква въздуха от по-далечния край на тръбата и спомага за възбуждане и усиление на надлъжното звуково трептене в тръбата (Beyer 1932; Yamauchi 1995).

При звуковия източник на кавала липсва вътрешна обтекаема повърхност, както тази при флейтата (рис. 2, в средата) и въздушната струя се удря и отразява еднократно от вътрешната повърхност на тръбата (Прашанов 1974:13). От тук създадената турбулентност е слаба и условията за настъпване на резонанс с въздушния стълб са лоши. Това силно затруднява усвояването на инструмента от начинаещите музиканти и изисква много усилия от изпълнителя. На рис. 2 в дясно е показано едно възможно решение на проблема чрез въвеждане на вътрешно разширение на наустника. Това разширение има подходящ профил така че да се оформи подходяща обтекаема повърхност по вътрешната страна на наустника, завършваща със жлеб (6). При тези условия, вътрешната част на потока (5) се принуждава да се движи по силно закривена траектория с по-голяма дължина, завършвайки с образуването на по-голям и по-мощен вихър (7), както при флейтата. Този вихър засмуква въздуха в тръбата и го застава да трепти надлъжно по нейната ос. Така звуковите трептения в тръбата се възбуждат по-лесно и в стационарен режим приемат по-големи порции звукова енергия от въздушната струя.

Предимство на предложеното подобрене на наустника при кавала е, че не се налага никаква промяна на ефективната дължина на тръбата, на пръстовката и на техниката на свирене. Също така намалява нуждата от редовно смазване на вътрешната повърхност на тръбата, което традиционно се прилага за улесняване на звукоизвличането. Улеснява се и произвеждането на звука в най-ниският, т.н. кабарегистър. Наличието на такава обтекаема, профилна повърхност на вътрешната повърхност на наустника дава възможност за увеличение (ако е необходимо) на вътрешния диаметър на тръбата с цел да се увеличи излъчваната звукова мощност на инструмента. Като бъдещо изследване на проблема може да се посочи търсенето по

опитен път на оптималния вид на профилната повърхност и нейните размери по отношение на диаметъра на тръбата.

РЕЗЮМЕ

Духовите музикални инструменти се състоят от хидродинамичен източник на акустична енергия и звуков резонатор. Качеството на произведения тон силно зависи от източника на акустична енергия, който бива два вида - трептяща пластинка при резонаторите с един отворен край и разделящо острие при резонаторите с два отворени края. Кавалът е духов инструмент с два отворени края, единият от които е оформен като разделящо острие и служи като звуков източник (наустник, мундщук, embouchure). За разлика от напречната флейта, при наустника на кавала липсва вътрешна закривена и обтекаема повърхност и вдухваната въздушна струя се удря и отразява еднократно от вътрешната повърхност на тръбата, създавайки по-слаба турбулентност. В настоящата статия се предлага едно възможно решение на проблема чрез въвеждане на вътрешно разширение на наустника, което да има подходящ профил така че да се оформи подходяща обтекаема повърхност по вътрешната страна на наустника. При тези условия, вътрешната част на потока се движи по силно закривена траектория с по-голяма дължина, завършвайки с образуването на по-голям и по-мошен вихър, както при флейтата. Така звуковите трептения в тръбата се възбуждат по-лесно и в стационарен режим приемат по-големи порции акустична енергия от въздушната струя. Предимство на предложеното подобрене на наустника при кавала е, че не се налага никаква промяна на ефективната дължина на тръбата, на пръстовката и на техниката на свирене.

Ключови думи: кавал, наустник, звукоизвличане, турболентност, обтекаем профил

Analysis and improvement of the sound production by kaval

Ivan Tanev Ivanov, Thracian University, Department of physics, biophysics, radiology and rentgenology, Stara Zagora, Bulgaria

Wind musical instruments consist of hydrodynamic source of acoustic energy and acoustic resonator. The quality of musical tone is highly dependent on the acoustic energy source, which is of two kinds - vibrating plate in the resonators with a single open end and a separating blade in the resonators with two open ends. Kaval is a wind instrument with two open ends, one of which is shaped like separating blade which serves as an acoustic energy source (mouthpiece, embouchure). Unlike the transverse flute, the mouthpiece of kaval lacks an internal oval streamlined surface and the airflow, blown into the mouthpiece, hits the inner surface of the tube at a single point creating weaker turbulence. In this article we propose a solution to the problem through local extension of the inner cross section of the mouthpiece thus turning the inside aspect of the mouthpiece into an oval streamlined surface. Under these conditions, the airflow is forced to travel on a longer and strongly curved pathway generating more powerful turbulence. Consequently, the stronger turbulence transmits greater acoustic energy to the sound vibrations in the pipe and the sound production of kaval is facilitated. The proposed improvement of kaval mouthpiece does not change the effective length of the pipe, nor the fingering and the playing technique.

Keywords: kaval, mouthpiece improvement, sound production, turbulence, streamlined profile.

Литературни източници:

- Прашанов Т. Начална школа за кавал. Изд. Наука и изкуство. София. 1974
- Bader, R. Turbulent $k - \epsilon$ model of flute-like musical instrument sound production, In: Fractals in Engineering. New trends in theory and applications. E. Lutton and J. Lévy-Véhel (Eds.). Berlin, New York: Springer. 2005; 109-122.
- Fabre B., Gilbert J., Hirschberg A., Pelorson X. Aeroacoustics of Musical Instruments. Annu. Rev. Fluid Mech. 2012; 44:1-25
- Yamauchi G. Flute mouthpiece. US Patent Number: 5,435,221. Date of Patent: Jul. 25, 1995
- Beyer H. Floetenkopfstueck. German Patent Number: DE547487C. Date of Patent: Apr. 1, 1932
- Rozier C. End blown flute having an acoustic air space. US patent No 2009 / 0293701 A1. Pub. Date Dec.3, 2009
- Dickens P. A. Flute acoustics: measurement, modelling and design. In fulfillment of the requirements for the degree Doctor of Philosophy. School of Physics, University of New South Wales, Australia. 2007