

**МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО**

УДК 378.016:781.1]:004

DOI <https://doi.org/10.24919/2308-4863/41-3-1>**Ольга ЛІГУС,***orcid.org/0000-0001-5513-5525*

кандидат мистецтвознавства,

доцент кафедри музикознавства та музичної освіти

Інституту мистецтв Київського університету імені Бориса Грінченка

(Київ, Україна) *olga-ligus@ukr.net***Валентин ЛІГУС,***orcid.org/0000-0003-2430-0166*

заслужений артист України,

доцент кафедри музичного мистецтва

Київського національного університету культури і мистецтв

(Київ, Україна) *ligus-valentin@ukr.net***КУРС МУЗИЧНОЇ АКУСТИКИ В СИСТЕМІ ВИКЛАДАННЯ  
МУЗИЧНО-КОМП'ЮТЕРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ЗАКЛАДАХ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Актуалізовано доцільність впровадження курсу музичної акустики в процесі фахової підготовки музиканта у закладах вищої освіти. На підставі опрацювання наукової літератури систематизовано пріоритетні проблеми дослідження музичної акустики. Мета статті – висвітлити основні аспекти курсу музичної акустики у системі викладання музично-комп'ютерних технологій у закладах вищої музичної освіти.

Методологія дослідження спирається на міждисциплінарний підхід, обумовлений різногалузевою специфікою музичної акустики. Використано низку теоретичних та історичних методів: метод абстрагування – з метою виокремлення та розгляду різних аспектів музичної акустики; описовий – в аналізі термінології, пов'язаної з поняттям акустики, та інших, дотичних понять; історіографічний – для здійснення критичного аналізу наукової літератури з досліджуваної проблеми; історичний – в осмисленні процесів еволюції музичної акустики в європейській науці та практиці від Античності до наших днів.

Висвітлено теоретичні та історичні аспекти курсу музичної акустики. Визначено нерозривний зв'язок розвитку музичної акустики з еволюцією інформаційно-комунікаційних технологій. Виділено та охарактеризовано п'ять етапів розвитку музичної акустики. Окреслено перспективи розвитку фахової компетентності студентів за умов впровадження курсу музичної акустики в навчальний процес закладів вищої освіти.

Наукова новизна статті полягає у міждисциплінарному підході до вивчення науково-практичної галузі музичної акустики; у висвітленні теоретичних та історичних аспектів музичної акустики; у розгляді музичної акустики як базового компоненту розвитку музично-комп'ютерних технологій.

Одержані результати можуть бути застосовані в музично-педагогічній практиці у розробці курсу музичної акустики, а також, у подальших музикознавчих дослідженнях.

**Ключові слова:** звук, музичне мистецтво, акустика, комп'ютерні технології, музична освіта.

**Olha LIHUS,***orcid.org/0000-0001-5513-5525*

PhD in Art Studies,

Associate Professor at the Department of Musicology and Musical Education

Institute of Arts of Borys Grinchenko Kyiv University

(Kyiv, Ukraine) *olga-ligus@ukr.net***Valentyn LIHUS,***orcid.org/0000-0003-2430-0166*

Honored Artist of Ukraine,

Associate Professor at the Department of Musical Art

Kyiv National University of Culture and Arts

(Kyiv, Ukraine) *ligus-valentin@ukr.net*

## MUSICAL ACOUSTICS COURSE IN THE TEACHING SYSTEM OF MUSIC SOFTWARE TECHNOLOGIES IN HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS

*The reasonability of the course in Musical acoustics implementation in the process of musical professional education in the institutes of higher education is actualized. On the ground of academic literature examination the crucial problems of the musical acoustics research are systematized. The aim of the paper is to consider the fundamental aspects of musical acoustics in the teaching system of music software technologies in higher musical education institutions.*

*The research methodology is based on the interdisciplinary approach shaped by the multidisciplinary nature of the musical acoustics. In the article, the ranges of theoretical and historical methods are applied. In particular, abstraction is applied to define and consider different aspects of the musical acoustics, description is useful to analyze the terminology related to the acoustics' concept and other notions, historiographical method is applied to critically analyze the literature on the research subject, whereas historical method is used to conceptualize the evolution of the musical acoustics in the European science and practice from the Antiquity to the present.*

*Theoretical and historical aspects of the musical acoustic course are clarified. An inextricable link between the musical acoustics' development and information and communication technologies' evolution is defined. Five stages of musical acoustics' development are distinguished and described. The perspectives of students' professional skills' development under the condition of introduction of the musical acoustics course in higher education institutions are outlined.*

*The scientific novelty of the article is that the paper represents interdisciplinary examination of the scientific and practical branch of musical acoustics, explication of its theoretical and historical aspects, and consideration of musical acoustics as a basic component of the music software technologies' development.*

*The research results can be applied in the musical pedagogical practice as a development of course in musical acoustics and further musicological research.*

**Key words:** sound, musical art, acoustics, computer technologies, musical education.

**Постановка проблеми.** Під впливом стрімкого розвитку інформаційно-комунікаційних технологій в музичному мистецтві особлива увага приділяється технологічним аспектам уявлень про музичну творчість та музичний інструментарій, зокрема й музично-комп'ютерний. Розуміння цих аспектів та оволодіння методиками роботи з новітніми технологіями лежить у площині тембрової та акустичної специфіки музичного звуку, а також, його відтворення, комп'ютерної генерації та слухового сприйняття. Відповідно, ключем до теоретичного осмислення та практичної реалізації роботи з комп'ютерними технологіями уявляються знання з музичної акустики – науки, що вивчає «об'єктивні фізичні закономірності музики в її зв'язку зі сприйманням та виконанням» (Назайкинський, 1972: 86).

Таким чином, на сучасному етапі назріла необхідність системного вивчення основ музичної акустики у закладах вищої освіти. За умов активного впровадження інформаційних і музичних комп'ютерних технологій ця дисципліна має отримати дієве та якісно нове значення, акумулюючи перспективні напрямки у процесі підготовки професійних музикантів (композиторів, виконавців, музичних педагогів).

**Аналіз досліджень.** У вітчизняному музикознавстві проблематика музичної акустики в контексті музично-комп'ютерних технологій ще не дістала всебічного ґрунтовного осмислення, хоч останнім часом простежується певна динаміка у дослідженні її окремих аспектів та дотичних питань. Так, Г. Когут аналізував темброву специ-

фіку музичних композицій на підставі розгляду спектральних акустичних феноменів (Когут, 2003). Процеси формування української електроакустичної музики вивчала А. Загайкевич (Загайкевич, 2015), яка пише музику в цьому напрямі. Її електроакустичні композиції стали об'єктом уваги І. Ракунової (Ракунова, 2010). А. Бондаренко теж досліджує електроакустичні експерименти українських композиторів (Бондаренко, 2020). Способи та методи естетично-акустичного оцінювання звучання оркестрів у концертних залах охарактеризовано в дисертації О. Войтовича (Войтович, 2018). При цьому, в українських наукових студіях ще бракує праць, присвячених проблемам викладання музичної акустики в системі музично-комп'ютерних технологій у закладах вищої освіти. Означена ситуація актуалізує обраний ракурс дослідження.

**Мета статті** – висвітлити основні аспекти курсу музичної акустики у системі викладання музично-комп'ютерних технологій у закладах вищої освіти.

**Виклад основного матеріалу.** Музична акустика – розгалужена й багаторівнева система знань про властивості музичного звуку, специфіку його видобування (акустика музичних інструментів, мови та співу, електроакустика), способи запису й відтворення звуку (звукозапис і трансляція, архітектурна акустика), слухове сприйняття (психоакустика) та принципи комп'ютерної генерації музичного звуку. Ця наука пройшла багатовіковий шлях, репрезентуючи з одного боку, результати інтелектуальних відкриттів, а з іншого, – відгу-

куючись на художні запити музичної естетики та творчості. Відповідно, вивчення основ музичної акустики передбачає комплексний міждисциплінарний підхід, органічно поєднуючи теоретичний та історичний аспекти пізнання.

Чи не найбільш складною для розуміння й аналітичного осмислення студентами є теоретична основа музичної акустики, що обіймає цілу низку різних наукових царин: природничих (фізика, архітектура, фізіологія, еволюційна біологія) та гуманітарних (музикознавство, психологія, семіотика, естетика, культурологія). З давніх часів пріоритетне значення надавалося природничим наукам, за допомогою яких пояснювалися явища музичного звучання. Історично відомо, що увагу музикантів завжди привертала акустичні вимірювання, тобто, знання фізичної акустики в її проєкції на музичне мистецтво. Так формувалася система точних об'єктивних знань про музичний звук, конструкції музичних інструментів, організацію музичних систем, строїв та ладів, специфіку звучання вокальної та інструментальної музики. Невипадково, серед різних підходів до предмету музичної акустики ще донедавна побутував погляд на неї як на своєрідний розділ фізики, дотичний до теорії музики та деяких аспектів музичної практики.

Останнім часом деякі вчені відзначали хибність такого підходу. Зокрема, Ю. Рагс стверджував, що «музичне мистецтво практично завжди випереджало та випереджає науки, які пов'язані з музикою: акустику, фізіологію, психологію, тощо» (Рагс, 2010: 16). На його думку, ці науки далеко не завжди відкривають певні явища звукового простору, а радше, по-своєму пояснюють їх: «звукові хвилі, вузли та пучності, натуральний звукоряд, обертони й подібні важливі предмети не дають розуміння музики та не наближають людину до музики» (Рагс, 2010: 21).

Тим не менше, сучасна музична акустика, що розвивається у річищі нових комп'ютерних технологій, передбачає широке використання складних фізико-математичних методів та розрахунків. Вона орієнтована на розробку фізичних комп'ютерних моделей музичних інструментів і приміщень, способів їхнього проєктування, алгоритмів комп'ютерного розпізнавання тембрів, створення нового комп'ютерного інструментарію. Невипадково, в сучасній музичній термінології міцно вкоренилися поняття інформатики: «структура», «параметр», «група», «пропорція», розширюючи апарат теорії музики. З огляду на сказане, показовими є науково-педагогічні ідеї І. Горбунової (Горбунова, 2017), яка акцентує увагу

на необхідності вивчення основ інформатики в навчальному процесі музикантів-виконавців, композиторів та звукорежисерів.

Інший важливий теоретичний аспект музичної акустики стосується проблем музичного сприйняття, які для розуміння звукового матеріалу видаються не менш значущими, аніж фізико-математичні обчислення. Сьогодні психоакустика динамічно розвивається. Впровадження сучасних комп'ютерних технологій, нових алгоритмів (теорії нейронних сіток, генетичних алгоритмів) дало змогу значно розширити сферу психоакустичних досліджень вищих ділянок слухової системи. Досягнувши значних успіхів у розумінні механізмів слухового розпізнавання висоти тону, гучності, тембру, локалізації, маскування тощо, сучасна психоакустика спільно з когнітивною психологією опікується питаннями комплексного сприйняття «слухового образу». У зв'язку з цим І. Алдошина зазначає, що у світі «вже побудовано комп'ютерні моделі формування просторового тривимірного слухового образу, розроблюються системи автоматичного розпізнавання тембрів музичних інструментів, тощо, – таким чином, зближуються кордони між психоакустикою та музичною психологією» (Алдошина, 2006: 98). Крім того, від здобутків психоакустики в розумінні процесів «розшифрування» звукового образу слуховою системою залежить прогрес всієї світової аудіо-індустрії.

Еволюційний рух інтелектуальної думки та практичних досягнень у сфері музичної акустики розкриває історичний аспект змісту навчального курсу. Характеристика важливих етапів розвитку музичної акустики необхідна для розуміння студентами процесів накопичення знань про основні властивості музичних звуків та акустичні відкриття видатних вчених та зміст їхніх праць, на базі яких розвивається сучасна наука. Загалом доцільно виділити п'ять основних етапів розвитку музичної акустики: від античних часів – до сьогодення. При цьому, в загальносвітовий контекст еволюції важливо «вписати» здобутки української науково-практичної школи музичної акустики, яка активно розвивалась протягом ХХ–ХХІ ст.

Перший етап, Античний, характеризується відкриттям базових законів акустики, серед яких, зокрема, зв'язок висоти звуку з частотою коливань струни; поширення звукових хвиль як процесу стиснень та розріджень у повітрі; падіння, відображення та поглинання звукових хвиль у приміщеннях. Крім того, в цей період з'явилися перші припущення щодо естетичного сприйняття складних музичних звуків (приємні та неприємні

на слух), що зумовило появу шкал. У теоретичному матеріалі з цієї теми слушно приділити увагу ідеям та відкриттям Піфагора, Стратона, Арістоксена, Вітрувія та Боеція.

Відлік другого етапу наукового розвитку акустики в Європі збігається з початком епохи Відродження. Упродовж XV–XVII ст. відбувалося поступове накопичення знань з музичної акустики завдяки плідним експериментам Л. да Вінчі, Г. Галілея, Дж. Царліно, А. Шліка, П. Аронома, М. Мерсенна, П. Гассенді, Ж. Совера, Р. Бойля, та ін. Відкриття цих вчених стосувалися встановлення кількісних зв'язків висоти тону з частотою коливань струн, що залежить від їхніх геометричних та фізичних параметрів; вивчення процесів поширення звуку в повітрі; визначення швидкості звуку; аналізу музичних інтервалів; пошуку різних варіантів музичних шкал; пояснення ефектів биття, консонансів та дисонансів; з'ясування зв'язків між тембром та складом обертонів.

В епоху Просвітництва (XVIII ст.), що становить третій етап еволюції музичної акустики, вже формується теоретична база на підставі відкриттів у галузі математичної фізики та механіки (І. Ньютон, Г. Лейбніц, Ж. д'Аламбер, Д. Бернуллі, Л. Ейлер). Значні зрушення у розвитку теоретичної думки уможливили розпочати кількісний аналіз механізмів звукоутворення в музичних інструментах, що й обумовило їхню подальшу модернізацію. На цей період припадає і новаторська творчість видатного італійського скрипаля й композитора Дж. Тартіні, котрий уперше виявив комбінаційні тони в одночасному голосному звучанні двох звуків – явище, яке знайшло пояснення лише у XX ст. на базі нелінійної теорії слуху.

Упродовж четвертого етапу, який охоплює XIX ст., завершився процес формування теорії музичної акустики в усіх основних напрямках, включаючи дослідження проблем створення, поширення та сприйняття музичних звуків. У цей час було досягнуто значного прогресу в теорії механічних коливань, зроблено визначні відкриття в царині електрики та магнетизму (наприкінці століття було винайдено фонограф, телефон і мікрофон), розроблено статистичну теорію для аналізу поширення звуку в приміщеннях, закладено основи формування психоакустики. Ці досягнення пов'язані з іменами видатних вчених: Ж. Фур'є, Г. Ома, Ф. Савара, Ж. Лагранжа, С. Д. Пуассона, Т. Юнга, П. Лапласа, Дж. Стретта та, особливо, німецького фізика Г. Гельмгольца. У своїй праці «Вчення про слухові відчуття як фізіологічна основа теорії музики», опублікованій у 1863 році, він виклав концепцію резонансної

теорії слуху, а також, запропонував власну теорію консонансів і дисонансів. На основі досліджень Г. Гельмгольца наприкінці XIX ст. сформувалися базові положення психоакустики. У 1890-х рр. з'явилися й інші важливі дослідження: «Основи музичної акустики» А. Жанк'єра та «Акустика з погляду музичної науки» Г. Рімана.

Останній етап, що простягається від початку XX ст. до наших днів, ознаменований революційними зрушеннями в різних сферах: акустики музичних інструментів, акустики мови та співу, електроакустики, архітектурної акустики, психоакустики тощо. З'явилося нове покоління електромузичних та електронних інструментів, а також, принципово нових способів створення, передачі та відтворення музики й мови на основі систем звукозапису, трансляції звуку (радіомовлення, телебачення, мультимедіа) та звуковідтворення. Розвиток цих систем обумовив прогрес потужної аудіо-промисловості, що забезпечує випуск гучномовців, мікрофонів, підсилювачів, передавачів, процесорів та інших видів обладнання, що, своєю чергою, свідчить про еволюційний прорив у царині акустики приміщень. Поряд з будівництвом великих концертних та оперних залів із природною акустикою виник новий напрям: створення багатопрофільних концертних залів, стадіонів, майданчиків з використанням різних систем звукопідсилення.

Останні десятиліття характеризуються появою нових цифрових технологій, які стали основою для розвитку сучасних видів синтезу та обробки музики й мови, розробки комп'ютерних моделей слухової системи, створення і передачі тривимірного віртуального звукового простору, поступу електронної та комп'ютерної музики. Усі ці здобутки науки та практики відкривають широкі перспективи в розвитку музичної акустики як наукової основи музичної творчості.

Серед вчених, винахідників і практиків цього періоду, причетних до еволюції музичної акустики, Г. Бекеші, М. Гарбузов, Д. Гібсон, Дж. Ліклайдер, Б. Мур, Д. Пенсадо, К. Сішор, М. Ставроу, С. Стівенс, Е. Терхард, Г. Флетчер, А. Хаб, В. Хартман, Д. Шаутен та інші, експериментам і теоретичним працям яких варто приділити увагу студентів. Крім того, в історичному контексті розвитку музичної акустики XX–XXI ст. необхідно розглянути і здобутки українських винахідників, теоретиків та композиторів-експериментаторів: В. Баранова-Россіне, М. Бранда, Л. Вайнтрауба, Є. Деслава, Л. Диса, А. Загайкевич, Д. Зарицького, М. Карновського, Г. Когута, Л. Розенберга, Є. Юцевича та ін.

Отже, зміст курсу музичної акустики, який складають висвітлені теоретичні та історичні аспекти її розвитку, має забезпечити студентів необхідними знаннями для паралельного та подальшого опанування музично-комп'ютерними технологіями у різних напрямках фахового зростання.

**Висновки.** Вищевикладені спостереження дають підстави визначити змістову та практичну вагу курсу музичної акустики як базового компонента сучасних музично-комп'ютерних технологій. Знання особливостей тембрового та акустичного різноманіття музики, які дає музична акустика, мають збагатити творчу уяву музиканта, стимулювати поштовх до художнього новаторства та оволодіння навичками сучасної звукорежисури та композиції.

Одержані результати аналізу наукової літератури, так само як і творчо-експериментальної

та музично-педагогічної практики переконують, що комплекс знань з музичної акустики в системі сучасної вищої освіти має охоплювати такі важливі аспекти: фізика звуку, музична інформатика, історія розвитку музичної акустики, психоакустика, акустика музичних інструментів та голосу, акустика концертних залів та студійних приміщень, системи звукозапису та звуковідтворення, принципи побудови електромозичних інструментів.

Таким чином, викладання курсу музичної акустики орієнтовано на встановлення зв'язків між різними підходами щодо формування творчого, виконавського та музично-педагогічного потенціалу музикантів у галузі інформаційних технологій. Музична акустика має стати необхідною умовою фахової соціалізації студента, забезпечуючи його цілеспрямовану й ефективну інтеграцію у світ професійного музичного виконавства, творчості та музичної педагогіки.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алдошина И. А., Приттс Р. *Музыкальная акустика*. Санкт-Петербург: Композитор, 2006. 720 с.
2. Бондаренко А. І. Просторова локалізація акустичних подій в електронній музиці: досвід дослідження. *Актуальні питання гуманітарних наук: міжвузівський збірник наук. праць молодих вчених Дрогобицького держ. педагогічного університету імені Івана Франка*. 2020, № 34 (1). С. 26–30.
3. Войтович О. О. Естетично-акустичні параметри оркестрового звучання (на прикладі концертних залів Львова). Дис... канд. мистецтв. 17.00.03. музичне мистецтво. ЛНМАУ ім. М. В. Лисенка. 2018. 240 с.
4. Горбунова И. Б. Информационные технологии в музыке и музыкальном образовании. *Мир науки, культуры, образования*. 2017, № 2 (63). С. 206–210.
5. Загайкевич А. Л. Українська електроакустична музика: історія і сучасність. *Часопис Національної музичної академії України імені П. І. Чайковського*. 2015, № 4 (29). С. 75–86.
6. Когут Г. О. Акустичні феномени як події. *Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені В. Гнатюка*. 2003, № 1(10) С. 60–67.
7. Назайкинский, Е. В. *О психологии музыкального восприятия*. Москва: Музыка, 1972. 384 с.
8. Рагс Ю. Н. *Акустические знания в системе музыкального образования: очерки*. Рязань: «Литера М», 2010. 336 с.
9. Ракунова И. *Новые композиторские технологии (на примере творчества Аллы Загайкевич)*. Київ: Феникс, 2010. 205 с.

#### REFERENCES

1. Aldoshina I. A., Pritts R. (2006) *Muzikal'naja akustika* [Musical acoustics]. St. Petersburg: Kompozitor. (In Russian).
2. Bondarenko A. I. (2020) Prostorova lokalizacija akustychnykh podij v elektronnij muzyci: dosvid doslidzhennja [Spatial localization of acoustic events in electronic music: research experience]. *Topical issues of the humanities: an intercollegiate collection of researchers working with young people with Drohobych workers at Ivan Franko University*, vol. 34, no. 1, pp. 26–30.
3. Gorbunova I. B. (2017) Informatsionnye tekhnologii v muzyke i muzikal'nom obrazovanii [Information technology in music and music education]. *The World of Science, Culture and Education*, vol. 2, no. 63, pp. 206–210.
4. Koghut H. O. (2003) Akustychni fenomeny jak podiji [Acoustic phenomena as events]. *Naukovi zapysky Ternopil'skogo derzhavnogo pedagogichnogo universytetu imeni V. Gnatjuka. Serija Mystectvoznavstvo*, vol. 1, no. 10, pp. 60–67.
5. Nazaykinskiy E. V. (1972) *O psikhologii muzykal'nogo vospriyatiya* [On the psychology of musical perception]. Moscow: Muzyka. (In Russian).
6. Rags Yu. N. (2010) *Akusticheskie znaniya v sisteme muzykal'nogo obrazovaniya: ocherki* [Acoustic knowledge in the system of music education: essays]. Ryzan': "Litera M". (In Russian).
7. Rakunova I. (2010) *Novye kompozitorskie tekhnologii (na primere tvorchestva Ally Zagaykevich)* [New composer technologies (by the example of Alla Zagaykevich's creative work)]. Kyiv: Feniks. (In Russian).
8. Vojtovych O. O. (2018) *Estetychno-akustychni parametry orkestrovogho zvuchannja (na prykladi koncertnykh zaliv Ljvova)* [Aesthetic and acoustic parameters of orchestral sound (on the example of concert halls of Lviv)] (PhD Thesis), Lviv: The Mykola Lysenko Lviv National Music Academy.
9. Zaghajkevych A. L. (2015) *Ukrainsjka elektroakustychna muzyka: istorija i suchasnistj* [Ukrainian Electroacoustic Music: History and Modernity]. *Chasopys Nacional'noji muzychnoji akademiji Ukrainy imeni P. I. Chajkovskogho*, vol. 4, no. 29, pp. 75–86.