

УДК 784:81'355:004.4'277.4(045)  
DOI: 10.31318/2522-4190.2025.143.342820

**КИРИЧЕК Д. О.**

**Киричек Дмитро Олександрович** — аспірант творчої аспірантури кафедри оперного співу Національної музичної академії України імені П. І. Чайковського (Київ, Україна)

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-9149-5560>

[kyrychok.1997@gmail.com](mailto:kyrychok.1997@gmail.com)

© Киричек Д. О., 2025

## **ЦИФРОВІ ІНСТРУМЕНТИ**

### **У ДОСЛІДЖЕННІ ОРФОЕПІЧНИХ АСПЕКТІВ СПІВУ**

Розглянуто можливості цифрових технологій у дослідженні орфоепічних характеристик вокального виконання, зосередженому на міжкультурному аспекті інтерпретації оперного репертуару. Особливу увагу приділено аналізу співу італійською та німецькою мовами. Досліджено візуальну фіксацію вокального матеріалу з використанням програми *Sonic Visualiser*, яка дозволяє будувати спектрограми та визначати частотні характеристики голосу у прогресії, за допомогою якої співак не лише чує, але й бачить відмінності між тембровими варіантами, що сприяє ефективнішому засвоєнню складних аспектів виконавської техніки. Виокремлено роль голосних звуків як основи співочої фрази, що найповніше передає орфоепічну та темброву виразність. Звертається увага на співвідношенні тембрових технік *chiaro–scuro*, *Deckung* і *Offene Stimme*, їхньому відображенні в частотному діапазоні спектрограм та значенні у формуванні інтерпретаційного задуму виконавця. Наголошується на необхідності візуалізації звукових процесів як додаткового засобу наукового дослідження та вокального навчання, що сприяє глибшому розумінню зв'язку між акустичними характеристиками та виконавською технікою. Акцентовано увагу на доцільності застосування цифрового аналізу не лише для дослідницьких цілей, але й як інструмента корекції вимови, формування тембру та розвитку орфоепічної компетентності молодого співака. Представлене дослідження демонструє новий підхід до оцінювання якості вокального виконання з урахуванням чиннику наближення до «об'єктивних» звукових параметрів. Зроблено акцент на крос-культурності вокальної орфоепії, що проявляється у специфіці формування голосних звуків відповідно до фонетичних норм тієї чи іншої мови. Встановлено, що незалежно від мови виконання, особливості артикуляції голосних, їх широта, відкритість та резонансна позиція визначають стилістичну й інтерпретаційну переконливість вокального виконання. Підкреслюється необхідність урахування орфоепічних відмінностей різних вокальних шкіл, що сприяє формуванню точного виконавського задуму. Здійснена спроба підходу до оцінювання якості вокального виконання, враховуючи об'єктивних звукових параметрів у міжкультурному контексті вокального мистецтва.

**Ключові слова:** орфоепія, крос-культурність, цифрові технології, вокальне виконавство.

**Вступ.** У сучасному вокальному мистецтві одним із ключових елементів, що визначають художню якість та емоційне сприйняття виконання, є орфоепія. Вокаліст не лише інтерпретує музичний і драматичний задум композитора, але й забезпечує чітке та виразне донесення тексту, від якого багато в чому залежить сприйняття і ро-

зуміння твору слухачем у межах певної культурної традиції. У добу швидкого розвитку цифрових технологій відкриваються нові можливості для об'єктивного аналізу вокального виконання, що дозволяє суттєво підвищити точність та ефективність педагогічних підходів та виконавської практики.

Одним із ключових завдань вокального педагога є формування у молодого співака усвідомленого володіння тембровою палітрою голосу, що являє собою *індивідуально-виразовий спектр тембрових відтінків*, доступних у межах його виконавської техніки. Цей феномен охоплює здатність керувати голосом відповідно до художніх завдань твору, інтонаційних вимог, мовної артикуляції та стилістичних особливостей репертуару.

Параметрами тембрової палітри виступають:

1. Частотна структура (спектр) — розподіл енергії по гармоніках<sup>1</sup>.
2. Формантна конфігурація — активність F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, іноді F<sub>3</sub><sup>2</sup>.
3. Інтенсивність звуку (амплітуда) — на різних ділянках спектру.
4. Акустичні центри резонансу голосу, на які орієнтується виконавець, коли опановує певні техніки вокалізації — грудний, гортанний, фарингеальний, ротовий, носовий.
5. Тембральна модуляція — здатність змінювати звук із збереженням вокальної тесситури та амплуа виконання.
6. Мовно-орфоепічні компоненти — артикуляційні відмінності голосних/приголосних, що впливають на темброве забарвлення звуку.
7. Психоакустичні чинники — суб'єктивне сприйняття «кольору» голосу слухачем.

Питання формування тембрової палітри голосу, зокрема темного й світлого звучання (*scuro — chiaro*), тісно пов'язане з репертуарною специфікою, образною природою музичного матеріалу, а також із крос-культурними вокальними традиціями певних національних музичних шкіл.

Розглянемо цей феномен на дещо подібних феноменах італійської та німецької вокальних шкіл, які пов'язані з характеристичним протиставленням «світлого» та «темного» звучання. Світле звучання (*chiaro*) зазвичай асоціюється з образами юності, невинності, надії, божественного осяяння та ліричного світла. Такий тембр активно використовується в італійській вокальній школі доби *bel canto* (В. Белліні, Г. Доніцетті), у партіях легких ліричних сопрано та тенорів (Норіна з «Дон Паскуале» або Неморіно з «Любовного напою»). Темне звучання (*scuro*), навпаки, асоціюється з глибиною, трагізмом, демонічністю, внутрішньою напругою, використовується для створення образів смерті, влади, скорботи або містичної сили (Скарпіа у Дж. Верді, Голландець у Р. Вагнера, Мефістофель у Ш. Гуно).

<sup>1</sup> Гармоніки (англ. *harmonics*) — складові частоти складного звуку, які є кратними до основної (найнижчої) частоти, що визначає висоту звучання. Іншими словами, коли співак продукує певний тон (основну частоту, *fundamental frequency*), водночас з нею завжди звучить набір додаткових, вищих частот, що утворюють гармонічний спектр. Наприклад, якщо основна частота дорівнює 220 Гц, її гармоніками будуть частоти 440 Гц, 660 Гц, 880 Гц тощо.

<sup>2</sup> Форманти (від лат. *formans* — «той, що формує») — найбільш виражені, підсилені резонансні області звукового спектру, які визначають акустичні характеристики голосних звуків. Кожна форманта характеризується певним частотним діапазоном і відповідає за формування тембрової специфіки голосу.

У стилістичному аспекті темброві контрасти відіграють важливу роль в історично інформованому виконавстві: в музиці бароко переважає ясність і дзвінкість тембру, тоді як романтична епоха тяжіє до розширення тембрової палітри. У ХХ столітті композитори, як-от Ріхард Штраус чи Дмитро Шостакович, навмисно закладали у вокальні партії різкі контрасти між світлим і темним тембром, що вимагає від виконавця надзвичайної пластичності голосу.

Темброва палітра голосу є не лише фізіологічною чи акустичною категорією, а й глибоко семантичним і стильовим інструментом, що вимагає усвідомленого застосування у зв'язку з репертуаром, культурною традицією та історичним контекстом.

Зокрема, питання *темного та світлого* звучання голосу, а також створення різнопланової виконавської інтерпретації постають як базові у процесі навчання. Досягнення темного тембру пов'язане з активізацією нижньої резонансної зони, зниженням позиції гортані, розширенням глоткового простору та використанням покритого (темного) звуку, тоді як світле звучання формується за рахунок зменшення об'єму у фарингеальному просторі.

Викладач вокалу має не лише вербально окреслити ці феномени, але й надати студенту інструментарій для їх усвідомленого відтворення. В цьому контексті надзвичайно цінним стає використання цифрових засобів візуалізації звуку. Науковий підхід базується у даному разі на застосуванні спектрограмного аналізу, що дозволяє візуально фіксувати (віддзеркалюючи певні фізико-акустичні параметри — наприклад, частоту в герцах, обертонове наповнення) зміну частотної структури голосу, зокрема співвідношення між низькими, середніми та високими формантами.

**Аналіз публікацій.** Окреслена у назві статті проблематика дотепер не знайшла висвітлення у вітчизняному науковому дискурсі. Знайдено низку наукових публікацій, автори яких торкаються суміжних тем та методик — ці розвідки можуть слугувати теоретичним та методологічним підґрунтям для подальших досліджень. Зокрема, Ірина Тукова [Тукова, 2015] у статті «Візуалізація форми музичного твору (до проблеми аналізу музики другої половини ХХ — початку ХХІ століття)» досліджує застосування візуального представлення звукової хвилі як інструменту для аналізу форми музичного твору. Основна увага зосереджена на оркестровій музиці другої половини ХХ — початку ХХІ століття. Авторка пропонує розглядати *графік звукової хвилі* як форму «акустичної партитури», що відображає динамічні зміни, щільність матеріалу, контрасти та хвилеподібні структури в часі. Такий графічний аналіз дозволяє виявити принципи формотворення без звернення до традиційної нотної фіксації. Дослідження підтверджує актуальність *візуального аналізу звуку* як інструменту не лише для композиторської аналітики, а й для *вокального аналізу в педагогіці та дослідницькій практиці*. Наше використання *Sonic Visualiser* з метою фіксації орфоепічних та тембрових характеристик цілком відповідає тій самій ідеї — наблизити суб'єктивне сприйняття до об'єктивної візуалізації звуку.

У колективному дослідженні «Система синхронізації тексту пісень у реальному часі на основі хроматичних та фонетичних ознак для класичного вокального виконання» [Park, Yong] розроблено інноваційну систему синхронізації вокального тексту з аудіо в реальному часі, спеціально призначену для класичного вокального репертуару. Автори запропонували ефективний метод, що поєднує аналіз хроматичних та фонетичних характеристик співу. Хроматичні ознаки (*chromagram*) дозволяють відстежувати мелодичні зміни, тоді як фонетичні (*phonetic posteriorgram*, PPG) — акустичні особливості вимови голосних та приголосних звуків, що важливо для точного

відтворення тексту. Основними інструментами аналізу, використаними в цьому дослідженні, були:

- *Chroma* — аналіз мелодичних компонентів звуку.
- *Phonetic posteriorgram* (PPG) — акустична модель для фонетичної характеристики співу на основі CRNN (конволюційних рекурентних нейронних мереж).
- *Dynamic Time Warping* (DTW) та *Online Dynamic Time Warping* (OLTW) — алгоритми для синхронізації аудіо з текстом у реальному часі.

У межах нашого дослідження цей матеріал є цінним, оскільки підтверджує перспективність поєднання фонетичного аналізу та спектральних характеристик голосу для вокального виконання. Зокрема, використання фонетичних ознак, які є аналогічними спектрограмам, що використовуються нами в програмі *Sonic Visualizer*, дозволяє уточнювати інтерпретацію вокального твору не лише за мелодичними, але й за орфоепічними характеристиками.

У дослідженні «Конверсія співочого голосу з розділеними репрезентаціями вокаліста та вокальної техніки за допомогою варіаційних автоенкодерів» [Luo, Hsu] представлено інноваційний підхід до моделювання співочого голосу за допомогою варіаційних автоенкодерів (VAE), які дозволяють розділяти та незалежно аналізувати особистісні характеристики вокаліста (тембр, голосові особливості) та його вокальну техніку (вібрато, дихальна техніка тощо). Автори використовують *Gaussian Mixture Variational Autoencoders* (GMVAE), що дозволяє створювати незалежні латентні репрезентації цих характеристик, таким чином забезпечуючи глибокий аналіз та контроль над вокальною інформацією.

Основними інструментами аналізу слугували:

- *Варіаційні автоенкодери* (VAE) — алгоритми машинного навчання, які дозволяють кодувати та декодувати спектральні характеристики голосу.
- *Gaussian Mixture Variational Autoencoders* (GMVAE) — удосконалена модель VAE з можливістю кластеризації голосових ознак.
- *Mel-спектрограми* — основний матеріал для аналізу голосових характеристик.

У контексті нашого дослідження цей матеріал може бути корисним завдяки *методологічному аспекту* (підтверджує перспективність та ефективність цифрових інструментів аналізу вокальних характеристик, зокрема спектрограмних методів, що перегукується з використанням програми *Sonic Visualizer*), а також *розширенню аналітичного інструментарію*. Запропонована авторами технологія дозволяє точніше виокремлювати індивідуальні особливості вокаліста та окремі технічні прийоми, що може посилити аргументи щодо важливості об'єктивізації виконавських параметрів через цифрові технології.

У статті «Цінність оригінального тексту в оперній вокальній партитурі: зміст та вимова» Траяна Ічіма (Traian Ichim) [Ichim] розглянуто актуальні питання роботи вокалістів над текстами оперних лібрето іноземними мовами. Автор наголошує на важливості точного розуміння тексту та його правильної вимови як необхідних умов створення художньо переконливого образу на сцені. Основними аспектами є поетапний підхід до роботи з текстом: починаючи від перекладу та осмислення тексту без музики — до подальшого поєднання слів із музичним матеріалом. Важливість правильної вимови і чіткої дикції розглядається як ключовий компонент професіоналізму вокаліста. Автор аналізує типові помилки співаків в італійській та французькій вимові, пропонує практичні поради щодо їх усунення і наголошує на ролі правильної артикуляції та роботи мовленнєвого апарату. Основними запропонованими інстру-

ментами аналізу є інтерлінійні переклади для точного розуміння лібрето, використання записів із носіями мови для імітації правильної артикуляції, робота з носіями мови (мовними консультантами або коучами), використання фонетичних вправ («скоромовок») для покращення дикції.

На наш погляд, це дослідження корисне тим, що підкреслює значення орфоєпії та дикції у вокальному виконавстві, важливість розуміння тексту в контексті художньої інтерпретації. Підхід, запропонований Т. Ічемом, можна поєднати із спектральним аналізом (за допомогою *Sonic Visualizer*), що дасть можливість візуалізувати особливості вимови та дикції на об'єктивному рівні. Особливо цінною є ідея про поетапне вивчення тексту, яка може бути адаптована для структуризації методики вокального навчання, де візуалізація спектрограми виступатиме ефективним допоміжним засобом на останньому етапі роботи з текстом.

Спільним для усіх згаданих робіт є прагнення об'єктивізувати складні феномени вокальної інтерпретації — орфоєпію, дикцію, тембр, інтонацію — шляхом їх аналітичного осмислення і цифрової фіксації. Це створює міждисциплінарний простір, де співіснують філологічна точність, виконавська майстерність та цифрова інженерія, що особливо актуально в умовах сучасної глобалізованої концертної практики.

**Мета статті** — позначити напрям використання цифрових інструментів у дослідженні орфоєпічних аспектів вокального виконання.

**Методологічне підґрунтя дослідження** засноване на комплексному підході, що включає методи акустичної фонетики, спектрального аналізу через використання цифрових інструментів (*Praat, Wavesurfer, Sonic Visualiser, Audacity*). В основі дослідження лежить аналіз спектрограм, що дозволяє об'єктивно оцінювати акустичні параметри звукового сигналу. Методика включає попередню підготовку аудіозаписів (відокремлення голосу від музичного супроводу, якісна цифрова обробка звукового матеріалу), їх сегментацію на окремі фрагменти для детального аналізу, вивчення формантної структури голосних звуків та їх акустичних характеристик. Також використовуються порівняльно-типологічний та міжкультурний методи для визначення особливостей вокальних шкіл, зокрема німецької та італійської.

**Результати дослідження.** Проблематика дослідження виходить з того, що для оперного співака орфоєпія є важливою не тільки як дотримання мовних норм, але і як суттєвий фактор художньої виразності. Особливості дикції, артикуляції та особливо техніки виконання голосних звуків створюють основу для глибокого та емоційно насиченого виконання. У процесі становлення вокальної майстерності молодий співак стикається з низкою ключових питань: як сформувати темне або світле звучання голосу, як досягти різноплановості виконавської інтерпретації та як керувати власним тембральним спектром. Розв'язання цих питань безпосередньо залежить від фахового педагогічного супроводу, а також від наявності дієвих методичних інструментів, які дозволяють візуалізувати й об'єктивувати результати вокальної роботи.

Саме в цьому контексті актуальним постає застосування цифрових технологій, зокрема спектрографічного аналізу, що відкриває нові можливості у викладанні вокалу. Зокрема, за допомогою візуалізації акустичних параметрів голосу (формант, інтенсивності, частотної структури) можна наочно показати співакові різницю між «світлим» (відкритим, *chiaro*) та «темним» (затемненим, *scuro*) звучанням. Така методика не лише сприяє кращому розумінню фонетичної природи звуку, але й формує у виконавця здатність свідомо керувати тембровими відтінками свого голосу залежно від художнього завдання.

Кожна мова має свої унікальні орфоепічні характеристики, але вокальна орфоепія вимагає специфічних навичок поєднання норм розмовної мови та вокального мистецтва.

Цифрові технології надають сучасним дослідникам і виконавцям потужні інструменти аналізу звуку. Серед найбільш ефективних програм, які використовуються для акустичного аналізу співу, варто відзначити наступні:

- *Praat* — широко застосовується для фоновимірювання, аналізу спектру, частоти, інтенсивності та формант, забезпечує візуалізацію звукових хвиль і спектрограм;
- *Wavesurfer* — зручний у використанні аналізатор, що дозволяє оцінювати інтонацію, частотні характеристики та інші параметри голосу;
- *Sonic Visualiser* — програма для поглибленого аналізу музичного матеріалу, що дає можливість досліджувати гармоніки, накладати анотації, вивчати тембр та ритмічні особливості;
- *Audacity* — більше редактор звукових файлів, але завдяки функціям візуалізації амплітуди та частотного аналізу є дуже корисним для базового аналізу вокальних записів.

Особливу увагу приділено програмі *Sonic Visualiser*, розробленій у Centre for Digital Music (C4DM) при Queen Mary University of London. Цей інструмент дозволяє детально аналізувати спектри, ритмічні структури, частоти, форманти та тембри. Його функціонал є надзвичайно важливим для досліджень у сфері вокальної акустики, інтонаційних характеристик і в загальному музично-освітньому процесі.

Методологія використання *Sonic Visualiser* передбачає попередню підготовку аудіоматеріалу: відокремлення голосу від супроводу, збереження у високоякісному форматі (наприклад, WAV), розділення запису на окремі фрази або слова. Це дозволяє детально досліджувати кожен елемент вокального виконання. Далі матеріал завантажується у програму та створюється спектрограма, яка надає чітке візуальне уявлення про орфоепічні характеристики виконання, включаючи баланс тембральних особливостей звучання. Як результат дослідження було виявлено: чим ширше, темніше звучання, тим більше задіюються низькі частоти. І навпаки, чим плоскіше і «біліше» звучання, тим більше задіюються високі частоти. Ідеальним вважається баланс між світлим (*chiaro*) та темним (*scuro*) звучанням, коли низькі й високі частоти мають приблизно однакову амплітуду та інтенсивність. Аналіз спектрограм дозволяє визначити, як співаки професійно маніпулюють своїм голосовим апаратом для досягнення різних інтерпретаційних ефектів, що є важливим внеском у практику вокального виконання.

Теоретичною основою такого дослідження є акустична фонетика, яка описує параметри звукових хвиль та особливості їх сприйняття слухачем. Під час аналізу голосних звуків важливими є такі параметри, як форманти, амплітуда, тембр, частота та гармонічна структура. Сучасні цифрові програми дають можливість вимірювати ці параметри з високою точністю та робити висновки щодо вокальної техніки виконавця.

Крім традиційних аспектів орфоепії, дослідники звертають увагу на міжкультурні особливості виконання. Наприклад, техніка *chiaro-scuro* в італійській традиції вокалу та її німецькі відповідники *Deckung* (затемнений голос) і *Offene Stimme* (відкритий голос) показують, як специфічні вокальні техніки залежать від культурного контексту. Аналізуючи ці параметри за допомогою *Sonic Visualiser*, можна визначити ступінь наближення до ідеального вокального звучання та адаптувати педагогічні рекомендації для вокалістів. Для демонстрації методики цифрового аналізу орфоепічних аспектів вокального виконання у цьому дослідженні було обрано драматичну баладу «Лісовий цар» («*Erlkönig*») Ф. Шуберта на вірші Й. В. Гете (1815) (прикла-

ди 1–4). Аудіоматеріалом для спектрального аналізу в програмі *Sonic Visualiser* слугував запис вокального виконання німецького баритона, одного із найвідоміших співаків другої половини ХХ століття Германа Прея (Hermann Prey), диригент Джеймс Лівайн (James Levine) (Відень, 1986)<sup>1</sup>.

Особливо високо оцінюється інтерпретація співаком вокальних циклів Франца Шуберта — зокрема «*Die schöne Müllerin*», «*Winterreise*», «*Schwanengesang*». Також він виконував романси Р. Шумана, Й. Брамса, Г. Вольфа, Г. Малера, вважався одним із найтонших інтерпретаторів німецької *Lied* у післявоєнний період. У виконанні Г. Прея балада «*Erlkönig*» постає як зразок виняткової орфоепічної точності, глибокої вокальної інтонації та стилістичної зрілості, що дозволяє говорити про створення повноцінної **колористичної партитури тексту**. Співак не лише технічно розрізняє чотири образи — наратора, дитину, батька і лісового царя, — але й надає кожному з них власного **тембрового забарвлення**, інтонаційну лінію, темп і артикулювання.

#### Методика підготовки матеріалу до аналізу.

1. Вибір фрагментів: було відібрано ключові репліки персонажів (батька, сина, лісного царя) для аналізу специфіки вокального тембру та дикції.
2. Обробка запису: голос було відокремлено від фортепіанного супроводу для чистоти акустичного аналізу.
3. Експорт у формат WAV: із максимальним бітрейтом.
4. Фрагментація: матеріал поділено на мікроепізоди (по окремих реченнях).
5. Створення спектрограм: здійснено у *Sonic Visualiser* за допомогою інструментів «Spectrogram Layer» та «Waveform View».

#### Орфоепія та спектр: взаємозв'язок.

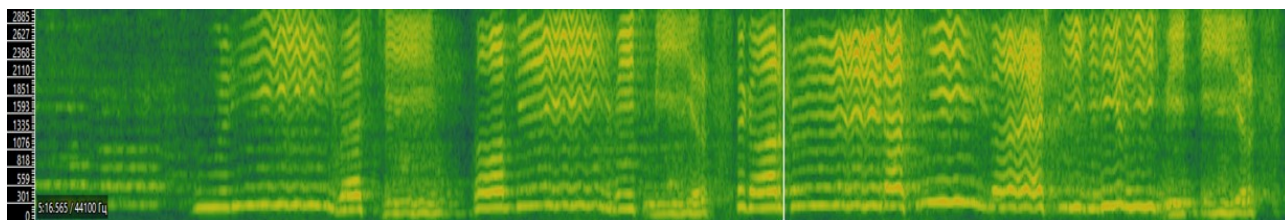
Ключова увага була зосереджена на звуковій палітрі голосних звуків, їхньому тембральному балансі та впливі на орфоепічну виразність.

1. **Темний звук (*Scuro*):** характеризується підсиленням нижніх формант (F1, F2); на спектрограмах це проявляється більшою інтенсивністю і яскравістю в діапазоні 250-775 Гц; на спектрограмі видно чітку, інтенсивну горизонтальну лінію в районі 516 Гц, що характерно для «темного» тембру, який зазвичай асоціюється з округленими, глибокими голосними звуками ([o], [u], [ɔ]).
2. **Світлий звук (*Chiaro*):** має більш виражені високі форманти, інтенсивніше звучання в діапазоні вище 1000 Гц; на спектрограмі проявляється як хвилясті, яскраві структури (форманти), які помітні в діапазоні 1033-2842 Гц; особливо виразно проявляється у формі «зигзагів», що вказує на вібрато і резонансні якості голосу. Це характерно для більш відкритих голосних звуків ([a], [ɛ], [e]).

Приклад 1.

Репліка Лісового царя:

«Du liebes Kind, komm geh' mit mir» («Люба дитино, ходімо зі мною»)



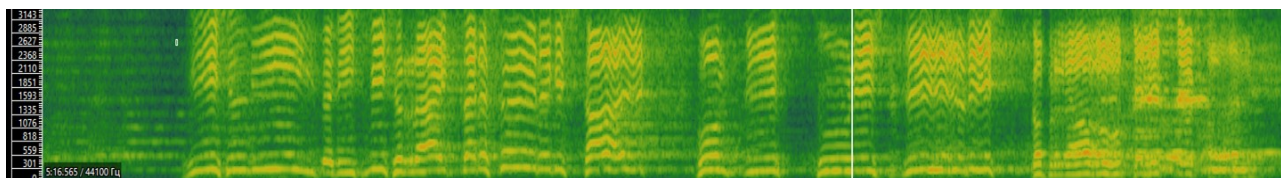
<sup>1</sup> Посилання на запис: <https://www.youtube.com/watch?v=iVb9wJte1fE>

На спектрограмі видно переважання високих частот (1500–3000 Гц), інтенсивність яких має яскраво виражене жовто-червоне забарвлення. Це свідчить про використання «світлого» тембру, що асоціюється з ілюзорною м'якістю інфернального образу.

Приклад 2.

*Репліка Лісового царя:*

«Ich liebe dich, mich reizt deine schöne Gestalt, Und bist du nicht willig, so brauch ich Gewalt!» («Я люблю тебе, мене приваблює твоя гарна фігура, і якщо ти не хочеш, я застосую силу!»)

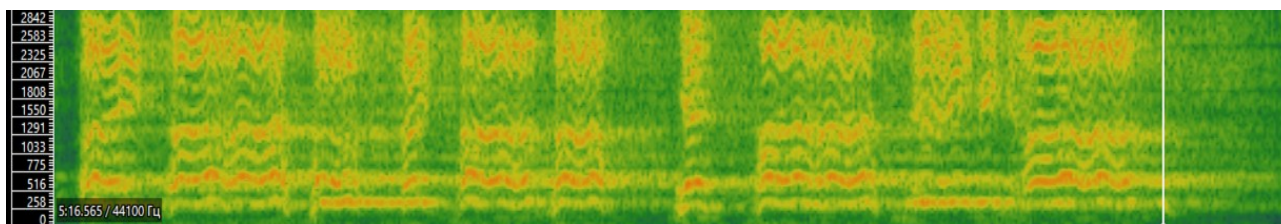


Тут спостерігається зростання енергії низьких частот (до 800 Гц), що вказує на темніше, глибше звучання, але превалює все ж таки вища амплітуда саме високих частот, співак знаходиться в образі Лісового царя. Звуки /а/, /о/ набувають особливої ширини, що є ознакою використання опущеної гортані.

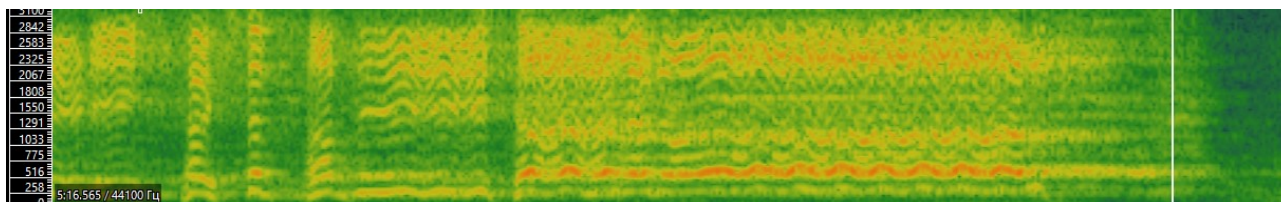
Приклади 3, 4.

*Дитячий голос*

«Mein Vater, mein Vater, und siehst du nicht dort?» («Татусю, татусю, невже ж таки ти...»)



«Erlkönigs Töchter am düsteren Ort?» («Ти мавок не бачиш? — Їх очі, роти!...»)



Спостерігається домінування низькочастотного регістру (0–1000 Гц), різкі піки формант, що характерно для напруженого крику. Вимова голосних набуває «темних» характеристик, що видно через зменшення амплітуди верхніх формант. Це єдиний фрагмент, де видно виразну активізацію низьких частот (до 1000 Гц) — з глибоким червоним забарвленням на спектрограмі. Артикуляція чітка, з використанням покритого звучання, характерного для стану страху й кульмінаційної напруги.

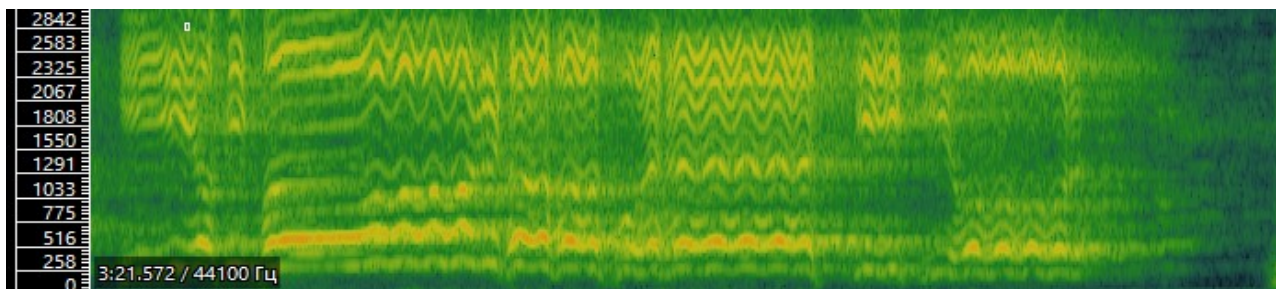
Далі наведено приклад спектрального аналізу арії Белькоре з опери Гаetano Доніцетті «Любовний напій» в інтерпретації ліричного баритона Лео Нуччі (Відень, 2005), що дозволяє дослідити акустичні параметри звучання з урахуванням тембрової



специфіки та орфоепічної точності виконавця<sup>1</sup> (приклади 5–7). Його вокальну майстерність характеризує поєднання технічної довершеності, драматичної виразності та виняткової орфоепічної точності. Завдяки ясній дикції, збалансованому тембру та гнучкій вокальній лінії Нуччі став еталоном для поколінь співаків, особливо у виконанні партій Ріголетто, Жермона, Белькоре та ін.

Приклад 5.

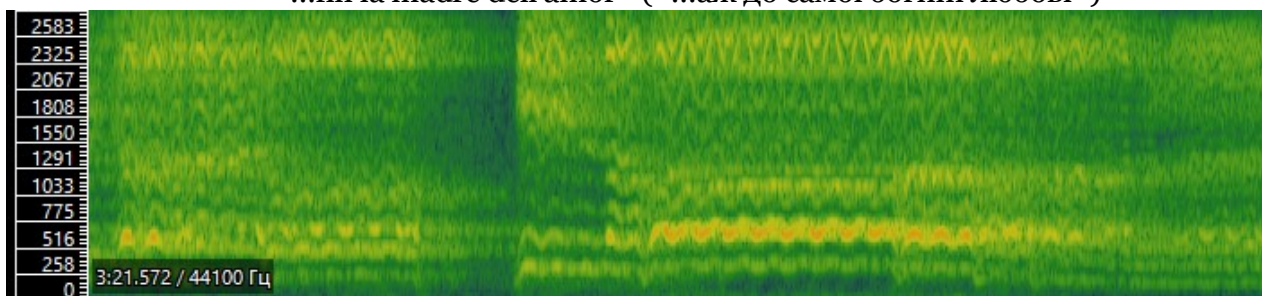
«Io ti porgo questi fior» («Пропоную вам ці квіти»)



На спектрограмі представлено *збалансований вокальний тембр* із виразними якостями *chiaro-scuro*, де спостерігається як стабільна наявність низьких, так і чітко виражених високих формант. Це вказує на якісну вокальну техніку з контрольованим використанням темного та світлого тембрів.

Приклад 6.

«...fin la madre dell'amor» («...аж до самої богині любові»)<sup>2</sup>



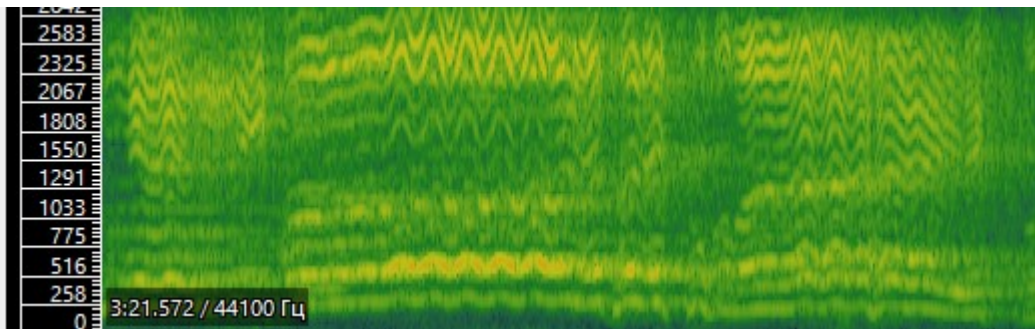
Чітко виражена нижня горизонтальна форманта (близько *516 Гц*) має інтенсивне забарвлення (помаранчевий колір). Це свідчить про насиченість низькочастотних обертонів, що характерно для темного, більш округлого і глибокого тембру. Темний звук має тут досить стабільний та інтенсивний характер, підтримуючи вираженість низьких частот протягом усього фрагменту. Верхні форманти (від *1550 Гц* до *2583 Гц*) наявні, але менше виражені. Вони помітні у вигляді хвилястих смуг, які відповідають за ясність і «прозорість» звучання. Верхні форманти виражені менш яскраво порівняно з попередньою спектрограмою, що вказує на переважання більш темного забарвлення голосу. Фрагмент має яскраво виражений *темний тембр* із менш вираженим світлим забарвленням. Інтенсивність нижніх формант свідчить про цілеспрямоване вокальне забарвлення з акцентом на глибину й об'ємність звучання.

<sup>1</sup> Лео Нуччі (*Leo Nucci*, нар. 1932) — видатний італійський баритон, відомий насамперед інтерпретацією оперних партій Дж. Верді. Посилання на запис: <https://www.youtube.com/watch?v=a3n3Fa2Awo8>

<sup>2</sup> Інтенсивність в низьких частотах, розспівується голосна «а» у слові *madre*

## Приклад 7.

«...ne riporto il tuo bel cor» – («...за винагороду я отримаю твоє прекрасне серце»)



Представлена спектрограма є ще одним прикладом *добре збалансованого звучання*. Тут одночасно присутні виразні низькі форманти, що формують глибину тембру (*scuro*), та яскраві високі форманти, які забезпечують дзвінкість і прозорість (*chiaro*). Такий баланс вказує на вокальну техніку високого рівня, що забезпечує якісний, виразний, об'ємний тембр.

**Висновки та перспективи дослідження.** Перспективним напрямом подальших досліджень вбачається застосування штучного інтелекту для автоматизації аналізу вокальних записів. Машинне навчання здатне розпізнавати голосові патерни й автоматично виявляти типові помилки орфоепічного характеру, що значно спрощує і прискорює процес навчання вокалістів. Додатково слід згадати можливість інтеграції цифрових інструментів у викладацьку діяльність. Візуалізація звукових характеристик співу дозволяє студентам краще розуміти взаємозв'язок між фізіологією співу та акустичними параметрами голосу. Викладачі можуть використовувати результати аналізу як інструмент для корекції вокальної техніки своїх учнів.

Використання цифрових технологій також дозволяє аналізувати динамічні та тембральні зміни в процесі вокального виконання. Наприклад, фіксація зміни інтенсивності та частоти формант може продемонструвати, як вокаліст адаптується до складних акустичних умов концертних залів або студій звукозапису. Такі дослідження можуть сприяти розумінню оптимальних технік вокального звучання в різних акустичних середовищах.

Таким чином, впровадження цифрових інструментів та дослідження з їхнім використанням дозволяють досягати більшої об'єктивності та ефективності навчання. Подальші наукові розвідки можуть включати створення нових цифрових інструментів, які будуть поєднувати методики аналізу з педагогічними стратегіями, відкриваючи нові горизонти у виконавській майстерності вокалістів. Педагогічна відповідь на питання тембральної варіативності виконавської подачі потребує поєднання традиційної методики з інноваційними цифровими інструментами. Проведене дослідження демонструє, що спектральний аналіз не лише фіксує зміни у звучанні, але й перетворює абстрактні категорії «світлого» та «темного» тембру на доступні у практичному опануванні вокальні параметри, що дозволяє значно підвищити ефективність навчального процесу та забезпечити високий рівень міжкультурної вокальної інтерпретації.

Звісно, в межах однієї статті неможливо охопити всі аспекти означеної проблеми. Метою проведеного дослідження було окреслення основних тенденцій та демонстрація потенціалу використання цифрових і штучно-інтелектуальних технологій у вивченні

орфоепії та вокальної інтерпретації. Застосування таких методів не лише розширює наукове поле досліджень, а й сприяє формуванню нової педагогічної парадигми, де традиційна вокальна методика поєднується з аналітичними можливостями цифрових інструментів. Перспективним видається подальший розвиток інтегрованих систем, здатних забезпечити більш глибоке розуміння взаємозв'язку між акустичними характеристиками голосу, орфоепічною точністю та художньо-виразною стороною вокального виконання.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Тукова І. Г. Візуалізація форми музичного твору (проблеми аналізу музики другої половини ХХ – початку ХХІ ст.). *Часопис Національної музичної академії України імені П. І. Чайковського* : наук. журнал. 2015. № 3. С. 115–124.
2. Ichim T. *The Valuation of the Original Text in an Opera Vocal Score: Meaning and Pronunciation*. URL: [https://www.researchgate.net/publication/368346306\\_The\\_Valuation\\_of\\_the\\_Original\\_Text\\_in\\_an\\_Opera\\_Vocal\\_Score\\_Meaning\\_and\\_Pronunciation](https://www.researchgate.net/publication/368346306_The_Valuation_of_the_Original_Text_in_an_Opera_Vocal_Score_Meaning_and_Pronunciation) (дата звернення 2.05.2025).
3. Luo Y.-J., Hsu C.-C., Agres K., Herremans D. Singing Voice Conversion with Disentangled Representations of Singer and Vocal Technique Using Variational Autoencoders. URL: <https://arxiv.org/abs/1912.02613> (дата звернення 20.04.2025).
4. Park J., Yong S., Kwon T., Nam J. A Real-Time Lyrics Alignment System Using Chroma And Phonetic Features For Classical Vocal Performance. URL: <https://arxiv.org/abs/2401.09200> (дата звернення 12.04.2025).

### REFERENCES

1. Tukova, I. G. (2015). Vizualizaciya formy` muzy`chnogo tvoruu (problemy` analizu muzy`ky` drugoyi polovy`ny` XX – pochatku XXI st.) [Visualization of the form of a musical work (problems of analyzing music of the second half of the 20th - early 21st centuries)]. In: *Chasopys Natsionalnoi muzychnoi akademii Ukrainy imeni P. I. Chaikovskoho [Journal of Tchaikovsky National Academy of Music]*. Issue 3. Kyiv, pp. 115–124 [in Ukrainian].
2. Ichim, T. *The Valuation of the Original Text in an Opera Vocal Score: Meaning and Pronunciation*. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/368346306\\_The\\_Valuation\\_of\\_the\\_Original\\_Text\\_in\\_Opera\\_Vocal\\_Score\\_Meaning\\_and\\_Pronunciation](https://www.researchgate.net/publication/368346306_The_Valuation_of_the_Original_Text_in_Opera_Vocal_Score_Meaning_and_Pronunciation) (accessed: 2.05.2025) [in English].
3. Luo, Y.-J., Hsu, C.-C., Agres, K., Herremans, D. Singing Voice Conversion with Disentangled Representations of Singer and Vocal Technique Using Variational Autoencoders. Available at: <https://arxiv.org/abs/1912.02613> (accessed: 20.04.2025) [in English].
4. Park, J., Yong, S., Kwon, T., Nam, J. A Real-Time Lyrics Alignment System Using Chroma And Phonetic Features For Classical Vocal Performance. Available at: <https://arxiv.org/abs/2401.09200> (accessed: 12.04.2025) [in English].

### ДМЫТРО КИРИЧЕК

**Kyrychek, Dmytro** — Postgraduate Student at the Department Opera Singing at the Ukrainian National Tchaikovsky Academy of Music (Kyiv, Ukraine).

ORCID ID: <https://orcid.org/0009-0000-9149-5560>

kyrychok.1997@gmail.com

DOI: 10.31318/2522-4190.2025.143.342820

## DIGITAL TOOLS IN THE STUDY OF ORTHOEPIC ASPECTS OF SINGING

**The relevance of the study.** The study explores the potential of digital technologies in researching the orthoepic characteristics of vocal performance, with a focus on the intercultural aspect of opera repertoire interpretation. Particular attention is given to the analysis of singing in Italian and German. The research involves the visual representation of vocal material using the Sonic Visualiser software, which allows the construction of spectrograms and identification of the voice's frequency characteristics in progression. This enables the singer not only to hear but also to see the differences between timbral variants, thus contributing to a more effective acquisition of complex aspects of vocal technique.

The role of vowel sounds is highlighted as the foundation of the singing phrase, conveying orthoepic and timbral expressiveness most fully. Emphasis is placed on the correlation between timbral techniques such as *chiaro–scuro*, *Deckung*, and *Offene Stimme*, their reflection in the frequency range of spectrograms, and their importance in shaping the performer's interpretive concept.

The necessity of visualizing sound processes is underlined as an additional tool for scientific research and vocal training, facilitating a deeper understanding of the connection between acoustic characteristics and performance technique. The relevance of digital analysis is emphasized not only for research purposes but also as a tool for pronunciation correction, timbre formation, and the development of orthoepic competence in young singers.

The presented study demonstrates a new approach to evaluating the quality of vocal performance, taking into account the factor of approximation to "objective" sound parameters. The focus is placed on the cross-cultural nature of vocal orthoepy, manifested in the specificity of vowel formation according to the phonetic norms of each language. It is established that, regardless of the language of performance, the articulation features of vowels — their width, openness, and resonant position — determine the stylistic and interpretive persuasiveness of the vocal performance. The necessity of considering the orthoepic differences of various vocal schools is emphasized, as this contributes to shaping a precise interpretive concept. An attempt is made to approach the evaluation of vocal performance quality with consideration of objective sound parameters in the intercultural context of vocal art.

**The main objective of the study.** To indicate the direction of using digital tools in the study of orthoepic aspects of vocal performance.

**The methodology.** The methodological foundation of the study is based on a comprehensive approach that incorporates methods of acoustic phonetics and spectral analysis through the use of digital tools (Praat, Wavesurfer, Sonic Visualiser, Audacity). The core of the research lies in spectrogram analysis, which enables an objective assessment of the acoustic parameters of the sound signal. The methodology includes the preliminary preparation of audio recordings (isolating the voice from the musical accompaniment, high-quality digital processing of the audio material), segmentation of the recordings into individual fragments for detailed analysis, and the study of the formant structure of vowel sounds and their acoustic characteristics. Comparative-typological and intercultural methods are also employed to identify the specific features of vocal schools, particularly German and Italian.

**The main results and conclusions.** A promising direction for further research is the application of artificial intelligence to automate the analysis of vocal recordings. Machine learning can recognize vocal patterns and automatically detect typical orthoepic errors, significantly simplifying and accelerating the learning process for vocalists. Additionally, the integration of digital tools into teaching practice should be emphasized. The visualization of vocal sound characteristics enables students to better understand the relationship between the physiology of singing and the acoustic pa-

rameters of the voice. Teachers can use the results of such analysis as a tool for correcting their students' vocal technique. The use of digital technologies also makes it possible to analyze dynamic and timbral changes during vocal performance. For example, tracking variations in intensity and formant frequency can reveal how a singer adapts to complex acoustic conditions in concert halls or recording studios. Such studies can contribute to identifying optimal vocal techniques for different acoustic environments. Thus, the implementation of digital tools and research involving their use allows for greater objectivity and efficiency in vocal training. Future academic explorations may involve the development of new digital tools that combine analytical methods with pedagogical strategies, opening new horizons in vocal performance mastery. A pedagogical response to the issue of timbral variability in vocal delivery requires a combination of traditional methodology with innovative digital tools. The conducted study demonstrates that spectral analysis not only records changes in sound but also transforms abstract categories such as "bright" and "dark" timbre into practically accessible vocal parameters. This significantly enhances the effectiveness of the educational process and ensures a high level of intercultural vocal interpretation.

**Keywords:** orthoepy, cross-culturality, digital technologies, vocal performance

Стаття надійшла до редакції 20.09.2025  
Отримано після доопрацювання 07.10.2025  
Прийнято до друку 13.10.2025