

**МІНІСТЕРСТВО КУЛЬТУРИ ТА СТРАТЕГІЧНИХ КОМУНІКАЦІЙ  
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ КЕРІВНИХ КАДРІВ КУЛЬТУРИ І МИСТЕЦТВ  
ІНСТИТУТ ПЕРФОРМАТИВНИХ МИСТЕЦТВ**

**Кафедра музичного мистецтва**

**Кваліфікаційна робота**

На здобуття ступеня «Магістр»

на тему:

**«ВПЛИВ ЗВУКОРЕЖИСЕРСЬКИХ ПІДХОДІВ НА ГЛЯДАЦЬКИЙ  
ДОСВІД «ЖИВИХ» МУЗИЧНИХ ОНЛАЙН ВИСТУПІВ»**

**Виконав:** здобувач II курсу магістратури,  
групи МММ 23-24, спеціальності 025  
«Музичне мистецтво»

**Венгреньок Данило Васильович**

**Керівник:** канд. пед. наук,  
доцент, відмінник освіти України,  
доцент кафедри музичного мистецтва

**Грищенко Валентина Іванівна**

**Рецензент:** кандидат мистецтвознавства,  
доцент кафедри музичного мистецтва  
естради КЗВО КОР «Академія мистецтв  
імені Павла Чубинського»

**Левко Вероніка Іванівна**

Допустити до захисту  
протокол засідання кафедри  
№ \_\_\_\_\_ від \_\_\_\_\_  
Завідувач кафедри

Київ 2025

## АНОТАЦІЯ

**Венгренюк Д. В. Психоакустичний вплив звукорежисерських підходів на глядацький досвід «живих» музичних онлайн виступів.** Кваліфікаційна робота освітнього рівня – магістр, на правах рукопису. Спеціальність – 025 «Музичне мистецтво» (звукорежисура). – Національна академія керівних кадрів культури і мистецтв, Київ, 2025.

Кваліфікаційна робота присвячена комплексному міждисциплінарному дослідженню психоакустичного впливу звукорежисерських підходів на формування глядацького досвіду при перегляді онлайн лайв-виступів.

**Актуальність** теми зумовлена фундаментальною трансформацією музичної індустрії, де домінуючим форматом якісного онлайн-контенту став так званий "гібридний лайв". Цей формат, що передбачає живий виступ, багатоканальний запис та ретельний студійний постпродакшн, кардинально змінив парадигму сприйняття. Досвід змістився з колективного публічного простору (концертного залу) на індивідуальний, інтимний, що найчастіше відбувається у навушниках. У цьому новому контексті саме аудіо стає ключовим інструментом занурення (імерсивності). Це висуває нові вимоги до звукорежисерів, які з технічних фахівців перетворюються на «архітекторів досвіду», що свідомо моделюють емоційну реакцію глядача, спираючись на наукові принципи психоакустики.

**Метою** роботи є аналіз механізмів психоакустичного впливу аудіо в «гібридних лайвах» та дослідження того, як конкретні звукорежисерські технології та творчі рішення (від вибору мікрофонів до фінального мастерингу) формують, посилюють та свідомо скеровують емоційне сприйняття аудиторії на платформах на кшталт YouTube.

**Об'єктом дослідження** є процес створення та студійного постпродакшну аудіо для записаних «живих» онлайн лайв-виступів. **Предмет дослідження** — психоакустичний вплив звукорежисерських підходів на глядацький досвід та роль звукорежисера як медіатора емоційного зв'язку в цифровому середовищі.

У **першому розділі** роботи закладено теоретичний фундамент. Проведено глибокий аналіз ключових концепцій психоакустики, від історичних праць Гельмгольца до сучасних когнітивних досліджень. Детально розглянуто такі феномени, як криві рівної гучності, механізми спектрального та часового маскування, принципи бінаурального сприйняття (ITD, ILD) та ефект упередження (ефект Гааса), та визначено їхнє критичне значення для сучасної звукорежисури. Також проведено історичний огляд еволюції запису живих виступів, що демонструє логічний перехід від радіотрансляцій до технологічно складного "гібридного" формату.

У **другому розділі** здійснено детальний аналіз сучасного технологічного стеку та методології виробництва "гібридних лайвів". Цей розділ систематизує весь процес: від технік багатоканального запису у складних акустичних умовах до етапів постпродакшну. Особливу увагу приділено ролі DAW як творчої лабораторії, методам інтелектуальної аудіо-реставрації (ШІ-чистка), принципам зведення (створення балансу, глибини) та психоакустичного мастерингу, орієнтованого на стандарти онлайн-платформ (зокрема, нормалізацію за гучністю LUFS). Досліджено, як конкретні техніки (робота з динамікою, спектром, простором) безпосередньо впливають на емоційне сприйняття, створюючи психоакустичні ефекти інтимності, теплоти, присутності та так званої "естетики автентичності" (свідоме збереження недоліків).

**Третій розділ** є практичною частиною дослідження. Він містить поглиблений «case study» двох авторських звукорежисерських робіт («Vivienne Mort – Любов» та «Димна Суміш – Між пеклом і раєм»). На цих прикладах детально продемонстровано, як психоакустичні принципи застосовуються для вирішення конкретних художніх завдань — від створення камерної інтимності та синестезії (зв'язок звуку та візуального образу диму) до передачі ностальгічного контексту, сирової рок-енергії (включаючи роботу з естетикою недосконалої) та створення аудіовізуальної драматургії (ефект «під мостом»). У цьому ж розділі проведено порівняльний аналіз провідних світових (NPR Tiny Desk, A COLORS SHOW, La Blogothèque) та українських (ШООМ) форматів,

виявляючи їхні унікальні психоакустичні моделі впливу на глядача (інтимність, гіпер-реальність, автентичність, естетизм).

**Наукова новизна** полягає у одній з перших в українському науковому дискурсі спроб системного аналізу феномену "гібридного лайву" на перетині аудіоінженерії, психоакустики та медіа-досліджень.

**Практичне значення** роботи полягає в систематизації та описі конкретних звукорежисерських підходів, які можуть бути використані фахівцями для створення більш конкурентоздатного, імерсивного та емоційно впливового аудіовізуального контенту для цифрових платформ.

**Ключові слова:** психоакустика, звукорежисура, онлайн лайв-виступи, гібридний лайв, емоційне сприйняття, імерсивність, аудіо-технології, постпродакшн, зведення, мастеринг, аудіовізуальна взаємодія, YouTube.

## SUMMARY

### **Venhreniuk, D. V. Psychoacoustic Impact of Sound Engineering Approaches on the Viewer Experience of "Live" Online Music Performances.**

This qualification thesis provides a comprehensive interdisciplinary study of the psychoacoustic impact of sound engineering approaches on the formation of the viewer's experience when watching online live performances.

The **relevance** of the topic stems from the fundamental transformation of the music industry, where the so-called "hybrid live" format has become the dominant form of high-quality online content. This format, which involves a live performance, multichannel recording, and meticulous studio post-production, has radically shifted the paradigm of perception. The experience has moved from a collective, public space (a concert hall) to an individual, intimate one, most often consumed through headphones. In this new context, audio becomes the key tool for immersion, and the sound engineer acts as an "architect of experience," consciously shaping the viewer's emotional response based on the scientific principles of psychoacoustics.

The **aim** of this thesis is to analyze the mechanisms of psychoacoustic impact in "hybrid live" performances and to investigate how specific sound engineering technologies and creative decisions (from microphone selection to final mastering) shape, enhance, and consciously direct the audience's emotional perception on platforms like YouTube.

The **object** of the study is the process of audio creation and studio post-production for recorded online live performances. The **subject** of the study is the psychoacoustic impact of sound engineering approaches on the viewer's experience and the role of the sound engineer as a mediator of emotional connection in the digital environment.

The **first chapter** of the thesis establishes the theoretical foundation. It provides a deep analysis of key psychoacoustic concepts, from the historical works of Helmholtz to modern cognitive research. Phenomena such as equal-loudness contours, mechanisms of spectral and temporal masking, principles of binaural hearing (ITD, ILD), and the precedence effect (Haas effect) are examined in detail, establishing their critical importance for modern sound engineering. A historical overview of the evolution of live performance recording is also provided, demonstrating the logical progression from radio broadcasts to the technologically complex "hybrid" format.

The **second chapter** presents a detailed analysis of the modern technological stack and production methodology for "hybrid live" performances. This section systematizes the entire process: from multichannel recording techniques in challenging acoustic environments to the stages of post-production. Special attention is given to the role of the DAW as a creative laboratory, methods of intelligent audio restoration (AI cleaning), mixing principles (creating balance, depth), and psychoacoustic mastering oriented towards online platform standards (specifically, LUFS loudness normalization). It explores how specific techniques (working with dynamics, spectrum, space) directly influence emotional perception, creating psychoacoustic effects of "intimacy," "warmth," "presence," and the so-called "aesthetics of authenticity" (the deliberate preservation of "flaws").

The **third chapter** is the practical part of the study. It contains an in-depth case study of two of the author's own sound engineering works ("Vivienne Mort – Lyubov" and "Dymna Sumish – Mizh peklo i rayem"). These examples demonstrate in detail how psychoacoustic principles are applied to solve specific artistic challenges—from creating chamber intimacy and synesthesia (the link between sound and the visual image of smoke) to conveying nostalgic context, raw energy (including working with the "aesthetics of authenticity"), and creating audiovisual dramaturgy (the "under the bridge" effect). This chapter also includes a comparative analysis of leading global (NPR Tiny Desk, A COLORS SHOW, La Blogothèque) and Ukrainian (SROOM) formats, identifying their unique psychoacoustic models of viewer engagement (intimacy, hyper-reality, authenticity, aestheticism).

The **scientific novelty** lies in this being one of the first attempts in Ukrainian scientific discourse to systematically analyze the "hybrid live" phenomenon at the intersection of audio engineering, psychoacoustics, and media studies. The **practical significance** of the work lies in the systematization and description of specific sound engineering approaches that can be used by professionals to create more competitive, immersive, and emotionally impactful audiovisual content for digital platforms.

**Keywords:** psychoacoustics, sound engineering, online live performances, hybrid live, emotional perception, immersiveness, audio technologies, post-production, mixing, mastering, audiovisual interaction, YouTube.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	8
<b>РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПСИХОАКУСТИЧНОГО ВПЛИВУ АУДІО НА ГЛЯДАЦЬКИЙ ДОСВІД.</b>	13
1.1. Теоретичні основи психоакустики та її ролі у сприйнятті аудіо контенту....	13
1.2. Історичний розвиток звукорежисури в контексті онлайн-виступів.....	31
Висновки до Розділу 1.....	34
<b>РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЗВУКОРЕЖИСЕРСЬКИХ ПІДХОДІВ У СТВОРЕННІ ОНЛАЙН ЛАЙВ ВИСТУПІВ</b> .....	37
2.1. Сучасні технології та методи створення аудіо для онлайн лайвів.....	37
2.2. Вплив звукорежисерських технік на емоційне сприйняття аудиторії.....	56
Висновки до Розділу 2.....	64
<b>РОЗДІЛ 3. ВЗАЄМОДІЯ АУДІО ТА ВІЗУАЛЬНОГО КОНТЕНТУ В ОНЛАЙН ЛАЙВ ВИСТУПАХ: СИНЕРГІЯ СПРИЙНЯТТЯ</b> .....	67
3.1. Психоакустичний аналіз художніх практик: авторські кейси.....	67
3.2. Сприйняття глядача: аналіз імерсивного досвіду на провідних онлайн-платформах.....	75
Висновки до Розділу 3.....	78
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	81
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	84
<b>ДОДАТКИ</b> .....	87

## ВСТУП

**Актуальність дослідження.** Сучасна музична індустрія переживає глибоку трансформацію, спричинену домінуванням цифрових платформ та зміною моделей споживання контенту. У цьому ландшафті традиційні форми (студійний альбом, концертний тур) доповнилися, а подекуди й поступилися місцем новому потужному формату — «живих» музичних *онлайн-виступів*.

Це дослідження фокусується не на ефемерних live-стрімах, а на тому, що можна назвати *«гібридним лайвом»*: високоякісному, багатоканально записаному виступі, який проходить ретельний студійний постпродакшн (зведення, мастеринг, аудіореставрацію) і презентується глядачеві у вигляді цілісного аудіовізуального твору на платформах на кшталт YouTube.

Саме цей формат, втілений у всесвітньо відомих проектах (NPR Tiny Desk, A COLORS SHOW, La Blogothèque) та українських аналогах (ШООМ, ДЕІНДЕ), став окремим мистецьким жанром. Його актуальність зумовлена фундаментальною зміною глядацького досвіду: прослуховування змістилося з колективного публічного простору (концертний зал) в *індивідуальний, інтимний простір* — найчастіше у навушниках, сам-на-сам з екраном.

У цьому новому контексті саме звук, а не лише візуальний ряд, стає ключовим інструментом для створення емоційного ефекту присутності, залучення та автентичності. Якість аудіо, його просторова архітектура, динамічний баланс та тембральна виразність перетворилися на визначальні чинники у сприйнятті. Це, у свою чергу, докорінно змінило вимоги до звукорежисури. Від звукорежисера вимагається не просто технічно чисто записати виступ, а виступити *«архітектором сприйняття простору»* — свідомо *модельовати* у слухача необхідний психологічний стан, чи то камерна інтимність, чи то масштабна енергія.

У зв'язку з цим зростає потреба у вивченні звукорежисерських підходів саме через призму *психоакустики* — науки про те, як людина сприймає, інтерпретує та емоційно реагує на звукові стимули. Виникає необхідність

дослідити, як конкретні технічні рішення (вибір мікрофонів, методики зведення, спектральна обробка, створення простору) впливають на формування цілісного психоакустичного досвіду, здатного занурити (створити «імерсивність») глядача в атмосферу виступу, компенсуючи відсутність фізичної присутності.

Актуальність теми посилюється через недостатню наукову осмисленість цього феномену. В той час як технічні аспекти звукозапису добре вивчені, бракує міждисциплінарних досліджень на перетині аудіоінженерії, психоакустики, медіа-дизайну та когнітивних наук, які б системно аналізували, як аудіовізуальна синергія у «гібридних лайвах» формує емоційний відгук. Дана робота покликана заповнити цю прогалину, досліджуючи, як різні звукорежисерські техніки — від динамічної обробки до «естетики недосконалості» — впливають на психологічне сприйняття глядача, перетворюючи музику з медіа-продукту на форму глибокої емоційної взаємодії в цифрову епоху.

**Мета дослідження** – проаналізувати психоакустичний вплив аудіо на глядацький досвід «гібридних» лайв-виступів на YouTube, зокрема дослідити, як сучасні звукорежисерські підходи та техніки постпродакшну свідомо моделюють емоційне сприйняття аудиторії.

**Завдання дослідження:**

1. Дослідити теоретичні основи психоакустики та її роль у сприйнятті аудіо контенту.
2. Провести історичний огляд розвитку звукорежисури в контексті онлайн- виступів.
3. Оглянути сучасні технології та методи створення аудіо для лайвів на YouTube.
4. Дослідити вплив різних звукорежисерських технік на емоційне сприйняття аудиторії.
5. Визначити ключові тенденції в розвитку звукорежисерського мистецтва для онлайн-платформ.

6. Провести психоакустичний аналіз художніх практик на авторських кейсах.

7. Дослідити імерсивний досвід глядача на провідних онлайн-платформах.

**Об'єкт дослідження** - процес створення та постпродакшну аудіо для записаних онлайн лайв-виступів («гібридний лайв») на платформі YouTube.

**Предмет дослідження** - психоакустичний вплив аудіо на глядацький досвід та роль звукорежисерських підходів у свідомому моделюванні цього впливу.

**Методи дослідження** включають:

- *Теоретичний аналіз* наукової літератури з психоакустики, аудіоінженерії та медіа-досліджень;
- *Історико-порівняльний метод* для аналізу еволюції форматів;
- *Метод "Case Study" (аналіз кейсів)*, що включає поглиблений технічний та психоакустичний розбір авторських робіт (Vivienne Mort, "Димна Суміш");
- *Порівняльний аналіз* провідних світових та українських онлайн-платформ (NPR Tiny Desk, COLORS, La Blogothique, ШООМ);
- *Мистецтвознавчий та технічний аналіз* аудіо-записів для виявлення кореляції між звукорежисерськими рішеннями та їхнім потенційним емоційним ефектом.

**Наукова новизна дослідження** полягає у вивченні психоакустичного впливу сучасних звукорежисерських підходів на глядацьке сприйняття саме «гібридних» онлайн лайв-виступів, що раніше не було предметом системного аналізу в українському науковому дискурсі. У роботі комплексно проаналізовано способи використання аудіоінженерних технологій (багатоканальний запис, ШІ-реставрація, згорткова реверберація, психоакустичний мастеринг) з метою посилення емоційного впливу та "ефекту присутності".

Вперше в українській академічній практиці досліджено інтерактивну взаємодію між аудіо- та візуальними компонентами онлайн-виступів у контексті

психоакустичного сприйняття (концепції "аудіовізуальної конгруентності" та "естетики автентичності"). У науковий обіг вводяться детально проаналізовані авторські кейси, що демонструють практичне застосування психоакустичних прийомів для вирішення складних художніх завдань (моделювання інтимності, передача ностальгії, створення аудіовізуальної драматургії).

**Практичне значення дослідження** полягає у розробці та систематизації підходів до створення аудіо для онлайн лайв-виступів, що можуть бути використані звукорежисерами, продюсерами, відеомейкерами та виконавцями у своїй професійній діяльності. У роботі проаналізовано й описано конкретні методи, що підвищують імерсивність та емоційний вплив трансляцій — зокрема техніки запису у складних умовах, методики «чистки» та реставрації, психоакустичні прийоми зведення (робота з динамікою, простором, «автентичними шумами»). Ці знання можуть стати корисними для молодих фахівців, які працюють у сфері онлайн-контенту, зокрема у виробництві музичних лайвів для YouTube та інших платформ. Використання наведених технік дозволяє підвищити якість саунд-дизайну та емоційний вплив продукту.

Результати дослідження мають практичну цінність і в освітньому контексті. Вони можуть бути інтегровані до навчальних програм для студентів спеціальностей «Звукорежисура», «Музичне мистецтво», «Психоакустика», «Продюсування в музичному мистецтві», «Мистецтво звукорежисури» тощо, надаючи актуальні кейси, що поєднують теорію та сучасну практику.

**Апробація результатів дослідження.** Основні результати дослідження обговорювались на Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Діяльність продюсера в культурно-мистецькому просторі XXI століття : креативність, технології, конструктивізм..»*

**Публікація.** Венгреньук Д. В. Аналіз впливу звукорежисерських підходів при створенні лайвів на емоційне сприйняття аудиторії: Зб. наукових праць /Упор., наук. ред., відп. за вип...: С.Садовенко. Київ.НАКККіМ, 2025. С.352-357. 412с.

**Структура роботи:** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, основної частини (з трьох розділів та 7-ти підрозділів), висновків, списку використаних джерел та додатків.

## РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ПСИХОАКУСТИЧНОГО ВПЛИВУ АУДІО НА ГЛЯДАЦЬКИЙ ДОСВІД

### 1.1. Теоретичні основи психоакустики та її ролі у сприйнятті аудіо контенту

#### *Психоакустика та її роль у сприйнятті аудіо контенту.*

Психоакустика є галуззю науки, що знаходиться на перетині фізики, фізіології та психології, і вивчає взаємозв'язок між фізичними характеристиками звуку та суб'єктивним його сприйняттям людиною [1]. Її основна мета — пояснити, як фізичні параметри акустичного сигналу (частота, амплітуда, фаза, спектральна структура, часові характеристики) перетворюються у психічні відчуття, такі як висота тону, гучність, тембр, просторовість, тривалість чи емоційне забарвлення звуку [2].

Як окрема дисципліна, психоакустика сформувалася у ХХ столітті в результаті розвитку психофізики — галузі, започаткованої ще у ХІХ столітті німецьким фізіологом та психологом Густавом Фехнером [3]. Однак її теоретичні основи були закладені раніше, у працях Германа фон Гельмгольца, який запропонував перше систематичне пояснення того, як фізичні звукові хвилі перетворюються у відчуття тонів та гармоній [4]. Його дослідження показали, що сприйняття музичних інтервалів і гармоній ґрунтується на резонансних властивостях слухового апарату та взаємодії частот у вусі людини. Ці ідеї заклали основу сучасного розуміння звукової перцепції як результату фізіологічних процесів у поєднанні з психічною інтерпретацією [5].

Психоакустика відрізняється від загальної акустики тим, що зосереджується не на вимірюванні фізичних характеристик звукової хвилі, а на тому, як ці характеристики сприймаються людиною, враховуючи суб'єктивні фактори інтерпретації [6, 47]. Наприклад, два сигнали з однаковою інтенсивністю можуть суб'єктивно сприйматися як різні за гучністю, залежно від частотного спектра, попередніх слухових вражень або контексту

прослуховування. Це означає, що людське вухо не є лінійним приймачем звуку, а складною системою, яка перетворює фізичну енергію в когнітивне відчуття.

До предмету психоакустики входить вивчення:

- *слухових порогів* — мінімальних рівнів інтенсивності, за яких звук стає помітним (порог чутності) або відрізняється від іншого звуку (порог розрізнення) [2];
- *критичних смуг* — діапазонів частот, у межах яких два тони взаємно впливають на сприйняття один одного через маскування [7];
- *маскування звуку* — коли один звук приглушує сприйняття іншого, що має близьку частоту чи меншу амплітуду [8];
- *сприйняття гучності, тембру, висоти, простору* — психічних якостей, що не мають прямого фізичного аналога, але формуються завдяки складним нейронним процесам у слуховій системі [1];
- *аудиторних ілюзій* — феноменів, що демонструють когнітивну природу слухового сприйняття [9];
- *психоакустичних моделей* — математичних систем, що прогнозують реакцію слухача на певні аудіостимули (наприклад, моделі, використані в аудіо-кодеках) [10].

Межі психоакустики визначаються її подвійною природою — фізичною і психологічною. З одного боку, вона тісно пов'язана з акустикою, оскільки оперує поняттями частоти, амплітуди, звукового тиску, спектра та часових параметрів. З іншого — інтегрує знання з когнітивної психології, нейронауки та музикознавства, оскільки вивчає, як мозок інтерпретує звукові стимули, як формується увага, очікування, емоційна оцінка [11]. Таким чином, психоакустика розглядає не лише що ми чуємо, але й як і чому ми це чуємо саме так.

Загалом психоакустика можна визначити як науку про кількісні взаємозв'язки між фізичними характеристиками звуку та його психічним сприйняттям [1]. Це означає, що будь-яке фізичне явище в акустиці має психоакустичну відповідність — наприклад, інтенсивність перетворюється у

відчуття гучності, частота у відчуття висоти, а спектральний розподіл формує унікальне тембральне забарвлення, яке є ключовим для ідентифікації джерела звуку [48].

У сучасній науці психоакустика має також прикладне значення.

Вона використовується:

- у *звукорежисурі та саунд-дизайні*, щоб керувати емоційним впливом звуку на слухача [12];
- у *музичній акустиці* для аналізу інтервалів, акордів і тембрової сумісності;
- у *комп'ютерних технологіях*, зокрема для оптимізації аудіо форматів (MP3, AAC, OGG), де моделі людського слуху дозволяють відкидати непомітні компоненти [10];
- у *медичній діагностиці слуху*, через тести аудіограми, маскування, бінарне сприйняття;
- у *віртуальній та доповненій реальності*, для створення реалістичних звукових середовищ за допомогою HRTF-моделей [13];
- у *нейроестетиці*, де психоакустичні закономірності поєднуються з емоційною реакцією на музику [14].

Таким чином, психоакустика — це не лише наука про звук, а й про *сприйняття звуку*. Її головне завдання — з'ясувати, яким чином мозок трансформує фізичну хвилю у суб'єктивне враження, і як це знання може бути використане для створення більш ефективного, виразного й емоційного аудіоконтенту, зокрема у контексті онлайн лайв виступів, де слухове сприйняття стає основним носієм емоційної присутності.

***Історичні витоки психоакустики.*** Розвиток психоакустики як окремої наукової дисципліни пройшов тривалий шлях — від перших філософських роздумів про природу звуку до сучасних експериментальних і комп'ютерних моделей слуху. Її становлення тісно пов'язане з еволюцією як фізики звуку, так і психології сприйняття.

Перші спроби осмислення взаємозв'язку між звуком і його відчуттям сягають античності. Уже Піфагор і Арістоксен розглядали гармонію як співвідношення частот коливань, намагаючись знайти закономірності між числовими відношеннями і музичним досвідом [15]. Однак систематичні спостереження мали радше філософський характер і не спиралися на експериментальну базу.

Наукове підґрунтя для психоакустики з'явилося у ХІХ столітті, коли німецький фізик і фізіолог Герман фон Гельмгольц дослідив механізм сприйняття звуків і резонансні властивості слухового апарату. Його праця «Про відчуття тону як фізіологічної основи теорії музики» стала фундаментом сучасного розуміння звуку як явища, що поєднує фізичні, фізіологічні та психологічні аспекти [4]. Гельмгольц показав, що людське вухо розкладає складний звук на окремі гармонічні складові, кожна з яких збуджує певну ділянку базилярної мембрани. Він першим пояснив, чому відчуття тембру, висоти й гармоній залежать від поєднання частот і обертонів.

Паралельно з працями Гельмгольца у другій половині ХІХ століття формується психофізика — наука, що вивчає кількісні зв'язки між фізичними подразниками та суб'єктивними відчуттями. Густав Фехнер і Ернст Вебер запропонували математичні закони, які лягли в основу вимірювання чутливості органів відчуття [3]. Саме з цих ідей виросла психоакустика — як практичне застосування психофізики до сфери слуху.

На початку ХХ століття інтерес до слухового сприйняття значно зріс завдяки розвитку телефонії, радіо та звукозапису. В цей період були створені перші лабораторії, де вивчали пороги чутності, розрізнення частот, рівні гучності та маскування. Особливо помітний внесок зробили дослідники з лабораторій Bell Telephone у США, які розробили методи вимірювання слухової чутливості й заклали основи для стандартизації аудіосистем [16]. Вони визначили, що чутливість людського слуху нерівномірна по всьому частотному спектру, а тому сприйняття гучності залежить не лише від інтенсивності, а й від частоти звуку.

Серед важливих етапів становлення дисципліни слід відзначити відкриття кривих рівногучності Флетчера та Мансона у 1933 році [17]. Саме вони довели, що людське вухо реагує на звуки середнього діапазону набагато чутливіше, ніж на низькі чи високі частоти, що стало підґрунтям для подальших досліджень суб'єктивної гучності.

Середина ХХ століття стала періодом активного експериментального розвитку психоакустики. У цей час створюються методики тестування слухових маскувань, визначаються критичні смуги та формуються перші психоакустичні моделі, які згодом лягли в основу аудіокодеків і систем цифрового стиснення звуку [7].

У 1950–1970-х роках велику роль відіграли дослідження, присвячені просторовому слуху та локалізації джерел звуку. Було описано ефект пріоритету (або ефект Гааса), який пояснив, як людський слух розпізнає напрямок звуку навіть за наявності відбиттів [18].

У другій половині ХХ століття психоакустика переходить від суто лабораторних досліджень до інженерних застосувань. Саме тоді починають створюватися системи цифрового запису, де знання про межі слухового сприйняття дозволяють оптимізувати якість сигналу. Розробка стандарту MP3 базувалася на психоакустичних моделях, які враховували маскування та порогові чутності для видалення непомітних компонентів сигналу без значної втрати якості звучання [10].

Паралельно розвивалися нейрофізіологічні дослідження слухового аналізатора. З'ясувалося, що обробка звукової інформації відбувається не лише у вусі, а й у кількох рівнях нервової системи — від стовбура мозку до слухової кори [19]. Це дало підстави розглядати психоакустичні процеси не лише як реакцію органів чуття, а як інтегровану когнітивну функцію.

Наприкінці ХХ — на початку ХХІ століття психоакустика стає частиною ширших міждисциплінарних галузей — когнітивної нейронауки, музичної психології, аудіоінженерії та віртуальної реальності [11]. Сучасні дослідження поєднують експериментальні дані з комп'ютерним моделюванням, аналізом

сигналів і нейровізуалізацією мозку під час слухання. Це дозволяє глибше зрозуміти, як людина сприймає складні звукові середовища, зокрема багатоканальний чи просторовий звук.

Таким чином, історія психоакустики — це історія поступового переходу від описового вивчення звуку до кількісного аналізу його сприйняття. Від експериментів із камертонами Гельмгольца до цифрових моделей сучасних аудіосистем ця наука пройшла шлях від фізики звуку до розуміння психології слуху. Її розвиток став можливим завдяки поєднанню теоретичних знань, технічних інновацій і прагнення людини усвідомити, як саме ми чуємо світ навколо себе.

***Біологічні й фізіологічні основи слухового сприйняття.*** Фізіологічні механізми слуху є центральною ланкою психоакустики, адже саме вони визначають, як фізичний звуковий сигнал перетворюється на нервові імпульси та далі на психічні відчуття. Слуховий аналізатор людини — це складна система, яка складається з кількох послідовних рівнів: периферичного (вухо), провідникового (слухові нерви та ядра стовбура мозку) й центрального (слухова кора великих півкуль) [19] (Додаток А. Рис. 1. Будова людського вуха). Усі ці рівні працюють як єдиний механізм, що забезпечує сприйняття, аналіз, локалізацію та розпізнавання звуків.

Зовнішнє вухо включає вушну раковину та слуховий прохід, які виконують функцію акустичної антени. Вушна раковина не лише збирає звукові хвилі, але й створює складну частотну характеристику, що допомагає визначати напрямок джерела, особливо у вертикальній площині [20]. Її форма формує інтерференційні піки й провали в спектрі, і саме вони служать «підписом» напрямку звуку, який мозок потім розпізнає. Далі звук досягає барабанної перетинки, що коливається під дією змін тиску.

Коливання передаються через ланцюг слухових кісточок середнього вуха — молоточок, коваделко та стремінце. Вони діють як важільна система, що підсилює механічні коливання у двадцять–тридцять разів, компенсуючи втрату

енергії під час переходу звуку з повітряного середовища до рідини внутрішнього вуха [2].

У завитці, або кохлеї, розташована базилярна мембрана, яка є ключовим елементом перетворення звуку на нервовий сигнал. Уздовж мембрани розміщені тисячі волоскових клітин, що реагують на коливання рідини. Ці клітини виконують функцію сенсорних рецепторів — вони перетворюють механічні рухи на електричні імпульси, які надсилаються у слуховий нерв [19]. Внутрішні волоскові клітини відповідають за саме перетворення, тоді як зовнішні підсилюють рух мембрани, підвищуючи чутливість до слабких звуків. Такий механізм, відомий як активна механіка завитки, надає вуху надзвичайну селективність і дозволяє розрізняти дуже близькі частоти

Базилярна мембрана має градієнт жорсткості: на її початку вона жорстка й реагує на високі частоти, ближче до вершини — м'яка й чутлива до низьких [4]. Завдяки цьому кожна ділянка завитки спеціалізується на сприйнятті певного частотного діапазону — так формується тонопічна організація (Додаток Б. Рис. 2. Тонотопічна організація базилярної мембрани). Ця закономірність зберігається і в центральних структурах: слухова кора має мапу, де різні ділянки відповідають за різні частоти.

Слухова система кодує частоту двома способами. Перший — місцевий, або просторовий: висота звуку визначається тим, у якій точці базилярної мембрани з'являється максимум коливань. Другий — часовий, коли нейрони синхронізують свої імпульси з періодом звукової хвилі. Для нижчих частот ці два механізми діють разом, забезпечуючи високу точність сприйняття [2]. Якщо частота надто висока, мозок використовує групове, або волей-кодування, коли кілька нейронів разом відтворюють часову структуру сигналу.

Далі інформація передається слуховим нервом у ядра стовбура мозку, зокрема в равликоче ядро, де здійснюється первинне сортування за частотою. Наступний етап — верхня олива, яка порівнює сигнали з обох вух і визначає різницю у часі та рівні, що дозволяє локалізувати джерело звуку в

горизонтальній площині [20]. Звідси інформація йде до нижніх горбків чотиригорбкового тіла, де інтегрується просторове уявлення про сцену. Потім сигнали надходять у медіальне колінчасте тіло таламуса, а звідти — у слухову кору великих півкуль, де відбувається повний аналіз і впізнавання звуків [19]. У первинній слуховій корі кодується частота, гучність і тривалість, а у вищих асоціативних зонах формується усвідомлений образ джерела: мови, музики або шуму.

Людський слух має здатність адаптації. За умов тривалого гучного звучання рецептори тимчасово знижують свою чутливість, а при тиші — відновлюють її. Цей динамічний механізм дозволяє сприймати звуки у надзвичайно широкому діапазоні — від найслабшого подиху до реву реактивного двигуна [1]. При цьому сприйняття не є лінійним: подвоєння інтенсивності не сприймається як удвічі більша гучність. Це відображається у логарифмічному характері слухової реакції, на якому ґрунтується шкала децибелів і всі психофізичні моделі гучності.

Робота слухової системи тісно взаємодіє з когнітивними процесами. Слух не лише фіксує звуки, але й аналізує контекст, очікування, пам'ять [11]. Мозок може компенсувати відсутні частоти, утворюючи ілюзію «віртуального тону», або виправляти сприйняття напрямку на основі візуальних підказок. Таким чином, слух є не просто сенсорним, а когнітивно-перцептивним процесом: він формує цілісний звуковий образ світу, інтегруючи фізичні стимули з попереднім досвідом.

Розуміння біологічних і фізіологічних основ слуху має вирішальне значення для психоакустики, оскільки саме ці механізми визначають межі людського сприйняття. Знання про поведінку базиллярної мембрани, активність волоскових клітин і центральну обробку сигналу дозволяють прогнозувати ефекти маскування, баланс гучності, відчуття простору та глибини [2].

Для звукорежисури це знання стає інструментом: воно допомагає створювати мікси, що відповідають природним реакціям слухача, розподіляти частоти без конфліктів і використовувати психоакустичні властивості вух для

посилення емоційного впливу [12]. Біологічні механізми слуху — це не лише основа сприйняття звуку, а й головний орієнтир для будь-якої технології, яка намагається передати реалістичний, переконливий і гармонійний аудіодосвід.

**Основні психоакустичні явища.** Психоакустичні явища відображають складну природу слухового сприйняття — те, як людський мозок обробляє, інтерпретує та структурує звукову інформацію. Ці феномени показують, що між фізичними характеристиками звуку і тим, як він сприймається, немає прямої залежності. Людський слух адаптивний, вибірковий і контекстуально чутливий, тому однакові сигнали можуть викликати різні відчуття залежно від умов, гучності чи частоти [6]. Розуміння цих явищ лежить в основі сучасних психоакустичних моделей, аудіокодування та звукорежисури.

Одним із базових понять є порогові величини. Поріг чутності визначає мінімальну інтенсивність звукового сигналу, яку людина може сприйняти за відсутності сторонніх звуків [2]. У середньому він становить близько 0 дБ SPL для частоти 1 кГц, але змінюється залежно від частотного діапазону: низькі частоти потребують більшої енергії для сприйняття, а середні — навпаки, найчутливіші. Поріг розрізнення, або just noticeable difference (JND), відображає найменшу різницю у частоті чи гучності між двома звуками, яку слухач здатен помітити [1]. Для гучності JND становить близько 1 дБ, а для частоти — приблизно 0,3–1 % у середньому діапазоні. Ці параметри визначають границі слухового сприйняття й пояснюють, чому людина не реагує на мікроскопічні зміни сигналу, тоді як різниця в кілька децибелів сприймається як відчутне посилення.

З порогами тісно пов'язане поняття гучності. Гучність — це не фізична енергія сигналу, а його суб'єктивна інтенсивність. Дослідження показали, що наше вухо сприймає середні частоти (близько 2–5 кГц) набагато голосніше, ніж низькі чи високі при однаковому звуковому тиску. Цю закономірність описують рівногучні криві — графіки, які відображають, який рівень звукового тиску на різних частотах відповідає однаковому відчуттю гучності [17] (Додаток В. Рис. 3. Криві рівної гучності). Вони показують, що сприйняття звуку нелінійне: щоб

низькі частоти здавались такими ж гучними, як середні, їхній фізичний рівень має бути значно вищим. Ця особливість враховується під час міксування музики та налаштування акустичних систем — зокрема, для створення збалансованого звучання при різних рівнях гучності.

Ще одним фундаментальним поняттям є критична смуга (critical band). Слуховий апарат людини не аналізує кожен частоту окремо, а об'єднує їх у певні діапазони — смуги, всередині яких частоти взаємодіють [7]. Якщо два тони лежать у межах однієї смуги, вони можуть взаємно впливати або навіть маскувати один одного. Коли ж частоти рознесені далі, вони сприймаються як окремі. Ширина критичної смуги зростає з частотою: для низьких частот вона вузька (близько 100 Гц), а для високих — ширша (понад 1000 Гц). Це явище стало основою для шкали Bark, де частотний спектр розділено на 24 смуги, що відповідають слуховим зонам сприйняття.

З критичними смугами тісно пов'язане явище маскування. Маскування виникає тоді, коли сильніший звук приховує слабший, що звучить поруч у частоті або часі [8]. Якщо обидва сигнали звучать одночасно, відбувається спектральне маскування: наприклад, гучний бас може частково перекрити тихий вокал. Якщо ж один сигнал передує іншому або йде після нього, спостерігається часове маскування — переднє та заднє. Переднє маскування відбувається тоді, коли звук, що лунає перед короткою паузою, утруднює сприйняття слабкого сигналу, який слідує за ним. Заднє маскування — коли сильний звук з'являється одразу після слабкого й робить його нечутним, навіть якщо він фізично ще триває [1]. У цифровому аудіо ці властивості слуху використовуються для економії даних: кодеки (наприклад, MP3 або AAC) видаляють компоненти сигналу, які потрапляють у зони маскування й не сприймаються людиною [10].

Одним із найбільш відомих явищ просторового слуху є ефект упередження, або precedence effect, іноді його називають ефектом Гааса, [18] часові зони якого показано у Додатку Г, Рис. 5. Ефект Гааса. Якщо два ідентичні звуки надходять з різних напрямків із дуже малою затримкою (до 40

мілісекунд), слухач сприймає їх як єдиний звук, локалізований у напрямі першого джерела. Це явище пояснює, чому ми не чуємо луну в невеликих приміщеннях і чому звук здається «закріпленим» за виконавцем навіть при наявності численних відбиттів. У практиці звукорежисури цей ефект використовується для створення стереоширини або для імітації природного простору — затримка другого каналу створює відчуття глибини без помітного ехо [12].

Не менш цікавим феноменом є віртуальний тон, або *missing fundamental*. Якщо набір гармонік звучить без своєї основної частоти, мозок все одно «чує» її, відновлюючи відсутню інформацію на основі інтервалів між гармоніками [21]. Завдяки цьому навіть маленькі колонки, які не можуть фізично відтворити дуже низькі частоти, створюють ілюзію глибокого басу. Цей ефект ілюструє когнітивну здатність слуху реконструювати відсутні елементи звукової структури, спираючись на знайомі закономірності.

Психоакустика також вивчає різні аудиторні ілюзії — феномени, коли мозок сприймає звук інакше, ніж він існує фізично [9]. Однією з найвідоміших є октавна ілюзія, при якій два чергуючі тони різних частот і вух утворюють відчуття одного звуку, що «стрибає» між вухами. Існують також ілюзії висоти, коли слухач сприймає нескінченне зростання або спадання тону (ефект Шепарда), а також ілюзії напрямку, коли джерело здається рухомим у просторі при незмінному сигналі. Ці явища показують, що сприйняття звуку — це не пасивний процес, а активне моделювання реальності мозком.

Особливу роль у психоакустичних дослідженнях відіграє бінауральне сприйняття — здатність слухати одночасно двома вухами. Мозок порівнює сигнали, що надходять у праве і ліве вухо, і використовує різницю у часі (ITD) та рівні (ILD) для визначення напрямку [20]. Це дає змогу визначати джерела звуку з точністю до кількох градусів і формувати об'ємне відчуття звукової сцени. У сучасних технологіях цей принцип використовується для створення тривимірного або «багатоканального» звуку, зокрема у навушниках, VR-середовищах і системах об'ємного аудіо [13].

Усі ці явища — від порогу чутності до віртуального тону — свідчать про те, що слухова система людини є не просто механічним приймачем, а складним аналітичним і прогностичним механізмом. Вона не лише фіксує звук, а й активно реконструює його структуру, виділяє значущі елементи, компенсує втрати й організовує сигнали у цілісне слухове враження. Для звукорежисури розуміння цих процесів має вирішальне значення: саме на них базуються *техніки панорамування, еквалізації, компресії та просторової обробки*, що дозволяють створювати реалістичний і виразний аудіопростір, у якому слухач не просто чує звук — він його відчуває [12].

***Психоакустика у контексті аудіо контенту.*** Психоакустика є не лише теоретичною наукою про слухове сприйняття, а й практичним інструментом, який визначає сучасні стандарти створення, обробки та відтворення звуку. Саме знання про закономірності сприйняття дозволяють інженерам, композиторам і звукорежисерам формувати аудіоконтент, що здається слухачеві максимально природним, збалансованим і емоційно виразним [22]. У цифрову епоху, коли більшість звуків проходить складну обробку, кодування і передавання, психоакустичні принципи стали фундаментом аудіоіндустрії — від побутового стрімінгу до професійного кінематографічного звуку.

Одним із найважливіших застосувань психоакустики є підвищення якості звучання через оптимізацію міксу й мастерингу [12]. Людське вухо має обмежену здатність одночасно сприймати кілька сигналів у схожому частотному діапазоні — це створює явище частотного маскування [8]. У практиці звукорежисури воно означає, що, наприклад, гучний бас може «заховати» ударні або нижній регістр вокалу. Розуміння цього ефекту допомагає коригувати баланс між елементами міксу за допомогою еквалізації або панорамування, розділяючи інструменти так, щоб вони займали різні частотні або просторові ніші [22].

Знання про рівногучні криві [17] використовується під час мастерингу, коли необхідно досягти комфортного сприйняття звуку на різних рівнях гучності. Те, що здається збалансованим при студійній гучності, може звучати

надто різко чи глухо при тихому відтворенні. Тому звукорежисери адаптують мікс, враховуючи нелінійність слуху: посилюють низькі частоти для малих рівнів, пом'якшують середину, контролюють високі частоти, щоб уникнути слухової втоми. Психоакустичні аспекти тут безпосередньо визначають, як слухач відчуватиме енергію, глибину й деталізацію композиції.

Не менш важливою є роль психоакустики у цифровому кодуванні звуку, де вона дозволяє досягти максимальної ефективності при мінімальних втратах якості. Сучасні формати MP3, AAC, OGG, Dolby Digital чи Opus ґрунтуються на моделях слуху, які імітують людське сприйняття, щоб видаляти дані, що не мають значення для слухача [10]. У цих моделях реалізується кілька ключових принципів: визначення порогу чутності, оцінка маскування та аналіз спектральної щільності сигналу. Якщо слабкий тон потрапляє під маскування гучнішого — він просто не кодується, адже слух його не помітить (схема механізму маскування наведена у Додатку Г, Рис. 4. Слухове маскування). Завдяки цьому можна зменшити обсяг інформації в десятки разів без помітних артефактів [23].

Психоакустичні моделі у кодуванні враховують також часове маскування: система аналізує, як звуки перед або після імпульсів можуть залишатись непомітними через інерцію сприйняття [1]. Це дозволяє скорочувати надлишкові дані не лише у спектральному, а й у часовому вимірі. Такий підхід став основою форматів стиснення з втратами, які сьогодні використовуються у потокових сервісах, цифровому радіо та відеоплатформах. Без психоакустичних моделей ефективне аудіо стиснення було б технічно неможливим.

Крім ефективності передачі, психоакустика визначає суб'єктивну якість звуку. Для людського сприйняття «якість» — це не лише чистота сигналу чи динамічний діапазон, а й гармонійність спектра, просторова стабільність і відчуття реальності [22]. Тому під час оцінювання аудіосистем використовують не лише технічні показники, а й психоакустичні метрики — наприклад, *гучність* (Loudness Units), *гостроту* (Sharpness), *теплоту* (Warmth),

*розбірливість мовлення* (Speech Intelligibility) [24]. Ці параметри описують, наскільки комфортно й природно сприймається звук людиною.

Окремий напрям сучасної аудіоінженерії — *іммерсивні технології*. Тут психоакустика відіграє ключову роль, оскільки саме вона пояснює, як формується відчуття простору, руху і присутності [13]. Просторовий звук, заснований на бінауральному сприйнятті, використовує міжвушні різниці за часом і рівнем, а також спектральні підказки зовнішнього вуха [20]. Для створення тривимірної звукової сцени застосовуються HRTF (Head-Related Transfer Functions), що моделюють, як звук модифікується тілом слухача [25]. Цей підхід лежить в основі систем Dolby Atmos, DTS:X, Ambisonics, а також VR і AR-технологій.

В іммерсивних середовищах психоакустика стає не просто технічним аспектом, а інструментом емоційного впливу [14]. Вона дозволяє створювати відчуття близькості або віддаленості звуку, розширювати сцену без збільшення рівня гучності, точно керувати напрямом уваги слухача. Наприклад, у VR-контенті навіть невеликі зміни у спектрі або часовій затримці можуть створити відчуття, що звук «рухається» навколо користувача. У музиці це використовується для занурення слухача у звуковий простір композиції, у кіно — для формування реалістичного середовища, а в онлайн лайв виступах — для імітації фізичної присутності виконавця.

Важливим аспектом у створенні аудіоконтенту є також взаємодія сигналу та шуму. Слухова система не сприймає звук у вакуумі — вона постійно аналізує співвідношення сигнал/шум. У реальному середовищі певний рівень шуму навіть допомагає покращити сприйняття через ефект стохастичного резонансу, коли слабкі сигнали стають помітнішими на фоні низькоінтенсивного шуму [2]. Водночас надмірний або нерівномірний шум може викликати слухову втому та зниження інтелігованості мовлення. Тому при мастерингу аудіоінженери враховують не лише динамічний діапазон, а й те, як мозок інтегрує шумові компоненти у загальне відчуття.

Загалом психоакустика у контексті аудіоконтенту виконує роль посередника між фізикою звуку та психологією сприйняття. Вона дає змогу прогнозувати реакцію слухача, розробляти формати з ефективним стисненням без втрати якості, створювати тривимірні просторові середовища та досягати збалансованого міксу, який не лише технічно точний, а й емоційно переконливий [22]. Для сучасної звукорежисури це не допоміжна галузь, а інтелектуальний інструмент, що дозволяє створювати звук, який не просто чується — він переживається.

*Актуальні напрями досліджень і міждисциплінарні підходи.* Сучасна психоакустика стрімко виходить за межі традиційного вивчення слуху як фізіологічного процесу і перетворюється на міждисциплінарну галузь, що поєднує акустику, нейронауку, когнітивну психологію, інженерію звуку, інформатику та навіть естетику сприйняття [11]. Її мета вже не лише описати закономірності чутності чи маскуванню, а зрозуміти, як мозок інтегрує звукову інформацію в складних, динамічних і мультимодальних умовах.

Один із головних напрямів сучасних досліджень — *моделі моно- та бінаурального сприйняття*, які намагаються описати, як слухова система кодує й інтерпретує звукове поле [2]. Моноуральні моделі зосереджуються на тому, як одне вухо аналізує сигнал у часовому та частотному вимірах, і використовуються переважно для прогнозування гучності, маскуванню чи чутності. Натомість бінауральні моделі враховують відмінності між сигналами, що надходять у ліве й праве вухо, — так звані міжвушні різниці у часі (ITD) та рівні (ILD) [20]. Вони є основою для сприйняття простору та локалізації джерела звуку. Сучасні дослідження показують, що мозок інтегрує ці дві ознаки не лінійно, а динамічно, залежно від умов середовища та руху слухача.

Бінауральні моделі розвиваються у двох напрямках. Перший — це фізіологічне моделювання, коли вчені намагаються відтворити структуру й функції слухових ядер мозку для кращого розуміння нейронних механізмів обробки звуку [19]. Другий — прикладне моделювання, яке використовується в технологіях просторового звуку [13]. Наприклад, у 3D-аудіо системах та

віртуальній реальності застосовуються індивідуальні HRTF (Head-Related Transfer Functions), що відображають, як форма голови, вух і торсу модифікує звук перед потраплянням у слуховий канал [25]. Це дозволяє створювати відчуття природної тривимірності, навіть у навушниках.

Паралельно психоакустика дедалі більше інтегрується у сферу віртуальних аудіо-візуальних середовищ, де досліджується взаємодія звуку і зображення. У таких середовищах слух більше не розглядається ізольовано, а як частина комплексного сенсорного досвіду. Дослідження показують, що візуальні стимули суттєво впливають на сприйняття звуку — наприклад, змінюють оцінку його напрямку, відстані чи навіть тембрового забарвлення [26]. Саме тому у VR і AR-системах психоакустика стає не просто інженерною дисципліною, а основою для створення відчуття «присутності» [27]. Вона допомагає налаштовувати параметри реверберації, часових затримок і спектральних характеристик так, щоб слухове враження відповідало візуальному контексту.

Віртуальні аудіо-візуальні системи також враховують рух слухача: напрямок голови, зміни у просторі, навіть мікрорухи тіла. Завдяки цим даним сучасні VR-аудіосистеми динамічно оновлюють звукову сцену, адаптуючи її до поточного положення користувача. Так формується ефект, коли звук здається «прив'язаним» до реальних координат, а не до пристрою відтворення. Це створює новий рівень реалістичності, який неможливо досягти без урахування психоакустичних принципів.

Ще один важливий вектор розвитку — *адаптивний звук у live-форматах*. Зі зростанням кількості онлайн-трансляцій, концертів і віддалених виступів з'явилися нові виклики для звукорежисури, пов'язані з психоакустичним сприйняттям. Основними проблемами залишаються шум, затримки сигналу та зміни якості в реальному часі. Людське сприйняття особливо чутливе до часових зсувів: затримка понад 40–50 мілісекунд між зображенням і звуком сприймається як дисонанс [28]. Для запобігання цьому використовуються

алгоритми компенсації затримки, які базуються на моделях слухового сприйняття синхронності.

У live-стрімінгу важливо також контролювати відношення сигнал/шум. Психоакустичні алгоритми аналізують, наскільки помітний шум у контексті основного сигналу, і динамічно регулюють фільтри або компресію, аби мінімізувати відволікаючі компоненти, але зберегти природність звучання [29]. У таких системах моделі маскування дозволяють приглушувати шум у тих зонах, де слух його найменше помічає, не погіршуючи загальної динаміки.

Адаптивні аудіоалгоритми, що враховують психоакустичні параметри, сьогодні стають стандартом у потокових платформах, цифрових консолях і програмному забезпеченні для лайв-звуку. Вони автоматично підлаштовують частотний баланс під тип навушників, акустичні властивості приміщення чи навіть кількість людей у залі. Метою є не технічна точність, а психоакустична достовірність — створення звучання, яке відповідає очікуванням слухача в конкретному контексті.

Сучасна психоакустика також співпрацює з нейронаукою, використовуючи методи функціональної МРТ та електроенцефалографії для вивчення активності мозку під час сприйняття звуку [11]. Це дозволяє досліджувати не лише фізіологічні, а й когнітивні аспекти слуху — як формується увага, як мозок виділяє «головний сигнал» серед шуму, як виникає емоційна реакція на аудіовізуальні події [14].

Таким чином, актуальні напрями психоакустичних досліджень охоплюють як глибокі моделі слухового аналізу, так і інтеграцію з технологіями майбутнього — віртуальною реальністю, адаптивним звуком і нейросенсорними системами. Їх об'єднує спільна мета: створення звукових середовищ, які не просто передають інформацію, а формують повноцінний когнітивно-емоційний досвід. У цьому контексті психоакустика стає основою нового етапу розвитку аудіоінженерії — етапу, де звук пристосовується не лише до простору, а й до самої людини.

### *Перспективи застосування психоакустики у контексті онлайн-лайвів.*

Сучасні онлайн-лайви, особливо у форматі записаних та зведених виступів (hybrid live), є складними аудіовізуальними подіями, які мають створити у слухача відчуття присутності, взаємодії й емоційного залучення, незважаючи на відсутність фізичного контакту [30]. Психоакустика відіграє в цьому процесі ключову роль, оскільки саме вона визначає, як людина сприймає звук у цифровому середовищі — через навушники, монітори чи акустичні системи. Її знання дозволяють компенсувати обмеження, відновити природність звучання і зробити онлайн-досвід максимально близьким до живого.

Однією з основних проблем при перегляді онлайн-виступів є втрата просторовості. Під час фізичної присутності на концерті слухач сприймає складну систему відбиттів, дифузного поля й мікродинаміки, що формує об'ємну звукову сцену [20]. У цифровому потоці, особливо при стандартному стерео-мікшуванні, більшість цих елементів стирається, і звук стає «плоским». Психоакустичні методи дають змогу частково відновити цей ефект за допомогою бінауральних технологій, конволюційної реверберації, затримок (ефект Гааса) і панорамування [13, 18]. Використання моделей HRTF дозволяє створити відчуття, що звук «оточує» слухача, навіть якщо він користується звичайними навушниками, що є основою для створення сучасного іммерсивного контенту в медіа [25, 49].

Такий підхід, відомий як іммерсивне аудіо, все частіше застосовується при зведенні лайвів для YouTube, створюючи мікси, оптимізовані під психоакустичне сприйняття напрямку та глибини.

Другий аспект — збереження емоційної динаміки. У живому виступі звук передається через повітряне середовище, створюючи вібраційний ефект, що підсилює тілесне відчуття музики. В онлайн-форматі ця складова відсутня, і тому важливо правильно передати мікродинаміку: дихання виконавця, нюанси атаки, зміни тембру [12]. Психоакустичні дослідження дозволяють виділити ті спектральні зони, які формують «емоційне ядро» звуку — переважно це середньочастотний діапазон, у якому людське вухо найбільш чутливе [17]. При

зведенні онлайн-трансляцій інженери застосовують цілеспрямоване підсилення цих ділянок, зберігаючи живість і динаміку.

Ще один виклик — адаптація звуку до різних пристроїв і середовищ прослуховування. Слухач може сприймати онлайн-лайв через ноутбук, смартфон або професійні монітори, і психоакустична чутливість до частот, простору чи гучності в кожному випадку буде різною [1]. Для цього використовуються адаптивні системи мастерингу, що враховують особливості слухового сприйняття. Вони аналізують спектр, прогнозують реакцію слухача і динамічно коригують баланс частот — так, щоб звук залишався збалансованим незалежно від середовища. Це втілення принципу «психоакустичного мастерингу», який замінює універсальну стандартизацію на інтелектуальну адаптацію [24].

Не менш важливим чинником є синхронізація аудіо та відео. Навіть незначна десинхронізація (понад 40–50 мілісекунд) порушує відчуття реальності та достовірності виконання [28]. Психоакустичні моделі допомагають налаштовувати алгоритми синхронізації відповідно до порогів сприйняття слухача.

У контексті записаних лайвів на YouTube, психоакустика також відіграє роль у боротьбі з артефактами компресії. При завантаженні на платформу відео проходить перекодування, часто з використанням психоакустичних кодеків (як AAC). Звукорежисер має підготувати мікс так, щоб він витримав це стиснення, зберігши відчуття деталізації [10]. Моделі маскування дозволяють прогнозувати, які частотні компоненти будуть «втрачені» при кодуванні, і компенсувати це на етапі мастерингу [23].

Перспективним напрямом є розвиток психоакустичних алгоритмів персоналізації. Вони враховують індивідуальні особливості слуху: вікові зміни, асиметрію в чутливості, переваги у гучності чи просторовому відчутті [31]. Такі системи вже тестуються у форматах інтерактивних стрімів, де користувач може регулювати не лише гучність, а й глибину сцени чи баланс між голосом і музикою. Це відкриває шлях до створення персоналізованого live-аудіо.

У майбутньому очікується, що психоакустичні принципи стануть основою для іммерсивних онлайн-сцен, де звук реагуватиме на поведінку користувача в реальному часі (у VR-лайвах) — наприклад, змінюватиметься залежно від рухів голови або фокусування погляду [27]. Така взаємодія між аудіо та увагою слухача дозволить досягти нового рівня занурення.

Отже, перспективи застосування психоакустики в онлайн-лайвах охоплюють увесь цикл створення та сприйняття звуку — від міксу і передавання до індивідуального сприйняття слухачем. Вона стає тим інтелектуальним мостом, який дозволяє поєднати технологічну реальність із людським відчуттям присутності. Завдяки цьому цифровий виступ перетворюється не просто на потік даних, а на живий психоакустичний досвід, у якому звук сприймається так само природно й емоційно, як і у фізичному просторі.

## **1.2. Історичний розвиток звукорежисури в контексті онлайн-виступів**

*Ранні етапи: від радіотрансляцій до телебачення.* Перші спроби відтворення живого звуку на відстані з'явилися ще на початку ХХ століття у форматі радіоефірів. Звукорежисери тоді працювали у повністю акустичному середовищі без можливості редагування сигналу [32]. Основним завданням було досягти зрозумілості мови, збалансованості частот та уникнення перевантаження мікрофонів. У 1930–40-х роках, коли розпочалися перші прямі радіотрансляції концертів і опер, інженери почали експериментувати з кількома мікрофонами, щоб передати простір сцени. Це стало першою спробою створити об'ємну акустичну перспективу, яка надалі стала одним із головних принципів сучасної звукорежисури.

З приходом телебачення у 1950-х роках з'явилася потреба синхронізувати звук із зображенням [33]. Відтоді звукорежисура почала розвиватися як частина аудіовізуального процесу. Камера, монтаж і сцена вимагали узгодженості — мікси стали враховувати не лише фізичне звучання, а й візуальну драматургію. Саме тоді виникла практика багатоканального запису виступів, коли кожен

інструмент і вокал фіксувалися окремо, що дало змогу коригувати баланс під час монтажу.

**Період цифрової революції: від аналогових консолей до студійних лайвів.** Перехід до цифрового запису в 1980–90-х роках кардинально змінив роль звукорежисера [34]. Завдяки цифровим мікшерам, процесорам і редакторам з'явилася можливість створювати точний баланс між технічною чистотою і художньою виразністю. У цей час формується поняття *recorded live performance* — виступу, який відбувається наживо, але записується багатоканально і потім обробляється у студії. Це дозволяє зберігати енергію живої гри при високій якості відтворення.

Звукорежисура стає частиною творчого процесу: міксування перетворюється з технічного етапу на форму інтерпретації музики [12]. Саме в цей період виникають характерні прийоми «гібридного звучання»: одночасне використання студійного контролю та природних акустичних відбиттів зали. У результаті формується новий стандарт аудіовиробництва — живе виконання із студійною точністю.

**Епоха інтернету: становлення онлайн-трансляцій.** Початок 2000-х став точкою переходу до ери цифрових стрімів. Перші онлайн-виступи проводились у низькій якості — з монофонічним звуком, затримками та стисненням сигналу. Проте саме в цей період почали формуватися підходи до гібридних трансляцій, де частина звуку передавалася наживо, а частина — попередньо записувалась і зводилась у реальному часі.

Розвиток потокових платформ і швидкісного інтернету сприяв появі нових форматів — зведених лайвів, сесій з живим співом і відео, оброблених у постпродакшні [30]. Такий формат дозволив поєднати достовірність живого виступу з якістю студійного запису. У цей період формується поняття «онлайн-звукорежисера» — спеціаліста, який поєднує функції концертного інженера та студійного продюсера. Його завдання — забезпечити технічну стабільність сигналу під час стріму й водночас створити привабливий, «кінематографічний» звук для записаного матеріалу.

**Формування естетики зведених онлайн-виступів.** З середини 2010-х років, з розвитком YouTube, Twitch, COLORS та NPR Tiny Desk, формат записаних лайвів став окремим мистецьким жанром [35]. Його характерна риса — поєднання живого виконання і студійного міксу, який проходить тонке редагування, але не втрачає відчуття реальної гри.

Звукорежисери почали працювати у тісному зв'язку з операторами: камера рухається у просторі, а звук слідує за нею — змінює панораму, глибину і баланс. Це створює кінематографічне звучання, у якому кожен рух кадру має звуковий еквівалент [36]. Технічно це стало можливим завдяки розвитку цифрових робочих станцій (DAW), плагінів моделювання простору та алгоритмів просторової реверберації. Психоакустичні принципи тут використовуються для досягнення природності: ефект упередження [18], маскування [8], баланс прямих і відбитих сигналів. Так формується естетика присутності — звук, який не лише передає музику, а й створює атмосферу події.

***Сучасний етап: інтеграція психоакустики та іммерсивних технологій.***

Сьогодні онлайн-виступи еволюціонували у гібридні аудіовізуальні події, де техніка, простір і психологія слухача тісно переплетені. Звукорежисура спирається на психоакустичні моделі, що дозволяють передбачити реакцію слухача — як сприйматиметься динаміка, панорама, реверберація чи шум [22].

Розробляються системи адаптивного мастерингу, які аналізують умови прослуховування (наприклад, через стандарти гучності платформ як YouTube) і оптимізують мікс для відтворення на різних пристроях [24]. Поширення 3D-звуку, HRTF-технологій та іммерсивного аудіо (Dolby Atmos, Ambisonics, Binaural) створює нову парадигму онлайн-виступів [13]. Звук тепер є не просто каналом передачі, а носієм простору. У перспективі такі формати перетворюються на повноцінні «цифрові сцени», де слухач отримує не трансляцію, а звукопростір, що реагує на його позицію, увагу й індивідуальні психоакустичні особливості [27].

Еволюція онлайн-звукорежисури демонструє рух від фіксації події до моделювання глядацького досвіду. Якщо радіо зосереджувалось на чистоті

сигналу, телебачення — на синхронності, а цифрова епоха — на контролі якості, то сучасний етап спрямований на створення емоційної достовірності. Психоакустика стала тим інструментом, що дозволив звукорежисерам мислити не децибелами, а враженнями: відчуттям простору, присутності, теплоти, інтенсивності. У результаті онлайн-лайв сьогодні — це не просто трансляція, а художньо продуманий акт занурення, де звук і простір взаємодіють для створення живого аудіовізуального переживання [30].

### **Висновки до Розділу 1**

У першому розділі було розглянуто теоретико-історичні основи дослідження. Аналіз продемонстрував, що психоакустика є фундаментальною дисципліною для сучасної звукорежисури, оскільки вона пояснює зв'язок між об'єктивними фізичними параметрами звуку та суб'єктивним досвідом слухача. Ключові явища, такі як маскування, рівногучні криві, ефект упередження та бінауральне сприйняття, є не просто теоретичними концептами, а практичними інструментами, які звукорежисери використовують для створення збалансованих, чистих та емоційно насичених міксів.

Історичний огляд розвитку звукорежисури для лайв-виступів показав чітку еволюцію: від технічної фіксації на радіо до створення складних, художньо осмислених аудіовізуальних продуктів у цифрову епоху. Сучасний етап характеризується домінуванням формату «гібридного лайву» — записаного наживо, але ретельно зведеного у студії виступу. Цей формат, популяризований платформами як YouTube, вимагає від звукорежисера поєднання навичок концертного інженера та студійного продюсера.

Інтеграція психоакустичних знань дозволяє моделювати відчуття присутності, глибини та простору, компенсуючи відсутність фізичного контакту з аудиторією. Було доведено, що звукорежисер, озброєний цими знаннями, може моделювати відчуття простору, глибини, близькості та емоційної насиченості, навіть якщо слухач фізично відсутній на місці події.

Прослідковано еволюцію звукорежисури живих виступів та показано перехід від ранніх радіотрансляцій, де головною метою була технічна

розбірливість, до телевізійних ефірів, що додали потребу в аудіовізуальній синхронізації. Зазначено, що цифрова революція 1980-90-х років дала звукорежисерам безпрецедентний контроль завдяки багатоканальному запису та постпродакшну. Однак саме поява та домінування інтернет-платформ, зокрема YouTube, створила новий, унікальний медіа-формат — "гібридний" або "зведений" онлайн-лайв. Цей формат, популяризований проектами на кшталт NPR Tiny Desk чи COLORS, поєднує енергію та автентичність живого виконання з ретельним студійним контролем та постпродакшном.

Головний висновок Розділу 1, що сучасний формат «гібридного лайву» виник на перетині технологічного розвитку та нових умов споживання (індивідуально, у навушниках). У цих нових умовах фізична присутність та колективна енергія концерту замінюється на психоакустичну імерсивність. Звукорежисер перестав бути простим техніком-фіксатором і перетворився на художника, що моделює досвід. Його головним інструментом для створення емоційної достовірності, відчуття присутності та інтимності стали саме психоакустичні принципи.

Таким чином, теоретична база психоакустики та історичний розвиток технологій звукозапису створюють необхідне підґрунтя для аналізу сучасних звукорежисерських підходів у Розділі 2, де буде детально розглянуто, як ці принципи втілюються у конкретних техніках та технологіях.

уральне сприйняття (що відповідає за локалізацію звуку в просторі через різницю у часі та інтенсивності між вухами) та ефект упередження (ефект Гааса) (що дозволяє мозку ідентифікувати напрямок звуку попри наявність відбиттів) — все це формує арсенал інструментів для свідомого керування глядацьким сприйняттям.

## РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ЗВУКОРЕЖИСЕРСЬКИХ ПІДХОДІВ У СТВОРЕННІ ОНЛАЙН ЛАЙВ ВИСТУПІВ

### 2.1. Сучасні технології та методи створення аудіо для онлайн лайвів

*Концепція гібридного лайву: баланс між живим виконанням і постпродакшном.* Гібридний лайв — це сучасна форма музичного виступу, у якій поєднуються два, на перший погляд, протилежні підходи: живе виконання та студійний постпродакшн [30]. На відміну від класичних концертів, що орієнтовані на моментальне сприйняття, або студійних записів, де головним є контроль і точність, гібридні лайви прагнуть зберегти емоційність «тут і зараз» у поєднанні з естетикою високої якості звучання [37]. Саме цей формат став основою для більшості сучасних онлайн-виступів, особливо у контексті YouTube-сесій, телевізійних лайвів, стрімів та камерних зйомок.

Сутність гібридного лайву полягає в тому, що виконавець співає або грає в реальному часі, але весь процес запису будується з урахуванням подальшого зведення, обробки і монтажу [34]. Тобто звук фіксується як багатоканальний матеріал, який потім проходить повноцінний постпродакшн. Це дозволяє контролювати баланс, спектр, реверберацію, шумовий фон і навіть мікродинаміку без втрати автентичності виконання [38].

У традиційних концертних лайвах мікси створюються для реального залу, де звук сприймається безпосередньо слухачем. У гібридних же форматах ключовою є аудіовізуальна інтеграція — звук має відповідати картинці, кадру, ритму монтажу [36]. У цьому полягає принципова відмінність: звукорежисер мислить не лише категоріями «гучності» і «чистоти», а й драматургічно — як створити відчуття присутності, глибини, емоційного напруження.

У технічному сенсі гібридний лайв — це контрольований хаос, у якому органічні неточності, дихання, мікрошум і навіть легке перевантаження можуть бути збережені як елементи виразності [35]. Завдання звукорежисера полягає не у видаленні всього «зайвого», а у виведенні живої енергії на передній план. Саме тому фази запису, зведення і мастерингу в таких проєктах нерозривно

пов'язані: звукорежисер одночасно мислить як інженер і як постановник звукової атмосфери.

Підготовка до гібридного лайву починається задовго до запису. Вибір приміщення, його акустика і спосіб мікрофонування визначають майбутній характер звучання [39]. Якщо простір має виразну реверберацію, вона стає частиною естетики; якщо зал сухий — додається штучна, але з урахуванням психоакустичних закономірностей просторового сприйняття. Важливо не лише, як звучить окремий інструмент, а як він взаємодіє з іншими у конкретному просторі кадру.

Для гібридних лайвів характерна максимальна прозорість тракту: сигнал записується «чистим», без зайвої компресії чи фільтрації, щоб мати свободу у постобробці [38]. Навіть вокал часто обробляють мінімально, дозволяючи зберегти натуральну динаміку й темброву виразність. Водночас на етапі запису контролюються потенційні проблеми — перевантаження, фазові зсуви, небажані резонанси.

Ще одна важлива особливість гібридного підходу — двошаровість аудіопотоку. Під час зйомки зазвичай формуються два незалежні мікси:

- *Live-моніторинг* — сигнал для виконавців у навушниках або сценічних моніторах, який забезпечує комфорт під час гри;
- *Clean mix / multitrack* — чистий запис усіх доріжок без обробки, який згодом використовується для студійного зведення [34].

Цей поділ дає змогу зберігати контроль над якістю, не впливаючи на виступ у реальному часі. У деяких випадках використовуються також *ambient-мікрофони*, що фіксують звучання приміщення — вони додають «повітря» і формують у слухача відчуття простору [39].

На етапі зведення головна мета — створити аудіовізуальну достовірність. Звук має не лише відповідати відеоряду, а й психологічно збігатися з очікуванням глядача [26], бути синхронізованим, та обробленим відповідно до візуальної складової. Таке тонке узгодження зображення і звуку створює ефект занурення, який у студійних релізах досягти майже неможливо.

Психоакустичний аспект гібридного лайву полягає у свідомому використанні обмежень людського слуху. Наприклад, ефект маскування [8] дає змогу приховувати дрібні шумові дефекти під гучнішими елементами, а ефект упередження [18] — формувати відчуття стабільної сцени, навіть якщо реальний баланс сигналів змінюється з кадром. Завдяки цьому досягається природність без надмірної точності — звук сприймається не як «ідеально чистий», а як правдивий.

У сучасній практиці гібридні лайви розглядаються не як компроміс між студією і концертом, а як окремий художній формат [35]. Вони поєднують емоційну правду виступу з глибиною студійного продакшну, дозволяючи слухачеві пережити подію у найвищій якості. Саме цей підхід став основою естетики таких проєктів, як NPR Tiny Desk Concerts, COLORS Show, A Take Away Show, Mahogany Sessions чи українські Live Sessions та Room Service.

Отже, гібридний лайв — це не просто технічна технологія, а нова парадигма звукорежисури, у якій техніка підпорядкована емоції. Завдання звукорежисера полягає не в тому, щоб відтворити звук як у залі, а щоб *створити слуховий досвід*, максимально близький до того, що слухач очікує почути, спостерігаючи виступ через екран.

**Мікрофонні техніки та запис живого виконання.** Мікрофонна система є фундаментом якісного онлайн-лайву, адже саме від способу захоплення звуку залежить його природність, просторовість і динамічна виразність [39]. Для форматів типу recorded live головним завданням звукорежисера є не лише технічна чистота сигналу, а й передача атмосфери події — того відчуття, що слухач «перебуває» поруч із виконавцем [30]. На відміну від концертного лайву, де мікрофони працюють переважно на підсилення для залу, тут вони виконують функцію художнього інструменту — формують акустичну перспективу кадру.

У більшості сучасних онлайн-виступів використовується багатоканальна система запису, коли кожне джерело звуку фіксується окремо: вокал, гітара, фортепіано, ударні, просторові мікрофони, амбісонічні канали [34]. Такий підхід дає змогу гнучко контролювати баланс під час зведення й забезпечує

можливість адаптувати звук під будь-яке середовище відтворення — навушники, стереосистему чи просторовий мікс.

Вибір мікрофонів та їхня розстановка залежать від простору зйомки, жанру музики, кількості учасників і бажаної естетики звучання. Якщо лайв знімається у камерній студії або квартирі, акцент робиться на близькому мікрофонуванні, яке мінімізує відбиття і витоки (bleed) між джерелами [39]. У великих приміщеннях — навпаки, активно використовуються просторові мікрофони для фіксації природного ревербераційного поля.

Для вокалу зазвичай застосовуються конденсаторні мікрофони з кардіоїдною або суперкардіоїдною характеристикою (Додаток Ж. Рис. 7. Діаграми спрямованості мікрофонів), наприклад Neumann U87, AKG C414, Warm Audio WA-251, Shure KSM32, Shure Beta 87A. Вони передають тембральну глибину, чітко фіксують дихання і дозволяють у подальшому відтворити відчуття «присутності» [38]. Водночас динамічні моделі (Shure SM7B, Electro-Voice RE20, Sennheiser MD441) часто використовуються для більш інтимних або «тепліх» вокальних сцен, оскільки вони краще контролюють вибухові приголосні й не вловлюють зайву реверберацію приміщення.

Для інструментів підхід залежить від їхньої природи. Акустичні гітари й струнні записуються конденсаторними мікрофонами малого діаметра (Neumann KM184, DPA 2011, Audio-Technica AT4041), які добре передають деталі атак і гармонічну структуру [39]. Ударні фіксуються за допомогою багатомікрофонної схеми: близькі мікрофони на барабанах, оверхеди для загального образу, а також мікрофони в кімнаті (room mics), що додають повітря і «дистанції». Бас-гітари або синтезатори можуть поєднувати пряме підключення (DI-box) і ампліфікатор, щоб створити об'ємну текстуру.

Особливу роль у гібридних лайвах відіграють просторові пари мікрофонів. Класичні стереосхеми — XY, ORTF, AB або Mid-Side — дозволяють відтворити природну панораму сцени [40]. XY-схема забезпечує точну моно-сумісність і чітку локалізацію джерел. ORTF додає більшій просторовій глибини та

природності, наближаючись до людського слуху. Mid-Side (MS) особливо зручна для постпродакшну, адже дозволяє змінювати ширину стерео вже після запису [38]. У більш масштабних зйомках, наприклад оркестрових або студійних лайвах, використовуються конфігурації Decca Tree або Blumlein Pair, які створюють широку, повітряну сцену з виразною глибиною.

Сучасною тенденцією є застосування амбісонічних мікрофонів — таких як Sennheiser AMBEO VR Mic, Rode NT-SF1 або Zylia ZM-1. Вони захоплюють звукове поле у всіх напрямках, дозволяючи створити тривимірну сцену вже на етапі запису [13]. Це відкриває шлях до використання одного матеріалу як у звичайному стерео, так і у бінауральних або VR-форматах без повторного міксування.

Щоб уникнути проблем з фазовими взаємодіями, звукорежисер контролює розташування мікрофонів за правилом 3:1 — відстань між мікрофонами має бути утричі більшою, ніж відстань кожного з них до джерела [39]. У постпродакшні додатково застосовується фазова корекція, щоб уникнути конфліктів у низьких частотах і забезпечити стабільну стереокартину.

Невід'ємною складовою запису є контроль витоків. Повна ізоляція, як у студії, часто недоцільна, адже вона порушує природну взаємодію виконавців. Замість цього використовують часткове екранування, напрямні мікрофони та акустичні бар'єри, що дозволяють зберегти «живий дихаючий» звук без надлишкових перешкод [38]. Іноді звукорежисери навіть залишають частину витоків навмисно — щоб підсилити відчуття спільного простору.

Для лайвів зі зйомкою важливо також враховувати візуальні обмеження: мікрофони повинні бути розташовані так, щоб не заважати кадру, але водночас зберігати правильну акустичну геометрію [36]. Тут часто застосовуються мікрофони у мінімалістичних корпусах або приховані установки — наприклад, під фортепіано чи за кадром камер.

Окремим елементом є ambient-мікрофони, що розташовуються на відстані для фіксації акустики приміщення. Їхній сигнал у подальшому використовується для створення природної реверберації, що допомагає

слухачеві «відчути» простір [40]. У невеликих приміщеннях цей ефект дозується обережно, щоб не перевантажити мікс, а в концертних залах — навпаки, стає важливою частиною композиційної структури.

Психоакустично грамотне мікрофонування дозволяє не лише передати звук, а й сформувати слухове враження про відстань, глибину та розташування виконавців у кадрі [20]. Це те, що робить гібридний лайв відчутно «живим»: замість плоского, відредагованого студійного сигналу глядач отримує повноцінний аудіопростір, у якому чутно не лише музику, а й її середовище.

Отже, мікрофонна система у сучасному онлайн-лайві — це не просто технічний інструмент, а художній засіб, що визначає характер звучання, настрій і достовірність події. Правильна комбінація близьких, стерео- та амбісонічних мікрофонів дозволяє створити природне, просторове, «дихаюче» аудіо, яке відповідає візуальній динаміці та емоційній правді живого виконання.

#### ***Аудіоінтерфейси, цифрові консолі та цифрові робочі станції (DAW).***

Технічна інфраструктура онлайн-лайвів сьогодні базується на поєднанні трьох головних елементів — аудіоінтерфейсу, цифрової консолі та цифрової робочої станції (DAW). Саме ця тріада формує гнучкий, модульний і повністю керований ланцюг захоплення, маршрутизації, запису та обробки сигналу [34]. В умовах гібридних лайвів, де від виконавця очікують автентичного звучання, а від звукорежисера — студійного контролю, роль кожної з цих систем стає вирішальною.

Аудіоінтерфейси виконують функцію перетворення аналогового сигналу у цифровий та навпаки. Вони визначають, наскільки точно буде зафіксовано динаміку й тембр кожного інструмента. Для записаних лайвів сьогодні використовуються професійні багатоканальні інтерфейси (RME UFX+, Universal Audio Apollo, Antelope Orion, Focusrite Red, MOTU 1248 тощо), які підтримують 24- або 32-бітну глибину та частоти дискретизації до 192 кГц [41]. Це забезпечує широкий динамічний діапазон і мінімальні шуми під час запису, що особливо важливо при роботі з тонкими динамічними нюансами живого виконання.

У сучасних продакшнах ці інтерфейси часто інтегруються у цифрові мережі, що дозволяють передавати звук без втрат і з мінімальною затримкою. Протоколи Dante, AVB, AES67 або Ravenna стали стандартом для професійного live-звуку: вони забезпечують синхронну маршрутизацію сотень каналів по звичайному Ethernet-кабелю [42]. Це дає змогу розміщувати мікрофонні передпідсилювачі безпосередньо біля джерела сигналу — зменшуючи довжину аналогового тракту й відповідно кількість шумів та спотворень.

Другим центром управління є цифрова мікшерна консоль — головний вузол, через який проходять усі аудіопотоки. На відміну від класичних аналогових пультів, сучасні цифрові системи поєднують у собі функції мікшера, рекордера, маршрутизатора і процесора ефектів [34]. Під час онлайн-записів вони дозволяють одночасно формувати два незалежні мікси: один для моніторингу виконавців (в реальному часі), інший — для «чистого» запису.

Такі пульти, як Avid S6L, SSL L550, Yamaha CL/QL, Allen & Heath dLive, Midas ProX, DiGiCo SD12 або Behringer X32, забезпечують роботу з десятками доріжок, мають вбудовані DSP-процесори для обробки, автоматизацію сцен, recall пресетів і повну сумісність із мережевими протоколами [42]. Це дозволяє проводити зйомки лайвів без додаткових рекордерів — усі доріжки можуть записуватись безпосередньо на накопичувачі консолі або передаватись у DAW через Dante чи USB/Thunderbolt-з'єднання.

Однією з ключових переваг цифрових консолей є повна повторюваність — можливість зберігати налаштування й миттєво відтворювати їх під час іншого дублю чи сесії. Для зведених лайвів це особливо важливо: можна зробити кілька takes, а потім відтворити ідентичні параметри міксу для постпродакшну [34].

Усі доріжки з консолі потрапляють у цифрову робочу станцію (DAW), де здійснюється запис, зведення і подальша обробка. У сучасній практиці найбільш поширеними є Pro Tools, Logic Pro, Cubase/Nuendo, Reaper та Ableton Live. Pro Tools залишається стандартом для студійного й телевізійного продакшну, завдяки своїй стабільності при роботі з великими сесіями і точній

синхронізації з відео [38]. Logic Pro та Reaper часто використовуються у невеликих лайв-проектах завдяки гнучкості та ефективності роботи з плагінами в реальному часі.

Під час запису важливим аспектом є тайм-кодна синхронізація. Для узгодження аудіо з відео застосовується SMPTE timecode або NDI Audio, що дозволяє DAW отримувати точну часову прив'язку до кожного кадру [36]. Це усуває проблеми десинхронізації при подальшому монтажі.

Усе частіше цифрові станції працюють у форматі 32-bit float recording — режимі з розширеним запасом динаміки, який унеможливорює перевантаження сигналу [41]. Це особливо зручно у лайвах, де рівень може різко змінюватися: вокаліст відходить від мікрофона, інструмент звучить гучніше, а динаміка зберігається без спотворень.

Після запису DAW стає середовищем для повноцінного міксингу. Завдяки автоматизації параметрів, точній візуалізації спектра і можливості використовувати зовнішні DSP-процесори (UAD, Waves, FabFilter, Slate Digital), інженер створює фінальний баланс, наближений до студійної якості [22]. У зведених лайвах цей процес поєднує технічну акуратність і художню свободу — звукорежисер може відновлювати простір, коригувати енергію виступу, підсилювати ті елементи, які в момент запису не звучали достатньо виразно.

Цифрова екосистема дозволяє також виконувати моніторинг у реальному часі через системи персонального мікшування (Aviom, Behringer P16, Allen & Heath ME). Це дає виконавцям комфорт під час гри і дозволяє звукорежисеру працювати паралельно над основним записом.

Таким чином, сучасна технологічна архітектура онлайн-лайвів перетворює звукорежисуру на *мережеву, інтегровану систему*, де аналогова енергія живого виступу поєднується з цифровою точністю контролю. Аудіоінтерфейс відповідає за якість перетворення, консоль — за керування та структуру, DAW — за фіксацію і художню інтерпретацію. У поєднанні вони формують новий стандарт живого запису: високоточний, гнучкий і водночас емоційно автентичний.

**Обробка сигналу в реальному часі та постпродакшн.** Обробка сигналу — це той етап, на якому гібридний онлайн-лайв набуває свого завершеного характеру. Якщо мікрофонування формує «сирий» матеріал, то обробка визначає його художню форму, баланс, простір і психологічний ефект сприйняття [12]. Для форматів, де виконавець співає або грає наживо, але звук проходить повний цикл постпродакшну, важливо зберегти динамічну природність при водночас контрольованій чистоті [38]. Тому сучасна система обробки складається з двох взаємопов'язаних етапів — реального часу (під час запису) і постпродакшну (після зйомки).

Під час запису обробка має мінімальний і захисний характер. Її мета — не змінити звук, а забезпечити стабільність рівнів, уникнути перевантаження та полегшити подальшу роботу. Найчастіше застосовується легка компресія на вокалі або інструментах (із співвідношенням 2:1 чи 3:1), базовий high-pass фільтр для усунення низькочастотних вібрацій і контроль піків через лімітер. Звукорежисери прагнуть зберегти максимально «чистий» сигнал, щоб мати свободу під час зведення — адже будь-яке надмірне втручання на етапі запису обмежує гнучкість у пості [34].

У реальному часі також формується моніторинговий мікс — версія сигналу, яку чує виконавець у навушниках. Цей мікс може бути більш компресованим або з доданими ефектами (реверберацією, легким затриманням), щоб створити комфортне відчуття присутності й контролю. Однак усі ці ефекти не впливають на основний запис, а існують лише у моніторинговому потоці.

Після запису починається ключова фаза — **постпродакшн**, де відбувається справжнє формування звукової естетики. Обробка тут має дві цілі: технічну (виправлення, очищення, балансування) та художню (створення атмосфери, простору, емоційного впливу) [22].

Перший етап — **чистка сигналу**. Використовуються сучасні інструменти спектрального редагування, такі як iZotope RX, Waves Clarity, Accusonus ERA або Cedar DNS, які дозволяють видаляти шум, гул, шипіння, клацання, небажану реверберацію чи резонанси [43] (Додаток Ж. Рис. 8. Спектральне

відновлення). Це особливо актуально для лайвів, записаних у «неконтрольованих» приміщеннях — наприклад, у залах, галереях, на дахах чи у великих лофтах, де природна акустика часто надмірна.

Другий етап — *зведення (mixing)*. Тут формуються співвідношення між усіма доріжками — вокалом, інструментами, атмосферою, ambient-мікрофонами. Основні завдання:

- *Тональний баланс* — корекція частотного спектра за допомогою еквалайзерів (FabFilter Pro-Q3, SSL Native, API 550A), щоб уникнути маскуванню та надмірних резонансів [12].
- *Динамічна обробка* — застосування компресорів (UAD 1176, LA-2A, Neve 33609) для вирівнювання динаміки без втрати природності [38].
- *Просторова побудова* — використання реверберацій і затримок (Valhalla VintageVerb, Bricasti M7, Altiverb, Seventh Heaven) для моделювання акустичного середовища, узгодженого із візуальною сценою [44].
- *Панорамування* — розподіл елементів по стерео або об'ємній сцені для створення глибини і відчуття «повітря».

Під час зведення психоакустичні закономірності стають основним орієнтиром. Наприклад, ефект маскуванню [8] визначає, які інструменти потрібно частотно розвести, щоб кожен зберіг виразність; ефект упередження (precedence effect) [18] допомагає створити стабільну сцену без конфліктів між прямим і відбитим звуком. Використовується і диференційоване еквалізування, коли ті самі інструменти мають різний частотний баланс залежно від їхнього просторового положення у кадрі [26].

Після зведення відбувається психоакустичний мастеринг — заключна фаза, спрямована на оптимізацію суб'єктивного сприйняття звуку [22]. Якщо традиційний мастеринг контролює рівень і технічну сумісність, то психоакустичний орієнтується на те, як звук відчувається слухачем. Тут враховується чутливість вуха до різних частот [17], нелінійність сприйняття гучності та адаптаційні ефекти слуху.

На цьому етапі застосовуються алгоритми аналізу LUFS (Loudness Units Full Scale) для нормалізації середньої гучності відповідно до стандартів платформ — YouTube, Spotify, Apple Music, Netflix чи телемовлення (EBU R128, ITU-R BS.1770) [24]. Водночас контролюється True Peak, щоб уникнути цифрових перевантажень після компресії відео. Інженери використовують інструменти на кшталт iZotope Ozone, Nugen VisLM, Waves WLM для прецизійного аналізу.

Особливу увагу приділяють динамічному балансу: надмірна компресія робить звук пласким, а занадто великий діапазон — незручним для онлайн-прослуховування. Тому застосовують адаптивні моделі компресії (SmartComp, Gulfoss, Sonible) — вони реагують на слухове сприйняття, а не на фізичні рівні сигналу [45].

Після цього звук проходить фінальний тональний і просторовий контроль, щоб відповідати естетиці відеоряду [36]. Наприклад, якщо зйомка має кінематографічне освітлення й глибину, у міксі додається більше простору, високочастотного «повітря» та плавних реверберацій. Якщо ж стиль камерний — переважає ближчий, теплий звук без надмірного об'єму.

Таким чином, постпродакшн у гібридних онлайн-лайвах — це не просто технічна операція, а *творчий акт*, у якому звукорежисер формує цілісний аудіовізуальний образ. Застосування психоакустичних моделей, адаптивних алгоритмів і тонкого динамічного контролю дозволяє зберегти живість виступу, при цьому досягнувши студійного рівня точності [12]. У результаті слухач отримує не лише звук — а відчуття присутності, занурення і справжнього «живого моменту», який водночас є бездоганно виробленим.

*Просторові технології та психоакустичні підходи до міксу.* Однією з ключових відмінностей сучасних онлайн-лайвів від класичних студійних записів є прагнення створити відчуття присутності слухача у просторі виступу [30]. Глядач не лише чує музику, а й «відчуває» місце, у якому вона звучить — глибину сцени, напрямок джерел, рух повітря, навіть атмосферу приміщення. Це відчуття не виникає само собою, воно формується завдяки просторовим

технологіям і психоакустичним прийомам, що моделюють природну роботу людського слуху.

Основою таких підходів є усвідомлення, що слух людини сприймає звук не як лінійний сигнал, а як об'ємну звукову подію, яка має положення, дистанцію та середовище [20]. Тому завдання звукорежисера — відтворити цей просторовий досвід за допомогою штучних засобів, створивши акустичну ілюзію реального простору в межах двох або кількох каналів.

Одним із найважливіших інструментів є бінауральне панорамування, засноване на принципах міжвушних відмінностей — затримки часу (ITD) і рівня (ILD) [20]. Використовуючи спеціальні панорамні алгоритми (DearVR, SPAT Revolution, Waves Nx, Dolby Atmos Renderer), звукорежисер може розмістити кожен інструмент у тривимірному полі: ближче чи далі, зліва чи справа, вище чи нижче. Це імітує природну роботу слуху, який визначає джерело звуку не лише по гучності, а й по часовій різниці між вухами.

Класичним психоакустичним методом для створення глибини є ефект упередження (Haas effect) [18]. Якщо один і той самий звук подається у два канали з невеликою затримкою (10–30 мілісекунд), слухач сприймає його як єдиний, але з відчутною просторовою шириною. Завдяки цьому можна створити ілюзію «повітря» навколо вокалу або інструмента, не використовуючи сильну реверберацію. У міксах онлайн-лайвів цей прийом допомагає зберегти інтимність голосу й одночасно забезпечити відчуття об'єму сцени.

Ще один ключовий інструмент — ревербераційне моделювання, яке визначає характер простору. У студійних лайвах реверберація використовується не просто як ефект, а як *засіб драматургії* [44]. Її тривалість, щільність і спектральний баланс мають відповідати візуальному простору кадру. Для цього комбінують алгоритмічні ревербератори (Valhalla, Relab LX480, Lexicon PCM) і згорткові (convolution), які відтворюють відбиття реальних приміщень (через імпульсні характеристики концертних залів, студій, церков чи лофтових просторів).

У постпродакшні реверберація часто розділяється на дві складові:

- *Early reflections (ранні відбиття)* — формують відчуття відстані й розміру сцени.
- *Tail (ревербераційний «хвіст»)* — створює емоційний фон, додаючи просторову глибину.

Важливе місце посідає частотне панорамування — розподіл інструментів не лише у стерео, а й по частотному спектру, щоб уникнути маскування [8]. Наприклад, вокал може бути злегка піднятий у середньочастотній зоні, тоді як гітари або клавішні розташовуються ширше у стерео, але з обрізаними середніми частотами. Це дозволяє слухачеві відчувати окремі елементи чітко, навіть якщо вони звучать одночасно.

Психоакустичні принципи також використовуються для моделювання відстані. Людський слух сприймає ближчі джерела як яскравіші (більше високих частот) і більш динамічні, а далекі — як приглушені з перевагою відбитого звуку [2]. Тому звукорежисери керують цим співвідношенням: зменшують високі частоти для «дальних» інструментів, додають ранніх відбиттів для «середнього плану» й зберігають чіткий прямий сигнал для «переднього». Це дозволяє відтворити природну глибину, навіть коли вся сцена зведена у двоканальний формат.

Окремий напрям — використання HRTF (Head-Related Transfer Functions) для створення просторових міксів, які звучать реалістично у звичайних навушниках [25]. Ці моделі описують, як звук змінюється при проходженні навколо голови і вушних раковин людини. У результаті слухач отримує ілюзію звуку, що надходить із певного напрямку у тривимірному просторі. У сучасних VR- або 360°-лайвах HRTF-моделювання є стандартом: завдяки ньому сцена не здається «всередині голови», а розкривається навколо.

При роботі з багатокамерними зйомками важливо зберігати просторову узгодженість між відео та аудіо [36]. Якщо камера наближається до інструмента, звук має ставати яскравішим, ближчим, з меншим ревербераційним хвостом. Якщо камера переходить на загальний план, додається просторове «повітря».

Така синхронізація спирається на психоакустичні очікування слухача: мозок автоматично зв'язує зоровий ракурс із відповідною аудіоперспективою [26].

У високорівневих продакшнах застосовуються також багатоканальні формати — Dolby Atmos, Ambisonics, DTS:X [13]. Вони дозволяють створювати не лише широку, а й об'ємну звукову сцену, де елементи розташовані навколо слухача. Для онлайн-лайвів такі формати стають дедалі доступнішими з розвитком стрімінгових платформ (Apple Music, Tidal, YouTube 360).

У гібридних лайвах просторова обробка має служити не демонстрації технології, а вираженню емоції. Простір — це не просто фон, а носій психологічного сенсу [14]. Вузька, суха акустика створює інтимність і близькість, широка й глибока — урочистість і велич. Завдання звукорежисера — знайти баланс між фізичною реальністю простору й художнім задумом виконавця.

Таким чином, просторові технології та психоакустичні прийоми перетворюють звуковий мікс на архітектуру слухового досвіду. Вони дають змогу керувати не лише звуком, а й сприйняттям — визначати, де слухач «знаходиться», що він відчуває, куди спрямована його увага. І саме завдяки цим інструментам онлайн-лайви перестають бути просто записом виступу, а стають аудіовізуальними подіями, які створюють ефект реальної присутності.

*Адаптивний звук і live-стрім технології.* Важливо згадати і технології live-стрімінгу, оскільки вони часто використовують ті ж самі принципи адаптації, що й платформи (наприклад, YouTube) при відтворенні. У реальному часі аудіосигнал проходить через численні етапи — маршрутизацію, кодування, передавання мережею, декодування на пристрої користувача — і на кожному з них може зазнавати змін. Завдання адаптивних технологій полягає у тому, щоб зберегти психоакустичну цілісність звучання, навіть якщо технічні параметри системи (бітрейт, затримка, смуга пропускання) постійно змінюються.

Ключовим компонентом таких систем є *audio* через IP (AoIP) — цифрова передача звуку мережею Ethernet без перетворення у аналоговий формат. Сучасні протоколи Dante, Ravenna, AVB, AES67 забезпечують синхронну

маршрутизацію сотень каналів із затримкою в межах кількох мілісекунд [42]. Це дозволяє здійснювати одночасно багатоканальний запис, live-моніторинг і стрімінг без розриву сигналу.

*Затримка сигналу (latency)* — один із головних викликів у реальному часі [28]. Людське вухо починає помічати дискомфорт уже при затримці понад 20–25 мс між дією та звуком. Тому у професійних системах використовуються алгоритми компенсації, які синхронізують усі потоки через *delay alignment* — вирівнювання затримок між різними джерелами та пристроями.

При потоковому передаванні (або кодуванні для YouTube) основним етапом є *кодування аудіо*, яке стискає сигнал для передачі через Інтернет. Тут ключову роль відіграють *психоакустичні моделі*, що визначають, які елементи сигналу слухач не сприйме через ефекти маскування, адаптації та нелінійності слуху [10, 23].

У live-продакшні та при мастерингу для платформ важливу роль відіграє *динамічна компресія та нормалізація* [24]. На відміну від студійного мастерингу для CD, де мета — максимальна якість, у стрімінгу важливо, щоб звук залишався стабільним. Щоб зберегти суб'єктивну якість звучання, у стрімінгових системах використовуються адаптивні фільтри та лімітери, які враховують психоакустичні межі чутності.

Важливо, що адаптивні технології не лише компенсують технічні недоліки, а й відкривають нові можливості психоакустичної інтерактивності. Деякі сучасні системи (наприклад, Dolby.io або NVIDIA Maxine) аналізують у реальному часі акустику кімнати користувача і підлаштовують відтворення під неї, змінюючи фільтрацію та реверберацію [45]. Таким чином, один і той самий лайв може сприйматися природно як у навушниках, так і через телевізор чи смартфон.

У підсумку можемо зазначити, що адаптивний звук став основою сучасних live-форматів. Він перетворює звукорежисуру на динамічну систему, що реагує на контекст — швидкість з'єднання, пристрій користувача, акустику середовища. Завдяки цьому онлайн-лайви зберігають емоційність і об'єм.

Сьогодні адаптивна аудіоархітектура — це не просто технологія підтримки якості, а нова форма музичної присутності, у якій звук постійно підлаштовується під спосіб, яким його чує конкретний слухач.

*Інтеграція звуку з відеопродакшном і візуальними елементами.* У сучасних онлайн-лайвах звукорежисура більше не існує окремо від відео — обидві складові утворюють єдину художню систему [36]. Глядач сприймає аудіовізуальний образ як цілісність, тому будь-яка невідповідність між звуком і зображенням одразу знижує відчуття реальності [28]. Завдання звукорежисера — створити звук, який не просто звучить якісно, а відповідає візуальному ритму, світлу, кадру, руху камери й навіть кольоровій гамі сцени. Іншими словами, аудіо стає частиною візуальної драматургії.

Інтеграція починається ще на етапі підготовки зйомки. Розташування мікрофонів, джерел звуку, моніторів і кабелів планується з урахуванням кадру, щоб технічне обладнання не заважало естетиці зображення. Водночас акустичний баланс приміщення налаштовується так, щоб візуальний простір і звукове середовище співіснували органічно [39].

На етапі запису та постпродакшну важливо зберігати звукову перспективу кадру. Якщо камера наближається до виконавця, звук має ставати ближчим, з меншою часткою реверберації, теплішим у спектрі (згідно з психоакустичним сприйняттям відстані) [2]. Якщо віддаляється — додається просторовості, високочастотного «повітря» і відбиттів, щоб слухове відчуття відповідало візуальній дистанції [26]. Це правило базується на психоакустичному принципі «зорово-слухової конгруентності»: мозок прагне, щоб звук і зображення відповідали одне одному у просторі та часі.

У багатокамерних зйомках інколи застосовується динамічне панорамування, яке узгоджується з рухом кадру [36]. Наприклад, коли оператор переходить від загального плану до крупного на барабанщика, у міксі збільшується частка прямого сигналу ударних, а загальний ambient приглушується. Таким чином формується «аудіо-монтаж», який повторює логіку відеомонтажу.

Крім технічної синхронізації, важливо враховувати естетичну відповідність між звуком і зображенням. Колористика відео, тип освітлення, динаміка монтажу впливають на сприйняття аудіо [14]. Наприклад, тепле м'яке світло і статичний кадр асоціюються з м'яким, округлим тембром, тоді як холодне освітлення та рухома камера вимагають чіткішого, контрастнішого звуку. Звукорежисер разом із режисером зйомки визначає, якою має бути «звукова температура» кадру.

Важливу роль відіграє й Foley-звук — дрібні звукові деталі, що підсилюють реалістичність: дихання, кроки, рух рук по інструменту, шум мікрофонного стійка, шелест одягу [35]. Ці елементи часто додаються або підсилюються у постпродакшні, щоб наблизити відчуття «присутності». Вони діють на підсвідомому рівні, активуючи у слухача відчуття живої присутності виконавця, навіть якщо він бачить запис.

Ще одним прийомом є звукові акценти монтажу. У моменти зміни плану або ритмічного переходу звук може коротко посилюватися чи приглушуватися, утворюючи звукові «точки монтажу». Такі акценти синхронізують слухове й візуальне сприйняття, підсилюючи емоційний вплив.

Психоакустика тут відіграє роль зв'язувальної тканини. Відомо, що мозок сприймає звук і зображення як одне ціле, якщо їхня розбіжність не перевищує 80–100 мілісекунд [28]. Тому під час монтажу звукорежисери часто зсувають аудіо відносно відео на кілька кадрів — так, щоб дії на екрані здавалися синхронними з акустичним відгуком.

Сучасні системи постпродакшну дозволяють інтегрувати звук безпосередньо у відеоредактори — DaVinci Resolve, Adobe Premiere, Avid Media Composer або Final Cut Pro — через протоколи AAF або OMF. Це забезпечує повну відповідність часових маркерів між звуком і відео, дозволяючи створювати звукову драматургію паралельно із візуальною [36].

Завдяки просторовим і психоакустичним підходам інтеграція звуку з відео виходить за межі технічної задачі й перетворюється на художню взаємодію. Звукорежисер стає співавтором візуального образу, формуючи не лише те, що

глядач чує, а й те, як він сприймає подію [14]. У результаті з'являється феномен аудіовізуальної присутності — коли глядач не просто спостерігає лайв, а відчуває себе його учасником.

*Персоналізація та майбутні напрями розвитку.* Сучасна звукорежисура для онлайн-лайвів переходить у фазу, коли аудіо перестає бути статичним продуктом і стає адаптивною, персоналізованою системою [31]. Якщо у 2010-х головним завданням було забезпечити високу якість звучання у стрімінговому форматі, то сьогодні пріоритет зміщується до індивідуального досвіду слухача — під його пристрій, середовище, слухові особливості й навіть емоційний стан.

Основою цього напрямку є персоналізація міксу — можливість адаптувати баланс, простір, глибину та тембр звуку під конкретного користувача. Сьогодні розробляються технології, які дозволяють слухачеві під час перегляду онлайн-лайву самостійно регулювати співвідношення вокалу й акомпанементу, або обирати точку прослуховування у тривимірному полі. Це реалізується завдяки багат шаровому міксу (object-based audio), коли кожен інструмент чи група звуків кодуються окремими об'єктами зі своїми параметрами гучності, панорами та реверберації [46]. Слухач може змінювати ці параметри на боці клієнта, не порушуючи цілісності композиції.

Схожі принципи закладені у форматах Dolby Atmos, MPEG-H 3D Audio та Sony 360 Reality Audio, які вже підтримують персоналізоване мікшування [13]. У таких системах користувач може вибрати не лише тип пристрою (навушники, саундбар, система 5.1), а й «позицію» у сцені — наприклад, місце слухача в залі або навіть положення поруч із виконавцем.

Наступним кроком стає індивідуалізація під слухові моделі (HRTF) — коли акустичні параметри розраховуються не за усередненими даними, а на основі анатомії конкретної людини [25]. Використовуючи фотографії або скан голови, системи (Apple Personalized Spatial Audio, Embody Immerse, Waves NX Personal) створюють персональні HRTF-криві, що дозволяють відтворювати тривимірний звук з високою точністю у звичайних навушниках. У контексті

онлайн-лайвів це означає, що кожен глядач зможе чути сцену з унікальної точки, максимально близької до природного слухового досвіду.

Персоналізація також охоплює адаптацію до слухових характеристик. Нові аудіосистеми аналізують аудіограми користувача або вимірюють чутливість слуху до різних частот і коригують спектр у реальному часі [31]. Так, програми типу Mimi Hearing або Sonarworks SoundID дозволяють створити «профіль слуху», який застосовується до будь-якого контенту — включно з онлайн-стрімами.

Інший напрям розвитку — інтелектуальні аудіосистеми, що використовують штучний інтелект для аналізу контенту та автоматичного міксування [45]. Нейронні мережі навчаються на великій кількості студійних записів і можуть самостійно визначати, які частотні й динамічні параметри зроблять звук «приємним» для більшості слухачів. Такі алгоритми (iZotope Neutron AI Mix Assistant, Sonible Balancer, Adobe Project Sound Lift) уже вміють розрізняти вокал, бас, ударні, просторові шари і налаштовувати їх відповідно до психоакустичних моделей гучності, маскуванню та балансу [8, 24].

Поступово розвиваються й інтерактивні формати, у яких слухач стає учасником виступу. Наприклад, VR-платформи (Stageverse, AmazeVR, WaveXR) дозволяють змінювати положення в залі, наближатися до виконавця чи рухатись сценою [27]. Звук при цьому оновлюється у реальному часі — система відстежує положення голови користувача і змінює затримки, панораму, інтенсивність відбиттів відповідно до нової точки огляду.

Отже, майбутнє онлайн-лайвів у сфері аудіо пов'язане з переходом від фіксованого звучання до індивідуального аудіодосвіду. Психоакустика, машинне навчання, персональні HRTF і адаптивні алгоритми формують нову модель звукорежисури — ту, де звук не нав'язується слухачеві, а пристосовується до нього [31]. У цій системі кожен глядач отримує власну версію реальності — живу, інтерактивну, психоакустично узгоджену з його сприйняттям.

## 2.2. Вплив звукорежисерських технік на емоційне сприйняття аудиторії

У контексті гібридних онлайн-лайвів, де звукорежисер отримує повний студійний контроль над записаним живим матеріалом, його роль трансформується. Звукорежисер перестає бути пасивним фіксатором події і стає активним емоційним драматургом. Кожне технічне рішення — рівень компресії, вибір типу реверберації, спектральний баланс — перестає бути суто технічним і стає психоакустичним інструментом, що безпосередньо впливає на емоційне сприйняття аудиторії [12]. На відміну від традиційного студійного запису, де метою часто є стерильна досконалість, у гібридному лайві головне завдання — зберегти, а частіше — *посилити* та *сконцентрувати* «живу» енергію та автентичність моменту [30, 35]. Розглянемо детально, як ключові звукорежисерські техніки формують глядацький досвід.

***Динамічний діапазон як інструмент інтимності та сили.*** Контроль динамічного діапазону — різниці між найтихішими та найгучнішими звуками — є одним з найпотужніших емоційних важелів у руках звукорежисера [38]. У гібридних лайвах підхід до динаміки кардинально відрізняється від типового мастерингу для радіо чи поп-музики, де панує жорстка компресія.

***Макро-динаміка (напруга та катарсис):*** Збереження природної макро-динаміки виступу (контраст між тихим куплетом і гучним, вибуховим приспівом) має фундаментальне психологічне значення. З точки зору нейроестетики, музика будує в слухача очікування, а потім або підтверджує, або порушує їх, викликаючи емоційну реакцію [14]. Звукорежисер, який свідомо зберігає цей контраст, дозволяє музиці створити справжню напругу, яка переростає у фінальний катарсис. У гібридному лайві це дозволяє глядачеві, навіть наодинці перед екраном, відчутти енергетичний підйом, схожий на колективний досвід живого концерту.

***Мікро-динаміка (близькість та інтимність):*** Це, можливо, найважливіший аспект. Мікро-динаміка — це дрібні коливання гучності всередині однієї фрази: придих вокаліста перед початком рядка, акцент на

окремому слові, легкий шепіт. У живому концерті ці нюанси губляться в акустиці залу та шумі натовпу. А у студійному постпродакшні лайву звукорежисер може (і повинен) їх зберегти. Використовуючи тонку автоматизацію гучності замість агресивної компресії він вручну піднімає рівень цих тихих деталей [38]. Психоакустично це має надзвичайний ефект і як було зазначено в Розділі 1, людський слух надзвичайно чутливий до звуків, що асоціюються з людською присутністю [2]. Коли глядач у навушниках чітко чує дихання виконавця, це створює ефект надзвичайної *інтимності*. Звук сприймається не як запис, а як особисте звернення, що миттєво формує глибокий емоційний зв'язок.

***Спектральний баланс (EQ) як творець «теплоти» та «присутності».***

Еквалізація у гібридних лайвах виконує не лише коригувальну (видалення проблемних частот), але й ключову художню та психоакустичну функцію [12]. Оскільки більшість глядачів використовує навушники або споживчі аудіосистеми, звукорежисер повинен компенсувати їхні недоліки, спираючись на знання про людське сприйняття.

***Формування «теплоти»*** (низькі та середні-низькі частоти). Багато споживчих пристроїв не здатні повноцінно відтворити фундаментальні частоти басових інструментів. У такому випадку, звукорежисер застосовує психоакустичні принципи. По-перше, він може посилити низькі-середні частоти (200-500 Гц), які відповідають за «тіло» та «теплоту» міксу [22]. По-друге, він може використовувати сатурацію для створення гармонік, апелюючи до феномену «віртуального тону» (missing fundamental) [21]. Мозок слухача, почувши ці гармоніки, сам добудовує відсутню низьку частоту. Психоакустично це створює відчуття повноцінного, теплого та фізично присутнього звуку, компенсуючи відсутність фізичного тиску, який глядач відчув би на живому концерті.

***Забезпечення ефекту «присутності» та ясності (середні та високі-середні частоти).*** Як було встановлено у попередньому розділі, людське вухо є найбільш чутливим до діапазону 2-5 кГц [17]. Цей діапазон відповідає за

розбірливість мови та вокалу, а також за суб'єктивне відчуття близькості чи присутності джерела звуку [2]. У складному міксі живого виступу багато інструментів (гітари, клавішні, тарілки) конкурують за цей діапазон.

Головне завдання звукорежисера — уникнути частотного маскування [8]. Використовуючи еквайзер, він вирізає невеликі «кишені» у спектрі другорядних інструментів, щоб звільнити місце для вокалу. Це гарантує, що емоційний посил, закладений у тексті та інтонації, буде донесений до глядача без перешкод. Тонке посилення цього діапазону у вокалі робить його емоційно ближчим та більш виразним [12].

**Додавання «повітря» (високі частоти).** Діапазон вище 10 кГц, часто званий «повітрям» (air), не несе основної інформації, але психоакустично відповідає за відчуття відкритості, деталізації та простору. Додавання цього діапазону (наприклад, до вокалу чи акустичних інструментів) може зробити мікс суб'єктивно чистішим та «дорожчим», створюючи відчуття високоякісного продакшну.

**Просторова обробка (Reverb, Delay) як засіб занурення.** В онлайн-лайві, де глядач фізично відсутній на місці події, простір стає не технічним залишком, а головним героєм, що формує емоційний контекст та відчуття занурення (immersion). Звукорежисер буквально «будує» віртуальний простір для слухача.

**Інтимність vs. (вибір типу реверберації):** Вибір та налаштування реверберації безпосередньо диктують емоційне сприйняття.

*Сухий сигнал* або використання лише *коротких ранніх відбиттів (early reflections)* психоакустично сприймається як дуже близький, інтимний простір (маленька кімната, студія) [44]. Це ідеально для камерних акустичних виступів (як NPR Tiny Desk), де створюється відчуття, ніби гурт грає в одній кімнаті зі слухачем.

*Довгий, щільний ревербераційний «хвіст» (hall, cathedral)* створює відчуття величчя, епічності, масштабу [2]. Це може використовуватися для посилення драматичних моментів у пісні, але також може психоакустично віддаляти виконавця від слухача, створюючи ефект споглядання, а не співучасті.

**Створення віртуальної сцени (глибина та ширина).** Звукорежисер використовує комбінацію панорамування, еквалізації та реверберації для розташування музикантів на уявній сцені. Це задіює механізми бінаурального сприйняття слухача [20].

**Панорамування** (розподіл по лівому/правому каналах) створює ширину сцени.

**Рівень реверберації та еквалізація** (обрізання високих частот) створюють глибину: інструменти з меншою кількістю високих частот та більшою кількістю реверберації сприймаються як *дальші* [2].

**Pre-delay** (затримка перед початком реверберації) дозволяє зберегти вокал "близько" (зберігаючи його ясність), але водночас надати йому "великого" простору.

**Використання затримок (Delay) та ефекту Гааса:** ефект упередження (Haas effect) [18] є потужним психоакустичним трюком. Додаючи дуже коротку затримку (10-30 мс) до одного з каналів (наприклад, гітари), звукорежисер може створити відчуття значної ширини, при цьому інструмент все ще буде сприйматися локалізованим у центрі. Це дозволяє зробити мікс «великим» та «об'ємним», не перевантажуючи панораму.

**Текстура та автентичність (сатурація та шум).** Вкрай важлива у переліку технік — це робота з текстурою. На відміну від багатьох студійних записів, де прагнуть до ідеальної цифрової «тиші» та чистоти, у гібридних лайвах часто свідомо зберігають або навіть додають недоліки для посилення автентичності [35].

**Сатурація та гармонійні спотворення.** Використання плагінів, що імітують аналогову сатурацію (лампові підсилювачі, плівка), додає звуку гармоніки. Це не лише робить звук суб'єктивно теплішим та гучнішим (завдяки психоакустиці сприйняття [17]), але й надає йому певного «характеру». Цей прийом для сприйняття слухачем звуку як «живого», справжнього або аналогового, на противагу звуку «стерильному» цифровому [38].

*Збереження шумів (ефект реальної картини життя).* У постпродакшні лайву звукорежисер, використовуючи інструменти реставрації (напр., iZotope RX [43]), видаляє *проблемні* шуми (гул, шипіння), але свідомо залишає *автентичні*. Шум кімнати (room tone), звук дихання вокаліста, дотик пальців до струн, скрип стільця піаніста (Foley) — ці елементи є потужними психоакустичними маркерами реальності [30]. Вони підтверджують глядачеві, що виступ не є фонограмою, що він ніби відбувається насправді «тут і зараз». Це посилює довіру та емоційне залучення, що є кінцевою метою гібридного лайву.

Отже, звукорежисер у гібридному лайві виступає як майстерний психолог. Він використовує техніки не для виправлення, а для акцентування — перетворюючи динаміку на інтимність, частоти на теплоту, а простір на велич, тим самим безпосередньо та глибоко керуючи психоакустичним та емоційним досвідом глядача.

*Ключові тенденції в розвитку звукорежисерського мистецтва для онлайн-платформ.* Сучасна звукорежисера для онлайн-платформ, особливо YouTube, — це галузь, що динамічно розвивається у відповідь на зміну технологій та глядацьких очікувань. Глядач, який має досвід високоякісного студійного звуку, персоналізованих плейлистів та імерсивних відеоігор, очікує подібного рівня занурення і від онлайн-виступів. Це стимулює розвиток кількох ключових тенденцій, які визначатимуть майбутнє «гібридних лайвів». Розглянемо основні тенденції.

*Тенденція 1: Всеохопний перехід до імерсивного аудіо (Spatial Audio).* Найбільш значущою та фундаментальною тенденцією є вихід за межі традиційного двоканального стерео [13]. Якщо стерео створює горизонтальну звукову сцену (зліва направо), то імерсивне аудіо додає глибину (вперед-назад) та висоту.

*Бінауралізація для навушників (Binaural Audio).* Враховуючи, що лівая частка онлайн-контенту споживається у навушниках, бінауральне аудіо стає золотим стандартом для преміальних лайвів. Ця технологія не просто

панорамує звук, а використовує складні HRTF-моделі (Head-Related Transfer Functions), принцип дії яких візуалізовано у Додатку Д, Рис. 6. HTRF [25]. HRTF — це, по суті, «акустичний відбиток» того, як форма нашої голови, тіла та вушних раковин змінює звук, перш ніж він потрапить до барабанної перетинки. Мозок використовує ці зміни для точної локалізації звуку в 3D-просторі [20].

Зводячи мікс у бінауральному форматі, звукорежисер може розмістити слухача *всередині* виступу: вокал — спереду, барабани — позаду, гітара — зліва-зверху, а відлуння залу — *навколо*. Психоакустичний ефект кардинальний: він переводить слухача зі стану пасивного спостерігача ("я слухаю запис") у стан активного учасника ("я перебуваю в кімнаті з гуртом").

*Об'єктно-орієнтоване аудіо (Object-Based Audio)*. Такі формати, як Dolby Atmos [46] або MPEG-H, представляють наступний крок. Замість того, щоб міксувати звук у фіксовану кількість каналів (2.0, 5.1), звукорежисер працює з аудіо-об'єктами. Кожен інструмент (вокал, гітара) стає об'єктом із метаданими, що описують його точне положення у тривимірному просторі в будь-який момент часу. Перевага для онлайн-платформ колосальна: система на боці користувача (смартфон, саундбар, домашній кінотеатр) сама рендерить цей 3D-мікс, адаптуючи його під наявну кількість динаміків [13, 46]. Це дозволяє створити максимально імерсивний досвід, який масштабується від навушників (де він перетворюється на бінауральний) до повноцінної 7.1.4-системи.

**Тенденція 2: Гіперреалізм та кінематографічний звук.** Сучасні гібридні лайви дедалі більше відходять від естетики музичного кліпу і наближаються до естетики короткометражного фільму або документалістики. Звук у них виконує не лише музичну, але й потужну нарративну (оповідну) функцію, стаючи повноправним елементом драматургії нарівні з візуальним рядом [36, 50].

*Абсолютна аудіовізуальна конгруентність:* Як було зазначено (2.1), глядач очікує, що звук і зображення будуть єдиним цілим. Ця тенденція поглиблюється. Звукорежисура стає тісно прив'язаною до монтажного листа.

**Приклад 1:** Звуковий крупний план. Якщо режисер монтажу використовує крупний план пальців гітариста, звукорежисер у постпродакшні за

допомогою автоматизації посилить Foley цього інструменту — звук дотику пальців до струн, скрип ладів [35].

**Приклад 2:** Звуковий загальний план. Коли кадр змінюється на загальний, що показує весь гурт у великому залі, мікс динамічно змінюється: рівень ambient-мікрофонів (що записували «повітря» залу) піднімається, а реверберація стає довшою та помітнішою.

*Кінематографічна глибина поля:* Ця техніка є прямим перенесенням візуального прийому (shallow depth of field) в аудіо. Так само, як оператор фокусується на об'єкті, розмиваючи фон, звукорежисер може сфокусувати слух глядача. Наприклад, у момент сольного виступу співака, звукорежисер може не просто приглушити акомпанемент, а й розмити його: застосувати фільтри, що зрізають високі частоти, і додати реверберації [44]. Психоакустично це змушує фон відступити, роблячи вокал надзвичайно чітким, близьким та інтимним. Це чиста психоакустична маніпуляція увагою [26].

**Тенденція 3: Штучний інтелект (AI) як невід'ємний інструмент постпродакшну.** Постпродакшн гібридного лайву — це колосальний обсяг роботи: чистка десятків доріжок від шумів, вирівнювання фази, боротьба з витоками (bleed). Штучний інтелект (ШІ) та машинне навчання перетворилися з експериментальних іграшок на ключовий інструмент, що уможливорює сучасний рівень якості [45].

**Інтелектуальна реставрація та ізоляція:** Програми на кшталт iZotope RX [43] використовують ШІ, навчений на тисячах годин аудіо, для виконання завдань, які раніше були неможливими. AI може з високою точністю:

*Видалити специфічні шуми:* Не просто «шипіння», а гул кондиціонера, клацання, шум вітру, дзижчання підсилювача.

*Виконати De-bleed:* Зменшити звук барабанів, що «протік» у мікрофон вокаліста.

*Виконати De-reverberation:* Видалити небажане відлуння приміщення з голосу, якщо запис проводився у поганій акустиці. Це дозволяє проводити лайви

у візуально привабливих, але акустично жахливих локаціях (старі заводи, лофти, вулиця), знаючи, що у постпродакшні звук можна буде «врятувати».

*«Розумні» асистенти мікшування:* Інструменти, як Sonible smart:comp або iZotope Neutron, використовують ШІ для аналізу аудіо в реальному часі та пропонують оптимальні налаштування [45]. Вони можуть автоматично виявляти та прибирати частотне маскування [8] між інструментами (наприклад, між басом та бочкою), спираючись на психоакустичні моделі. Це не замінює звукорежисера, але звільняє його від годин рутинної технічної роботи, дозволяючи зосередитися на творчих та емоційних аспектах зведення [12].

**Тенденція 4: Оптимізація під мобільні пристрої та стандарти платформ.** Остання, але вкрай важлива тенденція — це усвідомлення, що фінальний продукт буде прослуховуватися у «ворожому» акустичному середовищі: на динаміках смартфонів, у дешевих навушниках, у шумному транспорті.

**Мастеринг для платформ (LUFs).** Як було зазначено у п.2.1, "війна гучності" (Loudness War) завершилася. Платформи, як YouTube та Spotify, впровадили нормалізацію гучності на основі LUFs (Loudness Units Full Scale) [24]. Це шкала, що вимірює суб'єктивну, психоакустичну гучність, а не просто піковий рівень. Усі треки автоматично приводяться до єдиного цільового рівня (напр., -14 LUFs). Це стало благословенням для якісного звуку. Звукорежисери перестали «вбивати» мікси лімітерами заради максимальної гучності. Тепер вони можуть дозволити собі робити динамічні, дихаючі мікси, знаючи, що вони не будуть звучати "тихіше" за інші. Це безпосередньо покращує емоційний досвід, повертаючи динаміку в музику [14].

**Психоакустична компенсація для малих динаміків.** Звукорежисери активно використовують плагіни, що компенсують недоліки малих динаміків. Найяскравіший приклад — робота з басом. Як вже згадувалося, покладаючись на феномен "віртуального тону" [21], звукорежисер додає басу гармонійні спотворення (сатурацію). Маленький динамік смартфона не може відтворити 60 Гц, але він може відтворити гармоніки 120 Гц та 180 Гц. Мозок слухача,

почувши ці гармоніки, сам "добудовує" відсутню фундаментальну ноту. Таким чином, слухач "чує" бас там, де його фізично немає. Це чистий та ефективний психоакустичний трюк, життєво необхідний для сучасного онлайн-контенту.

Ці тенденції демонструють, що звукорежисура для онлайн-платформ стає дедалі складнішою, наукомісткою та глибоко інтегрованою дисципліною. Вона вимагає від фахівця не лише бездоганного слуху та смаку, але й глибокого розуміння психоакустики, кінематографії, цифрових технологій та навіть основ нейробіології.

## **Висновки до Розділу 2**

Другий розділ кваліфікаційної роботи був присвячений детальному аналізу практичного інструментарію та методології, які використовуються у створенні сучасних "гібридних" онлайн лайв-виступів. Якщо Розділ 1 відповідав на питання "Чому?" (теоретична база психоакустики), то Розділ 2 відповідав на питання "Як?" (практична реалізація). Було систематизовано весь технологічний ланцюг виробництва — від етапу запису до фінального мастерингу — та проаналізовано, як кожен етап впливає на фінальне психоакустичне сприйняття глядача.

Підрозділ 2.1 заклав основу, описавши концепцію "гібридного лайву" та пов'язаний з нею технічний стек. Було детально розглянуто сучасні підходи до багатоканального запису, включаючи комбінування близьких мікрофонів (для контролю) та ambient-мікрофонів (для фіксації природного простору). Описано технологічну інфраструктуру, що включає аудіоінтерфейси, цифрові консолі (часто з використанням мережевих протоколів AoIP, як-от Dante) та центральну роль DAW (цифрової робочої станції) як головного середовища для постпродакшну. Ключова увага була приділена етапам постпродакшну: від технічної "чистки" сигналу (за допомогою ШІ-інструментів, як-от iZotope RX) до зведення та психоакустичного мастерингу, орієнтованого на стандарти онлайн-платформ (зокрема, нормалізацію за гучністю LUFS). Також було проаналізовано техніки створення штучного простору (алгоритмічна та

згорткова реверберація) та принципи інтеграції звуку з відеорядом для досягнення аудіовізуальної конгруентності.

Підрозділ 2.2 перейшов від технологій до їх художнього застосування, досліджуючи вплив конкретних технік на емоційне сприйняття. Було доведено, що кожен інструмент зведення є водночас інструментом психологічного впливу. Так, робота з динамічним діапазоном (контраст між мікро- та макро-динамікою) використовується для створення відчуття інтимності (через збереження дихання та тихих нюансів) або катарсису (через потужні кресендо). Спектральна обробка (EQ) свідомо використовується для досягнення психоакустичних ефектів "теплоти" (низькі-середні частоти) та "присутності" (високі-середні частоти). Просторова обробка (реверберація, дилей) моделює емоційний контекст — від сухої "близькості" до величної "епічності". Окремо було виділено важливу концепцію "естетики автентичності" — свідоме збереження або навіть додавання "недоліків" (сатурація, шуми струн, дихання) як потужних психоакустичних маркерів реальності та "життя".

Підрозділ 2.3 узагальнив актуальні тенденції, які визначають майбутнє звукорежисури для онлайн-платформ. Головною тенденцією є перехід до імерсивного аудіо: бінауралізація міксів для навушників (з використанням HRTF) та впровадження об'єктно-орієнтованих форматів (як-от Dolby Atmos). Іншими важливими трендами є поглиблення аудіовізуальної інтеграції ("кінематографічний" звук), дедалі ширше використання Штучного Інтелекту для автоматизації складних завдань (чистка, міксинг), та оптимізація під мобільні пристрої, що включає мастеринг під стандарти LUFS та використання психоакустичних прийомів (як-от "віртуальний бас").

У підсумку можна стверджувати, що сучасна звукорежисура «гібридних лайвів» перетворилася зі звичайного ремесла на складну, наукомістку та художню дисципліну. Звукорежисер сьогодні виступає як "архітектор досвіду», який використовує технологічний інструментарій (2.1), керуючись художніми та емоційними принципами (2.2) (які, у свою чергу, базуються на теорії з Розділу 1), щоб відповідати новим технологічним та перцептивним вимогам глядача

(2.3). Цей детальний аналіз основних етапів виробництва «гібридних лайвів» є необхідною передумовою для фінальної частини роботи — практичного аналізу конкретних кейсів у Розділі 3, де буде показано, як ці інструменти та принципи працюють на практиці.

## РОЗДІЛ 3. ВЗАЄМОДІЯ АУДІО ТА ВІЗУАЛЬНОГО КОНТЕНТУ В ОНЛАЙН ЛАЙВ ВИСТУПАХ: СИНЕРГІЯ СПРИЙНЯТТЯ

### 3.1. Психоакустичний аналіз художніх практик: авторські кейси

**Психоакустичний аналіз** — це метод дослідження звукового матеріалу, який виходить за межі технічних вимірювань і фокусується на суб'єктивному сприйнятті звуку людиною. Він вивчає взаємозв'язок між фізичними характеристиками акустичного сигналу (частота, амплітуда, фаза, спектр) та психічними відчуттями, які вони викликають (гучність, висота тону, тембр, простір). У контексті даної роботи психоакустичний аналіз — це інструмент для виявлення того, як конкретні звукорежисерські техніки (еквалізація, компресія, просторова обробка) свідомо моделюють емоційну реакцію та настрої аудиторії під час перегляду онлайн-виступів.

**"Імерсивно-театральний" підхід** — Це стратегія формування звукового простору в онлайн-лайвах, яка поєднує технології занурення (імерсивності) з естетикою сценічного виконання.

- **Імерсивність:** Передбачає використання технологій (багатоканальний звук, бінауральне аудіо, просторові ефекти), що створюють у глядача ілюзію фізичної присутності всередині звукової сцени, оточуючи його звуком з усіх боків.
- **Театральність:** Означає створення стабільної та цілісної звукової картини (аналогічно до того, як глядач чує виступ із найкращого місця в залі), яка не змінюється динамічно чи хаотично слідом за рухом камери, а залишається незмінним емоційним "якорем" для слухача.

Цей підхід протиставляється суто "кінематографічному" звуку (де аудіо слідує за фокусом камери) і має на меті створення комфортного, глибокого та емоційно достовірного досвіду для індивідуального прослуховування.

Цей підрозділ присвячений детальному практичному аналізу двох авторських звукорежисерських робіт. Мета — продемонструвати, як теоретичні основи психоакустики (Розділ 1) та сучасні технічні підходи до "гібридного лайву" (Розділ 2) застосовуються для вирішення конкретних художніх та технічних завдань.

В обох представлених роботах застосовувався "імерсивно-театральний" підхід. Була створена стабільна, багата та психоакустично достовірна звукова сцена, де глядач отримує «найкраще місце у залі». На відміну від деяких кінематографічних технік, звукова перспектива (панорама, гучність) тут не слідує динамічно за кожним рухом камери. Такий підхід є свідомим вибором: у музичному лайві стабільність звукової сцени є ключовою для комфортного занурення в музику, тоді як камера виступає як інструмент фокусування візуальної уваги глядача, пропонуючи різні кути огляду цієї цілісної звукової реальності.

**Кейс 1: Vivienne Mort – «Любов» (ДЕІНДЕ #4) (Додаток К, посилання на відео)**

*Художня концепція та психологічний портрет.* Онлайн-лайв «Vivienne Mort – «Любов»» є яскравим прикладом «гібридного лайву», де головною метою було не просто задокументувати виступ, а створити самостійний, цілісний аудіовізуальний твір. Гурт Vivienne Mort, та зокрема його фронтвумен Даніела Заюшкіна, відомі своєю камерною чутливістю, глибокою ліричністю та здатністю передавати широкий спектр емоцій — від крихкої ніжності до потужного драматичного напруження.

Ліричний зміст пісні «Любов» є глибоко інтроспективним. Він обертається навколо метафор холоду, туги та туману («То холод у мені і туга за співом весни і туман») і ставить екзистенційне питання про трансформацію почуття («Та якою любов моя стане, коли ранковий туман розтане?»). Це пісня-рефлексія, пісня-стан.

Саме цей психологічний портрет — інтимність, крихкість, інтроспекція — визначив головне завдання звукорежисури: створити психоакустичну сцену, що занурює слухача у цей самий емоційний стан. Потрібно було не просто дати почути пісню, а дати відчути цей туман і цей холод.

Локація — оранжерея ВДНГ — була обрана не лише за візуальну естетику. Скляна конструкція з бетонною основою та рослинами створювала унікальне акустичне середовище з високою дифузією (розсіюванням) звуку та характерною, м'якою реверберацією. Це середовище було свідомо інтегроване в запис як повноцінний «учасник», що відповідає сучасним тенденціям (Розділ 2.3) використання природної акустики для посилення автентичності.

*Мікрофонна система та технічна реалізація.* Робота відповідала всім принципам гібридного лайву, де пріоритетом є багатоканальний запис (multitrack) для максимального контролю у постпродакшні.

**Вокал.** Для запису вокалу використано Shure Beta 87A — конденсаторний мікрофон із суперкардіоїдною характеристикою. Його вибір обумовлений двома причинами:

*Технічна:* Суперкардіоїда забезпечила необхідну ізоляцію від струнного квартету та акустики приміщення, що є критичним для чистоти вокальної доріжки у спільному просторі.

*Психоакустична:* Як конденсаторний мікрофон, він детально передає високочастотний діапазон, включно з нюансами дихання, придику та артикуляції. Це саме той діапазон (2-5 кГц), до якого людське вухо найбільш чутливе, і який відповідає за суб'єктивне відчуття присутності (presence) та близькості. Для передачі крихкості вокалу це було життєво необхідно.

**Інструменти.** Струнний квартет записувався кліпсовими мікрофонами (clip-on), встановленими безпосередньо на інструментах. Це забезпечило контрольований, чистий сигнал з мінімальними витоками (bleed), надавши повну свободу в панорамуванні та балансуванні на етапі зведення.

**Простір (Ambient).** Ключовим елементом стали дві пари ambient-мікрофонів, встановлених по периметру. Вони фіксували не самі

джерела, а акустичний відгук оранжереї — «риродні відбиття, дифузне поле. У постпродакшні цей шар «атмосфери» є головним інструментом для відтворення психоакустичного відчуття простору, повітря та глибини, яке неможливо створити штучно з такою ж достовірністю.

**Акустична архітектура сцени та психоакустичне балансування.** На етапі зведення у DAW розпочалася основна творча робота, що базувалася на психоакустичних принципах (Розділ 1).

**Побудова глибини сцени:** Ефект глибини створювався через керування співвідношенням *прямого сигналу* (з близьких мікрофонів) та *відбитого* (з ambient-доріжок та штучної реверберації).

**Передній план:** Вокал був розміщений на передньому плані. Це досягалося не лише гучністю, але й *спектральним балансом* (пріоритет у присутньому діапазоні 2-5 кГц) та *просторовою обробкою* (мінімальний рівень реверберації). Як було доведено (п.1.1, п.2.1), сухіші сигнали психоакустично сприймаються як ближчі.

**Середній та задній план:** Струнні та піаніно отримали більше штучної та природної реверберації, що психоакустично відсунуло їх назад, створюючи тривимірний простір. Флейта, що мала образотворчу функцію, отримала найдовший ревербераційний «хвіст», що розмістило її далеко і високо, створюючи вертикальний вимір сцени.

**Стереопанорама (Імерсивність > Літералізм).** Це ключовий момент. Візуально струнний квартет розташований зліва, проте у міксі його звучання було розгорнуте по всій ширині панорами. Це свідоме художнє рішення, де звукорежисер відмовляється від буквального копіювання візуальної сцени. Мета — не документальна точність, а емоційне занурення. Якби квартет звучав лише зліва, мікс був би незбалансованим і плоским (особливо в навушниках). Широке стерео створює для слухача ефект оточення (envelopment), що є набагато потужнішим психоакустичним досвідом, він ніби огортає слухача звуковою тканиною, що ідеально відповідає інтроспективній темі пісні.

**Динаміка як ефект «дихання»:** Відповідно до принципів (Розділ 2.2), у міксі застосовувалося не жорстке компресування, а ручна автоматизація рівнів. Це дозволило зберегти природний динамічний діапазон — тихі моменти (шепіт, дихання) залишалися розбірливими, а крещендо звучало потужно, створюючи відчуття хвилі. Цей контраст є життєво необхідним для передачі емоційної напруги.

**Психоакустична синестезія та аудіовізуальна взаємодія.** Найсильнішим моментом синергії є епізод із фіолетовим димом на словах про ранковий туман. Це ідеальний збіг трьох елементів:

1. **Ліричний (текст):** «Та якою любов моя стане, коли ранковий туман розтане?»
2. **Візуальний:** У кадрі з'являється густий фіолетовий дим.
3. **Аудіальний:** У цей самий момент звукова картина змінюється: мікс розширюється, шар «ambient» та реверберація струнних стають гучнішими, а флейта виходить на передній план, створюючи холодний, «повітряний» тембр.

Це є прикладом аудіовізуальної конгруентності (Розділ 2.1) та синестезії. Мозок глядача отримує потужні стимули, що підтверджують один одного. «Туман» з тексту матеріалізується візуально (дим) та сонічно (широкий, дифузний, холодний звук). Це створює єдине, потужне емоційне враження, де звук стає продовженням кольору, а колір — продовженням звуку.

**Висновки по кейсу.** Лайв Vivienne Mort демонструє, як поєднання гібридної технології запису, тонкого психоакустичного зведення та продуманої аудіовізуальної драматургії дозволяє створити глибоко інтимний, емоційно достовірний та імерсивний твір. Кожне технічне рішення було підпорядковане психологічній задачі — занурити слухача у крихкий та глибокий внутрішній світ пісні.

**Кейс 2: Димна Суміш – «Між неклем і раєм» (на борту корабля).**  
(Додаток Л, посилання на відео)

**Художня концепція та психологічний портрет.** Цей проект є прикладом гібридного лайву (Розділ 2.1) в акустично ворожому та технічно

екстремальному середовищі. На відміну від камерної Vivienne Mort, тут ми маємо справу з потужним альтернативним роком та зовсім іншим психологічним контекстом.

1. **Портрет гурту та контекст ностальгії.** «Димна Суміш» — знаковий гурт для української сцени. Лайв був записаний у 2016 році для документального фільму «Димна Суміш: між пеклом і раєм», який передував поверненню гурту після 6-річної перерви. Це є ключовим психологічним чинником. Для тисяч фанатів це не просто *новий лайв*, це — акт ностальгії, повернення героїв. Цей емоційний заряд очікування та ностальгії створює у глядача унікальний перцептивний фільтр.

2. **Психологія пісні.** Трек «Між пеклом і раєм» є програмним для гурту. Його лірика — це концентрат екзистенційної кризи та рок-н-рольної саморефлексії.

- «Сам від себе втікаю» — пряме посилання на історію фронтмена Саші Чемерова, який емігрував, розпустив гурт і втік від свого образу.

- «Я не знаю, чи живий чи вмираю», «Герой помре молодим» — це класичні теми рок-міфології, що балансують на межі саморуйнації та пошуку сенсу.

3. **Контекст сприйняття (війна).** Хоча запис створено у 2016, його перегляд у 2024-2025 роках (під час повномасштабної війни) надає цим рядкам абсолютно нового, трагічного та буквального значення. Фраза «Я не знаю, чи живий чи вмираю» перестає бути суто поетичною метафорою. Цей новий контекст глядацького сприйняття посилює психологічний вплив лайву в рази.

**Завдання звукорежисури:** Не «причесат» звук, а передати всю цю сиру, екзистенційну енергію, конфлікт (пекло/рай) та ностальгічну вагу повернення.

**Технічна реалізація: боротьба з середовищем.** Як зазначено в Розділі 3.1, головною проблемою була не акустика (відкрита вода її нівелювала), а електричні перешкоди.

1. **Проблема:** Рухомий металевий корабель на воді не мав належного «заземлення» (grounding). Це призводило до неперервного гулу 50 Гц (ground

loop hum) та потужних радіочастотних перешкод (RFI). В одному з моментів гітарний підсилювач буквально «зловив» радіостанцію.

- **Рішення:** Єдиним способом врятувати запис була максимальна ізоляція корисного сигналу на вході. Кожна гітара та бас записувалися у два канали: чистий сигнал з DI-box та сигнал з мікрофона біля підсилювача. Цей гібридний підхід (Розділ 2.1) дав можливість у постпродакшні обрати або змішати два сигнали. Ключовим етапом стала інтелектуальна реставрація аудіо (Розділ 2.3). За допомогою програмного забезпечення на основі ШП (напр., iZotope RX) проводилася спектральна чистка (spectral editing). Розумні алгоритми дозволили ідентифікувати та видалити вузькосмуговий гул і радіошум, мінімально вплинувши на корисний сигнал гітар.

**Психоакустична архітектура та «естетика недосконалості».** На противагу делікатному міксу Vivienne Mort, тут була свідомо обрана естетика недосконалості (Розділ 2.2), що є характерною для рок-музики.

**Автентичність > Чистота.** Після видалення неприйнятних артефактів (гул, радіо), частина «бруд» — легке шипіння підсилювачів (hiss), контрольований зворотний зв'язок (feedback), перевантаження преампів — була залишена в міксі. Чому?

*Психологічно:* Це відповідає ліриці. Звук на межі, «між пеклом і раєм».

*Психоакустично:* Це є маркером автентичності та справжнього рок-звуку. Стерильний, вичищений мікс зруйнував би ностальгічний контракт з фанатами і суперечив би енергії гурту. Цей «бруд» є частиною жанру.

**Вокал як конфлікт.** Вокал Саші Чемерова зведений зовсім інакше, ніж у Vivienne Mort. Він *агресивно* компресований і виведений в обличчя слухачеві. Простір (реверберація) використовується мінімально.

**Психоакустичний ефект.** Це не інтимність, це — конфронтація. Слухач не може сховатися від голосу. Цей сухий, близький, компресований вокал створює відчуття невідворотності, тривоги, що ідеально передає зміст рядків «я не знаю, чи живий чи вмираю».

*Стабільна сцена.* Як і в першому кейсі, сцена стабільна. Рух камери лише показує різні ракурси цієї звукової реальності.

*Аудіовізуальна драматургія: епізод під мостом.* Хоч епізод під мостом не був кульмінацією *треку*, але він був ключовим моментом психоакустичного дизайну та аудіовізуальної драматургії (Розділ 2.3).

1. **Виклик:** Близьке мікрофонування інструментів (через високий рівень гучності) не дозволило *ambient*-мікрофонам повноцінно "зловити" природну, але коротку зміну акустики .

- **Рішення:** Ефект був створений (гіперболізований) у постпродакшні. За допомогою автоматизації звукорежисер плавно вмикає "потужну згорткову (convolution) реверберацію на весь мікс. Було використано імпульс (impulse response), що імітує акустику бетону та металу (тунель, або *underpass*).

2. **Психоакустичний ефект:** Його функція — дезорієнтація та посилення напруги. Для глядача це стає потужним моментом занурення. Його мозок отримує два сигнали одночасно: *візуальний* (корабель входить у темний, замкнений простір) та *аудіальний* (звук різко втрачає відкритість і наповнюється густими, гулками відбиттями). Ця конгруентність стимулів створює сильне фізичне відчуття перебування там. Це короткочасний звуковий тунель, що психоакустично посилює відчуття руху та нестабільності, закладене у темі пісні. Коли корабель виходить з-під мосту і реверберація зникає, слухач відчуває психоакустичне звільнення, що лише посилює динаміку твору.

**Висновки по кейсу.** Лайв «Димної Суміші» демонструє, як звукорежисура стає інструментом розповіді. Вона враховує психологічний бекграунд (ностальгія, повернення), ліричний зміст (конфлікт, криза) та контекст сприйняття (війна). Технічні проблеми (RFI) вирішуються, а художні "недосконалості" (шум) зберігаються як частина "естетики автентичності", що є ключем до емоційного зв'язку з аудиторією.

**3.2 Аналіз імерсивного досвіду на провідних онлайн-платформах (сприйняття глядача).** Якщо в першому підрозділі ми аналізували, як створюється звук, то тут ми фокусуємося на тому, як він сприймається глядачем. Гібридний лайв — це не просто «концерт на відео», а окремий медіа-формат, який фундаментально змінює стосунки між виконавцем та аудиторією, трансформуючи традиційні форми мистецької комунікації в цифрову епоху [30, 37, 51]. Замість колективного, публічного та часто акустично віддаленого досвіду (як на стадіоні), онлайн-лайв пропонує індивідуальний, інтимний та психоакустично близький досвід.

Більшість глядачів дивляться цей контент наодинці, у контрольованому середовищі (вдома) і, що найважливіше, — у навушниках. Цей фактор є вирішальним. Прослуховування у навушниках активує бінауральне сприйняття (Розділ 1.1) у найповнішій мірі. Звукорежисер отримує можливість проектувати звукову сцену не перед слухачем (як у кімнаті з колонками), а *навколо і всередині його голови*. Це основа імерсивного аудіо. Провідні світові платформи інтуїтивно чи свідомо будують свою естетику навколо цього феномену, пропонуючи глядачеві унікальний психоакустичний досвід.

#### **Кейс 1: NPR Tiny Desk Concerts**

**Формат:** Музиканти грають у реальному, захарашеному офісному приміщенні (за книжковими полицями).

**Звукова естетика:** Радикальна автентичність. Мікрофони чітко видно. Використовується високоякісний багатоканальний запис, але з великою кількістю витоків (bleed) між мікрофонами. Акустика кімнати є невід'ємною частиною звуку.

#### **Психоакустика інтимності та достовірності (глядацький досвід).**

**Відчуття «присутності» (Presence):** Звук міксується сухо (dry), тобто з мінімальною кількістю штучної реверберації. Звукорежисер покладається на природну, коротку акустику кімнати, яку ловлять мікрофони. Для слухача у навушниках це створює надзвичайно сильний ефект близькості (proximity). Психоакустично, відсутність довгого ревербераційного «хвоста» та чіткі

мікродеталі (дихання, торкання струн, клацання клавіш) сигналізують мозку, що джерело звуку знаходиться дуже близько, майже на відстані витягнутої руки.

*Відчуття «автентичності» (Authenticity):* Недосконалість середовища та живий звук (без помітної студійної корекції вокалу, т.зв. auto-tune) працюють як маркери реальності. Глядач сприймає це не як поганий звук, а як «чесний». Це створює довіру. Відгуки глядачів часто концентруються на вразливості (vulnerability) та справжності виконавців. Tiny Desk використовує психоакустику, щоб створити відчуття, ніби глядач отримав ексклюзивне запрошення і сидить за сусіднім столом в офісі.

### **A COLORS SHOW**

**Формат.** Абсолютний візуальний мінімалізм. Виконавець, один (часто бутафорський або вимкнений) мікрофон, монохромний яскравий фон.

**Звукова естетика.** Парадоксально, але це — гіпер-студійний звук. На відміну від Tiny Desk, тут немає жодної природної акустики. Звук, який чує глядач, — це або зведений до ідеалу студійний трек з "живим" вокалом поверх (playback), або (рідше) ідеально записаний та оброблений "живий" виступ.

**Ефект «сенсорної лупи».** Візуальний мінімалізм має потужний психологічний ефект. Мозок глядача, не маючи жодних візуальних подразників (декорацій, натовпу, музикантів), перенаправляє всі когнітивні ресурси на два об'єкти: виконавця і звук.

**Гіпер-реальність.** Звук у COLORS завжди бездоганний: глибокий суб-бас (часто компенсований для малих динаміків через додавання гармонік, апелюючи до феномену "віртуального тону"), кришталево чисті високі частоти, ідеальний баланс. Це створює унікальний когнітивний дисонанс, який і є "фішкою" формату: ми бачимо живе, емоційне виконання, але чуємо студійну досконалість.

**Результат.** Цей парадокс створює лабораторний досвід, де музика сприймається у найчистішому, дистильованому вигляді. Глядач фокусується на кожному нюансі тембру, кожній вібрації голосу, кожній мікро-емоції. Це не про

перебування в кімнаті, а про перебування всередині самої пісні.

### **Кейс 3: La Blogothèque (A Take Away Show)**

**Формат.** «Партизанський» (guerilla) стиль. Виконавці грають у несподіваних публічних місцях (вулиці Парижа, ліфти, бари, квартири друзів). Часто один дубль, одна рухома камера.

**Звукова естетика.** Це естетика недосконалості (Розділ 2.2) як головна художня ідея. Запис ведеться на портативні рекордери, мікрофони-гармати (shotgun mics) та петлички. Головний герой — не лише музикант, а й випадковість.

**Аналіз аудіальної сцени (Auditory Scene Analysis).** Глядач отримує не один, а два звукові плани: музику та неконтрольовані звуки середовища (сирена поліції, вітер, розмови перехожих, дзвін церкви). Психоакустично мозок глядача змушений постійно виконувати роботу з аудіального аналізу сцени — відокремлювати корисний сигнал (музику) від шуму (середовища).

**Емоційний ефект.** Ця когнітивна робота не втомлює, а, навпаки, неймовірно залучає (engages). Вона робить глядача активним слухачем.

**Ефект «серендітності» (Serendipity):** Коли випадковий звук (сигнал авто, крик дитини) раптом синхронізується з музикою або потрапляє в паузу, це викликає у глядача потужний емоційний сплеск. Це відчуття щасливої випадковості. Глядач розуміє, що став свідком унікального, неповторного моменту. Це найпотужніший маркер автентичності, який неможливо підробити.

### **Кейс 4: ШООМ (ШУМ)**

**Формат.** Важливий український проект, один із піонерів формату гібридного лайву в країні. Записи проводились на київській Студії стрічкоткацької фабрики. Проект фіксував зріз актуальної української сцени, включаючи такі гурти як Beissoul & Einius чи Secret Avenue.

**Звукова естетика.** Високоякісний, відшліфований студійний саунд-продакшн, але в контексті живого запису. Естетика фабрики (величезні простори, бетон) була скоріше візуальним тлом; звук натомість був чітко контрольованим, з мінімальними витокami та професійним студійним

зведенням. Це естетичний вибір, що стоїть ближче до COLORS, ніж до Tiny Desk.

**Транспортуючий ефект.** ШООМ пропонував глядачеві *досвід перебування* у незвичайній, естетично довершеній локації. Проте, на відміну від кейсу Vivienne Mort, акустика цієї локації не була домінантою.

**Аудіовізуальна гармонія.** Прекрасна, плавна, кінематографічна картинка (зйомка з дронів, професійне світло) підтримувалася таким самим чистим, широким та «дорогим» звуком. Це створює у глядача відчуття піднесеності (sublime), спокою, естетичного задоволення. Це не «чесний» лайв (Tiny Desk) і не випадковий (Blogothèque), а «кураторський» (curated) досвід. Це аудіовізуальна медитація.

**Підсумковий аналіз сприйняття.** Усі ці формати, хоч і радикально різні за методом, досягають успіху з однієї причини: вони майстерно використовують психоакустику, щоб компенсувати відсутність фізичної присутності. Вони замінюють *колективну* енергію стадіону на *концентровану* енергію індивідуального досвіду:

- Tiny Desk дає інтимність та автентичність.
- COLORS дає фокус та досконалість.
- Blogothèque дає випадковість та реальність.
- ШООМ дає естетизм та занурення.

Глядач за екраном, особливо в навушниках, стає надзвичайно чутливим до нюансів, які губляться у великому залі: до тембру голосу, до дихання, до простору між нотами. Сучасна звукорежисура онлайн-лайвів — це мистецтво керування цими нюансами. Звукорежисер стає архітектором **персонального, інтимного психоакустичного досвіду** глядача.

### Висновки до Розділу 3

У третьому розділі було здійснено практичну верифікацію теоретичних положень роботи. На основі детального розбору авторських кейсів та порівняльного аналізу світових форматів було реалізовано завдання щодо

психоакустичного аналізу художніх практик та дослідження імерсивного досвіду глядача.

Результати дослідження дозволяють зробити наступні висновки:

1. **Результати психоакустичного аналізу художніх практик на авторських кейсах (виконання завдання 6).** На прикладі власних робіт доведено, що звукорежисерський інструментарій є ефективним засобом емоційної драматургії:

- У кейсі «**Vivienne Mort – Любов**» продемонстровано, як технічні параметри (пріоритет спектру 2–5 кГц, збереження мікродинаміки, мінімізація реверберації на вокалі) створюють ефект **психоакустичної інтимності**. Встановлено, що аудіовізуальна синергія (епізод з фіолетовим димом та розширенням стереобазы) працює як синестетичний тригер, посилюючи емоційне занурення.

- У кейсі «**Димна Суміш – Між пеклом і раєм**» підтверджено ефективність «естетики недосконалості». Доведено, що збереження технічних артефактів (шум підсилювачів, зворотний зв'язок) у поєднанні зі штучним моделюванням простору (ефект тунелю під мостом) працює на передачу відчуття автентичності, сирі енергії та ностальгічного напруження.

2. **Результати дослідження імерсивного досвіду глядача (виконання завдання 7).** Аналіз провідних платформ (NPR Tiny Desk, COLORS, La Blogothèque) та українського проекту ШООМ виявив, що успішні формати базуються на різних моделях **компенсації відсутності фізичної присутності**:

- *Модель інтимності (Tiny Desk):* Використання сухої акустики та чутних "артефактів життя" для створення ілюзії перебування в одній кімнаті.
- *Модель гіпер-реальності (COLORS):* Створення когнітивного дисонансу між візуальним мінімалізмом та студійною досконалістю звуку для максимального фокусування уваги.

- *Модель середовища (La Blogothèque/ШООМ)*: Інтеграція звуків локації для створення ефекту "випадкового свідка" або естетичного занурення. Спільним для всіх моделей є орієнтація на **бінауральне сприйняття** у навушниках, що дозволяє помістити слухача "всередину" звукової сцени.

3. **Ефективність «імерсивно-театрального» підходу.** Практика підтвердила, що для музичних перформансів найбільш виграшною є стратегія створення **стабільної звукової сцени** («найкраще місце в залі»), а не динамічне слідування звуку за рухом камери. Це забезпечує глядачеві комфортну точку орієнтації та дозволяє зосередитися на музичному змісті, уникаючи дезорієнтації.
4. **Роль аудіовізуальної конгруентності.** Встановлено, що пікові емоційні моменти виникають тоді, коли аудіальний та візуальний ряди є конгруентними (узгодженими). Зміна акустичного простору при візуальному входженні корабля під міст або розширення міксу при появі диму є доказами того, що звук у лайвах виконує не супровідну, а наративну функцію.

Таким чином, третій розділ на практиці підтверджує головну гіпотезу роботи: в умовах цифрового споживання звукорежисер виступає архітектором емоційного досвіду, використовуючи знання психоакустики для подолання бар'єру екрану та створення глибокого персонального зв'язку з глядачем.

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі здійснено комплексне дослідження психоакустичного впливу звукорежисерських підходів на глядацький досвід онлайн «живих» лайв-виступів. Реалізація мети та завдань дослідження дозволила дійти таких висновків:

1. *Досліджено теоретичні основи психоакустики та її роль у сприйнятті аудіо контенту.* Встановлено, що психоакустика є фундаментальною базою сучасної звукорежисури, оскільки вона пояснює механізми трансформації фізичних параметрів звукової хвилі (частота, амплітуда, фаза) у суб'єктивні психічні відчуття (висота тону, гучність, тембр, простір). Дослідження ключових феноменів, таких як криві рівної гучності Флетчера-Менсона, ефекти спектрального та часового маскування, бінауральне сприйняття та ефект Гааса, довело, що ці явища є не просто теоретичними концептами, а практичним інструментарієм. Звукорежисер, спираючись на знання про нелінійність людського слуху, здатен свідомо керувати увагою слухача, формувати відчуття простору та глибини, компенсуючи відсутність фізичної присутності на концерті.

2. *Проведено історичний огляд розвитку звукорежисури в контексті онлайн-виступів.* Історичний аналіз продемонстрував еволюцію підходів від технічної фіксації звуку в епоху раннього радіомовлення до створення складних аудіовізуальних творів у цифрову еру. Виявлено, що переломним моментом стала поява стрімінгових платформ, які сформували запит на новий формат — "гібридний лайв". Цей формат поєднує енергію живого виконання з якістю студійного постпродакшну, трансформуючи роль звукорежисера з технічного спеціаліста на співавтора художнього образу, який працює на перетині музики, кінематографу та психології сприйняття.

3. *Проведено огляд сучасних технологій та методи створення аудіо для лайвів на YouTube.* Систематизовано технологічний стек виробництва

"гібридних лайвів", який базується на використанні багатоканального запису (multitrack), цифрових робочих станцій (DAW) та інтелектуальних інструментів обробки. Визначено, що критично важливим є поєднання близького мікрофонування для контролю сигналу та ambient-мікрофонів для фіксації природної акустики простору. Проаналізовано роль сучасних плагінів на основі штучного інтелекту (для спектральної реставрації та чистки сигналу) та методів психоакустичного мастерингу, орієнтованого на стандарти гучності LUFS, що забезпечує стабільність сприйняття на різних пристроях відтворення.

4. *Досліджено вплив звукорежисерських технік на емоційне сприйняття аудиторії.* Доведено, що конкретні технічні прийоми мають пряму кореляцію з емоційним відгуком аудиторії. Контроль динамічного діапазону (мікродинаміка) використовується для створення відчуття інтимності та довіри; спектральна корекція формує відчуття "теплоти" та "присутності"; просторова обробка (реверберація, ділей) моделює масштаб події — від камерної близькості до епічної величі. Окремо виділено значення "естетики автентичності" — свідомого збереження технічних недосконалостей (шумів, дихання), які слугують для слухача маркерами реальності та "живого" виконання.

5. *Визначено ключові тенденції в розвитку звукорежисерського мистецтва для онлайн-платформ.* Визначено, що майбутнє індустрії формується під впливом переходу до імерсивного аудіо (бінауральні технології, Dolby Atmos), поглиблення аудіовізуальної інтеграції ("кінематографічний звук") та широкого впровадження штучного інтелекту в процеси постпродакшну. Ці тенденції свідчать про зміну парадигми від пасивного прослуховування до активного занурення слухача у звукове середовище, змодельоване навколо нього.

6. *Проведено психоакустичний аналіз художніх практик на авторських кейсах.* На прикладі авторських робіт ("Vivienne Mort – Любов" та "Димна Суміш – Між пеклом і раєм") практично підтверджено ефективність застосування "імерсивно-театрального" підходу. Продемонстровано, як стабільна звукова сцена, створена з урахуванням психоакустичних принципів,

дозволяє вирішувати складні художні завдання: від передачі крихкого внутрішнього стану через "сухий" вокал та синестезію до відтворення сирії енергії та ностальгії через роботу з "брудним" сигналом та просторовою драматургією.

7. *Досліджено імерсивний досвід глядача на провідних онлайн-платформах.* Порівняльний аналіз форматів (NPR Tiny Desk, COLORS, La Vlogothèque, ШООМ) показав, що успішні онлайн-лайви будуються на створенні унікальної моделі психоакустичної взаємодії з глядачем. Виявлено, що ключовим механізмом впливу є компенсація відсутності фізичної присутності через створення ефектів гіпер-інтимності (звук "в голові"), гіпер-реальності (студійна якість у кадрі) або естетизованого занурення в атмосферу локації.

Таким чином, дослідження підтвердило, що в умовах цифрового споживання звукорежисура стає ключовим медіатором емоційного досвіду, а психоакустика виступає необхідним інструментом для створення конкурентоспроможного та художньо вартісного культурного продукту.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

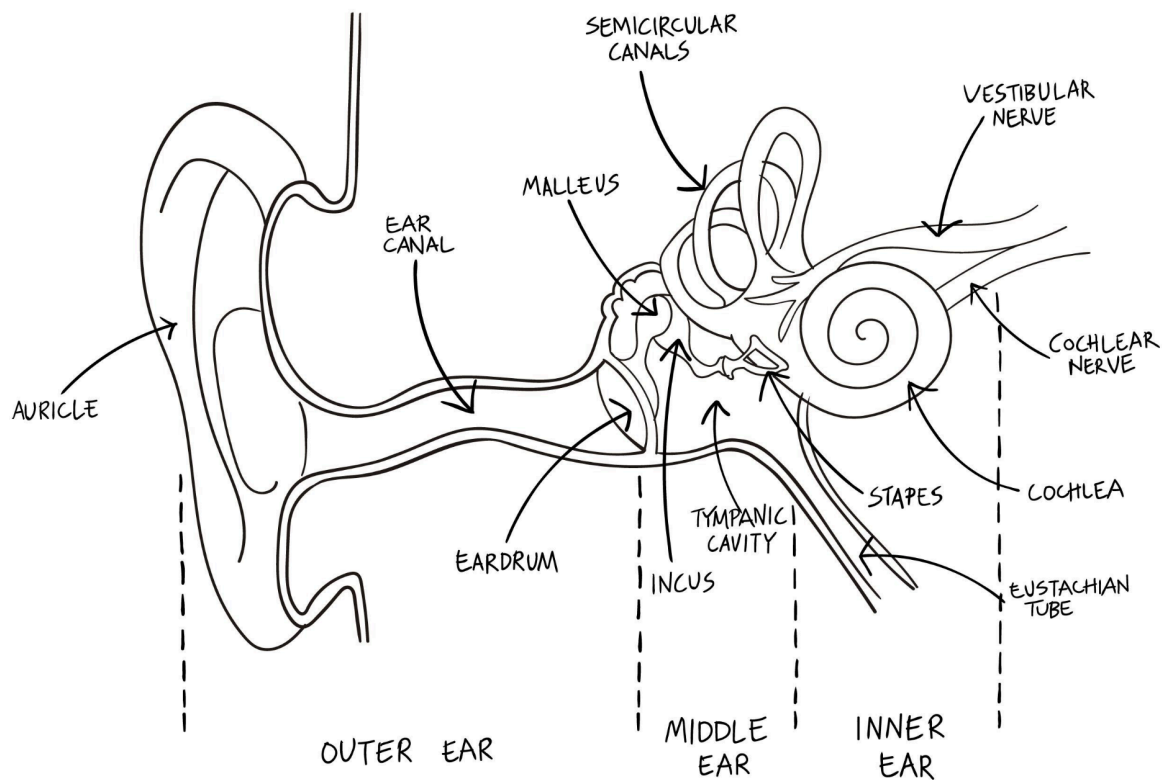
1. Zwicker, E., & Fastl, H. (2007). *Psychoacoustics: Facts and Models*. Springer.
2. Blauert, J. (1997). *Spatial Hearing: The Psychophysics of Human Sound Localization*. MIT Press.
3. Fechner, G. T. (1860). *Elemente der Psychophysik*. Breitkopf und Härtel.
4. Helmholtz, H. (1863). *Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik*. (Переклад: *On the Sensations of Tone*).
5. Levitin, D. J. (2006). *This Is Your Brain on Music: The Science of a Human Obsession*. Dutton.
6. Gold, B., & Morgan, N. (2011). *Speech and Audio Signal Processing*. Wiley.
7. Moore, B. C. J. (2012). *An Introduction to the Psychology of Hearing*. Emerald Group Publishing.
8. Moore, B. C. J. (1997). *Psychoacoustics of normal and impaired hearing*. *British Journal of Audiology*.
9. Bregman, A. S. (1990). *Auditory Scene Analysis: The Perceptual Organization of Sound*. MIT Press.
10. Brandenburg, K. (1999). MP3 and AAC explained. *Proceedings of the AES 17th International Conference on High Quality Audio Coding*.
11. Juslin, P. N., & Sloboda, J. A. (Eds.). (2010). *Handbook of Music and Emotion: Theory, Research, Applications*. Oxford University Press.
12. Owsinski, B. (2013). *The Mixing Engineer's Handbook*. Cengage Learning.
13. Rumsey, F. (2021). *Spatial Audio*. Routledge.
14. Koelsch, S. (2014). Brain correlates of music-evoked emotions. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(3), 170-180.
15. Plack, C. J. (2013). *The Sense of Hearing*. Psychology Press.
16. Fletcher, H. (1940). Auditory patterns. *Reviews of Modern Physics*, 12(1), 47.
17. Fletcher, H., & Munson, W. A. (1933). Loudness, its definition, measurement and calculation. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 5(2), 82-108.
18. Haas, H. (1951). Über den Einfluss eines Einfachechos auf die Hörsamkeit von Sprache. *Acoustica*, 1(2), 49-58.

19. Møller, A. R. (2006). *Hearing: Anatomy, Physiology, and Disorders of the Auditory System*. Academic Press.
20. Yost, W. A. (2007). *Fundamentals of Hearing: An Introduction*. Academic Press.
21. Terhardt, E. (1974). Pitch, consonance, and harmony. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 55(5), 1061-1069.
22. Huber, D. M., & Runstein, R. E. (2017). *Modern Recording Techniques*. Routledge.
23. Painter, T., & Spanias, A. (2000). Perceptual coding of digital audio. *Proceedings of the IEEE*, 88(4), 451-513.
24. EBU (2020). *EBU R 128: Loudness normalisation and permitted maximum level of audio signals*. European Broadcasting Union.
25. Møller, H. (1992). Fundamentals of head-related transfer functions. *Applied Acoustics*, 36(3-4), 171-218.
26. Chion, M. (1994). *Audio-Vision: Sound on Screen*. Columbia University Press.
27. Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. (2016). Enhancing our lives with immersive virtual reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74.
28. Jones, K., & Sallis, J. (2013). *The Sync Book: The Broadcaster's Guide to Sync*. Digital Production Partnership.
29. ITU-R (2015). *BS.1116-3: Methods for the subjective assessment of small impairments in audio systems*. International Telecommunication Union.
30. Kjus, Y. (2017). The liveness of mediated music. *MedieKultur: Journal of media and communication research*, 33(62), 29-47.
31. Berg, J., & Rumsey, F. (2006). A system for personalization of spatial audio. *Proceedings of the 120th AES Convention*.
32. Starkey, G. (2004). *Radio in Context*. Palgrave Macmillan.
33. Hilmes, M. (Ed.). (2013). *The Television History Book*. Red Globe Press.
34. Izhaki, R. (2012). *Mixing Audio: Concepts, Practices and Tools*. CRC Press.
35. Burgess, J., & Green, J. (2018). *YouTube: Online Video and Participatory Culture*. Polity Press.

36. Sonnenschein, D. (2001). *Sound Design: The Expressive Power of Music, Voice and Sound Effects in Cinema*. Michael Wiese Productions.
37. Holt, J. (2010). *The virtual stage: The event properties of the live-streamed concert*. Networking Knowledge: Journal of the MeCCSA-PGN, 3(2).
38. Katz, B. (2002). *Mastering Audio: The Art and the Science*. Focal Press.
39. Eargle, J. (2005). *The Microphone Book: From Mono to Stereo to Surround*. Focal Press.
40. Williams, M. (2003). *Stereo and Surround Sound*. Focal Press.
41. Wyshynski, J. (2019). *32-Bit Float Audio: What You Need to Know*. iZotope Blog.
42. Frink, D. (2016). *Audio Over Ethernet: A Guide to AoIP Protocols*. *Pro Sound Web*.
43. iZotope, Inc. (2022). *RX 10 Audio Editor Help*.
44. Roads, C. (2015). *Composing Electronic Music: A New Aesthetic*. Oxford University Press.
45. Heise, S., et al. (2019). Deep learning for music and audio. *IEEE Signal Processing Magazine*, 36(1), 100-105.
46. Dolby Laboratories. (2020). *Dolby Atmos Content Creation Guide*.
47. Рябцев, О. (2019). *Основи звукорежисури та акустики: навчальний посібник*. Київ: Ліра-К.
48. Бондаренко, А. (2020). *Психоакустичні аспекти сприйняття музики в цифровому середовищі*. Вісник КНУКіМ. Серія: Мистецтвознавство, (43), 112-120.
49. Шевченко, В. (2021). *Технології створення іммерсивного аудіоконтенту*. Київ: Інститут журналістики КНУ імені Тараса Шевченка.
50. Коваленко, О. (2018). *Звуковий образ в екранних мистецтвах: теорія та практика*. Харків: ХДАДМ.
51. Мельник, М. (2022). *Аудіовізуальне мистецтво в епоху нових медіа*. Львів: Видавництво Львівської політехніки.

## ДОДАТКИ

## Додаток А



## THE HUMAN EAR

Рис. 1. Будова людського вуха

## Додаток Б

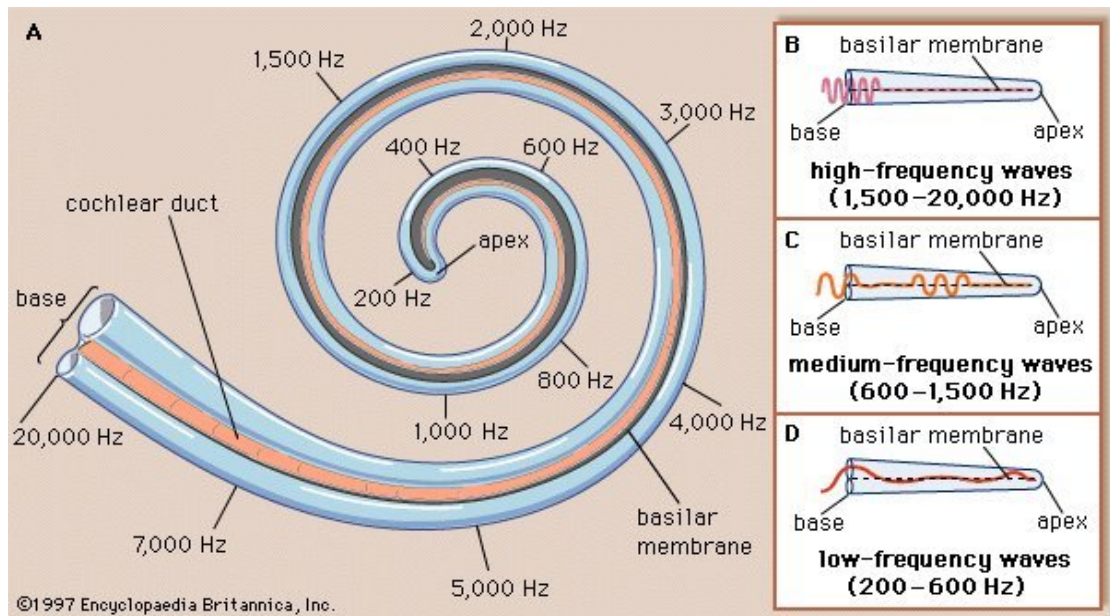


Рис. 2. Тонотопічна організація базилярної мембрани

## Додаток В

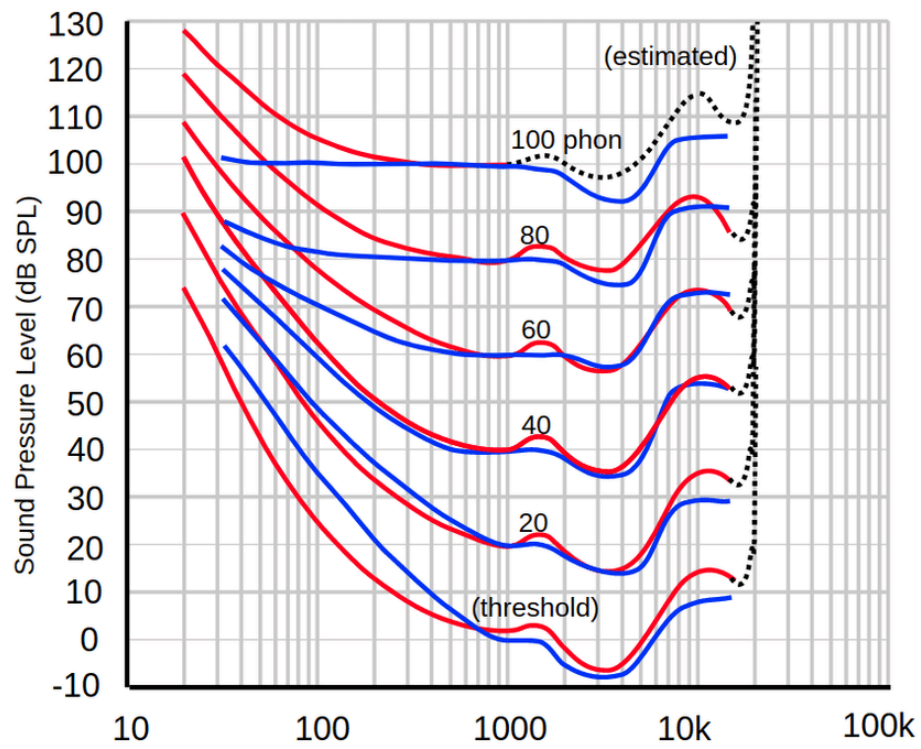


Рис. 3. Криві рівної гучності

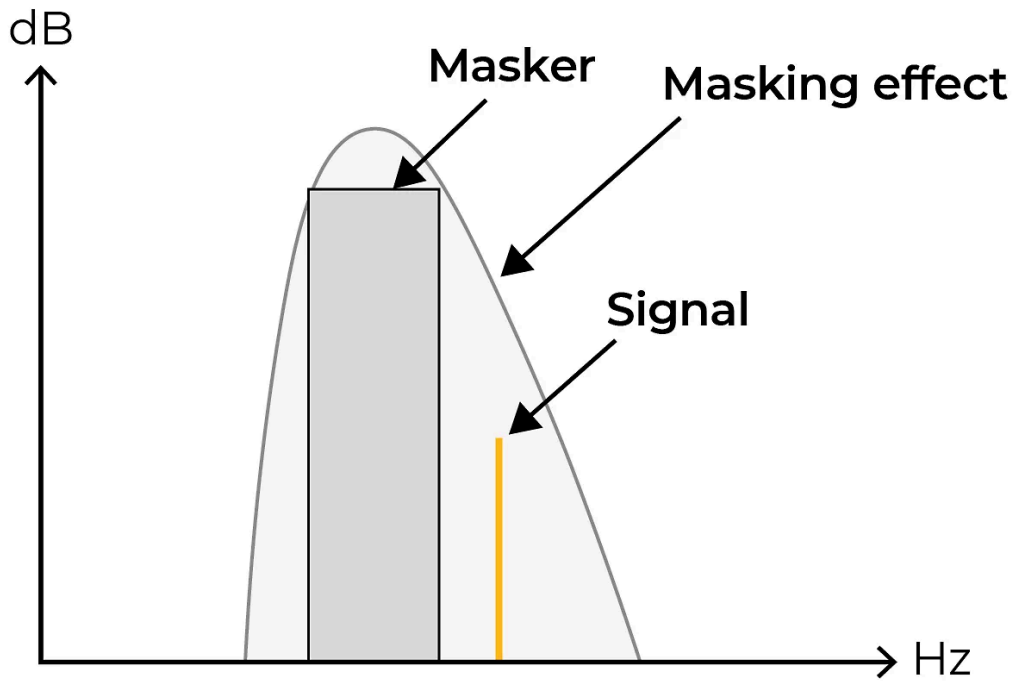


Рис. 4. Слухове маскування

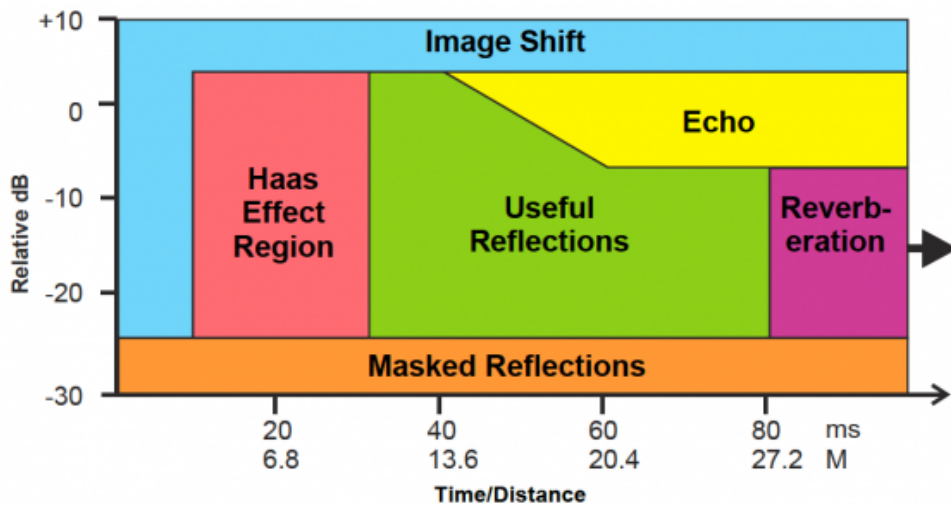


Рис.5. Ефект Гааса

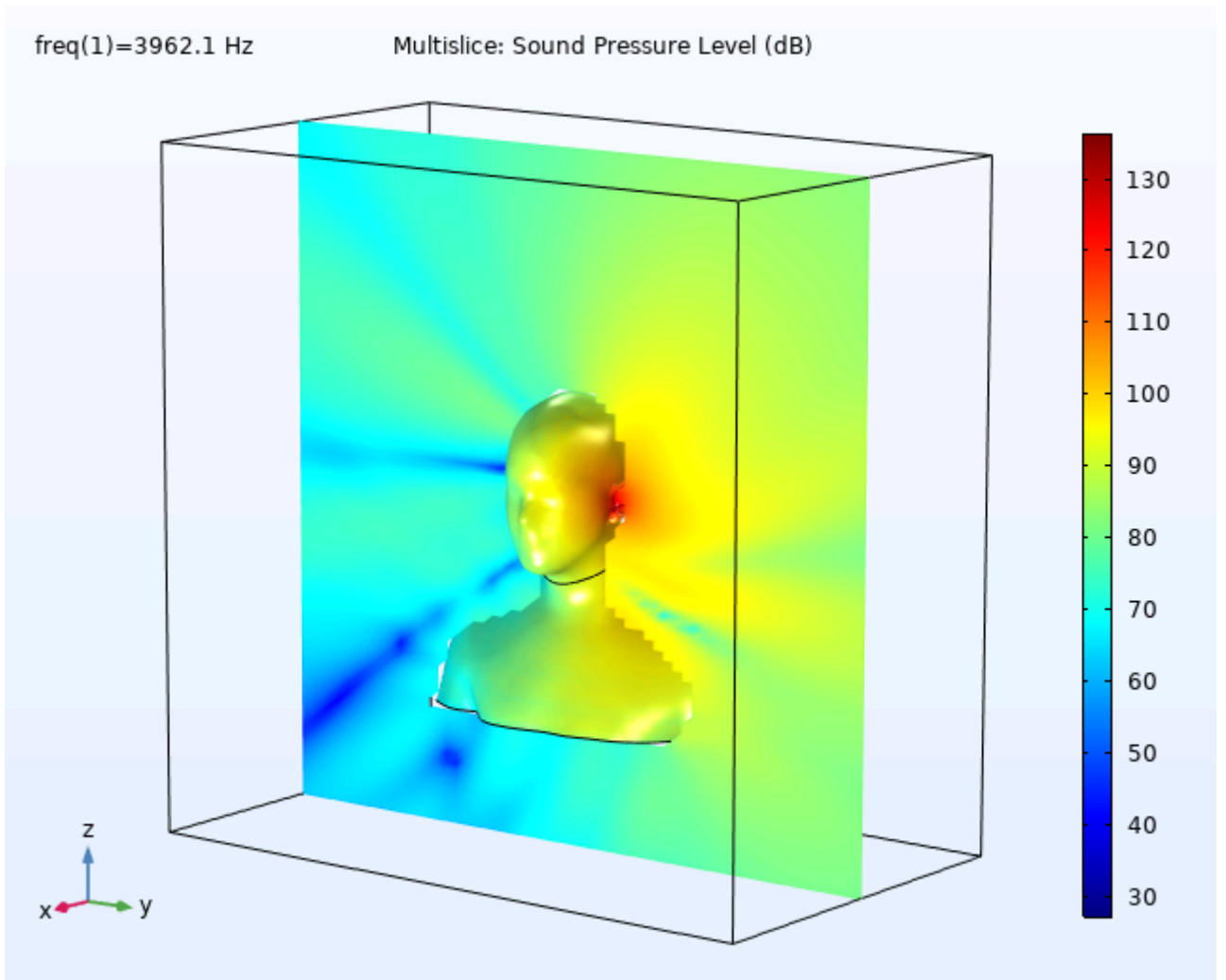


Рис. 6. HRTF

## Додаток Ж

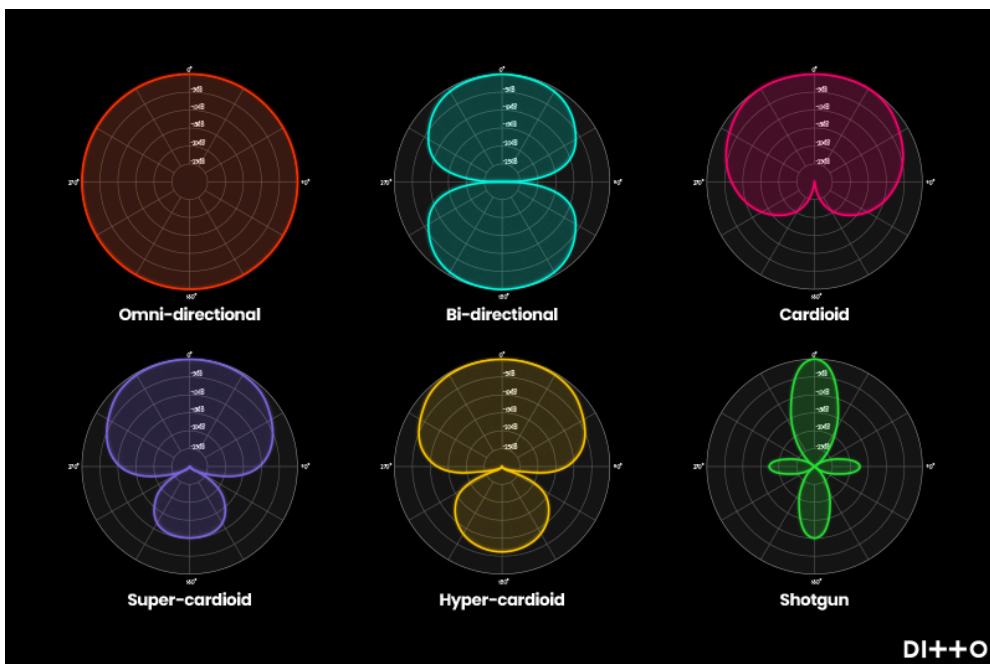


Рис . 7. Діаграми спрямованості мікрофонів

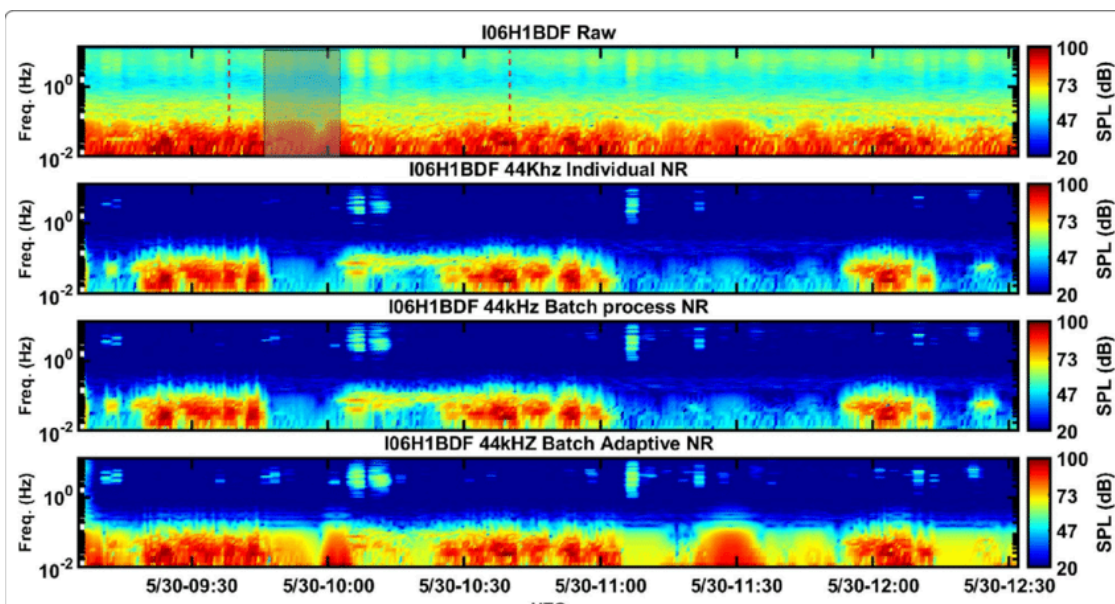


Рис. 8. Спектральне відновлення

**Додаток К.** Посилання на відео: [Vivienne Mort — Любов | ДЕІНДЕ #4](#)

**Додаток Л.** Посилання на відео: [Димна Суміш: між пеклом і раєм](#)