

## Еволюція форматів просторового звуку в кіно та в контенті стрімінгових сервісів

Микола Моженко<sup>1\*</sup>, Лев Рязанцев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет культури і мистецтв, Київ, Україна

**Анотація.** *Мета статті* — дослідити розвиток форматів просторового та імерсивного звуку в кіно, музичній індустрії, стрімінгових сервісах, засоби їхньої естетичної виразності та впливу на глядацьку аудиторію. *Результати дослідження.* Просторовий звук сьогодні став стандартом для використання в сучасному кінематографі та в різноманітних стрімінгових сервісах. Він додає аудіовізуальним творам нових творчих засобів вираження, звуковій палітрі фільму — насиченості та яскравості. Імерсивний звук дозволяє повністю занурити глядачів у звуковий простір фільму, підсилити емоційний вплив на них та надати глядачам нових естетичних вражень. Простежено еволюцію аудіотехнологій в кіно та в стрімінгових сервісах. Вказано, що розвиток технологій просторового звуку відбувається в напрямі максимального наближення до природного сприйняття звуку людиною. *Наукова новизна* статті полягає в тому, що вперше розглянуто процес еволюції форматів просторового звуку в кінематографі та в стрімінгових сервісах як особливий технологічний та естетичний феномен, який дозволяє глядачам все більше «занурюватися» у звуковий простір аудіовізуальних творів. *Висновки.* Розвиток аудіовізуальних технологій — від перших кінострічок до сучасних видовищних блокбастерів — було направлено на досягнення ефекту зникнення естетичного бар'єра між глядачами й віртуальним світом екрана. Для цього не лише збільшували сам розмір екрана, що дозволило максимально охопити поле зору глядачів кінозображенням. Зміни в звуковому супроводі фільмів також було направлено на розширення аудіопростору, який сприймають глядачі. Спочатку це був плоский монофонічний звук, який ішов із центра кіноекрана; потім поступово відбувся перехід до стереофонічного звуку, після якого настала черга сюрраунд-форматів Dolby Digital, DTS, SDDS. «Занурювальний» імерсивний звук форматів Dolby Atmos, DTS:X, Аuro-3D додав можливість розташувати аудіооб'єкти ще й у вертикальній площині, що дозволило кінематографістам створювати максимально реалістичну звукову атмосферу. Музична та ігрова індустрії, стрімінгові відео- та аудіосервіси також почали впроваджувати просторовий звук, і не лише заради цікавих акустичних ефектів, а й для пошуку нових творчих засобів вираження. *Ключові слова:* сюрраунд звук; імерсивний звук; Fantasound; Dolby Digital; Dolby Atmos; DTS; бінауральний звук

### Для цитування

Моженко, М., & Рязанцев, Л. (2023). Еволюція форматів просторового звуку в кіно та в контенті стрімінгових сервісів. *Вісник Київського національного університету культури і мистецтв. Серія: Мистецтвознавство, 49*, 54–63. <https://doi.org/10.31866/2410-1176.49.2023.293285>

### Вступ

Формати просторового звуку — це системи запису фонограм на багатоканальній пристрій запису звуку та відтворення цих фонограм через систему гучномовців, розташованих навколо глядача для створення необхідного просторового зву-

кового ефекту в акустичному просторі кінотеатру. Водночас у глядача формується здатність ідентифікувати розташування або походження звуку за напрямом та відстанню.

*Аналіз попередніх досліджень.* Проблема просторового звуку та його використання в кіно й на ТБ висвітлено в роботах українських дослідників

О. Бут (2015), С. Железняк (2019), Л. Рязанцева (2016, 2017), М. Моженка (2022), а також у працях зарубіжних дослідників — Е. Пфанцагль-Кардоне (Pfanzagl-Cardone, 2020), Е. Ротерміха (Rothermich, 2021), С. Інґліса (Inglis, 2022), Д. Серджи (Sergi, 2013), у яких розглядаються особливості використання новітніх форматів просторового та імерсивного звуку. Багато українських дослідників приділяють увагу розвитку стрімінгових сервісів. Так, М. Поплавський та Ю. Трач (2022) досліджують розвиток стрімінгових сервісів у контексті процесу цифровізації всієї музичної індустрії. І. Печеранський та Л. Єременко (2023) розглядають аудіострімінг як тренд та передову аудіовізуальну технологію, що змінює музичну індустрію на сучасному етапі. У цій статті головний акцент робиться на дослідженні еволюції різноманітних технологій просторового звуку — від перших кіноекспериментів із просторовим звуком до використання імерсивного звуку в сучасному кінематографі та стрімінгових сервісах.

**Мета статті** — дослідити розвиток форматів просторового та імерсивного звуку в кіно, музичній індустрії, стрімінгових сервісах, засоби їхньої естетичної виразності та впливу на глядацьку аудиторію.

## Результати дослідження

Сучасний кінематограф активно використовує новітні медіатехнології не тільки для того, щоб зацікавити й вразити кіноглядачів, а й для пошуку нових творчих засобів вираження. Однією з таких технологій є використання форматів просторового звуку. Ці формати спираються на певні особливості сприйняття людиною навколишнього світу з метою максимального впливу на глядачів під час демонстрації фільму. Якщо ми звернемося до візуального складника нашого сприйняття, то в наше поле зору потрапляє лише обмежена частина простору перед нашими очима, а ось звуки ми можемо чути з будь-якого напрямку. Отже, для того, щоб поле зору глядачів було максимально охоплене кінозображенням, пропорції кіноекрана змінювалися від класичних, що мали співвідношення сторін 4:3, та широкоекранних (2,35:1) до IMAX, з його велетенським екраном, розміром 22x16,1 метри. Звукове супроводження фільмів також змінювалося — від монофонічного до стереофонічного, а потім і багатоканального та імерсивного, максимально імітуючи реальне сприйняття звуку, який оточує людину. Такі зміни дозволили створити в кіноглядачів відчуття повного занурення у віртуальний світ фільму.

Піонером у впровадженні просторового звуку в кіно став фільм «Фантазія» Волта Діснея (1940). У цьому повнометражному кольоровому мультиплікаційному фільмі було вперше використано триканальну систему просторового звучання Fantasound, спеціально створену для цього фільму (Garity & Hawkins, 1941).

Система Fantasound стала прообразом майбутніх систем просторового звуку. Для цього було створено й випробувано близько десятка варіантів, і навіть після прем'єри «Фантазії» (заради якої систему й було створено) дослідження продовжувалися. Систему Mark VIII було встановлено на Бродвеї для світової прем'єри «Фантазії», що відбулася 13 листопада 1940 року. Зауважимо, що на цій демонстрації мікшування каналів звукооператор проводив вживу під наглядом диригента Леопольда Стоковського, тоді як реальна експлуатація Fantasound почалася пізніше.

Майже всі номери «Фантазії», крім «Учня чарівника» й вокальної частини «Ave Maria», були записані в залі Філадельфійської Академії музики. На окремі канали записувалися скрипки, віолончелі та контрабас, альти, мідні духові, дерев'яні духові й литаври — разом шість каналів. На сьомий канал надходив змішаний сигнал із цих шести каналів, а на восьмий — сигнал із загального мікрофона, встановленого в залі. Пізніше було додано дев'ятий «технічний» канал із тимчасовими мітками для мультиплікаторів. Сигнал із кожного з перших шести каналів пульта контролювався окремим звукооператором через головні телефони, а з восьмого каналу надходив на контрольний монітор. Як індикатори рівня використовувалися катодні осцилографи. «Учень чарівника» було записано в Голівуді на багатоканальній системі, а для запису «Ave Maria» було використано лише три канали: чоловічий вокал, жіночий вокал і загальний мікрофон для додавання реверберації.

Під час перезапису використовувалося від восьми до десяти каналів. Кожен канал міксувався окремим оператором. До трьох виходів мікшерної консолі було підключено три рекордери, по одному на кожен канал відтворення — лівий, правий і центр.

Фільму судилося довге життя. У 1955 р. звук було перенесено на магнітну стрічку. У той час тільки з'являлися стереомагнітофони і ще не існувало студійних багатоканальних магнітофонів, але в 1956 р. Дісней випустив фільм у системі CinemaScore з чотириканальною магнітною фонограмою на кіноплівці. І щоразу, коли з'являлося якесь технічне нововведення, фонограму «Фантазії» піддавали ремастерінгу відповідно до нового, найпрогресивнішого на той час формату.

У 1982 році фонограму фільму було переведено в цифровий формат. Зараз «Фантазія» вже випущена на DVD та Blu-Ray дисках і підготовлена до кінопоказу у форматі 7.1. Творчі ідеї геніального Волта Діснея набагато випереджали свій час, тому й дотепер «Фантазія» виглядає шедевром навіть на тлі сучасних комп'ютерних візуальних і звукових технологій.

Наступним етапом еволюції просторового звуку стає поява системи Синерама (англ. Cinemascope, утворено від Cinema і Panorama) — панорамної кінематографічної системи, яку 1952 р. в США розробили кіноінженер Фред Уоллер та піонер американського магнітного звукозапису Хазард Рівс. У цій системі одночасно використовувалися три кіноплівки, на кожен з яких знімалася своя частина панорамного кінокадру. Прем'єра першого фільму «Це Синерама» (This is Cinemascope), знятого за новою системою, відбулася 30 вересня 1952 року на Бродвеї.

Стереофонічна фонограма з п'ятьма аудіо-каналами, розташованими за екраном та двома каналами аудіоефектів, відтворювалася з 35-мм перфорованої магнітної стрічки синхронно з кінопроекцією. Один із каналів містив звукові ефекти, які відтворювалися додатковими гучномовцями, розташованими збоку та позаду кіноглядачів. Для ввімкнення потрібних гучномовців використовувався другий канал, де записувалися службові мітки, а звукорежисер керував звуком між колонками об'ємного звучання відповідно до сценарію фільму. Подібне розташування гучномовців пізніше було використано в цифровій системі багатоканального звуку SDDS.

Наступною системою, яка поєднувала широкий екран із чотириканальним просторовим звуком, стала Синемаскоп (англ. CinemaScope), яка використовувала стандартну 35-мм кіноплівку. Формат, який було використано з 1953 до 1967 р., розробив президент кінокомпанії «XX століття Фокс» Спірос Скурас. Спочатку передбачалося використовувати роздільні носії для зображення й звуку: фонограма повинна була записуватися на окремій синхронізованій 35-мм магнітній стрічці. Відсутність оптичної фонограми на фільмокопії дозволило б зайняти зображенням весь кадр.

Однак поява технології нанесення магнітних доріжок на кіноплівку змінила початкові плани: окремий магнітофон, який потрібно синхронізувати з кінопроектором, ускладнив би прокат фільмокопій та зменшив потенційну аудиторію. Було розроблено новий варіант системи з суміщеною фонограмою, який і був затверджений як стандарт: чотири магнітні доріжки розміщувалися

зовні та зсередини перфорацій на кіноплівці. Три аудіодоріжки забезпечували запис мовлення та музики, на четверту записувалися звукові ефекти та службові мітки, що дозволяло автоматично вибирати для відтворення гучномовці, розташовані всередині зали. Три основні акустичні системи, що відтворюють мову та музику, розташовані за екраном у центрі та по краях. Для ефектів шумового оточення в кінозалі по боках розташували ще кілька гучномовців, що забезпечувало додаткову об'ємність звуку в кінозалі.

Одним із перших фільмів, знятих системою «Синемаскоп», стала американська романтична комедія режисера Жана Негулеско «Як вийти заміж за мільйонера» (1953), за участю Мерілін Монро. Успіх був такий великий, що понад 1500 кінотеатрів США та Європи розмістили запис мовлення на нове обладнання.

Наступним етапом еволюції просторового звуку став розвиток широкоформатного кінематографа з шестиканальною магнітною фонограмою Todd-AO, розробленою компаніями Westrex та Ampex. Дві доріжки розташовувалися на широких краях 70-мм кіноплівки зовні перфорації, а дві між перфорацією й зображенням. На зовнішніх, ширших доріжках записувалися по два канали, а на внутрішніх — по одному. П'ять каналів використовувалися для роздільного запису звуку фронтальних гучномовців, які були розташовані в один ряд по всій ширині екрана. Шостий канал із ефектами містив керівні сигнали для вибору додаткових гучномовців навколо зали та звукові ефекти для них. Стандарти фонограми «Тодд-АТ» змінювалися відповідно до прогресу звукозапису — у 1977 р. було впроваджено нову систему Dolby Baby Boom з шумопониженням Dolby з двома ефектними низькочастотними каналами, замість другого та четвертого фронтальних, яка була використана в широкоформатній фільмокопії фільму «Зоряні війни. Епізод IV: Нова надія».

Наприкінці 1950-х рр. аналогічні експерименти з просторовим звуком проводилися і в колишньому СРСР. Першими фільмами з шестиканальною фонограмою стали «Поема про море» (1958) та «Повість полум'яних літ» (1960), зняті режисером Ю. Солнцевою за сценарієм класика українського кіно Олександра Довженка.

Наступною кіносистемою, в якій використовувався просторовий звук, стала IMAX (англ. Image Maximum — «максимальне зображення»), розроблена канадською корпорацією «Мультискрин» у 1970 році та розрахована на використання 70-мм кіноплівки з поздовжнім розташуванням кадру.



На відміну від звичайного широкоформатного кіно, IMAX спочатку не мав суміщену фонограму на кіноплівці. Замість неї використовувалися дві перфоровані магнітні стрічки, синхронізовані з кінопроектором. На першій записувався 6-канальний звук, а на другій — 3 канали звукових ефектів. Пізніше залишилась лише 35-мм магнітна стрічка з 7-канальним звуком типу «Синерами». З початку 1990-х років для відтворення звуку в кінотеатрах почав використовуватися 7-канальний (6.1) не-сжатий цифровий звук, який декодується за системою Dolby Digital і синхронізований із кінопроектором за допомогою SMPTE таймкоду. Гучномовці розташовуються за екраном та по периметру кінозалу для досягнення максимального ефекту присутності.

Справжній прорив у кіноіндустрії стався з появою систем просторового звуку компанії Dolby. Однією з перших стала створена в 1976 р. аналогова система багатоканального звуку Dolby Stereo, яка містила 4 звукові канали на 35-мм кіноплівці: лівий і правий для музики та ефектів, центральний для діалогів і четвертий — Surround — для створення загальної звукової атмосфери.

У 1977 р. у фільмі Джорджа Лукаса «Зоряні війни» для створення динамічних звукових ефектів було задіяно систему просторового звуку Dolby Stereo, що дозволило глядачам не лише бачити на екрані ефектні прольоти космічних кораблів, а й чути переміщення їхнього звуку в кінозалі. Така система просторового звуку отримала назву Dolby Surround, і поступово сам термін «Surround Sound» (англ. — об'ємний, навколишній звук, що приходить з усіх боків) став синонімом до назви різноманітних систем просторового звуку. Коли Лукас оголосив, що й новий епізод — «Імперія завдає удару у відповідь» (1980) — буде знято зі звуком у форматі Dolby Stereo, почалася активна Dolby-фікація американських кінотеатрів: якщо до цього тільки приблизно в 50-ти кінотеатрах США було встановлено таку систему, то тепер без систем Dolby не можна уявити жоден сучасний кінотеатр.

У 90-ті р. XX ст. в кінематографі розпочався процес переходу від аналогового до цифрового багатоканального звуку, який привів до появи таких форматів, як Dolby Digital, DTS та SDDS. Ці формати використовують 6 (5.1) або 8 (7.1) цифрових аудіоканалів — центральний, лівий та правий фронтальні, лівий та правий тилові, а в форматі 7.1 додаються ще й два бокові канали. Ще один канал, призначений для створення низькочастотних ефектів (Low Frequency Effects), має назву сабвуферного. Оскільки глядачам важко локалізувати напрямок поширення низькочастотних

звуків, які можуть сприйматися не лише слухом а й усім тілом, було вирішено, що одного каналу для цього буде достатньо. Через центральний канал передаються діалоги; тилові та бокові канали слугують для створення просторового звукового поля, щоб глядачі могли зануритися в атмосферу довколишніх звуків.

Dolby Digital (AC-3, ATSC A/52) — це система цифрового багатоканального звуку, розроблена фірмою «Dolby Laboratories, Inc.». Уперше звук у форматі Dolby Digital з'явився в кінотеатрах у фільмі «Бетмен повертається» (1992).

Фонограма Dolby Digital має шість каналів для створення об'ємного звуку й розміщується на перемичках між перфорацією кіноплівки, що забезпечує синхронізацію звуку з зображенням. Для більшої надійності на кіноплівці також розміщується аналогова звукова доріжка Dolby SR — у разі пошкодження чи збою цифрової фонограми кінопроектор автоматично перемикається на аналогову фонограму, а після відновлення відбувається зворотне перемикування.

У 1993 р. з'явилася ще одна система просторового звуку — DTS (Digital Theater System). Її дебют відбувся у фільмі «Парк Юрського періоду» (1993) Стівена Спілберга, який до того ж став одним із інвесторів компанії Digital Theater System. Пізніше DTS перетворився на ціле сімейство форматів цифрового багатоканального звуку для відтворення не тільки в кінотеатрах, а й на DVD та Blu-Ray дисках. На відміну від Dolby Digital, у стандарті DTS на кіноплівці розміщується лише таймкод для синхронізації, а сам звук у цьому форматі відтворюється з окремого CD-диску, що забезпечує більший звуковий потік і вищу якість звуку, особливо на низьких частотах.

Найбільшого поширення набули формати DTS 5.1 та 7.1, схожі за розміщення джерел звуку на Dolby Digital. Подальшим розвитком стандарту DTS став формат DTS-HD Master Audio, який використовує стиснення звуку без втрат, через що забезпечує одну з найвищих якостей звуку, особливо на Blu-Ray дисках.

Ще одним форматом просторового звуку в кінотеатрах став Sony Dynamic Digital Sound (SDDS) — стандарт цифрових оптичних суміщених фонограм для фільмокопій, розроблений фірмою Sony. Багатоканальний звуковий супровід до фільму розміщується на 35-мм кіноплівці у цифровому закодованому вигляді, як і Dolby Digital, і зчитується лазером.

У версії «7.1» (точніше «5/2.1») міститься 5 фронтальних каналів (лівий, центрально-лівий, центральний, центрально-правий та правий), два задні канали навколишнього звуку та низько-

частотний канал ефектів. У системі SDDS використовується стиснення даних із втратами ATRAC (Adaptive Transform Acoustic Coding), яке Sony розробила для формату MiniDisc. Вперше систему було використано для запису звуку картини «Останній кіногерой» у 1993 р. Серед стандартів кінозвуку, які існували на той час, SDDS вважався найдосконалішим, проте набув найменшого поширення в кінотеатрах, а на DVD дисках взагалі не використовувався.

На телебаченні також проходили експерименти з багатоканальним звуком. Так, японська телекомпанія NHK розробила систему звуку 22.2, але значного поширення вона так і не набула (Matsui, 2015).

Новий етап у розвитку форматів просторового звуку розпочався на початку 2010-х рр., коли в кіноіндустрії з'явилася нова аудіотехнологія — імерсивний, «занурювальний» звук, хоча перші експерименти з тривимірним звуком Ambisonics ще в 1970-хх рр. проводили британські дослідники на чолі з Майклом Герзоном.

Імерсивне аудіо (англ. Immersive — занурення, охоплення, захоплення) — це новий підхід до аудіо, в якому джерела звуку розміщуються в тривимірному просторі, і це наче «занурює» глядачів у звуковий простір фільму. Тоді як сурраунд звук поширюється лише в горизонтальній площині навколо слухачів, в імерсивних форматах звук надходить начебто звідусіль, в тому числі і зверху (Inglis, 2022).

Друге, що відрізняє нові імерсивні формати від попередніх сурраунд-форматів, це їхній перехід від орієнтованості на аудіоканали до орієнтованості на аудіооб'єкти. У звичайних багатоканальних форматах існує фіксований зв'язок між кількістю каналів і кількістю гучномовців. Кожен аудіоканал несе сигнал, призначений для певного гучномовця. В об'єктному форматі, навпаки, кожен канал описує певний аудіоелемент міксу: голос акторів, музичний інструмент, певний звуковий ефект, наприклад, вибух, тощо. Кожен аудіооб'єкт супроводжується власним набором метаданих, які змінюються в часі, тобто він може рухатися у віртуальному тривимірному аудіопросторі кінозалу.

По-третє, нові формати дозволяють «приспосувати» імерсивний саундтрек до конкретного приміщення та акустичної системи. Якщо попередні формати об'ємного звучання вимагали від слухачів адаптації їхніх акустичних систем до відповідного формату, то імерсивне аудіо, навпаки, може адаптуватися до будь-яких акустичних систем — від навушників до домашніх кінотеатрів та кінозалів.

Формати імерсивного аудіо можна класифікувати як такі, що базуються на каналах, сценах чи об'єктах. Формати на основі каналів і сцен містять повністю зведене аудіо, тоді як об'єктний формат містить основні елементи міксу плюс метадані, які пояснюють, як цей мікс має бути реалізованим у певному середовищі відтворення (Inglis, 2022).

Зростання популярності імерсивних форматів привело до того, що з 2019 р. одна з категорій для вручення відомих музичних нагород Grammy Awards змінила свою назву з «Surround Sound» на «Immersive Audio».

Компанії Dolby Laboratories вдалося здобути лідерство в розвитку й цієї технології. У 2012 р. вона представила Dolby Atmos — систему імерсивного звуку, яка базується на аудіооб'єктах, розміщених у тривимірному просторі (Dolby Laboratories, 2012). Першу інсталяцію Dolby Atmos було встановлено в театрі «Ель-Капітан» у Лос-Анджелесі на прем'єрі мультфільму «Хоробра серцем» у червні 2012. Протягом 2012 р. було організовано близько 25 інсталяцій у всьому світі. Станом на 2023 рік налічувалося вже понад 7000 кінозалів із Dolby Atmos.

Тепер аудіомонітори в кінотеатрах розміщуються не тільки в горизонтальній площині, а також і вгорі — на стелі. В домашніх кінотеатрах, обладнаних саундбаром, в яких відсутні верхні аудіомонітори, стеля використовується для віддзеркалення звуку й додавання йому вертикального виміру. Кількість аудіооб'єктів в Dolby Atmos може досягати 128, вони можуть відтворюватися через 64 вихідні канали. Аудіооб'єктом виступає будь-який звук, що лунає в сцені фільму, — голос актора, крик дитини, зліт літака, проїзд автомобіля. Кінематографісти, які використовують Dolby Atmos, вирішують, звідки мають лунати ці звуки й куди вони будуть переміщуватися під час розвитку сцени. Керує розташуванням і переміщенням аудіооб'єктів Dolby Atmos Renderer — спеціальна програма для аудіоредактора Avid Pro Tools, яка відповідає не лише за зведення аудіодоріжок, а й за пристосування їх як до конкретного приміщення кінозалу, так і до певної звукової системи з різною кількістю каналів звуку — від стереофонічної 2.0 до, скажімо, 24.1.10 (24 — це кількість аудіомоніторів, розташованих в горизонтальній площині; 1 сабвуфер і 10 динаміків, розташованих на стелі кінозалу).

Оскільки в форматі Dolby Atmos кожен аудіооб'єкт отримує ще й метадані (OAMD — Object Audio Metada), які описують розташування цього звуку в тривимірному просторі (координати x, y, z), то потім, під час відтворення звуку акустичною системою, вбудований в неї процесор

Dolby Atmos фактично робить нове зведення звукового файлу (рендерінг) таким чином, щоб враховувати особливості як цієї акустичної системи (від навушників та саундбарів до багатоканальних аудіосистем), так і приміщення, в якому цей звук відтворюється (воно тестується самою акустичною системою з використанням вбудованих мікрофонів). На сьогодні Dolby Atmos — це найбільш поширений формат імерсивного звуку. Він використовується не лише в кінотеатрах, а й у стрімінгових сервісах, комп'ютерних іграх, музичній індустрії. Звукове супроводження у форматі Dolby Atmos можна створювати в таких програмах, як Avid ProTools, Steinberg Cubase та Nuendo, Apple Logic Pro, DaVinci Resolve Studio, і їхня кількість невинно зростає (Rotermich, 2021, р. 26).

У 2015 р. з'явився ще один формат імерсивного аудіо — DTS:X, який побудовано на базі відомого багатоканального формату звуку DTS. В ньому також використовуються аудіооб'єкти, але їхнє розташування зберігається в метаданих у вигляді полярних координат. Для створення звуку у форматі DTS:X звукорежисери використовують програму MDA (Multi-Dimensional Audio) Creator, в якій можна вказати джерело звуку й визначити шлях його переміщення в тривимірному просторі. В DTS:X, на відміну від Dolby Atmos, немає необхідності вказувати точну конфігурацію аудіосистеми — об'єктний аудіокодек DTS:X самостійно пристосовується до неї. В DTS:X також є цікава опція, яка відсутня в конкурентних форматах, — можливість керувати гучністю діалогів кіноперсонажів, адже глядачі не завжди можуть розібрати, про що говорять герої, скажімо, на фоні інших гучних звуків. Проте не всі режисери в захваті від подібної можливості, адже це може спотворити режисерський задум. В DTS:X за допомогою технології Neural:X, яка використовує штучний інтелект, можна робити підвищувальне мікшування, перетворюючи звичайні DTS-треки 5.1 або 7.1 в яких записано багато саундтреків до фільмів, в імерсійні DTS:X, адже фактично DTS:X накладається на саундтреки у форматі DTS-HD Master Audio, створені для Blu-Ray дисків (так само, як Dolby Atmos кодується зверху Dolby TrueHD). Якщо в акустичній системі не буде верхніх аудіомоніторів, то звук буде виводитися як звичайний DTS — в цьому й полягає гнучкість формату DTS:X.

Нещодавно з'явилась нова версія стандарту — DTS:X Pro, яка підтримує вже до 30.2 каналів (What Is The Difference, 2021). Формат DTS:X спочатку з'явився в домашніх кінотеатрах і лише потім у великих кінозалах, на відміну від Dolby Atmos, який ішов протилежним шляхом. Проте

DTS:X доводиться наздоганяти Dolby Atmos, який раніше вийшов на комерційний ринок і захопив його левову частку. Найбільше розповсюдження формат DTS:X отримав у кінотеатрах Китаю.

Третій формат імерсивного аудіо — Auro-3D було — розробив бельгійський аудіоінженер Вільфрід ван Бален, засновник компаній Galaxy Studios та Auro Technologies, ще в 2005 р. У форматі Auro 11.1 для створення імерсивного звуку аудіомонітори розміщені на трьох рівнях. Перший рівень — це звичайна система 5.1, розташована в горизонтальній площині, яка до того ж використовується для сумісності зі старими стандартами просторового звуку. Другий рівень розташовано вище — під кутом 30 градусів, і в ньому містяться теж 5 аудіомоніторів. На третьому рівні, призначеному для створення вертикальних аудіоефектів, аудіомонітор розміщується прямо над головами слухачів. Його ще називають «глас Бога», і він додає звуку ще одного виміру — висоти.

Формат Auro-3D є каналним, а не об'єктно-орієнтованим. Цим він і відрізняється від Dolby Atmos і DTS:X. Формат підтримує процес аудіомастерингу й дозволяє робити мікшування аудіоканалів, що важко виконати в об'єктних форматах, тому саме Auro-3D часто використовують для запису аудіоальбомів. Ця технологія дозволяє створювати сюрраунд мікс 5.1 і імерсивний мікс Auro-3D в одному файлі, що підвищує її сумісність з різними аудіосистемами.

Наразі вже з'явився більш довершений формат AuroMax, який поєднує в собі переваги як об'єктних, так і каналних форматів. Його концепція полягає в тому, щоб спочатку створити імерсивне звучання за допомогою аудіоканалів, використовуючи традиційні методи запису й мікшування звукових доріжок. Після того, як створено основу на базі каналів, можна додавати аудіоб'єкти для подальшого вдосконалення міксу. Конфігурація аудіомоніторів для AuroMax, яка використовується в спеціалізованих кінотеатрах, може становити 20.1, 22.1 та 26.1 (Auro technologies, 2015).

Сьогодні, окрім кінотеатрів, імерсивні формати звуку також активно використовуються в таких відеострімінгових сервісах, як Netflix, Apple TV+, Amazon Prime та інших, де беззаперечно лідерство належить Dolby Atmos. Більшість виробників телевізорів, домашніх кінотеатрів та саундбарів з початку 2020-х років також вбудовують у свої пристрої підтримку імерсивних форматів звуку — Dolby Atmos та DTS:X.

У 2019 р. імерсивний звук з'явився і в музичній індустрії — аудіострімінгові сервіси Tidal та Amazon Music HD почали використовувати звуковий формат Dolby Atmos Music.



Слід зазначити, що в 2021 р. музичний сервіс Apple Music запусив формат просторового звуку Spatial Audio, який базується на Dolby Atmos Music (Rotermich, 2021, р. 29). Одночасно для програми Apple Logic Pro було розроблено спеціальний програмний модуль, який дозволяє експортувати музичні композиції в форматі Dolby Atmos 7.1.4. Це найдешевший спосіб створювати імерсивний звук, оскільки Dolby Atmos Rendered для ProTools коштує 299 доларів.

Свій формат просторового звуку розробила й компанія Sony. Він отримав назву 360 Reality Audio і базується на іншому стандарті імерсивного звуку — MPEG-H Audio.

Ще один напрям створення імерсивного звучання — це експерименти з бінауральним звуком, у якому використовуються різноманітні психоакустичні ефекти, завдяки чому можна отримувати ефект імерсивного звуку навіть у звичайних навушниках. Оскільки сьогодні майже 80 відсотків музики користувачі слухають саме через навушники, бінауральний звук стає одним із найдешевших шляхів, щоб надати якомога більшої кількості користувачів можливість слухати музику в імерсивних аудіоформатах. Двоканальний бінауральний аудіосигнал, який відтворюється через навушники, змушує мозок сприймати його таким чином, начебто він надходить з певного місця поза головою у 3D-просторі. Це досягається за допомогою технології HRTF (Head-related Transfer Function — функція передачі, пов'язана з головою), яка базується на складних математичних алгоритмах, які дозволяють імітувати відмінності у звуку, що надходить у ліве й праве вухо (інформацію про 3D-локацію джерела звуку), а потім змінюють сигнал для лівого й правого аудіоканалів відповідно до цих алгоритмів у процесі відтворення через навушники. Подібна технологія використовується і в навушниках Apple AirPods Pro. Для створення бінаурального звуку використовується алгоритм Dolby Atmos Binaural Rendering — бінауральний рендеринг, вбудований прямо в Dolby Atmos (Rotermich, 2021, р. 22).

Музичні формати просторового звуку створюють ефект імерсивного «занурення» у світ звуків, віртуального розміщення слухачів начебто поміж музичних виконавців та інструментів. Музика й голоси виконавців наче лунають з усіх напрямків навколишнього простору, стираючи таким чином естетичний бар'єр між звичним глядацьким залом та сценою.

В індустрії комп'ютерних ігор також відбувається впровадження просторового звуку. В ігрових консолях Microsoft серії Xbox використовується технологія Microsoft Spatial Sound, яка базується

на форматах імерсивного звуку — Dolby Atmos та DTS:X. Компанія Sony для своєї ігрової консолі PlayStation PS5 розробила власний формат просторового звуку — Tempest 3D AudioTech. Планується його інтеграція з технологіями віртуальної реальності. Проте в останніх версіях програмного забезпечення для цієї консолі з'явилася також підтримка формату Dolby Atmos. Отже, і в ігровій індустрії Dolby Atmos фактично стає основним стандартом імерсивного звуку.

## Висновки

Просторовий звук стає все більш популярним у сучасному кінематографі, в різноманітних стрімінгових сервісах, музичній та ігровій індустрії. Вже сьогодні в цих сферах планують широкое використання форматів імерсивного звуку, розвиток яких має за мету досягнути такого рівня впливу на глядацьку аудиторію, який би максимально нагадував реальне сприйняття людиною звуку в навколишньому світі. Імерсивний звук додає аудіовізуальним творам нових творчих засобів вираження, а звуковій палітрі фільму — насиченості та яскравості й дозволяє повністю охопити глядачів віртуальним звуковим полем та надати їм нових естетичних вражень.

Наукова новизна статті полягає в тому, що вперше розглянуто процес еволюції форматів просторового звуку в кінематографі та у стрімінгових сервісах як особливий технологічний та естетичний феномен, який дозволяє глядачам «занурюватися» у звуковий простір аудіовізуальних творів.

Перспективи подальших досліджень. Оскільки в цьому дослідженні основна увага була зосереджена на історії розвитку технологій просторового звуку, то виглядає доречним у майбутньому зосередитися на дослідженні просторового звуку як естетичного феномена та впливу імерсивного звуку на естетику сучасних кінофільмів, а саме: як його використовують сучасні режисери, які творчі завдання вирішують за його допомогою, чому все більше музикантів випускають свої треки й альбоми у форматах просторового звуку.

## Список посилань

- Бут, О. В. (2015). Творческая аранжировка звукового поля в пространственных системах. *Мистецтвознавчі записки*, 28, 195–204.
- Железняк, С. (2019). Особливості використання звуку в сучасному телебаченні і мультимедіа. *Художня культура. Актуальні проблеми*, 15(2), 22–27. [https://doi.org/10.31500/1992-5514.15\(2\).2019.186120](https://doi.org/10.31500/1992-5514.15(2).2019.186120)

- Моженко, М. В. (2022, 23–24 березня). Новітні формати просторового звуку. В *Україна у світових глобалізаційних процесах: культура, економіка, суспільство* [Матеріали конференції] (Ч. 1, с. 171–174). Видавничий центр КНУКіМ.
- Печеранський, І., & Єременко, Л. (2023). Аудіострімінг як тренд розвитку аудіовізуальних технологій та його вплив на сучасну музичну індустрію. *Вісник КНУКіМ. Серія: Мистецтвознавство*, 48, 26–32. <https://doi.org/10.31866/2410-1176.48.2023.282435>
- Поплавський, М. М., & Трач, Ю. В. (2022). Цифровізація музичної індустрії: тенденції і перспективи. *Вісник Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв*, 2, 30–39. <https://doi.org/10.32461/2226-3209.2.2022.262202>
- Рязанцев, Л. (2016, 18 квітня). Перші кроки просторового звуку в кіно. В *Мистецтвознавство. Соціальні комунікації. Медіапедагогіка* [Матеріали конференції] (с. 168–172). Видавничий центр КНУКіМ.
- Рязанцев, Л. (2017, 24 квітня). Роль звукових технологій в сучасній звукорежисурі. В *Мистецтвознавство. Соціальні комунікації. Медіапедагогіка* [Матеріали конференції] (с. 131–136). Видавничий центр КНУКіМ.
- Auro technologies. (2015). *Auromax by Barco. Next generation Immersive Sound system* [White paper]. Barco. <https://docplayer.net/89819380-White-paper-auromax-next-generation-immersive-sound-system-rev-2-0-date-2015-nov-auro-technologies-nv-auromax-1-barco-nv.html>
- Dolby Laboratories. (2012). *Dolby Atmos: Next-Generation Audio for Cinema* [White paper]. <https://www.hollandfilmnieuws.nl/files/whitepaper-dolbyatmos.pdf>
- Garity, W. E., & Hawkins, J. N. A. (1941). Fantasound. *Journal of the Society of Motion Picture Engineers*, 37(8), 127–146. <https://doi.org/10.5594/J12890>
- Inglis, S. (2022). An Introduction To Immersive Audio. *Sound on Sound*. <https://www.soundonsound.com/techniques/introduction-immersive-audio> [in English].
- Matsui, K. (2015). 22.2 Multichannel Sound Reproduction System for Home Use. *Broadcast Technology*, 59, 10–17. <https://www.nhk.or.jp/str/english/publica/bt/59/3.html> [in English].
- Pfanzagl-Cardone, E. (2020). *The Art and Science of Surround and Stereo Recording. Including 3D Audio Techniques*. Springer.
- Rothermich, E. (2021). *Mixing in Dolby Atmos – #1 How it works: A different type of manual – the visual approach*. Independently Published.
- Sergi, G. (2013). Knocking at the door of cinematic artifice: Dolby Atmos, challenges and opportunities. *The New Soundtrack*, 3(2), 107–121. <https://doi.org/10.3366/sound.2013.0041>
- What is the difference between DTS:X and DTS:X Pro? (2021, April 27). *Trinnov*. <https://www.trinnov.com/en/blog/posts/what-is-the-difference-between-dts-x-and-dts-x-pro/>

## References

- Auro technologies. (2015). *Auromax by Barco. Next generation Immersive Sound system* [White paper]. Barco. <https://docplayer.net/89819380-White-paper-auromax-next-generation-immersive-sound-system-rev-2-0-date-2015-nov-auro-technologies-nv-auromax-1-barco-nv.html> [in English].
- But, O. V. (2015). Tvorcheskaya aranzhirovka zvukovogo polya v prostranstvennykh sistemakh [Creative organization of the sound field in surround systems]. *Notes on Art Criticism*, 28, 195–204 [in Russian].
- Dolby Laboratories. (2012). *Dolby Atmos: Next-Generation Audio for Cinema* [White paper]. <https://www.hollandfilmnieuws.nl/files/whitepaper-dolbyatmos.pdf> [in English].
- Garity, W. E., & Hawkins, J. N. A. (1941). Fantasound. *Journal of the Society of Motion Picture Engineers*, 37(8), 127–146. <https://doi.org/10.5594/J12890> [in English].
- Inglis, S. (2022). An Introduction To Immersive Audio. *Sound on Sound*. <https://www.soundonsound.com/techniques/introduction-immersive-audio> [in English].
- Matsui, K. (2015). 22.2 Multichannel Sound Reproduction System for Home Use. *Broadcast Technology*, 59, 10–17. <https://www.nhk.or.jp/str/english/publica/bt/59/3.html> [in English].
- Mozhenko, M. V. (2022, March 23–24). Novitni formaty prostorovoho zvuku [The latest spatial sound formats]. In *Україна у світових глобалізаційних процесах: Культура, економіка, суспільство* [Ukraine in the world globalization processes: Culture, economy, society] [Proceedings of the Conference] (Pt. 1, pp. 171–174). KNUCA Publishing Centre [in Ukrainian].
- Pecheranskyi, I., & Yeremenko, L. (2023). Audiostriminh yak trend rozvytku audiovizualnykh tekhnolohii ta yoho vplyv na suchasnu muzychnu industriiu [Audio Streaming as a Trend in the Development of Audiovisual Technologies and Its Impact on the Modern Music Industry]. *Bulletin of KNUKіM. Series in Arts*, 48, 26–32. <https://doi.org/10.31866/2410-1176.48.2023.282435> [in Ukrainian].
- Pfanzagl-Cardone, E. (2020). *The Art and Science of Surround and Stereo Recording. Including 3D Audio Techniques*. Springer [in English].
- Poplavskiy, M. M., & Trach, Yu. V. (2022). Tsyfrovizatsiia muzychnoi industrii: Tendentsii i perspektyvy [Digitalization of the music industry: Trends and prospects]. *National Academy of Managerial Staff*



- of *Culture and Arts Herald*, 2, 30–39. <https://doi.org/10.32461/2226-3209.2.2022.262202> [in Ukrainian].
- Riazantsev, L. (2016, April 18). Pershi kroky prostorovoho zvuku v kino [The first steps of spatial sound in cinema]. In *Mystetstvoznnavstvo. Sotsialni komunikatsii. Mediapedahohika* [Art history. Social communications. Media pedagogy] [Proceedings of the Conference] (pp. 168–172). KNUCA Publishing Centre [in Ukrainian].
- Riazantsev, L. (2017, April 24). Rol zvukovykh tekhnolohii v suchasni zvukorezhysuri [The role of sound technologies in modern sound engineering]. In *Mystetstvoznnavstvo. Sotsialni komunikatsii. Mediapedahohika* [Art history. Social communications. Media pedagogy] [Proceedings of the Conference] (pp. 131–136). KNUCA Publishing Centre [in Ukrainian].
- Rothermich, E. (2021). *Mixing in Dolby Atmos – #1 How it works: A different type of manual – the visual approach*. Independently Published [in English].
- Sergi, G. (2013). Knocking at the door of cinematic artifice: Dolby Atmos, challenges and opportunities. *The New Soundtrack*, 3(2), 107–121. <https://doi.org/10.3366/sound.2013.0041> [in English].
- What is the difference between DTS:X and DTS:X Pro? (2021, April 27). *Trinnov*. <https://www.trinnov.com/en/blog/posts/what-is-the-difference-between-dts-x-and-dts-x-pro/> [in English].
- Zheliezniak, S. (2019). Osoblyvosti vykorystannia zvuku v suchasnomu telebachenni i multimedia [The Use of Sound in Contemporary Television and Multimedia: Selected Features]. *Artistic Culture. Topical Issues*, 15(2), 22–27. [https://doi.org/10.31500/1992-5514.15\(2\).2019.186120](https://doi.org/10.31500/1992-5514.15(2).2019.186120) [in Ukrainian].

## The Evolution of Spatial Sound Formats in Cinema and Streaming Service Content

Mykola Mozhenko<sup>1\*</sup>, Lev Riazantsev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kyiv National University of Culture and Arts, Kyiv, Ukraine

**Abstract.** *The aim of the article* is to study the development of spatial and immersive sound formats in the cinema, music industry, and streaming services, the means of their aesthetic expression, and their impact on the audience. **Results.** Spatial sound has now become the standard for use in contemporary cinema and various streaming services. It provides audiovisual works with new creative means of expression, enriching the film's sound palette with depth and brightness. Immersive sound allows for a complete immersion of the audience in the film's sound space, intensifies emotional impact, and offers viewers new aesthetic experiences. The article traces the evolution of audio technologies in cinema and streaming services. It is noted that the development of spatial sound technologies is moving towards maximum approximation to the natural human perception of sound. *The scientific novelty* of the article lies in the fact that for the first time, the process of evolution of spatial sound formats in cinema and streaming services is considered as a special technological and aesthetic phenomenon that allows viewers to increasingly "immerse" themselves in the sound space of audiovisual works. **Conclusions.** The development of audiovisual technologies, from the first films to contemporary spectacular blockbusters, has been aimed at achieving the effect of disappearing the aesthetic barrier between the audience and the virtual world of the screen. This was achieved not only by increasing the size of the screen itself, which allowed the viewers' field of vision to be covered as much as possible, but changes in the soundtrack of films were also aimed at expanding the audio space perceived by the audience. Initially, it was a flat monaural sound coming from the centre of the cinema screen, then gradually there was a transition to stereo sound, and then to the surround formats Dolby Digital, DTS, SDDS. The immersive sound of Dolby Atmos, DTS:X, and Auro-3D formats added the ability to place audio objects in the vertical plane, allowing filmmakers to create a highly realistic sound atmosphere. The music and gaming industries, as well as video and audio streaming services, also began to implement spatial sound, not only for the sake of interesting acoustic effects but also to find new creative means of expression.

**Keywords:** surround sound; immersive sound; Fantasound; Dolby Digital; Dolby Atmos; DTS; binaural sound

### Відомості про авторів

**Микола Моженко**, старший викладач, Київський національний університет культури та мистецтв, Київ, Україна, ORCID iD: 0000-0003-4070-3301, e-mail: mozhenko@gmail.com

**Лев Рязанцев**, доцент, заслужений працівник культури України, Київський національний університет культури та мистецтв, Київ, Україна, ORCID iD: 0000-0003-1452-9602, e-mail: l.ryazancev2016@gmail.com

**Information about the authors**

**Mykola Mozhenko\***, Senior Lecturer, Kyiv National University of Culture and Arts, Kyiv, Ukraine, ORCID iD: 0000-0003-4070-3301, e-mail: mozhenko@gmail.com

**Lev Riazantsev**, Associate Professor, Honoured Worker of Culture of Ukraine, Kyiv National University of Culture and Arts, Kyiv, Ukraine, ORCID iD: 0000-0003-1452-9602, e-mail: l.ryazancev2016@gmail.com

\* Corresponding author

