

**КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ
КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ
«АКАДЕМІЯ МИСТЕЦТВ ІМЕНІ ПАВЛА ЧУБИНСЬКОГО»
Кафедра музичного мистецтва естради**

КВАЛІФІКАЦІЙНА (ДИПЛОМНА) РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр

На тему:

**«Поєднання традиційних та сучасних високотехнологічних
підходів в роботі звукорежисера»**

Галузь знань 02 «КУЛЬТУРА І МИСТЕЦТВО»

Спеціальність 025 "МУЗИЧНЕ МИСТЕЦТВО"

Освітньо-професійна програма: «ЗВУКОРЕЖИСУРА»

Професійна кваліфікація: 2455.2 Звукорежисер; 2453.2 Музичний оформлювач

Виконав:

Студент випускної групи 4-БЕМ(з)
Позніхіренко Кирило
Володимирович

Керівник:

Кандидат мистецтвознавства, доцент
кафедри музичного мистецтва естради
Овсянніков Вячеслав Георгійович

Допустити до захисту

Протокол засідання кафедри від «___» _____ 2025 р. № _____

Завідувач кафедри музичного мистецтва естради

(_____) Карпенко-Боднарук Ж. Л.
(підпис)

Київ 2025

Зміст

| | |
|--|-----------|
| Вступ | 3 |
| Розділ 1. Технології звуку: історичний контекст | 5 |
| 1.1 Історія розвитку технологій звукозапису | 5 |
| 1.2 Пристрої оброблення звукових сигналів | 11 |
| 1.3 Історія розвитку концертної звукорежисури | 17 |
| Розділ 2. Традиційні та сучасні технології звуку сьогодні | 21 |
| 2.1 Застосування аналогових та цифрових мікшерних пультів | 21 |
| 2.2 Обробка звуку | 24 |
| 2.3 Застосування легендарних та сучасних мікрофонів | 27 |
| Висновки | 30 |
| Список використаних джерел | 32 |

Вступ

Розвиток звукотехнічних технологій є невід'ємною складовою еволюції як медіаіндустрії, так і технічного прогресу загалом. Прослідковується стійкий перехід від механічних і електромеханічних засобів фіксації звуку до складних цифрових систем, здатних забезпечити високу якість, гнучкість і мобільність у роботі з аудіосигналами. У кожен епоху розвиток звукотехніки відповідав на потреби часу, а її здобутки стали фундаментом для наступних технологічних проривів. Поєднання технічної еволюції, практичного досвіду і креативного підходу формує сучасне обличчя звукорежисури, яка залишається однією з найдинамічніших галузей культурно-креативного сектору.

Актуальність теми. В останнє десятиліття особливого значення в теорії та практиці маркетингових досліджень набуває розробка стратегій просування об'єктів і явищ індустрії розваг, зокрема музичної індустрії. Це зумовлено її динамічним розвитком, високим рівнем конкуренції та потребою в індивідуалізації маркетингових підходів. Музичний маркетинг є унікальною сферою, де кожен проєкт вимагає спеціального підходу, аби забезпечити впізнаваність і успішне позиціонування на ринку. Просування артистів, музичних заходів, продуктів звукозапису та цифрових медіаплатформ передбачає використання складних бізнес-механізмів, тісно пов'язаних із сучасними інформаційними технологіями, PR, аналізом медіаполя та поведінки споживачів.

Потреба в маркетингових рішеннях у сфері шоу-бізнесу значно зросла в умовах цифрової трансформації, коли традиційні методи взаємодії з аудиторією вже не дають очікуваного ефекту без новітніх підходів. Саме тому питання розробки ефективної маркетингової стратегії для організації діяльності в індустрії звукозапису є надзвичайно актуальним.

Мета дослідження — розробити проєкт організації шоу-бізнесу в сфері звукозапису та обґрунтувати його з теоретичної й практичної точок зору.

Завдання дослідження:

- визначити сутність та особливості стратегії маркетингу в індустрії звукозапису;
- дослідити ключові чинники просування артистів на ринку музичної продукції;
- сформулювати основну концепцію бізнес-проєкту студії звукозапису;
- розробити творчо-виробничий та організаційний план;
- побудувати фінансову модель та здійснити оцінку можливих ризиків.

Об'єкт дослідження — процес організації шоу-бізнесу в індустрії звукозапису.

Предмет дослідження — теоретичні, методичні та практичні аспекти проєктування ефективної маркетингової стратегії в індустрії звукозапису.

Теоретичне та практичне значення роботи. Теоретичне значення виявлене у аналізі переходу від механічних і електромеханічних засобів фіксації звуку до складних цифрових систем. Практичне значення роботи полягає у виявленні співіснування аналогових та цифрових технологій в роботі звукорежисера сьогодення.

Методи дослідження.

Для досягнення мети застосовано загальнонаукові та спеціальні методи: аналіз наукової літератури, контент-аналіз публікацій у ЗМІ та соціальних мережах, експертні інтерв'ю, спостереження, елементи бізнес-проєктування. Комплексний підхід дозволив охопити різні аспекти функціонування музичної індустрії в умовах цифрової епохи. Міждисциплінарний підхід забезпечив інтеграцію знань з економіки, культурології, соціології, музикознавства. Історико-порівняльний підхід дав змогу зіставити вітчизняний та зарубіжний досвід організації звукозапису і маркетингу в шоу-бізнесі. Структура роботи. Дипломна робота складається зі вступу, двох розділів, висновків та списку використаних джерел.

Розділ 1. Технології звуку: історичний контекст

1.1 Історія розвитку технологій звукозапису

Історія звукозапису розпочалася у XIX столітті з винайдення перших приладів, здатних фіксувати та став американський винахідник Томас Едісон, який 1877 року створив фонограф – пристрій, що записував звук механічним способом на циліндр криттям. Цей перший механічний запис звуку ознаменував початок акустичної ери звукозапису. У 1888 р. німецький інженер Еміль Берлінер розробив грамофонну платівку і грамофон, дозволивши тиражувати звукозаписи на дисках. Таким чином, наприкінці основи індустрії звукозапису: механічні технології фіксації звуку відкрили можливість зберігати звукову інформацію та відтворювати її масово.

На межі XIX–XX ст. розпочалися експерименти з електричними та оптичними методами запису. Вже 1889 р. російський учений О. Ф. Віксемський сконструював апарат для оптичного запису звуку на фоточутливій стрічці. Цей метод перетворював звукові коливання спершу на електричні, а потім на змінний світловий сигнал, що фіксувався як фотографічна фонограма. У 1900 р. було ення звуку з такої фотограмі (І. Л. Поляків), а надалі оптичний запис розвинувся для кіно: у 1928 р. П. Г. Тагер і А. Ф. Шорін впровадили технологію запису звуку на кіноплівці. Паралельно удосконалювалися електричні методи: з початку 1920-х років поширюється застосування електричних мікрофонів і підсилювачів для запису на диски (початок електричної ери звукозапису). Наприклад, запровадження системи Western Electric у 1925 р. дозволило електрично посилювати сигнал мікрофона перед гравіюванням платівки, значно підвищивши якість і діапазон частот запису. Таким чином, механічний спосіб у 1920-х ппився електро-механічному: замість чисто акустичного запису через рупор застосовувались мікрофони та електронні тракти обробки сигналу.

Третім ключовим етапом стала поява магнітного способу запису. Данський фізик Вальдемар Поульсен 1898 р. запропонував здійснювати запис звуку на ст допомогою магнітного намагнічування. Ця ідея отримала практичне втілення

значно пізніше: лише у 1930–40-х рр. магнітний запис набув розвитку завдяки магнітофонній стрічці. У 1928 р. замість сталевого дроту почали використовувати стрічку з нанесеним шаром феромагнітного порошку; згодом паперову основу стрічки замінили ацетатною, а після Другої світової війни – лавсановою (пластиковстрічка забезпечила значно довший і якісніший запис, можливість монтажу звуку і перезапису. Від середини ХХ ст. катушкові магнітофони стали основним інструментом студійного звукозапису, домінуючи до 1970-х років. З появою магнітного запису відкрилися нові можливості: багатодоріжковий запис (вперше реалізований Лесом Полом), стереофонічний запис на 1950-х), що суттєво підвищило якість і творчий потенціал звукорежисури [13].

Четвертим якісним стрибком в історії стали цифрові технології. Передумовою цього було винайдення транзистора (1947 р.) та розробка методів перетворення аналогового сигналу на цифровий (імпульсно-кодова модуляція, приблизно з 1950-х). Перші експериментальні цифрові звукозаписи з'явилися у 1960-х (наприклад, компанія NHK у Японії здійснила цифровий запис у 1969 р.), а комерційно цифровий запис дебютував у 1970-х роках. Зокрема, 1977 р. випущено перший рибратор ЕМТ 250 – один із перших цифрових аудіоприладів у студії. Кульмінацією цифрової ери стало впровадження компакт-диска: у 1982–1983 рр. компанії Philips та Sony представили оптичний диск для аудіо (CD) як носій, що читався лазерним променем. Цифровий звукозапис принципово відрізняється від аналогового, оскільки замість безперервних коливань зберігає сигнал як числові дані, дискретні відліки амплітуди. Поява цифрових носіїв (CD, DAT, MD) і формату MP3 у кінці ХХ ст. призвела до справжньої революції в індустрії: стало можливим безкоштовно копіювати записи, редагувати їх на комп'ютері, передавати через мережу Інтернет. Таким чином, можна виділити кілька епох розвитку звукозапису – акустичну, електричну, магнітну та цифрову, кожна з яких базується на нових технологічних принципах і відкриває ширші можливості для звукорежисерів [19].

Загалом історія технологій звукозапису демонструє поступовий перехід від суто механічних методів до електронних аналогових, а згодом – до цифрових систем. Кожен етап характеризувався зростанням точності й діапазону

відтворюваних частот, підвищенням відношення сигнал/шум та зручності монтажу звуку. Якщо фонограф Едісона фіксував лише вузький спектр частот і давав низьку гучність, то сучасні цифрові системи здатні передати увесь чутний діапазон з мінімальними спотвореннями. Важливо зазначити, що жодна нова технологія повністю не витіснила попередні: деякі традиційні методи співіснують із сучасними і сьогодні. Наприкладнілові платівки досі цінуються аудіофілами за «тепле» звучання, а стрічкові магнітофони використовуються для досягнення певного характеру саунду на студіях, тоді як основний потік виробництва муна цифрові робочі станції. Отже, еволюція звукозапису – це процес накопичення технологій, які комбінуються і доповнюють одна одну. Комплексний огляд розвитку звукотехніки представлений у хронологічних довідниках AES та фундаментальній літературі з звукорежисури [14].

Основу технічного оснащення студії звукозапису складають пристрої, що забезпечують повний цикл роботи зі звуковим сигналом: його захоплення (мікрофони, звукознімачі), обробку (мікшерні пульти, процесори сигналу, компресори, комп'ютерні плагіни тощо), фіксацію (аналогові рекордери, жорсткі диски) і відтворення (студійні монітори, спеціалізовані акустичні системи). У даному розділі розглянемо першу групу пристроїв – мікрофони. Повна класифікація та всі технічні особливості цих пристроїв у межах цього дослідження не розглядаються; зупинимось лише на ключових характеристиках, які дозволяють оцінити якість мікрофона та його придатність до певних завдань [7].

Мікрофон виконує функцію перетворення звукових хвиль (змін звукового тиску) у електричні сигнали. У відповідності до основ електроакустики, мікрофон можна охарактеризувати низкою технічних параметрів, які дозволяють зробити висновки про його ефективність у конкретному середовищі. Однією з головних характеристик є чутливість, яка вимірюється у мілівольтах на паскаль (мВ/Па). Вона вказує на те, наскільки ефективно мікрофон перетворює звуковий тиск у електричний сигнал. Чутливість визначають як електрорушійну силу без навантаження або як рівень напруги, що виникає на стандартному опорі

під впливом тиску 1 Па на чутливий елемент мікрофона. Стандартне значення чутливості приймається рівним $E = 1$ мВ/Па [2].

У мікрофонів різних типів цей показник варіюється: у динамічних мікрофонів – від 1 до 2 мВ/Па, а в конденсаторних – від 10 до 15 мВ/Па. Також варто враховувати, що рівень чутливості залежить від частоти звукового сигналу. Візуально цю залежність представляють у вигляді частотної характеристики мікрофона. Ще одним важливим параметром є діаграма спрямованості, яка відображає, наскільки мікрофон здатен реагувати на джерела звуку, розміщені в різних просторових положеннях. Цей показник значною мірою залежить від конструкції капсули мікрофона – основного елемента, що визначає характер його спрямованості [7].

Діаграму спрямованості зазвичай будують у полярній системі координат. При цьому вісь мікрофона ($0-180^\circ$), що проходить фронтально або перпендикулярно до його лицьової поверхні, використовується як основна. Відповідно до напрямку звуку відкладають відрізки, пропорційні чутливості мікрофона у відповідних напрямках.

У практиці звукозапису використовуються мікрофони з різними діаграмами спрямованості, однак серед них найпоширенішими є три основні типи: кругова, кардіоїдна та двонаправлена («вісімка»). Кругова (омнідирекційна) діаграма передбачає однакову чутливість мікрофона до звукових сигналів, що надходять з будь-якого напрямку. Такий тип мікрофонів зручно застосовувати у приміщеннях із якісною акустичною обробкою, оскільки він фіксує не тільки прямий звук, а й відбиті сигнали з довкілля. Кардіоїдна діаграма спрямованості забезпечує підвищену чутливість до джерел, розташованих перед мікрофоном, і значно зменшену — до джерел позаду. Саме тому такі моделі особливо ефективні у студіях із недостатнім рівнем шумоізоляції або під час запису вокалу, коли потрібно мінімізувати небажані звуки з оточення. Тип спрямованості «вісімка» (двонаправлена) характеризується високою чутливістю до сигналів з фронтальної та тилової сторони і практично повною нечутливістю до звуків, що надходять з боків [7]. Цей тип використовується у

випадках, коли необхідно записати одразу два джерела, розташовані напроти одне одного, наприклад — у дуетах або для підвищення чіткості відбитих звуків при кімнатному записі.

У сучасній звуковій індустрії найпоширенішими є мікрофони двох типів — динамічні та конденсаторні. Хоча існують й інші різновиди (наприклад, електретні), вони використовуються рідше. У професійних студіях основний акцент робиться саме на конденсаторних мікрофонах завдяки їх високій чутливості та широкому частотному діапазону.

Динамічні мікрофони функціонують за принципом електромагнітної індукції. Вони поділяються на дві основні групи: котушкові та стрічкові. У 1920–1930-х роках саме стрічкові мікрофони були провідними у сфері радіомовлення та студійного запису. Однак з часом їх витіснили конденсаторні моделі, переважно через ряд недоліків. Стрічкові мікрофони відзначаються низьким вхідним опором, що зумовлює додавання значної кількості шумів у сигнал при підсиленні. До того ж, вони є найбільш крихкими серед усіх типів мікрофонів, тому не витримують механічних впливів [7].

Ще одним фактором, що обмежує точність відтворення сигналу динамічними мікрофонами, є маса їх мембрани — вона суттєво більша, ніж у конденсаторних, що призводить до меншої точності передачі швидких звукових імпульсів та зниженої чутливості у високочастотному діапазоні.

Серед основних переваг динамічних мікрофонів можна виокремити наступне:

1. Високий рівень допустимого звукового тиску, що дозволяє безпечно використовувати їх для запису гучних джерел, таких як підсилювачі електрогітар;
2. Міцна і зносостійка конструкція, що робить їх придатними для використання у концертних умовах, на репетиціях і під час виїзних сесій;
3. Низька чутливість, що зменшує ризик виникнення зворотного зв'язку та підвищує захищеність від зовнішніх шумів.

Втім, динамічні мікрофони мають і певні недоліки:

1. Їх звук дещо поступається конденсаторним моделям у прозорості, деталізації та природності;
2. Обмежений частотний діапазон, що зазвичай охоплює 50 Гц – 15 кГц;
3. Менша точність у передачі тембральних відтінків звучання, що особливо помітно при записі вокалу чи акустичних інструментів.

У студійній практиці динамічні мікрофони зазвичай застосовуються для запису джерел звуку з високим рівнем гучності, таких як електрогітари, бас-гітари, ударні установки. Вони також широко використовуються для запису вокалу в жанрах рок або метал, а також у випадках, коли студія не має належної звукоізоляції [7].

Конденсаторний мікрофон працює на основі принципу зміни ємності конденсатора. Його конструкція включає дві обкладки, одна з яких виготовлена з гнучкого матеріалу, що реагує на звукові коливання. Під час дії звукових хвиль відстань між обкладками змінюється, що призводить до коливань ємності. Якщо конденсатор заряджений, зміна ємності викликає зміну електричної напруги — саме ця напруга і становить корисний вихідний сигнал мікрофона. Для забезпечення роботи конденсаторного мікрофона необхідна поляризуюча напруга, яку зазвичай подають у вигляді так званого фантомного живлення (стандартне значення – 48 В) [23]. Це живлення також необхідне для функціонування вбудованого підсилювача, який присутній у більшості моделей цього типу.

Серед основних переваг конденсаторних мікрофонів можна виділити:

1. Значно ширший частотний діапазон, що забезпечує точнішу передачу звукових нюансів;
2. Велике різноманіття форм-факторів — існують як великі студійні моделі, так і надкомпактні варіанти;
3. Висока чутливість, яка забезпечує прозоре, деталізоване та природне звучання. Саме цей параметр робить конденсаторні мікрофони особливо популярними у студійному записі вокалу та акустичних інструментів.

Разом з тим, конденсаторні мікрофони мають і низку недоліків:

1. Необхідність в зовнішньому живленні — зазвичай це фантомне живлення 48 В, що обмежує можливості використання в деяких польових умовах;
2. Крихкість конструкції — ці мікрофони є досить делікатними і легко піддаються механічним пошкодженням;
3. Вразливість до змін мікроклімату — перепади температури та підвищена вологість можуть спричинити тимчасові збої в роботі або навіть повне виходження пристрою з ладу.

Для забезпечення стабільного положення мікрофона та усунення небажаних вібрацій у процесі запису застосовуються спеціальні кріплення, які називаються «павуками». Окрім того, для зменшення впливу вибухових приголосних звуків типу «б» або «п», а також для захисту капсули від надмірного звукового тиску, використовуються поп-фільтри [12].

1.2 Пристрої оброблення звукових сигналів

Після того як звуковий сигнал був зафіксований мікрофоном або іншим пристроєм захоплення, він надходить через попередній підсилювач до наступного етапу — обробки та контролю. Проте перед тим, як сигнал потрапляє до основного пристрою контролю — мікшерного пульта — він часто проходить через ряд додаткових приладів, які забезпечують попередню обробку аудіосигналу з метою поліпшення його якості та придатності до подальшого мікшування [21].

Обробні пристрої умовно поділяються на дві основні категорії залежно від їхнього фізичного розташування відносно мікшерного пульта. Перший тип — це так звані «on board» (вбудовані) процесори, які інтегровані безпосередньо у сам мікшерний пульт. Такий підхід характерний для більшості сучасних цифрових консолей, де численні функції обробки сигналу вже закладені в програмне забезпечення та не потребують зовнішніх з'єднань. Другий тип — це «out board» (зовнішні) пристрої, які фізично підключаються до мікшера через аудіоінтерфейси або аналогові лінії. У цифрових системах кордон між цими двома категоріями

дедалі більше стирається, оскільки внутрішні DSP-модулі здатні забезпечити ті ж функції, що й апаратні блоки [7].

Серед зовнішніх обробників особливе місце займають пристрої динамічної обробки, які впливають на амплітудні характеристики сигналу. Найбільш поширеними з них є компресор, лімітер, експандер і гейт. У багатьох випадках декілька з цих функцій можуть бути реалізовані в межах одного пристрою — комбінованого блоку динамічної обробки (наприклад, модуль типу 4-в-1, як на рис. 4.1).

Компресор — це пристрій, призначений для зменшення динамічного діапазону сигналу. Він автоматично знижує рівень гучності у тих моментах, коли сигнал перевищує встановлений поріг. Така обробка дозволяє вирівняти звук, зробити його менш «скачкоподібним» і більш керованим у міксі. Існують різновиди компресорів, що працюють на лампових, транзисторних або цифрових схемах — кожен із цих варіантів має свої особливості у звучанні та швидкості реакції.

Експандер, навпаки, діє протилежно до компресора: він розширює динамічний діапазон, зменшуючи рівень тихих звуків. Зокрема, цей пристрій дозволяє зменшити інтенсивність фонових шумів або небажаних низькорівневих компонентів у сигналі, що особливо корисно при записі вокалу або акустичних інструментів у недостатньо контрольованих умовах [7].

Лімітер — це ще один пристрій динамічної обробки, який слугує бар'єром для максимальної гучності: він жорстко обмежує рівень сигналу, не дозволяючи йому перевищити заздалегідь задане значення. Лімітер часто є останнім етапом обробки перед мастеринговим трактом або перед підсилювачами потужності, аби запобігти спотворенням або перевантаженням акустичних систем. По суті, він є вузькоспеціалізованою формою компресора з високим коефіцієнтом стиснення [7].

Шумовий гейт (noise gate) — це пристрій, що дозволяє відсікати сигнали, рівень яких не досягає заданого порогового значення. Його використовують для усунення небажаних звуків під час пауз, наприклад, дихання виконавця або шуму апаратури. Крім того, гейт здатний обрізати «хвіст» звукового сигналу, завдяки

чому запис звучить чіткіше і більш зібрано. Така функція є особливо корисною при роботі з ударними інструментами або вокалом у щільному міксі [7].



*Рисунок 4. 1 – Професійний студійний 2-х каналний компресор / лімітер / гейт
Drawmer DL241 XLR EX*

До основних засобів частотної обробки аудіосигналу належать еквайзери, які виконують функцію корекції амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) звуку в заданому діапазоні частот. Вони поділяються на два основні типи – графічні та параметричні.

Графічний еквайзер — це пристрій, який дозволяє змінювати рівень сигналу у фіксованих частотних діапазонах, що мають заздалегідь визначену центральну частоту та добротність. Такі еквайзери зазвичай мають 31 смугу і тому часто називаються третьоктавними. Основне їхнє призначення полягає в точному налаштуванні звучання акустичних систем, зокрема — в усуненні піків або провалів у частотному спектрі, а також у боротьбі з явищем акустичного зворотного зв'язку [7; 15].

Параметричний еквайзер є більш гнучким інструментом частотної корекції, що дозволяє не лише обирати центральну частоту обробки, а й регулювати ширину смуги (добротність) та ступінь підсилення або ослаблення сигналу в межах заданого частотного діапазону. Саме завдяки цій можливості параметричні еквайзери широко використовуються як у студійній роботі, так і в концертному звуковому оформленні, забезпечуючи більш точне налаштування звукового образу [7].



Рисунок 4. 2 – Процесор ефектів DBX DriveRack 4800 з вбудованими графічним та параметричним еквайзером

Сучасні звукові процесори часто поєднують у собі різні типи обробки сигналу, зокрема частотну та модуляційну. До прикладу, в моделі DBX DriveRack 4800 (рис. 4.2) реалізовано функціонал як графічного, так і параметричного еквайзера. Зокрема, на кожному вхідному каналі пристрою доступні 31-смуговий графічний еквайзер та 9-смуговий параметричний, що забезпечує широкі можливості для детальної частотної корекції [16]. Така гнучкість дозволяє ефективно адаптувати акустичні системи до різних умов простору і уникати небажаних резонансів.

Окрім частотної корекції, у практиці звукозапису широко застосовуються прилади модуляційної обробки сигналу, які змінюють часові або фазові характеристики аудіо, створюючи тим самим специфічні просторові або текстурні ефекти.

Одним із найпоширеніших таких ефектів є хорус. Принцип його дії полягає у введенні в сигнал змінної часової затримки, внаслідок чого створюється враження, що звучить не один, а кілька інструментів одночасно. Такий ефект особливо цінується при обробці гітар, клавішних інструментів та вокалу, оскільки додає об'ємності та глибини звучанню.

Іншим популярним ефектом є фленжер, який за принципом дії подібний до хорусу, але має деякі ключові відмінності. Зокрема, у фленжері використовується зворотний зв'язок (feedback), а також створюються додаткові резонансні частоти, що надає звуку характерного металевого відтінку та періодичних фазових

коливань. Фленжер часто використовується для створення ефектів «змивання» або «плавання» у гітарному або вокальному звучанні [7].

Як приклад обладнання, призначеного для реалізації модуляційних ефектів, можна навести гітарний процесор ефектів, зображений на рис. 4.3. Такі пристрої часто включають кілька видів обробки одночасно — хорус, фленжер, фейзер, тремоло — і дозволяють музикантам налаштувати звучання у реальному часі.



Рисунок 4. 3 – Процесор ефектів Eventide ModFactor (27 модуляційних ефектів)

До важливих засобів обробки аудіосигналу належать прилади часової обробки, які впливають на тимчасові характеристики звуку з метою створення просторових ефектів або відчуття глибини звучання. До таких пристроїв відносяться ділей (delay) та ревербератор (reverb), які є невід’ємною частиною як студійної, так і концертної звукорежисури.

Ділей — це пристрій, який забезпечує ефект відлуння шляхом затримки аудіосигналу на короткий проміжок часу з подальшим його повторенням. Основною особливістю є можливість регулювання часу затримки, кількості повторів і рівня зворотного сигналу. Така обробка дозволяє створити ефекти просторового еха, повторення окремих фраз або інструментальних нот, а також змістити звучання у часі для досягнення ритмічної виразності.

Ревербератор, у свою чергу, моделює природне багаторазове відбиття звукової хвилі від поверхонь приміщення. Під час проходження звуку через середовище, він неодноразово відбивається від стін, стелі та підлоги, утворюючи

складний комплекс відлунь, що поступово згасають. Саме це створює відчуття простору, в якому відбувається звучання. Ревербератори дозволяють імітувати ревербераційні властивості конкретних середовищ — від маленьких кімнат до величезних концертних залів, соборів або природних ландшафтів, таких як гори. Деякі моделі здатні створювати спеціальні ефекти, зокрема звук під водою або глибокі кінематографічні реверберації [7].

Яскравим прикладом сучасного пристрою часової обробки є рековий ревербератор Lexicon MX200, представлений на рис. 4.4. Це двоканальний ефект-процесор у стандартному 1U корпусі, який адаптований як для студійної, так і для концертної роботи. MX200 підтримує декілька алгоритмів реверберації, включаючи hall, room, plate, spring, а також містить додаткові ефекти — затримку, хорус, фленжер. Завдяки зручному інтерфейсу користувача та простоті налаштування, цей пристрій активно використовується як професіоналами, так і початківцями [8].



Рисунок 4. 4 – Ревербератор Lexicon MX 200

Пристрої оброблення звукових сигналів відіграють ключову роль у формуванні якісного аудіоматеріалу як на етапі запису, так і під час подальшої обробки та мікшування. Вони дозволяють не лише контролювати динамічний діапазон сигналу (через компресори, лімітери, гейти), але й точно налаштувати його частотні характеристики (за допомогою графічних та параметричних еквайзерів), моделювати просторові ефекти (хоруси, фленжери), а також створювати глибину та атмосферу звучання через пристрої часової обробки — ділей і ревербератори. Сукупність цих засобів забезпечує гнучкість, точність і

креативність у роботі звукорежисера, а також дозволяє адаптувати аудіоматеріал до конкретних акустичних умов або художніх завдань.

1.3 Історія розвитку концертної звукорежисури

Розвиток технологій живого звуку відбувався паралельно з еволюцією звукозапису, але мав свої особливості. До винайдення електроакустичних єдиним засобом забезпечення чутності виступів була природна акустика залу [24]. Історично архітектори приділяли значну увагу акустичним властивостям театрів і концертних приміщень. Ще за часів Римської імперії амфітеатри будували з терасованими місцями для глядачів, що фокусували увагу та звук на сцені. Завдяки такій формі залу звук менше загасав і міг поширюватися на більшу відстань без електронного підсилення. У епоху класицизму і романтизму музиканти та композитори теж враховували акустику: для великих ревербераційних церков писали повільну величну хорову музику, для камерних зал – більш швидкі та чіткі твори. Отже, задовго до появи звукотехніки існували традиційні архітектурно-акустичні підходи до посилення звуку.

Ситуація докорінно змінилась з появою електричних систем підсилення звуку у ХХ столітті. Ключовими винаходами, що зробили можливим концертний звук, стали мікрофон, підсилювач та гучномовець. Перші кроки були зроблені наприкінці ХІХ – на початку ХХ ст.: так, 1875 р. Девід Едвард Г'юз сконструював вугільний мікрофон – пристрій, що перетворював звукові коливання на електричний сигнал. Хоча якість перших мікрофонів була обмеженою, сам принцип перетворення звуку на електрику став революційним. Подальші вдосконалення дали динамічні та конденсаторні мікрофони з ширшим частотним діапазоном і чутливістю. Вже до 1920-х рр. електричні мікрофони міцно ввійшли в практику звукопідсилення. Наступною підсилювач: 1906 р. Лі де Форест винайшов електронну лампу-тріод, здатну посилювати слабкий сигнал мікрофона. Використання лампових підсилювачів у радіо та телефонії швидко поширилося і на сферу публічних виступів. Третім необхідним елементом був гучномовець: у

1898 р. Олівер Лодж створив перший динамічний гучномовець (moving-coil loudspeaker), що перетворював електричний сигнал назад у звук за допомогою котушки в магнітному полі. До початку 1910-х всі три технологічні компоненти вже існували, проте знадобилося їх поєднання в єдину систему.

За загальноприйнятою історіографією, перша справжня система звуковРА) була продемонстрована 1915 року: інженери Едвін Прідгам та Пітер Дженсен (компанія *Magnavox*) об'єднали мікрофон, ламповий підсилювач і динамічний гучномовець, аби озвучити різдвяний виступ у Сан-Франциско для 100-тисячної аудиторії. Це було перше масове використання елекідсилення музики, яке довело життєздатність технології [4] . У 1920–1930-х роках системи публічного оповіщення і перші концертні звуковіастосовувалися повсюдно – наприклад, для кінопоказів (ера звукового кіно з 1927 р.) та на великих заходах. Винахід динамічного мікрофона з рухомою котушкою (Wente & Thuras, 1931 р.) та подальший розвиток гучномовців збільшили потужність і якість звуку. До кінця 1940-х електронні лампи було поступово замінено транзисторами – компактнішими і надійнішими елементами. Транзистор, винайдений 1947 р., зумовив появу транзисторних підсилювачів у 1960-х, що значно підвищило доступну вихідну потужність систем без громіздких ламп. Паралельно зі збільшенням електричної потужності, зростав і розмір концертних систем: якщо в 1930-х вистачало кількох гучномовців для танцювальної зали, то рок-концерти 1960-х вимагали десятків підсилювачів і колонок.

Показовим моментом стало проведення перших стадіонних концертів. 15 серпня 1965 р. гурт The Beatles виступив на стадіоні Shea в Нью-Йорку перед 55-тисячною аудиторією – цей концерт часто називають першим в історії рок-стадіоном. Звукова апаратура того часу виявилась недостатньою: гурт використовував лише підсилювачі по 100 Вт та кілька стовпчастих колонок, через що більшість глядачів ледве чула музику, а самі музиканти майже не чули себе на сцені під крики фанатів. Цей випадок продемонстрував нагальну потребу у значно потужніших та досконаліших системах для великих майданчиків. Уже наприкінці 1960-х ентузіасти по обидва боки Атлантики (зокрема компанії JBL, Altec, Vox

тощо) почали розробляти спеціалізовані концертні акустичні системи підвищеної потужності. 1970-ті роки стали переломними: виникла професія «туровий звукорежисер», з'явилися модульні звукові системи для гастролей. У цей період були акі інновації, як багатосмугові підсилювачі та кросовери для розділення частот по різних акустичних системах (сабвуфери, середньочастотні та високочастотні кластери), а також моніторні системи на сцені для музикантів. Спершу моніторинг здійснювався через підлогові клітини (wedge monitors), пізніше, 1987 року, з'явилися персональні внутрішньовушні монітори (ІЕМ) – бездротові системи, що дозволили музикантам чути себе навіть на великих сценах без зайвого шуму.

З 1980-х років концертна звукотехніка стрімко перейшла на новий рівень керування завдяки цифровим технологіям. 1987 року було представлено перший комерційний цифровий мікшерний пульт (Dynacord DSP 600, за іншими даними – Yamaha DMP7) [2]. Цифрові консолі відкрили звукорежисерам нові можливості: збереження пресетів налаштувань, вбудовані ефекти та процесори, компактність і дистанційне керування. Водночас у сфері акустичних систем відбулася наступна революція – поява лінійних масивів. Традиційні «пучкові» колонки мали обмежений радіус дії: звуковий тиск різко спадав з відстанню. Line array технологія, запропонована інженером Крістіаном Хейлом (L-Acoustics) у 1993 р., полягала у вертикальному підвісі багатьох однакових гучномовних модулів, фази випромінювання яких узгоджені. Лінійний масив формує циліндричний фронт хвилі, забезпечуючи рівномірніше покриття дальніх рядів і менше згасання звуку. Лінійні масиви є стандартом для озвучення арен і стадіонів, оскільки вони дають високу чіткість і потужність звуку на великих відстанях.

Розвиток концертної звукорежисури пройшов шлях від суто традиційних акустичних методів до високотехнологічних комплі. На початку ХХ ст. поява мікрофона, підсилювача і гучномовця започаткувала звукопідсилювальну еру, дозволивши охопити і аудиторії. В середині століття з'явилися все потужніші системи, здатні задовольнити вимоги гучної епохи рок-н-ролу. В останні десятиліття основний акцент змістився на цифрове керування звуком: сучасні концерти використовують цифрові мікшери, мережеві протоколи передавання

звуку, коорделювання акустики залу тощо. Але при цьому багато класичних рішень – принципи розташування акустичних систем, типові схеми озвучення, ні» моделі мікрофонів чи колонок – залишаються актуальними [15]. Сьогоднішній звукорежисер концерту поєднує в роботі надбання усіх попередніх епох: від розуміння акустики приміщень (традиція, що йде від амфітеатрів) до володіння новітніми цифровими консолями. Такий синтез підходів дозволяє забезпечити максимальну якість звуку для слухача. Сучасний стан галузі детально висвітлений у професійній літературі та історичних оглядах, що підкреслюють важливість як спадкоємності традицій, так і впровадження інновацій.

Розділ 2. Традиційні та сучасні технології звуку сьогодні

2.1 Застосування аналогових та цифрових мікшерних пультів

Мікшерний пульт є центральним інструментом практично кожного звукового комплексу, особливо в концертній діяльності. Недарма його часто називають «серцем» звукової системи. Саме через пульт звукорежисер отримує контроль над усіма джерелами звуку: мікрофонами, інструментами, відтворюваними фонограмами тощо. Класичний аналоговий мікшер – це електронний пристрій, що приймає кілька вхідних сигналів, дозволяє регулювати їхні параметри (рівень гучності, тембр еквайзером, панораму тощо) і сумувати в один або кілька виходів. Аналогові пульти існують понад півстоліття і пройшли довгу еволюцію: від простих трьохканальних консолей 1950-х до великих 48-канальних студійних пультів типу *Neve* чи *SSL* у 1970–80-х рр. Їх головні переваги – це надійність, наочність керування та часто відзначавана «теплота» звучання аналогових схем. Багато звукорежисерів цінують аналогові консолі за характерний колорит, який вони додають до звуку: насичення гармоніками, м'яку компресію сигналу на лампорматорних каскадах тощо. Класичний приклад – легендарні студійні пульти *Neve 8048* чи *SSL 4000*, на яких записано безліч відомих альбомів: їхній аналоговий тракт став частиною «звукового почерку» епохи. Аналогові пульти також надають інтуїтивно зрозумілий інтерфейс: кожна функція має свою ручку або налаштування видно фізично перед очима, що дозволяє швидко вносити правки на слух у реальному часі [2].

Разом із тим аналогові консолі мають і обмеження. Збільшення кількості каналів робить їх великими за розміром та вагою; при підготовці різних заходів звукорежисеру доводиться щоразу наново виставляти позиції регуляторів вручну, оскільки автоматичного збереження налаштувань немає. Кожен аналоговий тракт також привносить невеликий власний шум і спотворення; у великих системах сумарний шум може бути відчутним. У кінці ХХ ст. на зміну аналоговим почали приходити цифрові мікшерні пульти. Цифровий мікшер, на відміну від

аналогового, здійснює обробку сигналів у цифровому вигляді – вбудований АЦП перетворює сигнал обробляється процесором і на виході знову перетворюється на аналоговий для акустичних систем. Перші цифрові пульти з'явилися наприкінці 1980-х, а вже у 1990-х вони стрімко вдосконалювались і почали завойовувати ринок живого звуку [5]. Переваги цифрових консолей очевидні: компактність і менша вага при великій кількості каналів, розширена функціональність (вбудовані ефекти, динамічна обробка, гнучка маршрутизація сигналів) та можливість збереження і швидкого виклику налаштувань (пресетів). Наприклад, сучасний цифровий пульт дозволяє заздалегідь підготувати мікси для кількох різних гуртів і перемикатися між ними натисканням кнопки, що надзвичайно зручно на фестивалях. Також цифрові пульти можуть керуватися віддалено – зі сценичного планшета по Wi-Fi або через комп'ютерну мережу, що дає звукорежисеру свободу пересування по залу при налаштуванні звуку. Цифрова обробка забезпечує високе відношення сигнал/шум та відсутність фону, оскільки всі корекції виконуються алгоритмами без додаткових аналогових каскадів. Більше того, один компактний цифровий мікшер може замінити цілу стійку зовнішніх процесорів, оскільки має вбудовані еквалайзери, компресори, ревербератори тощо [23].

Недоліки цифрових пультів також варто врахувати. По-перше, вони вводять невелику затримку (latency) сигналу через процес оцифрування та обробки, хоча в сучасних моделях вона мінімальна (порядку кількох мілісекунд) і майже непомітна на слух. По-друге, складність інтерфейсу: на відміну від традиційних аналогових консолей з окремими ручками на кожну функцію, цифрові мікшери часто вимагають перемикання шарів керування, роботи з меню на сенсорному екрані або комп'ютері. Це збільшує час навчання роботи з ними і може ускладнювати оперативні дії для непідготовленого оператора. Також деякі аудіофахівці відзначають, що цифровий звук має «стерильніший» характер: хоча технічно він точніший, бракує тих нелінійних артефактів, які надають «живості» аналогу. Втім, сучасні емуляції та алгоритми поступово згладжують цю різницю. Ще один аспект – залежність від програмного забезпечення: цифровий пульт фактично є комп'ютером, тому можливі збої чи «зависання» потребують резервних копій

налаштувань і уважності (аналоговий же пульт зазвичай або працює, або ні). Нарешті, ціна висококласних цифрових систем досі вища за аналогові аналоги через складність технології.

У практиці звукорежисури сьогодні нерідко використовують гібридний підхід: поєднують переваги обох типів пультів [23]. Наприклад, на студії можуть записувати звук через аналоговий мікшер або передпідсилювачі, щоб отримати характерний колорит і насичення, а зведення виконувати вже у цифровій аудіостанції (DAW). У концертній сфері іноді застосовують аналогові субмікшери для окремих груп інструментів (скажімо, барабанів), подаючи їх стереовихід на цифровий головний пульт – це дозволяє швидко керувати сумарним «теплим» аналоговим звуком барабанів і водночас мати гнучкість цифрової обробки для всього міксу. Деякі виробники випускають аналогово-цифрові гібриди [5]: наприклад, аналогові консолі з моторизованими фейдерами і цифровим керуванням, які зберігають аналоговий тракт сигналу, але можуть запам'ятовувати положення ручок і керуватися через комп'ютер. Хоча такі системи дорогі і менш поширені, сам тренд показує прагнення галузі об'єднати найкраще з обох світів. В цілому, вибір між аналогом і цифрою залежить від конкретних вимог проекту. У невеликому клубі з обмеженим бюджетом може вистачити простого аналогового пульта, тоді як для туру відомого артиста з жорстким графіком налаштувань незамінним буде цифровий мікшер із пам'яттю параметрів. Як зазначає відома саунд-продюсерка Марта Салогні, що полюбляє аналогове обладнання, – сьогодні вона здебільшого працює «в цифрі», адже це і швидше, і дешевше, без компромісів щодо якості [12]. Завдяки сучасним технологіям, навіть бюджетний звукоінженер має доступ до рівня гнучкості й якості, неможливого раніше. При цьому традиційні аналогові пульти не зникають: їх як і раніше цінують за надійність та особливе звучання, тому у професійних студіях і на великих майданчиках часто можна побачити і ті, й інші – кожен виконує свою роль у загальному комплексі [23].

2.2 Обробка звуку

Технології обробки аудіосигналу пройшли шлях від суто електромеханічних пристроїв до повністю комп'ютеризованих систем. Традиційні методи обробки звуку базуються на використанні апаратних (аналогових) ефект-процесорів. Ще до появи спеціальних приладів звукорежисери експериментували з природною акустикою та підручними засобами: так, легендарний гітарист і винахідник Лес Пол у 1940-х роках застосовував кілька магнітофонів для накладення затримки (echo) та створення ефекту «подвійного запису», запускаючи одну стрічку паралельно на декількох головках. У 1948 р. компанія *DeArmond* випустила перший комерційний автономний ефект – блок тремоло Trem-Trol, який змінював гучність шляхом пропускання сигналу через спеціальну електролітну рідину.

У 1950-х роках широкого поширення набули пружинні ревербератори та вібратори, спершу як вбудовані схеми у гітарних підсилювачах (наприклад, підсилювачі Fender Twin містили пружинний «ревер»), а згодом і як окремі пристрої. 1957 року німецька фірма *EMT* представила пластинчастий ревербератор EMT 140 – великий пристрій з натягнутою металевою пластиною, що створював густий ревербераційний хвіст; EMT 140 став студійним стандартом реверберації на десятиліття вперед. Для створення лунких ефектів застосовувалися стрічкові затримки: портативний пристрій Watkins Copicat (1958) дозволяв отримати м'яке багаторазове відлуння на основі магнітної стрічки і став дуже популярним у рок-музиці.

Отже, до 1960-х років арсенал звукорежисера включав: механічні ревербератори (кімнати відлуння, пружини, пластини), педалями для гітар (фузз-ефекти, wah-wah), динамічні процесори (перші студійні компресори і лімітери на лампах, як-от легендарний Fairchild 660) та еквайзери (наприклад, ламповий Pultec EQP-1A). Усі ці аналогові прилади мали унікальні характеристики і часто «фарбували» звук, але саме ця неповторна колористика стала частиною музичної культури. Наприклад, перевантаження лампового підсилювача, що спершу сприймалося як небажане спотворення, зрештою перетворилося на ефект

«дисторшн», без якого немислимий звук електрогітари в рок-музиці. Аналогічно, легка компресія сигналу оптичним компресором *Teletronix LA-2A* додає вокалу щільності й м'якості – і досі студії цінують ці вінтажні прилади за їх музичність [18].

Сучасний етап – це цифрова обробка звуку, яка почала впроваджуватися з 1970-х років і нині домінує. Поява достатньо потужних мікропроцесорів дала можливість реалізувати класичні ефекти в цифровому вигляді. 1976 року компанія *Eventide* випустила процесор *H910 Harmonizer* – один із перших цифрових ефектів (пітч-шифтер), а 1977 р. з'явився перший повністю цифровий ревербератор *EMT 250*, що використовував алгоритмічну модель реверберації.

Ці прилади були дуже дорогими, але проклали шлях до цифрової ери. У 1980-х виникли популярні цифрові процесори: ревербератори *Lexicon* (224, PCM series), багатоефектні процесори *Yamaha SPX90* тощо. З 1990-х років, з розвитком персональних комп'ютерів, більшість обробки перейшла у програмне середовище: цифрові аудіоробочі станції (*Pro Tools*, *Cubase*, *Logic* та ін.) дозволяють застосовувати програмні плагіни ефектів у необмеженій кількості. Сьогодні у вигляді плагінів доступні як емуляції всіх класичних аналогових пристроїв (напр. колекції *UAD*, *Waves*, що точно відтворюють звук лампових підсилювачів, стрічкових ліній затримки тощо), так і цілком нові, раніше недосяжні ефекти.

Прикладом останнього є ефект *Auto-Tune*, впроваджений наприкінці 1990-х для автоматичної корекції висоти нот вокалу: спочатку як непомітний інструмент, а згодом і як спеціальний художній прийом (відомий ефект «Cher» у пісні «Believe», 1998 р.). Чисто цифровими є такі ефекти, як біткрашинг (зниження роздільної здатності сигналу для отримання «грубої» цифрової текстури) чи грануляція (розщеплення звуку на дрібні фрагменти-зерна і керування ними) – вони не мають аналогів у світі аналогової техніки [25].

Сьогоднішній звукорежисер має у своєму розпорядженні багатий парк як класичних апаратних, так і новітніх програмних процесорів і часто комбінує їх. У професійних студіях досі можна побачити рекові стійки, заповнені «раритетним» залізом – еквалайзерами, компресорами, ревербераторами минулих десятиліть,

котрі використовуються на фінальних стадіях обробки або для надання особливого характеру звуку. Водночас, більшість рутинних операцій – шумозаглушення, тонка еквалізація, монтаж – виконується програмними методами, оскільки це гнучкіше і швидше. Часто практикується схема: гібридний мікс, коли сигнал з DAW виводиться через зовнішній аналоговий пристрій і повертається назад. Наприклад, стереомікс можуть пропустити через аналоговий стрічковий магнітофон або емулятор стрічки, щоб додати ледь відчутну сатурацію і згладити піки – така техніка імітує традиційний аналоговий мастеринг. Натомість фінальний еквалайзинг і багатосмугове стиснення робиться плагінами, які забезпечують точність і повторюваність результату [4].

Експериментуючи, інженери можуть накладати програмні ефекти поверх реальних і навпаки. Наприклад, вокал одночасно записують двома мікрофонами – через ламповий предусілювач обробляють один канал, а другий чистий обробляють плагінами і змішують, досягаючи цікавого балансу «тепла» і чіткості. Як зазначають фахівці *Abbey Road*, раніше програмні емуляції не повністю передавали характер аналогу, але нині різниця майже зникла – сучасні плагіни здатні дуже точно моделювати навіть нюанси роботи ламп і трансформаторів. Таким чином, традиційна аналогова обробка не зникає – вона стала нішею для досягнення особливого звучання, свого роду «приправою» [11].

Сучасна же цифрова обробка взяла на себе основний тягар рутинних завдань і відкрила нові горизонти для звукової творчості. Без комп'ютерних технологій нині неможливо уявити саунд-дизайн кіно і ігор, де десятки доріжок ефектів компілюються і динамічно змінюються алгоритмами. Водночас, знання класичних методів (як працює ревербераційна пластина чи що дає паралельна компресія на аналоговому міксі) залишається маркером професіоналізму звукорежисера. Отже, поєднання аналогових та цифрових підходів в обробці звуку – це сучасний стандарт індустрії: використати сильні сторони кожного для досягнення оптимального результату [17].

2.3 Застосування легендарних та сучасних мікрофонів

Мікрофон – перша ланка звукорежисури, адже саме від нього залежить, як звук перетвориться на електричний сигнал. За 150 років було створено величезну кількість моделей мікрофонів, проте в практиці можна виділити легендарні (класичні) та новітні типи, і дуже часто вони працюють пліч-о-пліч.

До легендарних відносять мікрофони, що стали еталонами у своїх категоріях і перевірені десятиліттями. Наприклад, студійний конденсаторний мікрофон Neumann U 47 (Німеччина) – вперше представлений 1947 р., він став технічною революцією свого часу і досі вважається еталоном «досконалого звуку» для вокалу та інструментів. U 47 був ламповим, з великою діафрагмою, і забезпечував надзвичайно широкий частотний діапазон та низький рівень шумів для своєї епохи. Не дивно, що такі виконавці, як Френк Сінатра, Елла Фіцджеральд, Бінг Кросбі та The Beatles, активно використовували Neumann U47 у записах [20].

Інший приклад – динамічний мікрофон Shure SM58, розроблений у 1966 році як вдосконалення попередньої моделі Unidyne III [21]. SM58 став стандартом для живого вокалу завдяки своїй міцності, надійному придушенню зворотного зв'язку та збалансованому звучанню. Його навіть прозвали «мікрофоном №1 у світі» – за десятки років він майже не змінився конструктивно і досі масово використовується на концертах всіх рівнів.

Схожа доля у мікрофона Shure SM57 (1965) – класичного інструментального мікрофона для підзвучування гітарних комбопідсилювачів, ударних (малий барабан) тощо. До класики належать також стрічкові (ринкові) мікрофони RCA 44 і 77-DX (США, 1930–40-ві) – їх теплий оксамитовий тембр цінується досі при записі вокалу і духових. У студіях по всьому світу й нині можна знайти модернізовані випуски легендарних моделей:

Neumann U 87 (1967, наступник U47) став одним з найпоширеніших студійних мікрофонів з 1970-х, AKG C414 – універсальний конденсаторний мікрофон (Австрія, з 1971 р., еволюція моделі C12) тощо. Їх застосування обумовлене передусім якістю звуку: навіть за сучасними мірками ці мікрофони забезпечують природне, багате обертонами звучання. Крім того, за роки

напрацьовано «рецепти», який мікрофон краще для якого джерела звуку. Приміром, вокалісти з яскравим тембром часто звучать виграшніше через ламповий Neumann U67 чи Telefunken ELAM 251, а для м'якого жіночого вокалу можуть обрати стрічковий Royer R-121 щоб додати тілесності.

Традиція використання легендарних мікрофонів підтримується й виробниками: сьогодні випускають репліки класичних моделей (як от Telefunken USA відтворює U47 і C12), тож нове покоління звукорежисерів теж має доступ до «золотого фонду» мікрофонобудування.

Поряд з цим, технологічний прогрес приніс і *сучасні високотехнологічні* мікрофони, які розширюють можливості звукорежисера. Одним з напрямів є цифрові мікрофони. Традиційно вихід мікрофона – аналоговий сигнал дуже низького рівня, що потребує преампліфікації. У цифрових же мікрофонах, які відповідають стандарту AES42, вбудовано АЦП та мікропроцесор. Наприклад, фірма Neumann розробила модель D-01 – це великий студійний мікрофон, який усередині оцифровує сигнал і передає його в цифровому форматі безпосередньо на мікшер. Цифрові мікрофони забезпечують ідеальне узгодження з цифровими пультами, відсутність шумів преампа, можливість дистанційного керування параметрами (фільтрами, чутливістю) через протокол. Проте вони потребують спеціальних інтерфейсів (наприклад, Neumann DMI – цифровий інтерфейс-маршрутизатор для таких мікрофонів). Наразі цифрові мікрофони займають вузьку нішу (студійні записи, вимірювальні системи), тоді як у масовій концертній практиці продовжують домінувати аналогові моделі з подальшим оцифруванням на пульті.

Ще один сучасний підхід – моделюючі (емуляційні) мікрофони. Це поєднання апаратного і програмного рішень: сам мікрофон сконструйований максимально лінійним (нейтральним), зате потім за допомогою спеціального програмного забезпечення його сигналу надають АЧХ та характер обраного відомого мікрофона. Приклад – система *Townsend Labs Sphere L22*, яка складається з двокапсульного конденсаторного мікрофона і плагіна: записуючи сигнал з двох капсул, програма може емулювати як направленість, так і тональний відгук

десятків різних моделей (Neumann U47, AKG C12, Sony C800G та ін.). Подібні системи (Slate Digital VMS, Antelope Audio Edge та Verge) набули популярності у домашніх і проектних студіях, адже дозволяють за відносно помірну ціну отримати «віртуальну колекцію» дорогих вінтажних мікрофонів. Звісно, моделювання не ідеальне, проте в багатьох випадках різниця несуттєва. До сучасних високотехнологічних мікрофонів також можна віднести різноманітні мініатюрні та спеціалізовані моделі: наприклад, мікрофони з технологією MEMS (надзвичайно маленькі чип-мікрофони, інтегровані в мобільну техніку), або багатоканальні мікрофонні решітки для 3D-звуку (системи, що записують сферичне звукове поле для VR/AR застосувань). У концертній справі продовжують розвиватися радіомікрофони: новітні радіосистеми забезпечують цифрову передачу без дротів з шифруванням і майже нульовою затримкою, що є значущим досягненням для живих виступів [8].

У повсякденній роботі звукорежисера поєднання класичних і сучасних мікрофонів є стандартним підходом. Наприклад, при записі ударної установки нерідко на бас-бочку ставлять два мікрофони: один старий динамічний (EV RE20 або AKG D112) для «тіла», а другий сучасний конденсаторний для атаки – таким чином досягається повнота звучання. На бекстейджі концертів можна побачити, як вокалісти використовують перевірений Shure SM58, гітарні кабінети знімають одночасно стрічковим Royer R121 (ретро-технологія) і сучасним Sennheiser e906, а для залу встановлюють спеціалізовані мікрофони для об'ємного звучання. Це підтверджує, що традиційні пристрої не лише зберігають своє місце, а й у комбінації з новими дають найкращий результат. Класичні мікрофони привносять свій характер і перевірену якість, а сучасні – стабільність роботи, технологічні переваги (наприклад, менші габарити чи бездротовість) та нові можливості (цифрові функції, емуляція). Сучасний звукорежисер, озброєний як вінтажним U47, так і цифровим моделюючим мікрофоном, має значно ширший творчий інструментарій, ніж його колеги минулого. Головне – розуміти сильні сторони кожного підходу і поєднувати їх задля досягнення поставленої художньої мети.

Така синергія традицій та високих технологій і визначає сьогоднішнє обличчя професії звукорежисера.

Висновки

У результаті проведеного дослідження встановлено, що розвиток звукотехнічних технологій є невід’ємною складовою еволюції як медіаіндустрії, так і технічного прогресу загалом. Історичний аналіз підтверджує поступовий, але стійкий перехід від механічних і електромеханічних засобів фіксації звуку до складних цифрових систем, здатних забезпечити високу якість, гнучкість і мобільність у роботі з аудіосигналами. У кожену епоху розвиток звукотехніки відповідав на потреби часу, а її здобутки стали фундаментом для наступних технологічних проривів.

Перший розділ роботи висвітлив ключові етапи розвитку звукозапису та концертної звукорежисури. Було виявлено, що перехід від акустичного до електричного, а згодом — до магнітного та цифрового запису, не лише розширив технічні можливості звукозапису, але й відкрив нові горизонти для творчого самовираження музикантів і звукорежисерів. Особливо важливою стала поява мікрофона, підсилювача та гучномовця — основних елементів будь-якої системи звукопідсилення. Розвиток концертної звукорежисури продемонстрував, як технології дозволили перейти від виступів у невеликих залах до масових шоу на стадіонах, забезпечуючи чітке звучання на будь-яких відстанях.

У другому розділі було проаналізовано технічні й функціональні особливості мікшерних пультів — ключового елемента сучасних аудіосистем. Детально розглянуто переваги й недоліки аналогових та цифрових пультів, їх практичне використання в студійних і концертних умовах. Виявлено, що цифрові пульти завдяки своїй універсальності, компактності та інтеграції з комп’ютерними технологіями значною мірою витісняють аналогові пристрої, проте останні все ще користуються попитом через особливе звучання та інтуїтивність керування.

Сучасна тенденція — це гібридне використання аналогових і цифрових систем, що дозволяє поєднувати їхні сильні сторони.

Окрему увагу приділено методам обробки звуку. Було встановлено, що перші ефекти створювались суто механічними або електромеханічними засобами (пружинні та пластинчасті ревербератори, стрічкові затримки, лампові компресори), а сучасна цифрова обробка охоплює необмежену кількість програмних ефектів, які не лише відтворюють класичне звучання, а й відкривають нові простори для саунд-дизайну. У професійній практиці продовжують співіснувати апаратні пристрої та програмні плагіни, що дозволяє досягти балансу між теплим аналоговим характером і високою точністю цифрового оброблення.

Також проаналізовано еволюцію мікрофонних технологій — від лампових стрічкових і конденсаторних моделей до цифрових і моделюючих мікрофонів, здатних емулювати звучання десятків класичних моделей. Встановлено, що сучасна практика звукорежисури базується на поєднанні історично перевірених мікрофонів із новітніми технологіями, що забезпечує гнучкість у досягненні бажаного результату.

Загалом, можна зробити такі узагальнені висновки:

- Звукотехнічна галузь розвивається як синтез науки, інженерії та мистецтва.
- Історичний розвиток технологій сприяв розширенню технічних і творчих можливостей у сфері звуку.
- Аналогові системи зберігають свою актуальність завдяки характерному звучанню, водночас цифрові рішення стали стандартом сучасної індустрії.
- Комбінація традиційних і новітніх методів забезпечує найвищу якість і продуктивність роботи звукорежисера.
- Успішна професійна діяльність у цій сфері потребує ґрунтовного розуміння як історичних основ, так і сучасних технологій.

Поєднання технічної еволюції, практичного досвіду і креативного підходу формує сучасне обличчя звукорежисури, яка залишається однією з найдинамічніших галузей культурно-креативного сектору.

Список використаних джерел

1. Вишняк О. О. Основи звукорежисури : метод. рекомендації для керівників гуртків-музикантів. Бориспіль, 2017. 27 с. URL: https://bdut.in.ua/nmr/osnovy_zvukorezhysury.pdf (дата звернення: 30.03.2025).
2. Дом Музики. Як вибрати мікшерний пульт? // Sinteзатор.com.ua. URL: https://sinteзатор.com.ua/uk/news/1140_mikshernij-pult-osoblivosti-viboru-ta-klasifi.html (дата звернення: 30.03.2025).
3. КПТТ. Розділ 4: Звукообробна апаратура // Навчальний посібник з основ звукотехніки. Харків: ХПТ, 2018. С. 5–15. URL: <http://kipt.com.ua/wp-content/uploads/2018/10/Звукообробна-апаратура.pdf> (дата звернення: 30.03.2025).
4. Комора.com. Основи реверберації: масштабне звучання у просторі. – Комора, журнал. URL: <https://komora.com/posts/osnovy-reverberacii> (дата звернення: 30.03.2025).
5. МузЛайн. Цифровий мікшерний пульт: що це та як обрати? // Poglyad Te.ua. URL: <http://poglyad.te.ua/rehiony/tsyfrovyj-mikshernyj-pult-shho-cze-ta-yak-obraty.html> (дата звернення: 30.03.2025).
6. Олійник О. О. Звукорежисер у сучасному кіновиробництві: поєднання аналогових та цифрових технологій // Кіно-Театр. 2021. №4. С. 45–49.
7. Романюк М. І, Попович. П. В. Технічне забезпечення кінотеатрів та інформаційно-розважальних заходів: конспект лекцій: навч. посіб. для студ. спеціальності 6.050803 Акустотехніка. КПТ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПТ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 155 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/23942> (дата звернення: 20.04.2025).
8. Саундмастер. Історія розвитку мікрофонів (оглядова стаття) // Інтернет-магазин Soundmaster. 2020. URL: <https://soundmaster.ua/ua/zvukovoe-oborudovanie/mikrofony> (дата звернення: 29.03.2025).

9. Турута О. В., Матвієнко О. В. Основи звукотехніки: навч. посібник. Київ: НАКККіМ, 2012. 210 с.
10. Ужинський М. В. Мистецькі технології та звукорежисура у драматичному театрі // Молодий вчений. 2019. №3(67). С. 81–84. DOI: 10.32839/2304-5809/2019-3-67-16.
11. Wikipedia. Процесор ефектів – Вікіпедія, вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Процесор_ефектів (дата звернення: 28.03.2025).
12. Abbey Road Institute. Analogue vs Digital: the debate ends here! AbbeyRoadInstitute.co.uk (Blog). URL: <https://abbeyroadinstitute.co.uk/blog/analogue-vs-digital/> (date of access: 29.03.2025).
13. AES. AES Oral History 002: Les Paul. Audio Engineering Society E-Library, 2005. URL: <http://www.aes.org/historical/oral/?ID=2> (date of access: 29.03.2025).
14. Audio Engineering Society. An Audio Timeline. AES Historical Committee, 2014. URL: <http://www.aes.org/aeshc/docs/audio.history.timeline.html> (date of access: 29.03.2025).
15. Brecht R. M. The Evolution of Live Concert Production Audio. – TSE Entertainment Blog. 2020. URL: <https://tseentertainment.com/the-evolution-of-live-concert-production-audio/> (date of access: 29.03.2025).
16. Coules A. The History of Live Sound – Part 1: from the invention of the microphone to the first stadium concert. – HARMAN Professional Solutions Insights (Blog). 2021. URL: <https://pro.harman.com/insights/av/the-history-of-live-sound-part-1/> (date of access: 29.03.2025).
17. Huber D., Runstein R. Modern Recording Techniques. 9th ed. Oxford: Focal Press, 2017. 552 p.
18. Mastering.com. Modeling Microphones: Everything You Need to Know. – Mastering.com Blog, 2021. URL: <https://mastering.com/modeling-microphones/> (date of access: 29.03.2025).
19. Morton D. Off the Record: The Technology and Culture of Sound Recording in America. New Brunswick, NJ: Rutgers Univ. Press, 2000. 244 p.

20. Neumann GmbH. U 47 – Switchable Condenser Microphone (official product history page). URL: <https://www.neumann.com/en-us/products/historical/u-47> (date of access: 29.03.2025).
21. Pettersen M. 10 Things You Might Not Know About the SM58. – Shure Insights Blog. URL: <https://www.shure.com/en-us/insights/10-things-might-not-know-sm58/> (date of access: 29.03.2025).
22. RecordingConnection. Analog vs. Digital Audio Recording – RecordingConnection Reference Library. URL: <https://recordingconnection.com/reference-library/analog-or-digital-what-is-the-difference/> (date of access: 29.03.2025).
23. Strommen L. Audio Mixers 101: Analog vs Digital. – SoundPro Blog. URL: <https://www.soundpro.com/articles/audio-mixers-101-analog-vs-digital/> (date of access: 29.03.2025).
24. Wilmering T., Moffat D., Milo A., Sandler M. A History of Audio Effects. – Applied Sciences. 2020. Vol. 10, No. 3. Article 791. DOI: 10.3390/app10030791.
25. Willett J. Digital Microphones – AES42 and all that. – Proceedings of the AES 24th UK Conference, Cambridge, 2011. URL: <https://sound-link.co.uk/docs/AES%20-%20Digital%20Microphones%20-%20AES42%20and%20all%20that.pdf> (date of access: 29.03.2025).

Звіт подібності

метадані

Назва організації

Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts"

Заголовок

Дипломна_робота_Позніхіренко_Кирило

Автор

Науковий керівник / Експерт

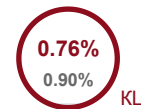
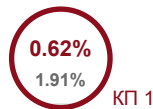
Позніхіренко_КирилоОвсянніков В.Г.

підрозділ

Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts"

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

7866

Кількість слів

61259

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

| | | |
|------------------------|----|----|
| Заміна букв | ⓑ | 2 |
| Інтервали | A→ | 0 |
| Мікропробіли | ␣ | 53 |
| Білі знаки | ⓑ | 11 |
| Парафрази (SmartMarks) | ⓐ | 6 |

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

Колір тексту

| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ) | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---------------------|--|---|
| 1 | Дипломна робота Короленко Д. Р. 5/2/2025 Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts" (Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts") | 51 0.65 % |
| 2 | Suburban Ghost Story: Pre-feminist Self Writing Practices and the Gothic in Must Read After My Death Paragena Robbins; | 20 0.25 % |
| 3 | https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23942/1/Tekhn_zab.pdf | 17 0.22 % |

| | | |
|---|---|-----------|
| 4 | https://koukim.com/files/spetsialnosti_ta_osvitno-profesiyni_prohramy/instrumentalne_vykonavstvo_za_vydamy/osvitniy_protses/robochi_navchalni_prohr_amy/4_roky_navchannya/vb_37.pdf | 14 0.18 % |
| 5 | http://eprints.zu.edu.ua/12143/1/Kutsan.pdf | 12 0.15 % |
| 6 | Дипломна робота Короленко Д. Р. 5/2/2025 Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts" (Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts") | 10 0.13 % |
| 7 | https://koukim.com/files/spetsialnosti_ta_osvitno-profesiyni_prohramy/instrumentalne_vykonavstvo_za_vydamy/osvitniy_protses/robochi_navchalni_prohr_amy/4_roky_navchannya/vb_37.pdf | 10 0.13 % |
| 8 | Дипломна робота Пастушенко М. Ю. 5/2/2025 Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts" (Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts") | 10 0.13 % |
| 9 | Дипломна робота Пастушенко М. Ю. 5/2/2025 Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts" (Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts") | 6 0.08 % |

з бази даних RefBooks (0.25 %)



| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | ЗАГОЛОВОК | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|--------------------------|---|---|
| джерело: Paperity | | |
| 1 | Suburban Ghost Story: Pre-feminist Self Writing Practices and the Gothic in Must Read After My Death Papagena Robbins; | 20 (1) 0.25 % |

з домашньої бази даних (0.98 %)



| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | ЗАГОЛОВОК | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---------------------|---|---|
| 1 | Дипломна робота Короленко Д. Р. 5/2/2025 Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts" (Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts") | 61 (2) 0.78 % |
| 2 | Дипломна робота Пастушенко М. Ю. 5/2/2025 Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts" (Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts") | 16 (2) 0.20 % |

з програми обміну базами даних (0.00 %)



| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | ЗАГОЛОВОК | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---------------------|-----------|---|
|---------------------|-----------|---|

з Інтернету (0.67 %)



| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | ДЖЕРЕЛО URL | КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---------------------|---|---|
| 1 | https://koukim.com/files/spetsialnosti_ta_osvitno-profesiyni_prohramy/instrumentalne_vykonavstvo_za_vydamy/osvitniy_protses/robochi_navchalni_prohr_amy/4_roky_navchannya/vb_37.pdf | 24 (2) 0.31 % |
| 2 | https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/23942/1/Tekhn_zab.pdf | 17 (1) 0.22 % |
| 3 | http://eprints.zu.edu.ua/12143/1/Kutsan.pdf | 12 (1) 0.15 % |

Список прийнятих фрагментів

| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | ЗМІСТ | КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ) |
|---------------------|---|--|
| | https://koukim.com/files/spetsialnosti_ta_osvithn... | 24 (0.31%) |
| 1 | 1 КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ «АКАДЕМІЯ МИСТЕЦТВ І... | 14 (0.18%) |
| 2 | Галузь знань 02 «КУЛЬТУРА І МИСТЕЦТВО» Спеціальність 025 "МУЗИЧНЕ МИСТЕЦТВО | 10 (0.13%) |
| | Дипломна робота Короленко Д. Р. | 61 (0.78%) |
| 1 | КВАЛІФІКАЦІЙНА (ДИПЛОМНА) РОБОТА на здобуття освітнього ступеня бакалавр На те... | 10 (0.13%) |
| 2 | Освітньо-професійна програма: «ЗВУКОРЕЖИСУРА» Професійна кваліфікація: 2455.2 ... | 51 (0.65%) |
| | Дипломна робота Пастушенко М. Ю. | 16 (0.20%) |
| 1 | Теоретичне та практичне значення роботи. Теоретичне значення виявлене у аналізі | 10 (0.13%) |
| 2 | Практичне значення роботи полягає у виявленні | 6 (0.08%) |

1

**КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ
КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ
«АКАДЕМІЯ МИСТЕЦТВ ІМЕНІ ПАВЛА ЧУБИНСЬКОГО»**

Кафедра музичного мистецтва естради

**КВАЛІФІКАЦІЙНА (ДИПЛОМНА) РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня бакалавр**

На тему:

«Поєднання традиційних та сучасних високотехнологічних підходів в роботі звукорежисера»

Галузь знань 02 «КУЛЬТУРА І МИСТЕЦТВО»

Спеціальність 025 "МУЗИЧНЕ МИСТЕЦТВО"

Освітньо-професійна програма: «ЗВУКОРЕЖИСУРА» Професійна кваліфікація: 2455.2 Звукорежисер; 2453.2 Музичний оформлювач

Виконав: Керівник: Студент випускної групи 4-БЕМ(з) Кандидат мистецтвознавства, доцент

Позніжіренко Кирило кафедри музичного мистецтва естради

Володимирович

Овсянніков Вячеслав Георгійович Допустити до захисту Протокол засідання кафедри від

«__» _____ 2025 р. №__ Завідувач кафедри музичного мистецтва естради (_____) Карпенко-Боднарук Ж. Л. (підпис) Київ

2025 Зміст Вступ

Розділ 1. Технології звуку: історичний контекст 5

1.1 Історія розвитку технологій звукозапису 5

1.2 Пристрої оброблення звукових сигналів 11

1.3 Історія розвитку концертної звукорежисури 17

Розділ 2. Традиційні та сучасні технології звуку сьогодні 21

2.1 Застосування аналогових та цифрових мікшерних пультів 21

2.2 Обробка звуку 24

2.3 Застосування легендарних та сучасних мікрофонів 27

Висновки 30

Список використаних джерел 32

Вступ

Розвиток звукотехнічних технологій є невід'ємною складовою еволюції як медіаіндустрії, так і технічного прогресу загалом. Прослідковується стійкий перехід від механічних і електромеханічних засобів фіксації звуку до складних цифрових систем, здатних забезпечити високу якість, гнучкість і мобільність у роботі з аудіосигналами. У кожен епоху розвиток звукотехніки відповідав на потреби часу, а її здобутки стали фундаментом для наступних технологічних проривів. Поєднання технічної еволюції, практичного досвіду і креативного підходу формує сучасне обличчя звукорежисури, яка залишається однією з найдинамічніших галузей культурно-креативного сектору.

Актуальність теми. В останнє десятиліття особливого значення в теорії та практиці маркетингових досліджень набуває розробка стратегій просування об'єктів і явищ індустрії розваг, зокрема музичної індустрії. Це зумовлено її динамічним розвитком, високим рівнем конкуренції та потребою в індивідуалізації маркетингових підходів. Музичний маркетинг є унікальною сферою, де кожен проєкт вимагає спеціального підходу,

аби забезпечити впізнаваність і успішне позиціонування на ринку. Просування артистів, музичних заходів, продуктів звукозапису та цифрових медіаплатформ передбачає використання складних бізнес-механізмів, тісно пов'язаних із сучасними інформаційними технологіями, PR, аналізом медіаполя та поведінки споживачів.

Потреба в маркетингових рішеннях у сфері шоу-бізнесу значно зросла в умовах цифрової трансформації, коли традиційні методи взаємодії з аудиторією вже не дають очікуваного ефекту без новітніх підходів. Саме тому питання розробки ефективної маркетингової стратегії для організації діяльності в індустрії звукозапису є надзвичайно актуальним.

Мета дослідження - розробити проєкт організації шоу-бізнесу в сфері звукозапису та обґрунтувати його з теоретичної й практичної точок зору. Завдання дослідження:

1. визначити сутність та особливості стратегії маркетингу в індустрії звукозапису;
2. дослідити ключові чинники просування артистів на ринку музичної продукції;
3. сформулювати основну концепцію бізнес-проєкту студії звукозапису;
4. розробити творчо-виробничий та організаційний план;
5. побудувати фінансову модель та здійснити оцінку можливих ризиків.

Об'єкт дослідження - процес організації шоу-бізнесу в індустрії звукозапису.

Предмет дослідження - теоретичні, методичні та практичні аспекти проєктування ефективної маркетингової стратегії в індустрії звукозапису.

Теоретичне та практичне значення роботи. Теоретичне значення виявлене у аналізі переходу від механічних і електромеханічних засобів фіксації звуку до складних цифрових систем. Практичне значення роботи полягає у виявленні співіснування аналогових та цифрових технологій в роботі звукорежисера сьогодення.

Методи дослідження.

Для досягнення мети застосовано загальнонаукові та спеціальні методи: аналіз наукової літератури, контент-аналіз публікацій у ЗМІ та соціальних мережах, експертні інтерв'ю, спостереження, елементи бізнес-проєктування. Комплексний підхід дозволив охопити різні аспекти функціонування музичної індустрії в умовах цифрової епохи. Міждисциплінарний підхід забезпечив інтеграцію знань з економіки, культурології, соціології, музикознавства. Історико-порівняльний підхід дав змогу зіставити вітчизняний та зарубіжний досвід організації звукозапису і маркетингу в шоу-бізнесі. Структура роботи. **Дипломна робота складається зі вступу, двох розділів, висновків та списку використаних джерел.**

Розділ 1. Технології звуку: історичний контекст

1.1 Історія розвитку технологій звукозапису

Історія звукозапису розпочалася у XIX столітті з винайдення перших приладів, здатних фіксувати та став американський винахідник Томас Едісон, який 1877 року створив фонограф - пристрій, що записував звук механічним способом на циліндр криттям. Цей перший механічний запис звуку ознаменував початок акустичної ери звукозапису. У 1888р. німецький інженер Еміль Берлінер розробив грамофонну платівку і грамофон, дозволивши тиражувати звукозаписи на дисках. Таким чином, наприкінці XIX століття заклали основи індустрії звукозапису: механічні технології фіксації звуку відкрили можливість зберігати звукову інформацію та відтворювати її масово.

На межі XIX-XX ст. розпочалися експерименти з електричними та оптичними методами запису. Уже 1889р. російський учений О.Ф. Віксемський сконструював апарат для оптичного запису звуку на фоточутливій стрічці. Цей метод перетворював звукові коливання спершу на електричні, а потім на змінний світловий сигнал, що фіксувався як фотографічна фонограма. У 1900р. було введено запис звуку з такої фотографії (Н.Л. Поляків), а надалі оптичний запис розвинувся для кіно: у 1928р. П.Г. Тагер і А.Ф. Шорін впровадили технологію запису звуку на кіноплівці. Паралельно удосконалювалися електричні методи: з початку 1920-х років поширюється застосування електричних мікрофонів і підсилювачів для запису на диски (початок електричної ери звукозапису). Наприклад, запровадження системи Western Electric у 1925р. дозволило електрично посилювати сигнал мікрофона перед гравіюванням платівки, значно підвищивши якість і діапазон частот запису. Таким чином, механічний спосіб у 1920-х змінив електромеханічний: замість чисто акустичного запису через рупор застосовувались мікрофони та електронні тракти обробки сигналу. Третім ключовим етапом стала поява магнітного способу запису. Данський фізик Вальдемар Поульсен 1898р. запропонував здійснювати запис звуку на стрічці за допомогою магнітного намагнічування. Ця ідея отримала практичне втілення значно пізніше: лише у 1930-40-х рр. магнітний запис набув розвитку завдяки магнітофонній стрічці. У 1928р. замість сталевих дріт почали використовувати стрічку з нанесеним шаром феромагнітного порошку; згодом паперову основу стрічки замінили ацетатною, а після Другої світової війни - лавсановою (пластикострічка забезпечила значно довший і якісніший запис, можливість монтажу звуку і перезапису. Від середини XX ст. котушкові магнітофони стали основним інструментом студійного звукозапису, домінуючи до 1970-х років. З появою магнітного запису відкрилися нові можливості: багатодоріжковий запис (вперше реалізований Лесом Полом), стереофонічний запис на 1950-х, що суттєво підвищило якість і творчий потенціал звукорежисури [13].

Четвертим якісним стрибком в історії стали цифрові технології. Передумовою цього було винайдення транзистора (1947р.) та розробка методів перетворення аналогового сигналу на цифровий (імпульсно-кодова модуляція, приблизно з 1950-х). Перші експериментальні цифрові звукозаписи з'явилися у 1960-х (наприклад, компанія NHK у Японії здійснила цифровий запис у 1969р.), а комерційно цифровий запис дебютував у 1970-х роках. Зокрема, 1977р. випущено перший рибреатор EMT 250 - один із перших цифрових аудіоприладів у студії.

Кульмінацією цифрової ери стало впровадження компакт-диска: у 1982-1983рр. компанії Philips та Sony представили оптичний диск для аудіо (CD) як носій, що читався лазерним променем. Цифровий звукозапис принципово відрізняється від аналогового, оскільки замість безперервних коливань зберігає сигнал як числові дані, дискретні відліки амплітуди. Поява цифрових носіїв (CD, DAT, MD) і формату MP3 у кінці XX ст. призвела до справжньої революції в індустрії: стало можливим безкопійовати записи, редагувати їх на комп'ютері, передавати через мережу Інтернет. Таким чином, можна виділити кілька епох розвитку звукозапису - акустичну, електричну, магнітну та цифрову, кожна з яких базується на нових технологічних принципах і відкриває ширші можливості для звукорежисерів [19].

Загалом історія технологій звукозапису демонструє поступовий перехід від суто механічних методів до електронних аналогових, а згодом - до цифрових систем. Кожен етап характеризувався зростанням точності й діапазону відтворюваних частот, підвищенням відношення сигнал/шум та зручності монтажу звуку. Якщо фонограф Едісона фіксував лише вузький спектр частот і давав низьку гучність, то сучасні цифрові системи здатні передати увесь чутний діапазон з мінімальними спотвореннями. Важливо зазначити, що жодна нова технологія повністю не витіснила попередні: деякі традиційні методи співіснують із сучасними і сьогодні. Наприклад, нілові платівки досі цінуються аудіофілами за «тепле» звучання, а стрічкові магнітофони використовуються для досягнення певного характеру саунду на студіях, тоді як основний потік виробництва музичних записів відбувається на цифрових студіях. Отже, еволюція звукозапису - це процес накопичення технологій, які комбінуються і доповнюють одна одну.

Комплексний огляд розвитку звукотехніки представлений у хронологічних довідниках AES та фундаментальній літературі з звукорежисури [14].

Основу технічного оснащення студії звукозапису складають пристрої, що забезпечують повний цикл роботи зі звуковим сигналом: його захоплення (мікрофони, звукознімачі), обробку (мікшерні пульти, процесори сигналу, компресори, комп'ютерні плагіни тощо), фіксацію (аналогові рекордери, жорсткі диски) і відтворення (студійні монітори, спеціалізовані акустичні системи).

У даному розділі розглянемо першу групу пристроїв - мікрофони. Повна класифікація та всі технічні особливості цих пристроїв у межах цього дослідження не розглядаються; зупинимось лише на ключових характеристиках, які дозволяють оцінити якість мікрофона та його придатність до певних завдань [7].

Мікрофон виконує функцію перетворення звукових хвиль (змін звукового тиску) у електричні сигнали. У відповідності до основ електроакустики, мікрофон можна охарактеризувати низкою технічних параметрів, які дозволяють зробити висновки про його ефективність у конкретному середовищі.

Однією з головних характеристик є чутливість, яка вимірюється у мілівольтах на паскаль (мВ/Па). Вона вказує на те, наскільки ефективно мікрофон перетворює звуковий тиск у електричний сигнал. Чутливість визначають як електрорушійну силу без навантаження або як рівень напруги, що виникає на стандартному опорі під впливом тиску 1 Па на чутливий елемент мікрофона. Стандартне значення чутливості приймається рівним $E = 1$ мВ/Па [2].

У мікрофонів різних типів цей показник варіюється: у динамічних мікрофонів - від 1 до 2 мВ/Па, а в конденсаторних - від 10 до 15 мВ/Па. Також варто враховувати, що рівень чутливості залежить від частоти звукового сигналу. Візуально цю залежність представляють у вигляді частотної характеристики мікрофона. Ще одним важливим параметром є діаграма спрямованості, яка відображає, наскільки мікрофон здатен реагувати на джерела звуку, розміщені в різних просторових положеннях. Цей показник значною мірою залежить від конструкції капсули мікрофона - основного елемента, що визначає характер його спрямованості [7].

Діаграму спрямованості зазвичай будують у полярній системі координат. При цьому вісь мікрофона (0-180°), що проходить фронтально або перпендикулярно до його лицьової поверхні, використовується як основна. Відповідно до напрямку звуку відкладають відрізки, пропорційні чутливості мікрофона у відповідних напрямках.

У практиці звукозапису використовуються мікрофони з різними діаграмами спрямованості, однак серед них найпоширенішими є три основні типи: кругова, кардіоїдна та двонаправлена («вісімка»).

Кругова (омнідирекційна) діаграма передбачає однакову чутливість мікрофона до звукових сигналів, що надходять з будь-якого напрямку. Такий тип мікрофонів зручно застосовувати у приміщеннях із якісною акустичною обробкою, оскільки він фіксує не тільки прямий звук, а й відбиті сигнали з довкілля.

Кардіоїдна діаграма спрямованості забезпечує підвищену чутливість до джерел, розташованих перед мікрофоном, і значно зменшену - до джерел позаду. Саме тому такі моделі особливо ефективні у студіях із недостатнім рівнем шумоізоляції або під час запису вокалу, коли потрібно мінімізувати небажані звуки з оточення.

Тип спрямованості «вісімка» (двонаправлена) характеризується високою чутливістю до сигналів з фронтальної та тилової сторони і практично повною нечутливістю до звуків, що надходять з боків [7]. Цей тип використовується у випадках, коли необхідно записати одразу два джерела, розташовані напроти одне одного, наприклад - у дуетах або для підвищення чіткості відбитих звуків при кімнатному записі.

У сучасній звуковій індустрії найпоширенішими є мікрофони двох типів - динамічні та конденсаторні. Хоча існують й інші різновиди (наприклад, електретні), вони використовуються рідше. У професійних студіях основний акцент робиться саме на конденсаторних мікрофонах завдяки їх високій чутливості та широкому частотному діапазону.

Динамічні мікрофони функціонують за принципом електромагнітної індукції. Вони поділяються на дві основні групи: котушкові та стрічкові. У 1920-1930-х роках саме стрічкові мікрофони були провідними у сфері радіомовлення та студійного запису. Однак з часом їх витіснили конденсаторні моделі, переважно через ряд недоліків. Стрічкові мікрофони відзначаються низьким вхідним опором, що зумовлює додавання значної кількості шумів у сигнал при підсиленні. До того ж, вони є найбільш крихкими серед усіх типів мікрофонів, тому не витримують механічних впливів [7].

Ще одним фактором, що обмежує точність відтворення сигналу динамічними мікрофонами, є маса їх мембрани - вона суттєво більша, ніж у конденсаторних, що призводить до меншої точності передачі швидких звукових імпульсів та зниженої чутливості у високочастотному діапазоні. Серед основних переваг динамічних мікрофонів можна виокремити наступне:

1. Високий рівень допустимого звукового тиску, що дозволяє безпечно використовувати їх для запису гучних джерел, таких як підсилювачі електрогітар;
2. Міцна і зносостійка конструкція, що робить їх придатними для використання у концертних умовах, на репетиціях і під час виїзних сесій;
3. Низька чутливість, що зменшує ризик виникнення зворотного зв'язку та підвищує захищеність від зовнішніх шумів.

Втім, динамічні мікрофони мають і певні недоліки:

1. Їх звук дещо поступається конденсаторним моделям у прозорості, деталізації та природності;
2. Обмежений частотний діапазон, що зазвичай охоплює 50 Гц - 15 кГц;
3. Менша точність у передачі тембральних відтінків звучання, що особливо помітно при записі вокалу чи акустичних інструментів.

У студійній практиці динамічні мікрофони зазвичай застосовуються для запису джерел звуку з високим рівнем гучності, таких як електрогітари, бас-гітари, ударні установки. Вони також широко використовуються для запису вокалу в жанрах рок або метал, а також у випадках, коли студія не має належної звукоізоляції [7].

Конденсаторний мікрофон працює на основі принципу зміни ємності конденсатора. Його конструкція включає дві обкладки, одна з яких виготовлена з гнучкого матеріалу, що реагує на звукові коливання. Під час дії звукових хвиль відстань між обкладками змінюється, що призводить до коливань ємності. Якщо конденсатор заряджений, зміна ємності викликає зміну електричної напруги - саме ця напруга і становить корисний вихідний сигнал мікрофона. Для забезпечення роботи конденсаторного мікрофона необхідна поляризуюча напруга, яку зазвичай подають у вигляді так званого фантомного живлення (стандартне значення - 48 В) [23]. Це живлення також необхідне для функціонування вбудованого підсилювача, який присутній у більшості моделей цього типу.

Серед основних переваг конденсаторних мікрофонів можна виділити:

1. Значно ширший частотний діапазон, що забезпечує точнішу передачу звукових нюансів;
2. Велике різноманіття форм-факторів - існують як великі студійні моделі, так і надкомпактні варіанти;
3. Висока чутливість, яка забезпечує прозоре, деталізоване та природне звучання. Саме цей параметр робить конденсаторні мікрофони особливо популярними у студійному записі вокалу та акустичних інструментів.

Разом з тим, конденсаторні мікрофони мають і низку недоліків:

1. Необхідність у зовнішньому живленні - зазвичай це фантомне живлення 48 В, що обмежує можливості використання в деяких польових

умовах;

2. Крихкість конструкції - ці мікрофони є досить делікатними і легко піддаються механічним пошкодженням;

3. Вразливість до змін мікроклімату - перепади температури та підвищена вологість можуть спричинити тимчасові збої в роботі або навіть повне виходження пристрою з ладу.

Для забезпечення стабільного положення мікрофона та усунення небажаних вібрацій у процесі запису застосовуються спеціальні кріплення, які називаються «павуками». Окрім того, для зменшення впливу вибухових приголосних звуків типу «б» або «п», а також для захисту капсули від надмірного звукового тиску, використовуються поп-фільтри [12].

1.2 Пристрої оброблення звукових сигналів

Після того як звуковий сигнал був зафіксований мікрофоном або іншим пристроєм захоплення, він надходить через попередній підсилювач до наступного етапу - обробки та контролю. Проте перед тим, як сигнал потрапляє до основного пристрою контролю - мікшерного пульта - він часто проходить через ряд додаткових приладів, які забезпечують попередню обробку аудіосигналу з метою поліпшення його якості та придатності до подальшого міксування [21].

Обробні пристрої умовно поділяються на дві основні категорії залежно від їхнього фізичного розташування відносно мікшерного пульта. Перший тип - це так звані «**in board**» (вбудовані) процесори, які інтегровані безпосередньо у сам мікшерний пульт. Такий підхід характерний для більшості сучасних цифрових консолей, де численні функції обробки сигналу вже закладені в програмне забезпечення та не потребують зовнішніх з'єднань. Другий тип - це «**out board**» (зовнішні) пристрої, які фізично підключаються до мікшера через аудіоінтерфейси або аналогові лінії. У цифрових системах кордон між цими двома категоріями дедалі більше стирається, оскільки внутрішні DSP-модулі здатні забезпечити ті ж функції, що й апаратні блоки [7].

Серед зовнішніх обробників особливе місце займають пристрої динамічної обробки, які впливають на амплітудні характеристики сигналу.

Найбільш поширеними з них є компресор, лімітер, експандер і гейт. У багатьох випадках декілька з цих функцій можуть бути реалізовані в межах одного пристрою - комбінованого блоку динамічної обробки (наприклад, модуль типу 4-в-1, як на рис. 4.1).

Компресор - це пристрій, призначений для зменшення динамічного діапазону сигналу. Він автоматично знижує рівень гучності у тих моментах, коли сигнал перевищує встановлений поріг. Така обробка дозволяє вирівняти звук, зробити його менш «скачкоподібним» і більш керованим у міксі. Існують різновиди компресорів, що працюють на лампових, транзисторних або цифрових схемах - кожен із цих варіантів має свої особливості у звучанні та швидкості реакції.

Експандер, навпаки, діє протилежно до компресора: він розширює динамічний діапазон, зменшуючи рівень тихих звуків. Зокрема, цей пристрій дозволяє зменшити інтенсивність фонових шумів або небажаних низькорівневих компонентів у сигналі, що особливо корисно при записі вокалу або акустичних інструментів у недостатньо контрольованих умовах [7].

Лімітер - це ще один пристрій динамічної обробки, який слугує бар'єром для максимальної гучності: він жорстко обмежує рівень сигналу, не дозволяючи йому перевищити заздалегідь задане значення. Лімітер часто є останнім етапом обробки перед мастеринговим трактом або перед підсилювачами потужності, аби запобігти спотворенням або перевантаженням акустичних систем. По суті, він є вузькоспеціалізованою формою компресора з високим коефіцієнтом стиснення [7].

Шумовий гейт (noise gate) - це пристрій, що дозволяє відсікати сигнали, рівень яких не досягає заданого порогового значення. Його використовують для усунення небажаних звуків під час пауз, наприклад, дихання виконавця або шуму апаратури. Крім того, гейт здатний обрізати «хвіст» звукового сигналу, завдяки чому запис звучить чіткіше і більш зібрано. Така функція є особливо корисною при роботі з ударними інструментами або вокалом у щільному міксі [7].

[Рисунок 4.1 - Професійний студійний 2-х каналний компресор / лімітер / гейт Drawmer DL241 XLR EX](#)

До основних засобів **частотної обробки** аудіосигналу належать еквалайзери, які виконують функцію корекції амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) звуку в заданому діапазоні частот. Вони поділяються на два основні типи - графічні та параметричні.

Графічний еквалайзер - це пристрій, який дозволяє змінювати рівень сигналу у фіксованих частотних діапазонах, що мають заздалегідь визначену центральну частоту та добротність. Такі еквалайзери зазвичай мають 31 смугу і тому часто називаються третьоктавними. Основне їхнє призначення полягає в точному налаштуванні звучання акустичних систем, зокрема - в усуненні піків або провалів у частотному спектрі, а також у боротьбі з явищем акустичного зворотного зв'язку [7; 15].

Параметричний еквалайзер є більш гнучким інструментом частотної корекції, що дозволяє не лише обирати центральну частоту обробки, а й регулювати ширину смуги (добротність) та ступінь підсилення або ослаблення сигналу в межах заданого частотного діапазону. Саме завдяки цій можливості параметричні еквалайзери широко використовуються як у студійній роботі, так і в концертному звуковому оформленні, забезпечуючи більш точне налаштування звукового образу [7].

Рисунок 4.2 - Процесор ефектів DBX DriveRack 4800 з вбудованими графічним та параметричним еквалайзером

Сучасні звукові процесори часто поєднують у собі різні типи обробки сигналу, зокрема частотну та модуляційну. До прикладу, в моделі DBX DriveRack 4800 (рис. 4.2) реалізовано функціонал як графічного, так і параметричного еквалайзера. Зокрема, на кожному вхідному каналі пристрою доступні 31-смуговий графічний еквалайзер та 9-смуговий параметричний, що забезпечує широкі можливості для детальної частотної корекції [16]. Така гнучкість дозволяє ефективно адаптувати акустичні системи до різних умов простору і уникати небажаних резонансів.

Окрім частотної корекції, у практиці звукозапису широко застосовуються прилади модуляційної обробки сигналу, які змінюють часові або фазові характеристики аудіо, створюючи тим самим специфічні просторові або текстурні ефекти.

Одним із найпоширеніших таких ефектів є хорус. Принцип його дії полягає у введенні в сигнал змінної часової затримки, внаслідок чого створюється враження, що звучить не один, а кілька інструментів одночасно. Такий ефект особливо цінується при обробці гітар, клавішних інструментів та вокалу, оскільки додає об'ємності та глибини звучанню.

Іншим популярним ефектом є фленжер, який за принципом дії подібний до хорусу, але має деякі ключові відмінності. Зокрема, у фленжері використовується зворотний зв'язок (feedback), а також створюються додаткові резонансні частоти, що надає звуку характерного металевого відтінку та періодичних фазових коливань. Фленжер часто використовується для створення ефектів «змивання» або «плавання» у гітарному або вокальному звучанні [7].

Як приклад обладнання, призначеного для реалізації модуляційних ефектів, можна навести гітарний процесор ефектів, зображений на рис. 4.3.

Такі пристрої часто включають кілька видів обробки одночасно - хорус, фленжер, фейзер, тремоло - і дозволяють музикантам налаштувати звучання у реальному часі.

Рисунок 4. 3 - Процесор ефектів Eventide ModFactor (27 модуляційних ефектів)

До важливих засобів обробки аудіосигналу належать прилади часової обробки, які впливають на тимчасові характеристики звуку з метою створення просторових ефектів або відчуття глибини звучання. До таких пристроїв відносяться ділей (delay) та ревербератор (reverb), які є невід'ємною частиною як студійної, так і концертної звукоорежисури.

Ділей - це пристрій, який забезпечує ефект відлуння шляхом затримки аудіосигналу на короткий проміжок часу з подальшим його повторенням. Основною особливістю є можливість регулювання часу затримки, кількості повторів і рівня зворотного сигналу. Така обробка дозволяє створити ефекти просторового еха, повторення окремих фраз або інструментальних нот, а також змістити звучання у часі для досягнення ритмічної виразності.

Ревербератор, у свою чергу, моделює природне багаторазове відбиття звукової хвилі від поверхонь приміщення. Під час проходження звуку через середовище, він неодноразово відбивається від стін, стелі та підлоги, утворюючи складний комплекс відлунь, що поступово згасають. Саме це створює відчуття простору, в якому відбувається звучання. Ревербератори дозволяють імітувати ревербераційні властивості конкретних середовищ - від маленьких кімнат до величезних концертних залів, соборів або природних ландшафтів, таких як гори. Деякі моделі здатні створювати спеціальні ефекти, зокрема звук під водою або глибокі кінематографічні реверберації [7].

Яскравим прикладом сучасного пристрою часової обробки є рековий ревербератор Lexicon MX200, представлений на рис. 4.4. Це двоканальний ефект-процесор у стандартному 1U корпусі, який адаптований як для студійної, так і для концертної роботи. MX200 підтримує декілька алгоритмів реверберації, включаючи hall, room, plate, spring, а також містить додаткові ефекти - затримку, хорус, фленжер. Завдяки зручному інтерфейсу користувача та простоті налаштування, цей пристрій активно використовується як професіоналами, так і початківцями [8].

Рисунок 4. 4 - Ревербератор Lexicon MX 200

Пристрої оброблення звукових сигналів відіграють ключову роль у формуванні якісного аудіоматеріалу як на етапі запису, так і під час подальшої обробки та міксування. Вони дозволяють не лише контролювати динамічний діапазон сигналу (через компресори, лімітери, гейти), але й точно налаштувати його частотні характеристики (за допомогою графічних та параметричних еквайзерів), моделювати просторові ефекти (хоруси, фленжери), а також створювати глибину та атмосферу звучання через пристрої часової обробки - ділей і ревербератори. Сукупність цих засобів забезпечує гнучкість, точність і креативність у роботі звукоорежисера, а також дозволяє адаптувати аудіоматеріал до конкретних акустичних умов або художніх завдань.

1.3 Історія розвитку концертної звукоорежисури

Розвиток технологій живого звуку відбувався паралельно з еволюцією звукозапису, але мав свої особливості. До винайдення електроакустичних єдиним засобом забезпечення чутності виступів була природна акустика залу [24]. Історично архітектори приділяли значну увагу акустичним властивостям театрів і концертних приміщень. Ще за часів Римської імперії амфітеатри будували з терасованими місцями для глядачів, що фокусували увагу та звук на сцені. Завдяки такій формі залу звук менше загасав і міг поширюватися на більшу відстань без електронного підсилення. У епоху класицизму і романтизму музиканти та композитори теж враховували акустику: для великих ревербераційних церков писали повільну величезну хорову музику, для камерних зал - більш швидкі та чіткі твори. Отже, задовго до появи звукотехніки існували традиційні архітектурно-акустичні підходи до посилення звуку.

Ситуація докорінно змінилась з появою електричних систем підсилення звуку у XX столітті. Ключовими винаходами, що зробили можливим концертний звук, стали мікрофон, підсилювач та гучномовець. Перші кроки були зроблені наприкінці XIX - на початку XX ст.: так, 1875 р. Девід Едвард Г'юз сконструював вугільний мікрофон - пристрій, що перетворював звукові коливання на електричний сигнал. Хоча якість перших мікрофонів була обмеженою, сам принцип перетворення звуку на електрику став революційним. Подальші вдосконалення дали динамічні та конденсаторні мікрофони з ширшим частотним діапазоном і чутливістю. Вже до 1920-х рр. електричні мікрофони міцно ввійшли в практику звукопідсилення. Наступною підсилювач: 1906 р. Лі де Форест винайшов електронну лампу-триод, здатну посилювати слабкий сигнал мікрофона. Використання лампових підсилювачів у радіо та телефонії швидко поширилося і на сферу публічних виступів. Третім необхідним елементом був гучномовець: у 1898 р. Олівер Лодж створив перший динамічний гучномовець (moving-coil loudspeaker), що перетворював електричний сигнал назад у звук за допомогою котушки в магнітному полі. До початку 1910-х всі три технологічні компоненти вже існували, проте знадобилося їх поєднання в єдину систему.

За загальноприйнятою історіографією, перша справжня система звуків (PA) була продемонстрована 1915 року: інженери Едвін Прідгам та Пітер Дженсен (компанія Magnavox) об'єднали мікрофон, ламповий підсилювач і динамічний гучномовець, аби озвучити різдвяний виступ у Сан-Франциско для 100-тисячної аудиторії. Це було перше масове використання електричного посилення музики, яке довело життєздатність технології [4]. У 1920-1930-х роках системи публічного оповіщення і перші концертні звукоапарати встановлювалися повсюдно - наприклад, для кінопоказів (ера звукового кіно з 1927 р.) та на великих заходах. Винахід динамічного мікрофона з рухомою котушкою (Wente & Thuras, 1931 р.) та подальший розвиток гучномовців збільшили потужність і якість звуку. До кінця 1940-х електронні лампи було поступово замінено транзисторами - компактнішими і надійнішими елементами. Транзистор, винайдений 1947 р., зумовив появу транзисторних підсилювачів у 1960-х, що значно підвищило доступну вихідну потужність систем без громіздких ламп. Паралельно зі збільшенням електричної потужності, зростав і розмір концертних систем: якщо в 1930-х вистачало кількох гучномовців для танцювальної зали, то рок-концерти 1960-х вимагали десятків підсилювачів і колонок.

Показовим моментом стало проведення перших стадійних концертів. 15 серпня 1965 р. гурт The Beatles виступив на стадіоні Shea в Нью-Йорку перед 55-тисячною аудиторією - цей концерт часто називають першим в історії рок-стадіоном. Звукова апаратура того часу виявилась недостатньою: гурт використовував лише підсилювачі по 100 Вт та кілька стовпчастих колонок, через що більшість глядачів ледве чула музику, а самі музиканти майже не чули себе на сцені під крики фанатів. Цей випадок продемонстрував нагальну потребу у значно потужніших та досконаліших системах для великих майданчиків. Уже наприкінці 1960-х ентузіасти по обидва боки Атлантики (зокрема компанії JBL, Altec, Vox тощо) почали розробляти спеціалізовані концертні акустичні системи підвищеної потужності. 1970-ті роки стали переломними: виникла професія «**стуровий звукоорежисер**», з'явилися модульні звукові системи для гастролей. У цей період були акційні інновації, як багатосмугові підсилювачі та кросовери для розділення частот по різних акустичних системах (сабвуфери, середньочастотні та високочастотні кластери), а також моніторні системи на сцені для музикантів. Спершу моніторинг здійснювався через підлогові клітини (wedge monitors), пізніше, 1987 року, з'явилися персональні внутрішньовушні монітори (IEM) - бездротові системи, що дозволили музикантам чути себе навіть на великих сценах без зайвого

шуму.

З 1980-х років концертна звукотехніка стрімко перейшла на новий рівень керування завдяки цифровим технологіям. 1987 року було представлено перший комерційний цифровий мікшерний пульт (Dunacord DSP 600, за іншими даними - Yamaha DMP7) [2]. Цифрові консолі відкрили звукорежисерам нові можливості: збереження пресетів налаштувань, вбудовані ефекти та процесори, компактність і дистанційне керування. Водночас у сфері акустичних систем відбулася наступна революція - поява лінійних масивів. Традиційні «пучкові» колонки мали обмежений радіус дії: звуковий тиск різко спадав з відстанню. Line array технологія, запропонована інженером Крістіаном Хейлом (L-Acoustics) у 1993 р., полягала у вертикальному підвісі багатьох однакових гучномовних модулів, фази випромінювання яких узгоджені. Лінійний масив формує циліндричний фронт хвилі, забезпечуючи рівномірніше покриття дальніх рядів і менше згасання звуку лінійні масиви є стандартом для озвучення арен і стадіонів, оскільки вони дають високу чіткість і потужність звуку на великих відстанях.

Розвиток концертної звукорежисури пройшов шлях від суто традиційних акустичних методів до високотехнологічних компліт. На початку XX ст. поява мікрофона, підсилювача і гучномовця започаткувала звукосилувальну еру, дозволивши охопити і аудиторії. В середині століття з'явилися все потужніші системи, здатні задовольнити вимоги гучної епохи рок-н-ролу. В останні десятиліття основний акцент змістився на цифрове керування звуком: сучасні концерти використовують цифрові мікшери, мережеві протоколи передавання звуку, коделювання акустики залу тощо. Але при цьому багато класичних рішень - принципи розташування акустичних систем, типові схеми озвучення, моделі мікрофонів чи колонок - залишаються актуальними [15]. Сьогоднішній звукорежисер концерту поєднує в роботі надбання усіх попередніх епох: від розуміння акустики приміщень (традиція, що йде від амфітеатрів) до володіння новітніми цифровими консолями. Такий синтез підходить дозволяє забезпечити максимальну якість звуку для слухача. Сучасний стан галузі детально висвітлений у професійній літературі та історичних оглядах, що підкреслюють важливість як спадкоємності традицій, так і впровадження інновацій.

Розділ 2. Традиційні та сучасні технології звуку сьогодні

2.1 Застосування аналогових та цифрових мікшерних пультів

Мікшерний пульт є центральним інструментом практично кожного звукового комплексу, особливо в концертній діяльності. Недарма його часто називають «серцем» звукової системи. Саме через пульт звукорежисер отримує контроль над усіма джерелами звуку: мікрофонами, інструментами, відтворюваними фонограмами тощо. Класичний аналоговий мікшер - це електронний пристрій, що приймає кілька вхідних сигналів, дозволяє регулювати їхні параметри (рівень гучності, тембр еквайзером, панораму тощо) і сумувати в один або кілька виходів. Аналогові пульти існують понад півстоліття і пройшли довгу еволюцію: від простих трьохканальних консолей 1950-х до великих 48-канальних студійних пультів типу Neve чи SSL у 1970-80-х рр. Їх головні переваги - це надійність, наочність керування та часто відзначувана «теплота» звучання аналогових схем. Багато звукорежисерів цінують аналогові консолі за характерний колорит, який вони додають до звуку: насичення гармоніками, м'яку компресію сигналу на лампорматорних каскадах тощо. Класичний приклад - легендарні студійні пульти Neve 8048 чи SSL 4000, на яких записано безліч відомих альбомів: їхній аналоговий тракт став частиною «звукового почерку» епохи. Аналогові пульти також надають інтуїтивно зрозумілий інтерфейс: кожна функція має свою ручку або налаштування видно фізично перед очима, що дозволяє швидко вносити правки на слух у реальному часі [2].

Разом із тим аналогові консолі мають і обмеження. Збільшення кількості каналів робить їх великими за розміром та вагою; при підготовці різних заходів звукорежисеру доводиться щоразу наново виставляти позиції регуляторів вручну, оскільки автоматичного збереження налаштувань немає. Кожен аналоговий тракт також привносить невеликий власний шум і спотворення; у великих системах сумарний шум може бути відчутним. У кінці XX ст. на зміну аналоговим почали приходити цифрові мікшерні пульти. Цифровий мікшер, на відміну від аналогового, здійснює обробку сигналів у цифровому вигляді - вбудований АЦП перетворює сигнал обробляється процесором і на виході знову перетворюється на аналоговий для акустичних систем. Перші цифрові пульти з'явилися наприкінці 1980-х, а вже у 1990-х вони стрімко вдосконалювалися і почали завойовувати ринок живого звуку [5]. Переваги цифрових консолей очевидні: компактність і менша вага при великій кількості каналів, розширена функціональність (вбудовані ефекти, динамічна обробка, гнучка маршрутизація сигналів) та можливість збереження і швидкого виклику налаштувань (пресетів). Наприклад, сучасний цифровий пульт дозволяє заздалегідь підготувати мікси для кількох різних гуртів і перемикатися між ними натисканням кнопки, що надзвичайно зручно на фестивалях. Також цифрові пульти можуть керуватися віддалено - зі сценічного планшета по Wi-Fi або через комп'ютерну мережу, що дає звукорежисеру свободу пересування по залу при налаштуванні звуку. Цифрова обробка забезпечує високе відношення сигнал/шум та відсутність фону, оскільки всі корекції виконуються алгоритмами без додаткових аналогових каскадів. Більше того, один компактний цифровий мікшер може замінити цілу стійку зовнішніх процесорів, оскільки має вбудовані еквайзери, компресори, ревербератори тощо [23].

Недоліки цифрових пультів також варто врахувати. По-перше, вони вводять невелику затримку (latency) сигналу через процес оцифрування та обробки, хоча в сучасних моделях вона мінімальна (порядку кількох мілісекунд) і майже непомітна на слух. По-друге, складність інтерфейсу: на відміну від традиційних аналогових консолей з окремими ручками на кожну функцію, цифрові мікшери часто вимагають перемикання шарів керування, роботи з меню на сенсорному екрані або комп'ютері. Це збільшує час навчання роботи з ними і може ускладнювати оперативні дії для невідготовленого оператора. Також деякі аудіофахівці відзначають, що цифровий звук має «стерильніший» характер: хоча технічно він точніший, бракує тих нелінійних артефактів, які надають «живості» аналогу. Втім, сучасні емуляції та алгоритми поступово згладжують цю різницю. Ще один аспект - залежність від програмного забезпечення: цифровий пульт фактично є комп'ютером, тому можливі збої чи «зависання» потребують резервних копій налаштувань і уважності (аналоговий же пульт зазвичай або працює, або ні). Нарешті, ціна висококласних цифрових систем досі вища за аналогові аналоги через складність технології.

У практиці звукорежисури сьогодні нерідко використовують гібридний підхід: поєднують переваги обох типів пультів [23]. Наприклад, на студії можуть записувати звук через аналоговий мікшер або передпідсилювачі, щоб отримати характерний колорит і насичення, а введення виконувати вже у цифровій аудіостанції (DAW). У концертній сфері іноді застосовують аналогові субмікшери для окремих груп інструментів (скажімо, барабанів), подаючи їх стереовихід на цифровий головний пульт - це дозволяє швидко керувати сумарним «теплим» аналоговим звуком барабанів і водночас мати гнучкість цифрової обробки для всього міксу. Деякі виробники випускають аналогово-цифрові гібриди [5]: наприклад, аналогові консолі з моторизованими фейдерами і цифровим керуванням, які зберігають аналоговий тракт сигналу, але можуть запам'ятовувати положення ручок і керуватися через комп'ютер. Хоча такі системи дорогі і менш поширені, сам тренд показує прагнення галузі об'єднати найкраще з обох світів. В цілому, вибір між аналогом і цифрою залежить від конкретних вимог проекту. У невеликому клубі з обмеженим бюджетом може вистачити простого аналогового пульта, тоді як для туру відомого артиста з жорстким графіком налаштувань незамінним буде цифровий мікшер із пам'яттю параметрів. Як зазначає відома саунд-продюсерка Марта Салогні, що полюбить аналогове обладнання, - сьогодні вона здебільшого працює «в цифрі», адже це і швидше, і дешевше, без компромісів щодо якості [12]. Завдяки сучасним технологіям, навіть

бюджетний звукоінженер має доступ до рівня гнучкості й якості, неможливого раніше. При цьому традиційні аналогові пульти не зникають: їх як і раніше цінують за надійність та особливе звучання, тому у професійних студіях і на великих майданчиках часто можна побачити і ті, й інші - кожен виконує свою роль у загальному комплексі [23].

2.2 Обробка звуку

Технології обробки аудіосигналу пройшли шлях від суто електромеханічних пристроїв до повністю комп'ютеризованих систем. Традиційні методи обробки звуку базуються на використанні апаратних (аналогових) ефект-процесорів. Ще до появи спеціальних приладів звукорежисери експериментували з природною акустикою та підручними засобами: так, легендарний гітарист і винахідник Лес Пол у 1940-х роках застосовував кілька магнітофонів для накладення затримки (echo) та створення ефекту «подвійного запису», запускаючи одну стрічку паралельно на декількох головках. У 1948 р. компанія DeArmond випустила перший комерційний автономний ефект - блок тремоло Trem-Trol, який змінював гучність шляхом пропускання сигналу через спеціальну електролітну рідину.

У 1950-х роках широкого поширення набули пружинні ревербератори та вібратори, спершу як вбудовані схеми у гітарних підсилювачах (наприклад, підсилювачі Fender Twin містили пружинний «ревер»), а згодом і як окремі пристрої. 1957 року німецька фірма EMT представила пластинчастий ревербератор EMT 140 - великий пристрій з натягнутою металевою пластиною, що створював густий ревербераційний хвіст; EMT 140 став студійним стандартом реверберації на десятиліття вперед. Для створення лунких ефектів застосовувалися стрічкові затримки: портативний пристрій Watkins Soricat (1958) дозволяв отримати м'яке багаторазове відлуння на основі магнітної стрічки і став дуже популярним у рок-музиці. Отже, до 1960-х років арсенал звукорежисера включав: механічні ревербератори (кімнати відлуння, пружини, пластини), педалями для гітар (фузз-ефекти, wah-wah), динамічні процесори (перші студійні компресори і лімітери на лампах, як-от легендарний Fairchild 660) та еквалайзери (наприклад, ламповий Pultec EQP-1A). Усі ці аналогові прилади мали унікальні характеристики і часто «фарбували» звук, але саме ця неповторна колористика стала частиною музичної культури. Наприклад, перевантаження лампового підсилювача, що спершу сприймалося як небажане спотворення, зрештою перетворилося на ефект «дисторшн», без якого немислимий звук електрогітари в рок-музиці. Аналогічно, легка компресія сигналу оптичним компресором Teletronix LA-2A додає вокалу щільності й м'якості - і досі студії цінують ці вінтажні прилади за їх музичність [18].

Сучасний етап - це цифрова обробка звуку, яка почала впроваджуватися з 1970-х років і нині домінує. Поява достатньо потужних мікропроцесорів дала можливість реалізувати класичні ефекти в цифровому вигляді. 1976 року компанія Eventide випустила процесор H910 Harmonizer - один із перших цифрових ефектів (пітч-шифтер), а 1977 р. з'явився перший повністю цифровий ревербератор EMT 250, що використовував алгоритмічну модель реверберації.

Ці прилади були дуже дорогими, але проклали шлях до цифрової ери. У 1980-х виникли популярні цифрові процесори: ревербератори Lexicon (224, PCM series), багатоефектні процесори Yamaha SPX90 тощо. З 1990-х років, з розвитком персональних комп'ютерів, більшість обробки перейшла у програмне середовище: цифрові аудіоробочі станції (Pro Tools, Cubase, Logic та ін.) дозволяють застосовувати програмні плагіни ефектів у необмеженій кількості. Сьогодні у вигляді плагінів доступні як емуляції всіх класичних аналогових пристроїв (напр. колекції UAD, Waves, що точно відтворюють звук лампових підсилювачів, стрічкових ліній затримки тощо), так і цілком нові, раніше недосяжні ефекти.

Прикладом останнього є ефект Auto-Tune, впроваджений наприкінці 1990-х для автоматичної корекції висоти нот вокалу: спочатку як непомітний інструмент, а згодом і як спеціальний художній прийом (відомий ефект «Cher» у пісні "Believe", 1998 р.). Чисто цифровими є такі ефекти, як біткрашинг (зниження роздільної здатності сигналу для отримання «грубої» цифрової текстури) чи грануляція (розщеплення звуку на дрібні фрагменти-зерна і керування ними) - вони не мають аналогів у світі аналогової техніки [25].

Сьогоднішній звукорежисер має у своєму розпорядженні багатий парк як класичних апаратних, так і новітніх програмних процесорів і часто комбінує їх. У професійних студіях досі можна побачити рекові стійки, заповнені «раритетним» залізом - еквалайзерами, компресорами, ревербераторами минулих десятиліть, котрі використовуються на фінальних стадіях обробки або для надання особливого характеру звуку. Водночас, більшість рутинних операцій - шумозаглушення, тонка екваляція, монтаж - виконується програмними методами, оскільки це гнучкіше і швидше. Часто практикується схема: гібридний мікс, коли сигнал з DAW виводиться через зовнішній аналоговий пристрій і повертається назад. Наприклад, стереомікс можуть пропустити через аналоговий стрічковий магнітофон або емулятор стрічки, щоб додати ледь відчутну сатурацію і згладити піки - така техніка імітує традиційний аналоговий мастеринг. Натомість фінальний екваляйзинг і багатосмугове стиснення робиться плагінами, які забезпечують точність і повторюваність результату [4].

Експериментуючи, інженери можуть накладати програмні ефекти поверх реальних і навпаки. Наприклад, вокал одночасно записують двома мікрофонами - через ламповий передсилювач обробляють один канал, а другий чистий обробляють плагінами і змішують, досягаючи цікавого балансу «тепла» і чіткості. Як зазначають фахівці Abbey Road, раніше програмні емуляції не повністю передавали характер аналогу, але нині різниця майже зникла - сучасні плагіни здатні дуже точно моделювати навіть нюанси роботи ламп і трансформаторів. Таким чином, традиційна аналогова обробка не зникає - вона стала нішею для досягнення особливого звучання, свого роду «приправою» [11].

Сучасна же цифрова обробка взяла на себе основний тягар рутинних завдань і відкрила нові горизонти для звукової творчості. Без комп'ютерних технологій нині неможливо уявити саунд-дизайн кіно і ігор, де десятки доріжок ефектів компілюються і динамічно змінюються алгоритмами. Водночас, знання класичних методів (як працює ревербераційна пластина чи що дає паралельна компресія на аналоговому міксі) залишається маркером професіоналізму звукорежисера. Отже, поєднання аналогових та цифрових підходів в обробці звуку - це сучасний стандарт індустрії: використати сильні сторони кожного для досягнення оптимального результату [17].

2.3 Застосування легендарних та сучасних мікрофонів

Мікрофон - перша ланка звукорежисури, адже саме від нього залежить, як звук перетвориться на електричний сигнал. За 150 років було створено величезну кількість моделей мікрофонів, проте в практиці можна виділити легендарні (класичні) та новітні типи, і дуже часто вони працюють пліч-о-пліч.

До легендарних відносять мікрофони, що стали еталонами у своїх категоріях і перевірені десятиліттями. Наприклад, студійний конденсаторний мікрофон Neumann U47 (Німеччина) - вперше представлений 1947 р., він став технічною революцією свого часу і досі вважається еталоном «досконалого звуку» для вокалу та інструментів. U47 був ламповим, з великою діафрагмою, і забезпечував надзвичайно широкий частотний діапазон та низький рівень шумів для своєї епохи. Не дивно, що такі виконавці, як Френк Сінатра, Елла Фіцджеральд, Бінг Кросбі та The Beatles, активно використовували Neumann U47 у записах [20].

Інший приклад - динамічний мікрофон Shure SM58, розроблений у 1966 році як вдосконалення попередньої моделі Unidyne III [21]. SM58 став стандартом для живого вокалу завдяки своїй міцності, надійному придушенню зворотного зв'язку та збалансованому звучанню. Його навіть прозвали «мікрофоном No1 у світі» - за десятки років він майже не змінився конструктивно і досі масово використовується на концертах всіх

рівнів.

Схожа доля у мікрофона Shure SM57 (1965) - класичного інструментального мікрофона для підзвучування гітарних комбодісилувачів, ударних (малий барабан) тощо. До класики належать також стрічкові (ринкові) мікрофони RCA 44 і 77-DX (США, 1930-40-ві) - їх теплий оксамитовий тембр цінується досі при записі вокалу і духових. У студіях по всьому світу й нині можна знайти модернізовані випуски легендарних моделей: Neumann U87 (1967, наступник U47) став одним з найпоширеніших студійних мікрофонів з 1970-х, AKG C414 - універсальний конденсаторний мікрофон (Австрія, з 1971 р., еволюція моделі C12) тощо. Їх застосування обумовлене передусім якістю звуку: навіть за сучасними мірками ці мікрофони забезпечують природне, багате обертонами звучання. Крім того, за роки напрацьовано «рецепти», який мікрофон краще для якого джерела звуку. Приміром, вокалісти з яскравим тембром часто звучать вирашніше через ламповий Neumann U67 чи Telefunken ELAM251, а для м'якого жіночого вокалу можуть обрати стрічковий Royer R-121 щоб додати тілесності.

Традиція використання легендарних мікрофонів підтримується й виробниками: сьогодні випускають репліки класичних моделей (як от Telefunken USA відтворює U47 і C12), тож нове покоління звукорежисерів теж має доступ до «золотого фонду» мікрофоновбудування. Поряд з цим, технологічний прогрес приніс і сучасні високотехнологічні мікрофони, які розширюють можливості звукорежисера. Одним з напрямів є цифрові мікрофони. Традиційно вихід мікрофона - аналоговий сигнал дуже низького рівня, що потребує преампліфікації. У цифрових же мікрофонах, які відповідають стандарту AES42, вбудовано АЦП та мікропроцесор. Наприклад, фірма Neumann розробила модель D-01 - це великий студійний мікрофон, який усередині оцифровує сигнал і передає його в цифровому форматі безпосередньо на мікшер. Цифрові мікрофони забезпечують ідеальне узгодження з цифровими пультами, відсутність шумів преампа, можливість дистанційного керування параметрами (фільтрами, чутливістю) через протокол. Проте вони потребують спеціальних інтерфейсів (наприклад, Neumann DMI - цифровий інтерфейс-маршрутизатор для таких мікрофонів). Наразі цифрові мікрофони займають вузьку нішу (студійні записи, вимірювальні системи), тоді як у масовій концертній практиці продовжують домінувати аналогові моделі з подальшим оцифруванням на пульті.

Ще один сучасний підхід - моделюючі (емуляційні) мікрофони. Це поєднання апаратного і програмного рішень: сам мікрофон сконструйований максимально лінійним (нейтральним), зате потім за допомогою спеціального програмного забезпечення його сигналу надають АЧХ та характер обраного відомого мікрофона. Приклад - система Townsend Labs Sphere L22, яка складається з двокапсульного конденсаторного мікрофона і плагіна: записуючи сигнал з двох капсул, програма може емулювати як направленість, так і тональний відгук десятків різних моделей (Neumann U47, AKG C12, Sony C800G та ін.). Подібні системи (Slate Digital VMS, Antelope Audio Edge та Verge) набули популярності у домашніх і проєктних студіях, адже дозволяють за відносно помірну ціну отримати «віртуальну колекцію» дорогих вінтажних мікрофонів. Звісно, моделювання не ідеальне, проте в багатьох випадках різниця несуттєва. До сучасних високотехнологічних мікрофонів також можна віднести різноманітні мініатюрні та спеціалізовані моделі: наприклад, мікрофони з технологією MEMS (надзвичайно маленькі чип-мікрофони, інтегровані в мобільну техніку), або багатоканальні мікрофонні решітки для 3D-звуку (системи, що записують сферичне звукове поле для VR/AR застосувань). У концертній справі продовжують розвиватися радіомікрофони: новітні радіосистеми забезпечують цифрову передачу без дротів з шифруванням і майже нульовою затримкою, що є значущим досягненням для живих виступів [8].

У повсякденній роботі звукорежисера поєднання класичних і сучасних мікрофонів є стандартним підходом. Наприклад, при записі ударної установки нерідко на бас-бочку ставлять два мікрофони: один старий динамічний (EV RE20 або AKG D112) для «тіла», а другий сучасний конденсаторний для атаки - таким чином досягається повнота звучання. На бекстейджі концертів можна побачити, як вокалісти використовують перевірений Shure SM58, гітарні кабінети знімають одночасно стрічковим Royer R121 (ретро-технологія) і сучасним Sennheiser e906, а для залу встановлюють спеціалізовані мікрофони для об'ємного звучання. Це підтверджує, що традиційні пристрої не лише зберігають своє місце, а й у комбінації з новими дають найкращий результат. Класичні мікрофони привносять свій характер і перевірену якість, а сучасні - стабільність роботи, технологічні переваги (наприклад, менші габарити чи бездротовість) та нові можливості (цифрові функції, емуляція). Сучасний звукорежисер, озброєний як вінтажним U47, так і цифровим моделюючим мікрофоном, має значно ширший творчий інструментарій, ніж його колеги минулого. Головне - розуміти сильні сторони кожного підходу і поєднувати їх задля досягнення поставленої художньої мети. Така синергія традицій та високих технологій і визначає сьогоднішнє обличчя професії звукорежисера.

Висновки

У результаті проведеного дослідження встановлено, що розвиток звукотехнічних технологій є невід'ємною складовою еволюції як медіаіндустрії, так і технічного прогресу загалом. Історичний аналіз підтверджує поступовий, але стійкий перехід від механічних і електромеханічних засобів фіксації звуку до складних цифрових систем, здатних забезпечити високу якість, гнучкість і мобільність у роботі з аудіосигналами. У кожному епоху розвиток звукотехніки відповідав на потреби часу, а її здобутки стали фундаментом для наступних технологічних проривів.

Перший розділ роботи висвітлює ключові етапи розвитку звукозапису та концертної звукорежисури. Було виявлено, що перехід від акустичного до електричного, а згодом - до магнітного та цифрового запису, не лише розширив технічні можливості звукозапису, але й відкрив нові горизонти для творчого самовираження музикантів і звукорежисерів. Особливо важливою стала поява мікрофона, підсилювача та гучномовця - основних елементів будь-якої системи звукопідсилення. Розвиток концертної звукорежисури продемонстрував, як технології дозволили перейти від виступів у невеликих залах до масових шоу на стадіонах, забезпечуючи чітке звучання на будь-яких відстанях.

У другому розділі було проаналізовано технічні й функціональні особливості мікшерних пультів - ключового елемента сучасних аудіосистем. Детально розглянуто переваги й недоліки аналогових та цифрових пультів, їх практичне використання в студійних і концертних умовах. Виявлено, що цифрові пульти завдяки своїй універсальності, компактності та інтеграції з комп'ютерними технологіями значною мірою витісняють аналогові пристрої, проте останні все ще користуються попитом через особливе звучання та інтуїтивність керування. Сучасна тенденція - це гібридне використання аналогових і цифрових систем, що дозволяє поєднувати їхні сильні сторони.

Окрему увагу приділено методам обробки звуку. Було встановлено, що перші ефекти створювались суто механічними або електромеханічними засобами (пружинні та пластинчасті ревербератори, стрічкові затримки, лампові компресори), а сучасна цифрова обробка охоплює необмежену кількість програмних ефектів, які не лише відтворюють класичне звучання, а й відкривають нові простори для саунд-дизайну. У професійній практиці продовжують співіснувати апаратні пристрої та програмні плагіни, що дозволяє досягти балансу між теплим аналоговим характером і високою точністю цифрового оброблення.

Також проаналізовано еволюцію мікрофонних технологій - від лампових стрічкових і конденсаторних моделей до цифрових і моделюючих мікрофонів, здатних емулювати звучання десятків класичних моделей. Встановлено, що сучасна практика звукорежисури базується на поєднанні історично перевірених мікрофонів із новітніми технологіями, що забезпечує гнучкість у досягненні бажаного результату.

Загалом, можна зробити такі узагальнені висновки:

1. Звукотехнічна галузь розвивається як синтез науки, інженерії та мистецтва.

2. Історичний розвиток технологій сприяв розширенню технічних і творчих можливостей у сфері звуку.
 3. Аналогові системи зберігають свою актуальність завдяки характерному звучанню, водночас цифрові рішення стали стандартом сучасної індустрії.
 4. Комбінація традиційних і новітніх методів забезпечує найвищу якість і продуктивність роботи звукорежисера.
 5. Успішна професійна діяльність у цій сфері потребує ґрунтовного розуміння як історичних основ, так і сучасних технологій.
- Поєднання технічної еволюції, практичного досвіду і креативного підходу формує сучасне обличчя звукорежисури, яка залишається однією з найдинамічніших галузей культурно-креативного сектору.

Список використаних джерел

1. Вишняк О. О. Основи звукорежисури : метод. рекомендації для керівників гуртків-музикантів. Бориспіль, 2017. 27 с. URL: https://bdut.in.ua/nmr/osnovy_zvukorezhysury.pdf (дата звернення: 30.03.2025).
2. Дом Музики. Як вибрати мікшерний пульт? // Sintezator.com.ua. URL: https://sintezator.com.ua/uk/news/1140_mikshernij-pult-osoblivosti-viboru-ta-klasifi.html (дата звернення: 30.03.2025).
3. КІПТ. Розділ 4: Звукообробна апаратура // Навчальний посібник з основ звукотехніки. Харків: ХПІ, 2018. С. 5-15. URL: <http://kipt.com.ua/wp-content/uploads/2018/10/Звукообробна-апаратура.pdf> (дата звернення: 30.03.2025).
4. Комора.com. Основи реверберації: масштабне звучання у просторі. - Комора, журнал. URL: <https://komora.com/posts/osnovy-reverberacii> (дата звернення: 30.03.2025).
5. МузЛайн. Цифровий мікшерний пульт: що це та як обрати? // Poglyad Te.ua. URL: <http://poglyad.te.ua/rehiony/tsyfrovij-mikshernij-pult-shho-cze-ta-yak-obraty.html> (дата звернення: 30.03.2025).
6. Олійник О. О. Звукорежисер у сучасному кіновиробництві: поєднання аналогових та цифрових технологій // Кіно-Театр. 2021. №4. С. 45-49.
7. Романюк М. І, Попович. П. В. Технічне забезпечення кінотеатрів та інформаційно-розважальних заходів: конспект лекцій: навч. посіб. для студ. спеціальності 6.050803 Акустотехніка. КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. - 155 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/23942> (дата звернення: 20.04.2025).
8. Саундмастер. Історія розвитку мікрофонів (оглядова стаття) // Інтернет-магазин Soundmaster. 2020. URL: <https://soundmaster.ua/ua/zvukovoe-oborudovanie/mikrofony> (дата звернення: 29.03.2025).
9. Турута О. В., Матвієнко О. В. Основи звукотехніки: навч. посібник. Київ: НАКККІМ, 2012. 210 с.
10. Ужинський М. В. Мистецькі технології та звукорежисура у драматичному театрі // Молодий вчений. 2019. №3(67). С. 81-84. DOI: 10.32839/2304-5809/2019-3-67-16.
11. Wikipedia. Процесор ефектів - Вікіпедія, вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Процесор_ефектів (дата звернення: 28.03.2025).
1. Abbey Road Institute. Analogue vs Digital: the debate ends here! AbbeyRoadInstitute.co.uk (Blog). URL: <https://abbeyroadinstitute.co.uk/blog/analogue-vs-digital/> (date of access: 29.03.2025).
2. AES. AES Oral History 002: Les Paul. Audio Engineering Society E-Library, 2005. URL: <http://www.aes.org/historical/oral/?ID=2> (date of access: 29.03.2025).
3. Audio Engineering Society. An Audio Timeline. AES Historical Committee, 2014. URL: <http://www.aes.org/aeshc/docs/audio.history.timeline.html> (date of access: 29.03.2025).
4. Brecht R. M. The Evolution of Live Concert Production Audio. - TSE Entertainment Blog. 2020. URL: <https://tseentertainment.com/the-evolution-of-live-concert-production-audio/> (date of access: 29.03.2025).
5. Coules A. The History of Live Sound - Part 1: from the invention of the microphone to the first stadium concert. - HARMAN Professional Solutions Insights (Blog). 2021. URL: <https://pro.harman.com/insights/av/the-history-of-live-sound-part-1/> (date of access: 29.03.2025).
6. Huber D., Runstein R. Modern Recording Techniques. 9th ed. Oxford: Focal Press, 2017. 552 p.
7. Mastering.com. Modeling Microphones: Everything You Need to Know. - Mastering.com Blog, 2021. URL: <https://mastering.com/modeling-microphones/> (date of access: 29.03.2025).
8. **Morton D. Off the Record: The Technology and Culture of Sound Recording in America. New Brunswick, NJ: Rutgers Univ. Press, 2000. 244 p.**
9. Neumann GmbH. U 47 - Switchable Condenser Microphone (official product history page). URL: <https://www.neumann.com/en-us/products/historical/u-47> (date of access: 29.03.2025).
10. Pettersen M. 10 Things You Might Not Know About the SM58. - Shure Insights Blog. URL: <https://www.shure.com/en-us/insights/10-things-might-not-know-sm58/> (date of access: 29.03.2025).
11. RecordingConnection. Analog vs. Digital Audio Recording - RecordingConnection Reference Library. URL: <https://recordingconnection.com/reference-library/analog-or-digital-what-is-the-difference/> (date of access: 29.03.2025).
12. Strommen L. Audio Mixers 101: Analog vs Digital. - SoundPro Blog. URL: <https://www.soundpro.com/articles/audio-mixers-101-analog-vs-digital/> (date of access: 29.03.2025).
13. Wilmering T., Moffat D., Milo A., Sandler M. A History of Audio Effects. - Applied Sciences. 2020. Vol. 10, No. 3. Article 791. DOI: 10.3390/app10030791.
14. Willett J. Digital Microphones - AES42 and all that. - Proceedings of the AES 24th UK Conference, Cambridge, 2011. URL: <https://soundlink.co.uk/docs/AES%20-%20Digital%20Microphones%20-%20AES42%20and%20all%20that.pdf> (date of access: 29.03.2025).

Звіт наявності ШІ-контенту

Результат пошуку відображає вірогідність того, чи був текст створений інструментом штучного інтелекту з використанням GPT-2, GPT-J, GPT-NEO, GPT-3, GPT-3, GPT-4 або Bard.

метадані

Назва організації

Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts"

Заголовок

Дипломна_робота_Позніхіренко_Кирило

Автор

Науковий керівник / Експерт

Позніхіренко_КирилоОвсянніков В.Г.

підрозділ

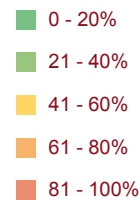
Communal Higher Educational Establishment of Kyiv Regional Council "Academy of Arts"

Ймовірність змісту контенту ШІ

4%

Що означає коефіцієнт ймовірності ШІ? Коефіцієнт ймовірності ШІ (КІШІ) означає ймовірність того, що текст був написаний інструментом ШІ, виражену у відсотках. Тобто, якщо КІШІ дорівнює 34%, це означає, що ймовірність того, що текст був написаний ШІ, дорівнює 34%.

Текст показує ймовірність використання ШІ для окремих фрагментів документа і групує їх в 5 діапазонів згідно легенди.



Подробиці

Нижче наведено список фрагментів, розташованих за ймовірністю ШІ, від фрагментів із найвищою ймовірністю до фрагментів із найнижчою ймовірністю ШІ.

| ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР | ФРАГМЕНТ | ЙМОВІРНІСТЬ ЗМІСТУ КОНТЕНТУ ШІ | КІЛЬКІСТЬ СЛІВ |
|---------------------|---|-----------------------------------|----------------|
| 1 | 10. Pettersen M. 10 Things You Might Not Know Abou... | 71% | 76 |
| 2 | 4. Brecht R. M. The Evolution of Live Concert Prod... | 67% | 22 |
| 3 | - Mastering.com Blog, 2021. URL: https://mastering... | 66% | 10 |
| 4 | 1. Abbey Road Institute. Analogue vs Digital: the ... | 56% | 19 |
| 5 | 8. Morton D. Off the Record: The Technology and Cu... | 53% | 15 |
| 6 | 5. Coules A. The History of Live Sound - Part 1: f... | 53% | 35 |
| 7 | URL: https://www.neumann.com/en-us/products/histor... | 51% | 6 |
| 8 | 10, No. 3. Article 791. DOI: 10.3390/app10030791. ... | 49% | 17 |
| 9 | 9th ed. Oxford: Focal Press, 2017. 552 p. 7. Maste... | 48% | 17 |
| 10 | AES Historical Committee, 2014. URL: http://www.ae... | 48% | 10 |
| 11 | 6. Huber D., Runstein R. Modern Recording Techniqu... | 37% | 8 |
| 12 | - Proceedings of the AES 24th UK Conference, Cambr... | 36% | 16 |
| 13 | 11. Wikipedia. Процесор ефектів - Вікіпедія, вільн... | 32% | 13 |

| | | | |
|----|---|-----|------|
| 14 | 2. AES. AES Oral History 002: Les Paul. Audio Engi... | 32% | 26 |
| 15 | New Brunswick, NJ: Rutgers Univ. Press, 2000. 244 ... | 30% | 22 |
| 16 | 3. Аналогові системи зберігають свою актуальність ... | 23% | 29 |
| 17 | 5. Успішна професійна діяльність у цій сфері потре... | 2% | 244 |
| 18 | 1 КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСН... | 2% | 7139 |

1
 КОМУНАЛЬНИЙ ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ
 КИЇВСЬКОЇ ОБЛАСНОЇ РАДИ
 «АКАДЕМІЯ МИСТЕЦТВ ІМЕНІ ПАВЛА ЧУБИНСЬКОГО»
 Кафедра музичного мистецтва естради

КВАЛІФІКАЦІЙНА (ДИПЛОМНА) РОБОТА
 на здобуття освітнього ступеня бакалавр
 На тему:
 «Поєднання традиційних та сучасних високотехнологічних підходів в роботі звукорежисера»

Галузь знань 02 «КУЛЬТУРА І МИСТЕЦТВО»
 Спеціальність 025 "МУЗИЧНЕ МИСТЕЦТВО"
 Освітньо-професійна програма: «ЗВУКОРЕЖИСУРА»
 Професійна кваліфікація: 2455.2 Звукорежисер; 2453.2 Музичний оформлювач

Виконав: Керівник:
 Студент випускної групи 4-БЕМ(з) Кандидат мистецтвознавства, доцент
 Познікіренко Кирило кафедри музичного мистецтва естради
 Володимирович Овсянніков Вячеслав Георгійович

Допустити до захисту
 Протокол засідання кафедри від «__» _____ 2025 р. № ____
 Завідувач кафедри музичного мистецтва естради

(_____) Карпенко-Боднарук Ж. Л.
 (підпис)

Київ 2025

Зміст

| | |
|---|----|
| Вступ | 3 |
| Розділ 1. Технології звуку: історичний контекст | 5 |
| 1.1 Історія розвитку технологій звукозапису | 5 |
| 1.2 Пристрої оброблення звукових сигналів | 11 |
| 1.3 Історія розвитку концертної звукорежисури | 17 |
| Розділ 2. Традиційні та сучасні технології звуку сьогодні | 21 |
| 2.1 Застосування аналогових та цифрових мікшерних пультів | 21 |
| 2.2 Обробка звуку | 24 |
| 2.3 Застосування легендарних та сучасних мікрофонів | 27 |

Вступ

Розвиток звукотехнічних технологій є невід'ємною складовою еволюції як медіаіндустрії, так і технічного прогресу загалом. Прослідковується стійкий перехід від механічних і електромеханічних засобів фіксації звуку до складних цифрових систем, здатних забезпечити високу якість, гнучкість і мобільність у роботі з аудіосигналами. У кожен епоху розвиток звукотехніки відповідав на потреби часу, а її здобутки стали фундаментом для наступних технологічних проривів. Поєднання технічної еволюції, практичного досвіду і креативного підходу формує сучасне обличчя звукорежисури, яка залишається однією з найдинамічніших галузей культурно-креативного сектору.

Актуальність теми. В останнє десятиліття особливого значення в теорії та практиці маркетингових досліджень набуває розробка стратегій просування об'єктів і явищ індустрії розваг, зокрема музичної індустрії. Це зумовлено її динамічним розвитком, високим рівнем конкуренції та потребою в індивідуалізації маркетингових підходів. Музичний маркетинг є унікальною сферою, де кожен проєкт вимагає спеціального підходу, аби забезпечити впізнаваність і успішне позиціонування на ринку. Просування артистів, музичних заходів, продуктів звукозапису та цифрових медіаплатформ передбачає використання складних бізнес-механізмів, тісно пов'язаних із сучасними інформаційними технологіями, PR, аналізом медіаполя та поведінки споживачів.

Потреба в маркетингових рішеннях у сфері шоу-бізнесу значно зросла в умовах цифрової трансформації, коли традиційні методи взаємодії з аудиторією вже не дають очікуваного ефекту без новітніх підходів. Саме тому питання розробки ефективної маркетингової стратегії для організації діяльності в індустрії звукозапису є надзвичайно актуальним.

Мета дослідження - розробити проєкт організації шоу-бізнесу в сфері звукозапису та обґрунтувати його з теоретичної й практичної точок зору. Завдання дослідження:

1. визначити сутність та особливості стратегії маркетингу в індустрії звукозапису;
2. дослідити ключові чинники просування артистів на ринку музичної продукції;
3. сформулювати основну концепцію бізнес-проєкту студії звукозапису;
4. розробити творчо-виробничий та організаційний план;
5. побудувати фінансову модель та здійснити оцінку можливих ризиків.

Об'єкт дослідження - процес організації шоу-бізнесу в індустрії звукозапису.

Предмет дослідження - теоретичні, методичні та практичні аспекти проєктування ефективної маркетингової стратегії в індустрії звукозапису.

Теоретичне та практичне значення роботи. Теоретичне значення виявлене у аналізі переходу від механічних і електромеханічних засобів фіксації звуку до складних цифрових систем. Практичне значення роботи полягає у виявленні співіснування аналогових та цифрових технологій в роботі звукорежисера сьогодення.

Методи дослідження.

Для досягнення мети застосовано загальнонаукові та спеціальні методи: аналіз наукової літератури, контент-аналіз публікацій у ЗМІ та соціальних мережах, експертні інтерв'ю, спостереження, елементи бізнес-проєктування. Комплексний підхід дозволив охопити різні аспекти функціонування музичної індустрії в умовах цифрової епохи. Міждисциплінарний підхід забезпечив інтеграцію знань з економіки, культурології, соціології, музикознавства. Історико-порівняльний підхід дав змогу зіставити вітчизняний та зарубіжний досвід організації звукозапису і маркетингу в шоу-бізнесі. Структура роботи. Дипломна робота складається зі вступу, двох розділів, висновків та списку використаних джерел.

Розділ 1. Технології звуку: історичний контекст

1.1 Історія розвитку технологій звукозапису

Історія звукозапису розпочалася у XIX столітті з винайдення перших приладів, здатних фіксувати та став американський винахідник Томас Едісон, який 1877 року створив фонограф - пристрій, що записував звук механічним способом на циліндр криттям. Цей перший механічний запис звуку ознаменував початок акустичної ери звукозапису. У 1888р. німецький інженер Еміль Берлінер розробив грамофонну платівку і грамофон, дозволивши тиражувати звукозаписи на дисках. Таким чином, наприкінці XIX століття основи індустрії звукозапису: механічні технології фіксації звуку відкрили можливість зберігати звукову інформацію та відтворювати її масово.

На межі XIX-XX ст. розпочалися експерименти з електричними та оптичними методами запису. Вже 1889р. російський учений О.Ф. Віксемський сконструював апарат для оптичного запису звуку на фоточутливій стрічці. Цей метод перетворював звукові коливання спершу на електричні, а потім на змінний світловий сигнал, що фіксувався як фотографічна фонограма. У 1900р. було введено запис звуку з такої фотографії (І.Л. Поляків), а надалі оптичний запис розвинувся для кіно: у 1928р. П.Г. Тагер і А.Ф. Шорін впровадили технологію запису звуку на кіноплівці. Паралельно удосконалювалися електричні методи: з початку 1920-х років поширюється застосування електричних мікрофонів і підсилювачів для запису на диски (початок електричної ери звукозапису). Наприклад, запровадження системи Western Electric у 1925р. дозволило електрично посилювати сигнал мікрофона перед гравіюванням платівки, значно підвищивши якість і діапазон частот запису. Таким чином, механічний спосіб у 1920-х змінив електро-механічний: замість чисто акустичного запису через рупор застосовувались мікрофони та електронні тракти обробки сигналу. Третім ключовим етапом стала поява магнітного способу запису. Данський фізик Вальдемар Поульсен 1898р. запропонував здійснювати запис звуку на стрічці за допомогою магнітного намагнічування. Ця ідея отримала практичне втілення значно пізніше: лише у 1930-40-х рр. магнітний запис набув розвитку завдяки магнітофонній стрічці. У 1928р. замість сталевого дроту почали використовувати стрічку з нанесеним шаром феромагнітного порошку; згодом паперову основу стрічки замінили ацетатною, а після Другої світової війни - лавсановою (пластикострічка забезпечила значно довший і якісніший запис, можливість монтажу звуку і перезапису. Від середини XX ст. котушкові магнітофони стали основним інструментом студійного звукозапису, домінуючи до 1970-х років. З появою магнітного запису відкрилися нові можливості: багатодоріжковий запис (вперше реалізований Лесом Полом), стереофонічний запис на 1950-х, що суттєво підвищило якість і творчий потенціал звукорежисури [13].

Четвертим якісним стрибком в історії стали цифрові технології. Передумовою цього було винайдення транзистора (1947р.) та розробка методів перетворення аналогового сигналу на цифровий (імпульсно-кодова модуляція, приблизно з 1950-х). Перші експериментальні цифрові звукозаписи з'явилися у 1960-х (наприклад, компанія NHK у Японії здійснила цифровий запис у 1969р.), а комерційно цифровий запис дебютував у 1970-х роках. Зокрема, 1977р. випущено перший рибратор EMT 250 - один із перших цифрових аудіоприладів у студії. Кульмінацією

цифрової ери стало впровадження компакт-диска: у 1982-1983рр. компанії Philips та Sony представили оптичний диск для аудіо (CD) як носій, що читався лазерним променем. Цифровий звукозапис принципово відрізняється від аналогового, оскільки замість безперервних коливань зберігає сигнал як числові дані, дискретні відліки амплітуди. Поява цифрових носіїв (CD, DAT, MD) і формату MP3 у кінці XX ст. призвела до справжньої революції в індустрії: стало можливим безкопійовати записи, редагувати їх на комп'ютері, передавати через мережу Інтернет. Таким чином, можна виділити кілька епох розвитку звукозапису - акустичну, електричну, магнітну та цифрову, кожна з яких базується на нових технологічних принципах і відкриває ширші можливості для звукорежисерів [19].

Загалом історія технологій звукозапису демонструє поступовий перехід від суто механічних методів до електронних аналогових, а згодом - до цифрових систем. Кожен етап характеризувався зростанням точності й діапазону відтворених частот, підвищенням відношення сигнал/шум та зручності монтажу звуку. Якщо фонограф Едісона фіксував лише вузький спектр частот і давав низьку гучність, то сучасні цифрові системи здатні передати увесь чутний діапазон з мінімальними спотвореннями. Важливо зазначити, що жодна нова технологія повністю не витіснила попередні: деякі традиційні методи співіснують із сучасними і сьогодні. Наприклад, платівки досі цінуються аудіофілами за «тепле» звучання, а стрічкові магнітофони використовуються для досягнення певного характеру саунду на студіях, тоді як основний потік виробництва муна цифрові робочі станції. Отже, еволюція звукозапису - це процес накопичення технологій, які комбінуються і доповнюють одна одну. Комплексний огляд розвитку звукотехніки представлений у хронологічних довідниках AES та фундаментальній літературі з звукорежисури [14].

Основа технічного оснащення студії звукозапису складають пристрої, що забезпечують повний цикл роботи зі звуковим сигналом: його захоплення (мікрофони, звукознімачі), обробку (мікшерні пульти, процесори сигналу, компресори, комп'ютерні плагіни тощо), фіксацію (аналогові рекордери, жорсткі диски) і відтворення (студійні монітори, спеціалізовані акустичні системи).

У даному розділі розглянемо першу групу пристроїв - мікрофони. Повна класифікація та всі технічні особливості цих пристроїв у межах цього дослідження не розглядаються; зупинимось лише на ключових характеристиках, які дозволяють оцінити якість мікрофона та його придатність до певних завдань [7].

Мікрофон виконує функцію перетворення звукових хвиль (змін звукового тиску) у електричні сигнали. У відповідності до основ електроакустики, мікрофон можна охарактеризувати низкою технічних параметрів, які дозволяють зробити висновки про його ефективність у конкретному середовищі.

Однією з головних характеристик є чутливість, яка вимірюється у мілівольтах на паскаль (мВ/Па). Вона вказує на те, наскільки ефективно мікрофон перетворює звуковий тиск у електричний сигнал. Чутливість визначають як електрорушійну силу без навантаження або як рівень напруги, що виникає на стандартному опорі під впливом тиску 1 Па на чутливий елемент мікрофона. Стандартне значення чутливості приймається рівним $E = 1 \text{ мВ/Па}$ [2].

У мікрофонів різних типів цей показник варіюється: у динамічних мікрофонів - від 1 до 2 мВ/Па, а в конденсаторних - від 10 до 15 мВ/Па. Також варто враховувати, що рівень чутливості залежить від частоти звукового сигналу. Візуально цю залежність представляють у вигляді частотної характеристики мікрофона. Ще одним важливим параметром є діаграма спрямованості, яка відображає, наскільки мікрофон здатен реагувати на джерела звуку, розміщені в різних просторових положеннях. Цей показник значною мірою залежить від конструкції капсули мікрофона - основного елемента, що визначає характер його спрямованості [7].

Діаграму спрямованості зазвичай будують у полярній системі координат. При цьому вісь мікрофона (0-180°), що проходить фронтально або перпендикулярно до його лицьової поверхні, використовується як основна. Відповідно до напрямку звуку відкладають відрізки, пропорційні чутливості мікрофона у відповідних напрямках.

У практиці звукозапису використовуються мікрофони з різними діаграмами спрямованості, однак серед них найпоширенішими є три основні типи: кругова, кардіоїдна та двонаправлена («вісімка»).

Кругова (омнідирекційна) діаграма передбачає однакову чутливість мікрофона до звукових сигналів, що надходять з будь-якого напрямку. Такий тип мікрофонів зручно застосовувати у приміщеннях із якісною акустичною обробкою, оскільки він фіксує не тільки прямий звук, а й відбиті сигнали з довкілля.

Кардіоїдна діаграма спрямованості забезпечує підвищену чутливість до джерел, розташованих перед мікрофоном, і значно зменшену - до джерел позаду. Саме тому такі моделі особливо ефективні у студіях із недостатнім рівнем шумоізоляції або під час запису вокалу, коли потрібно мінімізувати небажані звуки з оточення.

Тип спрямованості «вісімка» (двонаправлена) характеризується високою чутливістю до сигналів з фронтальної та тилової сторони і практично повною нечутливістю до звуків, що надходять з боків [7]. Цей тип використовується у випадках, коли необхідно записати одразу два джерела, розташовані напроти одне одного, наприклад - у дуетах або для підвищення чіткості відбитих звуків при кімнатному записі.

У сучасній звуковій індустрії найпоширенішими є мікрофони двох типів - динамічні та конденсаторні. Хоча існують й інші різновиди (наприклад, електретні), вони використовуються рідше. У професійних студіях основний акцент робиться саме на конденсаторних мікрофонах завдяки їх високій чутливості та широкому частотному діапазону.

Динамічні мікрофони функціонують за принципом електромагнітної індукції. Вони поділяються на дві основні групи: катушкові та стрічкові. У 1920-1930-х роках саме стрічкові мікрофони були провідними у сфері радіомовлення та студійного запису. Однак з часом їх витіснили конденсаторні моделі, переважно через ряд недоліків. Стрічкові мікрофони відзначаються низьким вхідним опором, що зумовлює додавання значної кількості шумів у сигнал при підсиленні. До того ж, вони є найбільш крихкими серед усіх типів мікрофонів, тому не витримують механічних впливів [7].

Ще одним фактором, що обмежує точність відтворення сигналу динамічними мікрофонами, є маса їх мембрани - вона суттєво більша, ніж у конденсаторних, що призводить до меншої точності передачі швидких звукових імпульсів та зниженої чутливості у високочастотному діапазоні. Серед основних переваг динамічних мікрофонів можна виокремити наступне:

1. Високий рівень допустимого звукового тиску, що дозволяє безпечно використовувати їх для запису гучних джерел, таких як підсилювачі електрогітар;
2. Міцна і зносостійка конструкція, що робить їх придатними для використання у концертних умовах, на репетиціях і під час виїзних сесій;
3. Низька чутливість, що зменшує ризик виникнення зворотного зв'язку та підвищує захищеність від зовнішніх шумів.

Втім, динамічні мікрофони мають і певні недоліки:

1. Їх звук дещо поступається конденсаторним моделям у прозорості, деталізації та природності;
2. Обмежений частотний діапазон, що зазвичай охоплює 50 Гц - 15 кГц;
3. Менша точність у передачі тембральних відтінків звучання, що особливо помітно при записі вокалу чи акустичних інструментів.

У студійній практиці динамічні мікрофони зазвичай застосовуються для запису джерел звуку з високим рівнем гучності, таких як електрогітари, бас-гітари, ударні установки. Вони також широко використовуються для запису вокалу в жанрах рок або метал, а також у випадках, коли студія

не має належної звукоізоляції [7].

Конденсаторний мікрофон працює на основі принципу зміни ємності конденсатора. Його конструкція включає дві обкладки, одна з яких виготовлена з гнучкого матеріалу, що реагує на звукові коливання. Під час дії звукових хвиль відстань між обкладками змінюється, що призводить до коливань ємності. Якщо конденсатор заряджений, зміна ємності викликає зміну електричної напруги - саме ця напруга і становить корисний вихідний сигнал мікрофона. Для забезпечення роботи конденсаторного мікрофона необхідна поляризуюча напруга, яку зазвичай подають у вигляді так званого фантомного живлення (стандартне значення - 48 В) [23]. Це живлення також необхідне для функціонування вбудованого підсилювача, який присутній у більшості моделей цього типу.

Серед основних переваг конденсаторних мікрофонів можна виділити:

1. Значно ширший частотний діапазон, що забезпечує точнішу передачу звукових нюансів;
2. Велике різноманіття форм-факторів - існують як великі студійні моделі, так і надкомпактні варіанти;
3. Висока чутливість, яка забезпечує прозоре, деталізоване та природне звучання. Саме цей параметр робить конденсаторні мікрофони особливо популярними у студійному записі вокалу та акустичних інструментів.

Разом з тим, конденсаторні мікрофони мають і низку недоліків:

1. Необхідність у зовнішньому живленні - зазвичай це фантомне живлення 48 В, що обмежує можливості використання в деяких польових умовах;
2. Крихкість конструкції - ці мікрофони є досить делікатними і легко піддаються механічним пошкодженням;
3. Вразливість до змін мікроклімату - перепади температури та підвищена вологість можуть спричинити тимчасові збої в роботі або навіть повне виходження пристрою з ладу.

Для забезпечення стабільного положення мікрофона та усунення небажаних вібрацій у процесі запису застосовуються спеціальні кріплення, які називаються «павуками». Окрім того, для зменшення впливу вибухових приголосних звуків типу «б» або «п», а також для захисту капсули від надмірного звукового тиску, використовуються поп-фільтри [12].

1.2 Пристрої оброблення звукових сигналів

Після того як звуковий сигнал був зафіксований мікрофоном або іншим пристроєм захоплення, він надходить через попередній підсилювач до наступного етапу - обробки та контролю. Проте перед тим, як сигнал потрапляє до основного пристрою контролю - мікшерного пульта - він часто проходить через ряд додаткових приладів, які забезпечують попередню обробку аудіосигналу з метою поліпшення його якості та придатності до подальшого міксування [21].

Обробні пристрої умовно поділяються на дві основні категорії залежно від їхнього фізичного розташування відносно мікшерного пульта. Перший тип - це так звані «on board» (вбудовані) процесори, які інтегровані безпосередньо у сам мікшерний пульт. Такий підхід характерний для більшості сучасних цифрових консолей, де численні функції обробки сигналу вже закладені в програмне забезпечення та не потребують зовнішніх з'єднань. Другий тип - це «out board» (зовнішні) пристрої, які фізично підключаються до мікшера через аудіоінтерфейси або аналогові лінії. У цифрових системах кордон між цими двома категоріями дедалі більше стирається, оскільки внутрішні DSP-модулі здатні забезпечити ті ж функції, що й апаратні блоки [7].

Серед зовнішніх обробників особливе місце займають пристрої динамічної обробки, які впливають на амплітудні характеристики сигналу. Найбільш поширеними з них є компресор, лімітер, експандер і гейт. У багатьох випадках декілька з цих функцій можуть бути реалізовані в межах одного пристрою - комбінованого блоку динамічної обробки (наприклад, модуль типу 4-в-1, як на рис. 4.1).

Компресор - це пристрій, призначений для зменшення динамічного діапазону сигналу. Він автоматично знижує рівень гучності у тих моментах, коли сигнал перевищує встановлений поріг. Така обробка дозволяє вирівняти звук, зробити його менш «скачкоподібним» і більш керованим у міксі. Існують різновиди компресорів, що працюють на лампових, транзисторних або цифрових схемах - кожен із цих варіантів має свої особливості у звучанні та швидкості реакції.

Експандер, навпаки, діє протилежно до компресора: він розширює динамічний діапазон, зменшуючи рівень тихих звуків. Зокрема, цей пристрій дозволяє зменшити інтенсивність фонових шумів або небажаних низькорівневих компонентів у сигналі, що особливо корисно при записі вокалу або акустичних інструментів у недостатньо контрольованих умовах [7].

Лімітер - це ще один пристрій динамічної обробки, який слугує бар'єром для максимальної гучності: він жорстко обмежує рівень сигналу, не дозволяючи йому перевищити заздалегідь задане значення. Лімітер часто є останнім етапом обробки перед мастеринговим трактом або перед підсилювачами потужності, аби запобігти спотворенням або перевантаженням акустичних систем. По суті, він є вузькоспеціалізованою формою компресора з високим коефіцієнтом стиснення [7].

Шумовий гейт (noise gate) - це пристрій, що дозволяє відсікати сигнали, рівень яких не досягає заданого порогового значення. Його використовують для усунення небажаних звуків під час пауз, наприклад, дихання виконавця або шуму апаратури. Крім того, гейт здатний обрізати «хвіст» звукового сигналу, завдяки чому запис звучить чіткіше і більш зібрано. Така функція є особливо корисною при роботі з ударними інструментами або вокалом у щільному міксі [7].

Рисунок 4. 1 - Професійний студійний 2-х каналний компресор / лімітер / гейт Drawmer DL241 XLR EX

До основних засобів частотної обробки аудіосигналу належать еквалайзери, які виконують функцію корекції амплітудно-частотної характеристики (АЧХ) звуку в заданому діапазоні частот. Вони поділяються на два основні типи - графічні та параметричні.

Графічний еквалайзер - це пристрій, який дозволяє змінювати рівень сигналу у фіксованих частотних діапазонах, що мають заздалегідь визначену центральну частоту та добротність. Такі еквалайзери зазвичай мають 31 смугу і тому часто називаються третьоктавними. Основне їхнє призначення полягає в точному налаштуванні звучання акустичних систем, зокрема - в усуненні піків або провалів у частотному спектрі, а також у боротьбі з явищем акустичного зворотного зв'язку [7; 15].

Параметричний еквалайзер є більш гнучким інструментом частотної корекції, що дозволяє не лише обирати центральну частоту обробки, а й регулювати ширину смуги (добротність) та ступінь підсилення або ослаблення сигналу в межах заданого частотного діапазону. Саме завдяки цій можливості параметричні еквалайзери широко використовуються як у студійній роботі, так і в концертному звуковому оформленні, забезпечуючи більш точне налаштування звукового образу [7].

Рисунок 4. 2 - Процесор ефектів DBX DriveRack 4800 з вбудованими графічним та параметричним еквалайзерами

Сучасні звукові процесори часто поєднують у собі різні типи обробки сигналу, зокрема частотну та модуляційну. До прикладу, в моделі DBX DriveRack 4800 (рис. 4.2) реалізовано функціонал як графічного, так і параметричного еквалайзера. Зокрема, на кожному вхідному каналі пристрою доступні 31-смуговий графічний еквалайзер та 9-смуговий параметричний, що забезпечує широкі можливості для детальної частотної корекції [16]. Така гнучкість дозволяє ефективно адаптувати акустичні системи до різних умов простору і уникати небажаних резонансів.

Окрім частотної корекції, у практиці звукозапису широко застосовуються прилади модуляційної обробки сигналу, які змінюють часові або фазові характеристики аудіо, створюючи тим самим специфічні просторові або текстурні ефекти.

Одним із найпоширеніших таких ефектів є хорус. Принцип його дії полягає у введенні в сигнал змінної часової затримки, внаслідок чого

створюється враження, що звучить не один, а кілька інструментів одночасно. Такий ефект особливо цінується при обробці гітар, клавішних інструментів та вокалу, оскільки додає об'ємності та глибини звучанню.

Іншим популярним ефектом є фленджер, який за принципом дії подібний до хорусу, але має деякі ключові відмінності. Зокрема, у фленджері використовується зворотний зв'язок (feedback), а також створюються додаткові резонансні частоти, що надає звуку характерного металевого відтінку та періодичних фазових коливань. Фленджер часто використовується для створення ефектів «змивання» або «плавання» у гітарному або вокальному звучанні [7].

Як приклад обладнання, призначеного для реалізації модуляційних ефектів, можна навести гітарний процесор ефектів, зображений на рис. 4.3. Такі пристрої часто включають кілька видів обробки одночасно - хорус, фленджер, фейзер, тремоло - і дозволяють музикантам налаштувати звучання у реальному часі.

Рисунок 4. 3 - Процесор ефектів Eventide ModFactor (27 модуляційних ефектів)

До важливих засобів обробки аудіосигналу належать прилади часової обробки, які впливають на тимчасові характеристики звуку з метою створення просторових ефектів або відчуття глибини звучання. До таких пристроїв відносяться ділей (delay) та ревербератор (reverb), які є невід'ємною частиною як студійної, так і концертної звукоорежисури.

Ділей - це пристрій, який забезпечує ефект відлуння шляхом затримки аудіосигналу на короткий проміжок часу з подальшим його повторенням. Основною особливістю є можливість регулювання часу затримки, кількості повторів і рівня зворотного сигналу. Така обробка дозволяє створити ефекти просторового еха, повторення окремих фраз або інструментальних нот, а також змістити звучання у часі для досягнення ритмічної виразності.

Ревербератор, у свою чергу, моделює природне багаторазове відбиття звукової хвилі від поверхонь приміщення. Під час проходження звуку через середовище, він неодноразово відбивається від стін, стелі та підлоги, утворюючи складний комплекс відлунь, що поступово згасають.

Саме це створює відчуття простору, в якому відбувається звучання. Ревербератори дозволяють імітувати ревербераційні властивості конкретних середовищ - від маленьких кімнат до величезних концертних залів, соборів або природних ландшафтів, таких як гори. Деякі моделі здатні створювати спеціальні ефекти, зокрема звук під водою або глибокі кінематографічні реверберації [7].

Яскравим прикладом сучасного пристрою часової обробки є рековий ревербератор Lexicon MX200, представлений на рис. 4.4. Це двоканальний ефект-процесор у стандартному 1U корпусі, який адаптований як для студійної, так і для концертної роботи. MX200 підтримує декілька алгоритмів реверберації, включаючи hall, room, plate, spring, а також містить додаткові ефекти - затримку, хорус, фленджер. Завдяки зручному інтерфейсу користувача та простоті налаштування, цей пристрій активно використовується як професіоналами, так і початківцями [8].

Рисунок 4. 4 - Ревербератор Lexicon MX 200

Пристрої оброблення звукових сигналів відіграють ключову роль у формуванні якісного аудіоматеріалу як на етапі запису, так і під час подальшої обробки та міксування. Вони дозволяють не лише контролювати динамічний діапазон сигналу (через компресори, лімітери, гейти), але й точно налаштувати його частотні характеристики (за допомогою графічних та параметричних еквалайзерів), моделювати просторові ефекти (хоруси, фленжери), а також створювати глибину та атмосферу звучання через пристрої часової обробки - ділей і ревербератори. Сукупність цих засобів забезпечує гнучкість, точність і креативність у роботі звукоорежисера, а також дозволяє адаптувати аудіоматеріал до конкретних акустичних умов або художніх завдань.

1.3 Історія розвитку концертної звукоорежисури

Розвиток технологій живого звуку відбувався паралельно з еволюцією звукозапису, але мав свої особливості. До винайдення електроакустичних єдиним засобом забезпечення чутності виступів була природна акустика залу [24]. Історично архітектори приділяли значну увагу акустичним властивостям театрів і концертних приміщень. Ще за часів Римської імперії амфітеатри будували з терасованими місцями для глядачів, що фокусували увагу та звук на сцені. Завдяки такій формі залу звук менше загасав і міг поширюватися на більшу відстань без електронного підсилення. У епоху класицизму і романтизму музиканти та композитори теж враховували акустику: для великих ревербераційних церков писали повільну величну хорову музику, для камерних зал - більш швидкі та чіткі твори. Отже, задовго до появи звукотехніки існували традиційні архітектурно-акустичні підходи до посилення звуку.

Ситуація докорінно змінилась з появою електричних систем підсилення звуку у XX столітті. Ключовими винаходами, що зробили можливим концертний звук, стали мікрофон, підсилювач та гучномовець. Перші кроки були зроблені наприкінці XIX - на початку XX ст.: так, 1875р. Девід Едвард Г'юз сконструював вугільний мікрофон - пристрій, що перетворював звукові коливання на електричний сигнал. Хоча якість перших мікрофонів була обмеженою, сам принцип перетворення звуку на електрику став революційним. Подальші вдосконалення дали динамічні та конденсаторні мікрофони з ширшим частотним діапазоном і чутливістю. Вже до 1920-х рр. електричні мікрофони міцно ввійшли в практику звукопідсилення. Наступною підсилювач: 1906р. Лі де Форест винайшов електронну лампу-тріод, здатну посилювати слабкий сигнал мікрофона. Використання лампових підсилювачів у радіо та телефонії швидко поширилося і на сферу публічних виступів. Третім необхідним елементом був гучномовець: у 1898р. Олівер Лодж створив перший динамічний гучномовець (moving-coil loudspeaker), що перетворював електричний сигнал назад у звук за допомогою котушки в магнітному полі. До початку 1910-х всі три технологічні компоненти вже існували, проте знадобилося їх поєднання в єдину систему.

За загальноприйнятою історіографією, перша справжня система звуковРА була продемонстрована 1915року: інженери Едвін Прідгам та Пітер Дженсен (компанія Magnavox) об'єднали мікрофон, ламповий підсилювач і динамічний гучномовець, аби озвучити різдвяний виступ у Сан-Франциско для 100-тисячної аудиторії. Це було перше масове використання електричного посилення музики, яке довело життєздатність технології [4]. У 1920-1930-х роках системи публічного оповіщення і перші концертні звукові апаратури встановлювалися повсюдно - наприклад, для кінопоказів (ера звукового кіно з 1927р.) та на великих заходах. Винахід динамічного мікрофона з рухомою котушкою (Wente & Thuras, 1931р.) та подальший розвиток гучномовців збільшили потужність і якість звуку. До кінця 1940-х електронні лампи було поступово замінено транзисторами - компактнішими і

надійнішими елементами. Транзистор, винайдений 1947р., зумовив появу транзисторних підсилювачів у 1960-х, що значно підвищило доступну вихідну потужність систем без громіздких ламп. Паралельно зі збільшенням електричної потужності, зростає і розмір концертних систем: якщо в 1930-х вистачало кількох гучномовців для танцювальної зали, то рок-концерти 1960-х вимагали десятків підсилювачів і колонок. Показовим моментом стало проведення перших стадійних концертів. 15 серпня 1965р. гурт The Beatles виступив на стадіоні Shea в Нью-Йорку перед 55-тисячною аудиторією - цей концерт часто називають першим в історії рок-стадіоном. Звукова апаратура того часу виявилась недостатньою: гурт використовував лише підсилювачі по 100Вт та кілька стовпчастих колонок, через що більшість глядачів ледве чула музику, а самі музиканти майже не чули себе на сцені під крики фанатів. Цей випадок продемонстрував нагальну потребу у значно потужніших та

досконаліших системах для великих майданчиків. Уже наприкінці 1960-х ентузіастами по обидва боки Атлантики (зокрема компанії JBL, Altec, Vox тощо) почали розробляти спеціалізовані концертні акустичні системи підвищеної потужності. 1970-ті роки стали переломними: виникла професія «туровий звукорежисер», з'явилися модульні звукові системи для гастролей. У цей період були ініновані, як багатосмугові підсилювачі та кросовери для розділення частот по різних акустичних системах (сабвуфери, середньочастотні та високочастотні кластери), а також моніторні системи на сцені для музикантів. Спершу моніторинг здійснювався через підлогові клітини (wedge monitors), пізніше, 1987року, з'явилися персональні внутрішньовушні монітори (IEM) - бездротові системи, що дозволили музикантам чути себе навіть на великих сценах без зайвого шуму.

З 1980-х років концертна звукотехніка стрімко перейшла на новий рівень керування завдяки цифровим технологіям. 1987року було представлено перший комерційний цифровий мікшерний пульт (Dynacord DSP 600, за іншими даними - Yamaha DMP7) [2]. Цифрові консолі відкрили звукорежисерам нові можливості: збереження пресетів налаштувань, вбудовані ефекти та процесори, компактність і дистанційне керування. Водночас у сфері акустичних систем відбулася наступна революція - поява лінійних масивів. Традиційні «пучкові» колонки мали обмежений радіус дії: звуковий тиск різко спадає з відстанню. Line array технологія, запропонована інженером Крістіаном Хейлом (L-Acoustics) у 1993р., полягала у вертикальному підвісі багатьох однакових гучномовних модулів, фази випромінювання яких узгоджені. Лінійний масив формує циліндричний фронт хвилі, забезпечуючи рівномірніше покриття дальніх рядів і менше згасання звуку лінійні масиви є стандартом для озвучення арен і стадіонів, оскільки вони дають високу чіткість і потужність звуку на великих відстанях. Розвиток концертної звукорежисури пройшов шлях від суто традиційних акустичних методів до високотехнологічних компліт. На початку XX ст. поява мікрофона, підсилювача і гучномовця започаткувала звукопідсилювальну еру, дозволивши охопити і аудиторію. В середині століття з'явилися все потужніші системи, здатні задовольнити вимоги гучної епохи рок-н-ролу. В останні десятиліття основний акцент змістився на цифрове керування звуком: сучасні концерти використовують цифрові мікшери, мережеві протоколи передавання звуку, коделювання акустики залу тощо. Але при цьому багато класичних рішень - принципи розташування акустичних систем, типові схеми озвучення, ні моделі мікрофонів чи колонок - залишаються актуальними [15]. Сьогоднішній звукорежисер концерту поєднує в роботі надбання усіх попередніх епох: від розуміння акустики приміщень (традиція, що йде від амфітеатрів) до володіння новітніми цифровими консолями. Такий синтез підходить дозволяє забезпечити максимальну якість звуку для слухача. Сучасний стан галузі детально висвітлений у професійній літературі та історичних оглядах, що підкреслюють важливість як спадкоємності традицій, так і впровадження інновацій.

Розділ 2. Традиційні та сучасні технології звуку сьогодні

2.1 Застосування аналогових та цифрових мікшерних пультів

Мікшерний пульт є центральним інструментом практично кожного звукового комплексу, особливо в концертній діяльності. Недарма його часто називають «серцем» звукової системи. Саме через пульт звукорежисер отримує контроль над усіма джерелами звуку: мікрофонами, інструментами, відтворюваними фонограмами тощо. Класичний аналоговий мікшер - це електронний пристрій, що приймає кілька вхідних сигналів, дозволяє регулювати їхні параметри (рівень гучності, тембр еквайзером, панораму тощо) і сумувати в один або кілька виходів. Аналогові пульти існують понад півстоліття і пройшли довгу еволюцію: від простих трьохканальних консолей 1950-х до великих 48-канальних студійних пультів типу Neve чи SSL у 1970-80-х рр. Їх головні переваги - це надійність, наочність керування та часто відзначувана «теплота» звучання аналогових схем. Багато звукорежисерів цінують аналогові консолі за характерний колорит, який вони додають до звуку: насичення гармоніками, м'яку компресію сигналу на лампорматорних каскадах тощо. Класичний приклад - легендарні студійні пульти Neve 8048 чи SSL4000, на яких записано безліч відомих альбомів: їхній аналоговий тракт став частиною «звукового почерку» епохи. Аналогові пульти також надають інтуїтивно зрозумілий інтерфейс: кожна функція має свою ручку або налаштування видно фізично перед очима, що дозволяє швидко вносити правки на слух у реальному часі [2].

Разом із тим аналогові консолі мають і обмеження. Збільшення кількості каналів робить їх великими за розміром та вагою; при підготовці різних заходів звукорежисеру доводиться щоразу наново виставляти позиції регуляторів вручну, оскільки автоматичного збереження налаштувань немає. Кожен аналоговий тракт також привносить невеликий власний шум і спотворення; у великих системах сумарний шум може бути відчутним. У кінці XX ст. на зміну аналоговим почали приходити цифрові мікшерні пульти. Цифровий мікшер, на відміну від аналогового, здійснює обробку сигналів у цифровому вигляді - вбудований АЦП перетворює сигнал обробляється процесором і на виході знову перетворюється на аналоговий для акустичних систем. Перші цифрові пульти з'явилися наприкінці 1980-х, а вже у 1990-х вони стрімко вдосконалювались і почали завойовувати ринок живого звуку [5]. Переваги цифрових консолей очевидні: компактність і менша вага при великій кількості каналів, розширена функціональність (вбудовані ефекти, динамічна обробка, гнучка маршрутизація сигналів) та можливість збереження і швидкого виклику налаштувань (пресетів). Наприклад, сучасний цифровий пульт дозволяє заздалегідь підготувати мікси для кількох різних гуртів і перемикається між ними натисканням кнопки, що надзвичайно зручно на фестивалях. Також цифрові пульти можуть керуватися віддалено - зі сценичного планшета по Wi-Fi або через комп'ютерну мережу, що дає звукорежисеру свободу пересування по залу при налаштуванні звуку. Цифрова обробка забезпечує високе відношення сигнал/шум та відсутність фону, оскільки всі корекції виконуються алгоритмами без додаткових аналогових каскадів. Більше того, один компактний цифровий мікшер може замінити цілу стійку зовнішніх процесорів, оскільки має вбудовані еквайзери, компресори, ревербератори тощо [23].

Недоліки цифрових пультів також варто врахувати. По-перше, вони вводять невелику затримку (latency) сигналу через процес оцифрування та обробки, хоча в сучасних моделях вона мінімальна (порядку кількох мілісекунд) і майже непомітна на слух. По-друге, складність інтерфейсу: на відміну від традиційних аналогових консолей з окремими ручками на кожну функцію, цифрові мікшери часто вимагають перемикання шарів керування, роботи з меню на сенсорному екрані або комп'ютері. Це збільшує час навчання роботи з ними і може ускладнювати оперативні дії для невідготовленого оператора. Також деякі аудіофахівці відзначають, що цифровий звук має «стерильніший» характер: хоча технічно він точніший, бракує тих нелінійних артефактів, які надають «живості» аналогу. Втім, сучасні емуляції та алгоритми поступово згладжують цю

різницю. Ще один аспект - залежність від програмного забезпечення: цифровий пульт фактично є комп'ютером, тому можливі збої чи «зависання» потребують резервних копій налаштувань і уважності (аналоговий же пульт зазвичай або працює, або ні). Нарешті, ціна висококласних цифрових систем досі вища за аналогові аналоги через складність технології.

У практиці звукорежисури сьогодні нерідко використовують гібридний підхід: поєднують переваги обох типів пультів [23]. Наприклад, на студії можуть записувати звук через аналоговий мікшер або передпідсилювачі, щоб отримати характерний колорит і насичення, а зведення виконувати вже у цифровій аудіостанції (DAW). У концертній сфері іноді застосовують аналогові субмікшери для окремих груп інструментів (скажімо, барабанів), подаючи їх стереовихід на цифровий головний пульт - це дозволяє швидко керувати сумарним «теплим» аналоговим звуком барабанів і водночас мати гнучкість цифрової обробки для всього міксу. Деякі виробники випускають аналогово-цифрові гібриди [5]: наприклад, аналогові консолі з моторизованими фейдерами і цифровим керуванням, які зберігають аналоговий тракт сигналу, але можуть запам'ятовувати положення ручок і керуватися через комп'ютер. Хоча такі системи дорогі і менш поширені, сам тренд показує прагнення галузі об'єднати найкраще з обох світів. В цілому, вибір між аналогом і цифрою залежить від конкретних вимог проекту. У невеликому клубі з обмеженим бюджетом може вистачити простого аналогового пульта, тоді як для туру відомого артиста з жорстким графіком налаштувань незамінним буде цифровий мікшер із пам'яттю параметрів. Як зазначає відома саунд-продюсерка Марта Салогні, що полюбляє аналогове обладнання, - сьогодні вона здебільшого працює «в цифрі», адже це і швидше, і дешевше, без компромісів щодо якості [12]. Завдяки сучасним технологіям, навіть бюджетний звукоінженер має доступ до рівня гнучкості й якості, неможливого раніше. При цьому традиційні аналогові пульти не зникають: їх як і раніше цінують за надійність та особливе звучання, тому у професійних студіях і на великих майданчиках часто можна побачити і ті, й інші - кожен виконує свою роль у загальному комплексі [23].

2.2 Обробка звуку

Технології обробки аудіосигналу пройшли шлях від суто електромеханічних пристроїв до повністю комп'ютеризованих систем. Традиційні методи обробки звуку базуються на використанні апаратних (аналогових) ефект-процесорів. Ще до появи спеціальних приладів звукорежисери експериментували з природною акустикою та підручними засобами: так, легендарний гітарист і винахідник Лес Пол у 1940-х роках застосовував кілька магнітофонів для накладення затримки (echo) та створення ефекту «подвійного запису», запускаючи одну стрічку паралельно на декількох головках. У 1948р. компанія DeArmond випустила перший комерційний автономний ефект - блок тремоло Trem-Trol, який змінював гучність шляхом пропускання сигналу через спеціальну електролітну рідину.

У 1950-х роках широкого поширення набули пружинні ревербератори та вібратори, спершу як вбудовані схеми у гітарних підсилювачах (наприклад, підсилювачі FenderTwin містили пружинний «ревер»), а згодом і як окремі пристрої. 1957 року німецька фірма EMT представила пластинчастий ревербератор EMT140 - великий пристрій з натягнутою металевою пластиною, що створював густий ревербераційний хвіст; EMT140 став студійним стандартом реверберації на десятиліття вперед. Для створення лунких ефектів застосовувалися стрічкові затримки: портативний пристрій Watkins Soricat (1958) дозволяв отримати м'яке багаторазове відлуння на основі магнітної стрічки і став дуже популярним у рок-музиці. Отже, до 1960-х років арсенал звукорежисера включав: механічні ревербератори (кімнати відлуння, пружини, пластини), педалями для гітар (фузз-ефекти, wah-wah), динамічні процесори (перші студійні компресори і лімітери на лампах, як-от легендарний Fairchild660) та еквайзери (наприклад, ламповий PultecEQP-1A). Усі ці аналогові прилади мали унікальні характеристики і часто «фарбували» звук, але саме ця неповторна колористика стала частиною музичної культури. Наприклад, перевантаження лампового підсилювача, що спершу сприймалося як небажане спотворення, зрештою перетворилося на ефект «дисторшн», без якого немислимий звук електрогітари в рок-музиці. Аналогічно, легка компресія сигналу оптичним компресором Teletronix LA-2A додає вокалу щільності й м'якості - і досі студії цінують ці вінтажні прилади за їх музичність [18].

Сучасний етап - це цифрова обробка звуку, яка почала впроваджуватися з 1970-х років і нині домінує. Поява достатньо потужних мікропроцесорів дала можливість реалізувати класичні ефекти в цифровому вигляді. 1976 року компанія Eventide випустила процесор H910 Harmonizer - один із перших цифрових ефектів (пітч-шифтер), а 1977р. з'явився перший повністю цифровий ревербератор EMT250, що використовував алгоритмічну модель реверберації.

Ці прилади були дуже дорогими, але проклали шлях до цифрової ери. У 1980-х виникли популярні цифрові процесори: ревербератори Lexicon (224, PCM series), багатоефектні процесори Yamaha SPX90 тощо. З 1990-х років, з розвитком персональних комп'ютерів, більшість обробки перейшла у програмне середовище: цифрові аудіоробочі станції (ProTools, Cubase, Logic та ін.) дозволяють застосовувати програмні плагіни ефектів у необмеженій кількості. Сьогодні у вигляді плагінів доступні як емуляції всіх класичних аналогових пристроїв (напр. колекції UAD, Waves, що точно відтворюють звук лампових підсилювачів, стрічкових ліній затримки тощо), так і цілком нові, раніше недосяжні ефекти.

Прикладом останнього є ефект Auto-Tune, впроваджений наприкінці 1990-х для автоматичної корекції висоти нот вокалу: спочатку як непомітний інструмент, а згодом і як спеціальний художній прийом (відомий ефект «Cher» у пісні «Believe», 1998р.). Чисто цифровими є такі ефекти, як біткрашинг (зниження роздільної здатності сигналу для отримання «грубої» цифрової текстури) чи грануляція (розщеплення звуку на дрібні фрагменти-зерна і керування ними) - вони не мають аналогів у світі аналогової техніки [25].

Сьогоднішній звукорежисер має у своєму розпорядженні багатий парк як класичних апаратних, так і новітніх програмних процесорів і часто комбінує їх. У професійних студіях досі можна побачити рекові стійки, заповнені «раритетним» залізом - еквайзерами, компресорами, ревербераторами минулих десятиліть, котрі використовуються на фінальних стадіях обробки або для надання особливого характеру звуку. Водночас, більшість рутинних операцій - шумозаглушення, тонка еквалізація, монтаж - виконується програмними методами, оскільки це гнучкіше і швидше. Часто практикується схема: гібридний мікс, коли сигнал з DAW виводиться через зовнішній аналоговий пристрій і повертається назад. Наприклад, стереомікс можуть пропустити через аналоговий стрічковий магнітофон або емулятор стрічки, щоб додати ледь відчутну сатурацію і згладити піки - така техніка імітує традиційний аналоговий мастеринг. Натомість фінальний еквайзинг і багатосмугове стиснення робиться плагінами, які забезпечують точність і повторюваність результату [4].

Експериментуючи, інженери можуть накладати програмні ефекти поверх реальних і навпаки. Наприклад, вокал одночасно записують двома мікрофонами - через ламповий передпідсилювач обробляють один канал, а другий чистий обробляють плагінами і змішують, досягаючи цікавого балансу «тепла» і чіткості. Як зазначають фахівці Abbey Road, раніше програмні емуляції не повністю передавали характер аналогу, але нині різниця майже зникла - сучасні плагіни здатні дуже точно моделювати навіть нюанси роботи ламп і трансформаторів. Таким чином, традиційна аналогова обробка не зникає - вона стала нішею для досягнення особливого звучання, свого роду «приправою» [11].

Сучасна же цифрова обробка взяла на себе основний тягар рутинних завдань і відкрила нові горизонти для звукової творчості. Без комп'ютерних технологій нині неможливо уявити саунд-дизайн кіно і ігор, де десятки доріжок ефектів компілюються і динамічно змінюються алгоритмами. Водночас, знання класичних методів (як працює ревербераційна пластина чи що дає паралельна компресія на аналоговому міксі) залишається маркером професіоналізму звукорежисера. Отже, поєднання аналогових та цифрових підходів в обробці звуку - це сучасний

стандарт індустрії: використати сильні сторони кожного для досягнення оптимального результату [17].

2.3 Застосування легендарних та сучасних мікрофонів

Мікрофон - перша ланка звукорежисури, адже саме від нього залежить, як звук перетвориться на електричний сигнал. За 150 років було створено величезну кількість моделей мікрофонів, проте в практиці можна виділити легендарні (класичні) та новітні типи, і дуже часто вони працюють пліч-о-пліч.

До легендарних відносять мікрофони, що стали еталонами у своїх категоріях і перевірені десятиліттями. Наприклад, студійний конденсаторний мікрофон Neumann U47 (Німеччина) - вперше представлений 1947р., він став технічною революцією свого часу і досі вважається еталоном «досконалого звуку» для вокалу та інструментів. U47 був ламповим, з великою діафрагмою, і забезпечував надзвичайно широкий частотний діапазон та низький рівень шумів для своєї епохи. Не дивно, що такі виконавці, як Френк Сінатра, Елла Фіцджеральд, Бінг Кросбі та The Beatles, активно використовували NeumannU47 у записах [20].

Інший приклад - динамічний мікрофон Shure SM58, розроблений у 1966 році як вдосконалення попередньої моделі UnidynIII [21]. SM58 став стандартом для живого вокалу завдяки своїй міцності, надійному придушенню зворотного зв'язку та збалансованому звучанню. Його навіть прозвали «мікрофоном №1 у світі» - за десятки років він майже не змінився конструктивно і досі масово використовується на концертах всіх рівнів.

Схожа доля у мікрофона Shure SM57 (1965) - класичного інструментального мікрофона для підзвучування гітарних комбодісилювачів, ударних (малий барабан) тощо. До класики належать також стрічкові (ринкові) мікрофони RCA 44 і 77-DX (США, 1930-40-ві) - їх теплий оксамитовий тембр цінується досі при записі вокалу і духових. У студіях по всьому світу й нині можна знайти модернізовані випуски легендарних моделей: Neumann U87 (1967, наступник U47) став одним з найпоширеніших студійних мікрофонів з 1970-х, AKG C414 - універсальний конденсаторний мікрофон (Австрія, з 1971р., еволюція моделі C12) тощо. Їх застосування обумовлене передусім якістю звуку: навіть за сучасними мірками ці мікрофони забезпечують природне, багате обертонами звучання. Крім того, за роки напрацьовано «рецепти», який мікрофон краще для якого джерела звуку. Приміром, вокалісти з яскравим тембром часто звучать вишарпаніше через ламповий NeumannU67 чи TelefunkenELAM251, а для м'якого жіночого вокалу можуть обрати стрічковий RoyerR-121 щоб додати тілесності.

Традиція використання легендарних мікрофонів підтримується й виробниками: сьогодні випускають репліки класичних моделей (як от Telefunken USA відтворює U47 і C12), тож нове покоління звукорежисерів теж має доступ до «золотого фонду» мікрофонубудування.

Поряд з цим, технологічний прогрес приніс і сучасні високотехнологічні мікрофони, які розширюють можливості звукорежисера. Одним з напрямів є цифрові мікрофони. Традиційно вихід мікрофона - аналоговий сигнал дуже низького рівня, що потребує преампліфікації. У цифрових же мікрофонах, які відповідають стандарту AES42, вбудовано АЦП та мікропроцесор. Наприклад, фірма Neumann розробила модель D-01 - це великий студійний мікрофон, який усередині оцифровує сигнал і передає його в цифровому форматі безпосередньо на мікшер. Цифрові мікрофони забезпечують ідеальне узгодження з цифровими пультами, відсутність шумів преампа, можливість дистанційного керування параметрами (фільтрами, чутливістю) через протокол. Проте вони потребують спеціальних інтерфейсів (наприклад, Neumann DMI - цифровий інтерфейс-маршрутизатор для таких мікрофонів). Наразі цифрові мікрофони займають вузьку нішу (студійні записи, вимірювальні системи), тоді як у масовій концертній практиці продовжують домінувати аналогові моделі з подальшим оцифруванням на пульті.

Ще один сучасний підхід - моделюючі (емуляційні) мікрофони. Це поєднання апаратного і програмного рішень: сам мікрофон сконструйований максимально лінійним (нейтральним), зате потім за допомогою спеціального програмного забезпечення його сигналу надають АЧХ та характер обраного відомого мікрофона. Приклад - система Townsend Labs Sphere L22, яка складається з двокапсульного конденсаторного мікрофона і плагіна: записуючи сигнал з двох капсул, програма може емулювати як направленість, так і тональний відгук десятків різних моделей (NeumannU47, AKGC12, SonyC800G та ін.). Подібні системи (Slate Digital VMS, Antelope Audio Edge та Verge) набули популярності у домашніх і проектних студіях, адже дозволяють за відносно помірну ціну отримати «віртуальну колекцію» дорогих вінтажних мікрофонів. Звісно, моделювання не ідеальне, проте в багатьох випадках різниця несуттєва. До сучасних високотехнологічних мікрофонів також можна віднести різноманітні мініатюрні та спеціалізовані моделі: наприклад, мікрофони з технологією MEMS (надзвичайно маленькі чип-мікрофони, інтегровані в мобільну техніку), або багатоканальні мікрофонні решітки для 3D-звуку (системи, що записують сферичне звукове поле для VR/AR застосувань). У концертній справі продовжують розвиватися радіомікрофони: новітні радіосистеми забезпечують цифрову передачу без дротів з шифруванням і майже нульовою затримкою, що є значущим досягненням для живих виступів [8].

У повсякденній роботі звукорежисера поєднання класичних і сучасних мікрофонів є стандартним підходом. Наприклад, при записі ударної установки нерідко на бас-бочку ставлять два мікрофони: один старий динамічний (EV RE20 або AKG D112) для «тіла», а другий сучасний конденсаторний для атаки - таким чином досягається повнота звучання. На бекстейджі концертів можна побачити, як вокалісти використовують перевірений Shure SM58, гітарні кабінети знімають одночасно стрічковим RoyerR121 (ретро-технологія) і сучасним Sennheiser e906, а для залу встановлюють спеціалізовані мікрофони для об'ємного звучання. Це підтверджує, що традиційні пристрої не лише зберігають своє місце, а й у комбінації з новими дають найкращий результат. Класичні мікрофони привносять свій характер і перевірену якість, а сучасні - стабільність роботи, технологічні переваги (наприклад, менші габарити чи бездротовість) та нові можливості (цифрові функції, емуляція). Сучасний звукорежисер, озброєний як вінтажним U47, так і цифровим моделюючим мікрофоном, має значно ширший творчий інструментарій, ніж його колеги минулого. Головне - розуміти сильні сторони кожного підходу і поєднувати їх задля досягнення поставленої художньої мети. Така синергія традицій та високих технологій і визначає сьгоднішнє обличчя професії звукорежисера.

Висновки

У результаті проведеного дослідження встановлено, що розвиток звукотехнічних технологій є невід'ємною складовою еволюції як медіаіндустрії, так і технічного прогресу загалом. Історичний аналіз підтверджує поступовий, але стійкий перехід від механічних і електромеханічних засобів фіксації звуку до складних цифрових систем, здатних забезпечити високу якість, гнучкість і мобільність у роботі з аудіосигналами. У кожному етапі розвитку звукотехніки відповідав на потреби часу, а її здобутки стали фундаментом для наступних технологічних проривів.

Перший розділ роботи висвітлює ключові етапи розвитку звукозапису та концертної звукорежисури. Було виявлено, що перехід від акустичного до електричного, а згодом - до магнітного та цифрового запису, не лише розширив технічні можливості звукозапису, але й відкрив нові горизонти для творчого самовираження музикантів і звукорежисерів. Особливо важливою стала поява мікрофона, підсилювача та гучномовця - основних елементів будь-якої системи звукопідсилення. Розвиток концертної звукорежисури продемонстрував, як технології дозволили перейти від виступів у невеликих залах до масових шоу на стадіонах, забезпечуючи чітке звучання на будь-яких відстанях.

У другому розділі було проаналізовано технічні й функціональні особливості мікшерних пультів - ключового елемента сучасних аудіосистем.

Детально розглянуто переваги й недоліки аналогових та цифрових пультів, їх практичне використання в студійних і концертних умовах. Виявлено, що цифрові пульти завдяки своїй універсальності, компактності та інтеграції з комп'ютерними технологіями значною мірою витісняють аналогові пристрої, проте останні все ще користуються попитом через особливе звучання та інтуїтивність керування. Сучасна тенденція - це гібридне використання аналогових і цифрових систем, що дозволяє поєднувати їхні сильні сторони.

Окрему увагу приділено методам обробки звуку. Було встановлено, що перші ефекти створювались суто механічними або електромеханічними засобами (пружинні та пластинчасті ревербератори, стрічкові затримки, лампові компресори), а сучасна цифрова обробка охоплює необмежену кількість програмних ефектів, які не лише відтворюють класичне звучання, а й відкривають нові простори для саунд-дизайну. У професійній практиці продовжують співіснувати апаратні пристрої та програмні плагіни, що дозволяє досягти балансу між теплим аналоговим характером і високою точністю цифрового оброблення.

Також проаналізовано еволюцію мікрофонних технологій - від лампових стрічкових і конденсаторних моделей до цифрових і моделюючих мікрофонів, здатних емулювати звучання десятків класичних моделей. Встановлено, що сучасна практика звукорежисури базується на поєднанні історично перевірених мікрофонів із новітніми технологіями, що забезпечує гнучкість у досягненні бажаного результату. Загалом, можна зробити такі узагальнені висновки:

1. Звукотехнічна галузь розвивається як синтез науки, інженерії та мистецтва.
2. Історичний розвиток технологій сприяв розширенню технічних і творчих можливостей у сфері звуку.
3. Аналогові системи зберігають свою актуальність завдяки характерному звучанню, водночас цифрові рішення стали стандартом сучасної індустрії.
4. Комбінація традиційних і новітніх методів забезпечує найвищу якість і продуктивність роботи звукорежисера.
5. Успішна професійна діяльність у цій сфері потребує ґрунтовного розуміння як історичних основ, так і сучасних технологій.

Поєднання технічної еволюції, практичного досвіду і креативного підходу формує сучасне обличчя звукорежисури, яка залишається однією з найдинамічніших галузей культурно-креативного сектору.

Список використаних джерел

1. Вишняк О. О. Основи звукорежисури : метод. рекомендації для керівників гуртків-музикантів. Бориспіль, 2017. 27 с. URL: https://bdut.in.ua/nmr/osnovy_zvukorezhysury.pdf (дата звернення: 30.03.2025).
2. Дом Музики. Як вибрати мікшерний пульт? // Sintezator.com.ua. URL: https://sintezator.com.ua/uk/news/1140_mikshernij-pult-osoblivosti-viboru-ta-klasifi.html (дата звернення: 30.03.2025).
3. КІПТ. Розділ 4: Звукообробна апаратура // Навчальний посібник з основ звукотехніки. Харків: ХПІ, 2018. С. 5-15. URL: <http://kipt.com.ua/wp-content/uploads/2018/10/Звукообробна-апаратура.pdf> (дата звернення: 30.03.2025).
4. Комора.com. Основи реверберації: масштабне звучання у просторі. - Комора, журнал. URL: <https://komora.com/posts/osnovy-reverberacii> (дата звернення: 30.03.2025).
5. МузЛайн. Цифровий мікшерний пульт: що це та як обрати? // Poglyad Te.ua. URL: <http://poglyad.te.ua/rehiony/tsyfrovyj-mikshernyj-pult-shho-cze-ta-yak-obraty.html> (дата звернення: 30.03.2025).
6. Олійник О. О. Звукорежисер у сучасному кіновиробництві: поєднання аналогових та цифрових технологій // Кіно-Театр. 2021. №4. С. 45-49.
7. Романюк М. І, Попович П. В. Технічне забезпечення кінотеатрів та інформаційно-розважальних заходів: конспект лекцій: навч. посіб. для студ. спеціальності 6.050803 Акустотехніка. КПІ ім. Ігоря Сікорського. - Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. - 155 с. URL: <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/23942> (дата звернення: 20.04.2025).
8. Саундмастер. Історія розвитку мікрофонів (оглядова стаття) // Інтернет-магазин Soundmaster. 2020. URL: <https://soundmaster.ua/ua/zvukovoe-oborudovanie/mikrofony> (дата звернення: 29.03.2025).
9. Турута О. В., Матвієнко О. В. Основи звукотехніки: навч. посібник. Київ: НАККІМ, 2012. 210 с.
10. Ужинський М. В. Мистецькі технології та звукорежисура у драматичному театрі // Молодий вчений. 2019. №3(67). С. 81-84. DOI: 10.32839/2304-5809/2019-3-67-16.
11. Wikipedia. Процесор ефектів - Вікіпедія, вільна енциклопедія. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Процесор_ефектів (дата звернення: 28.03.2025).
1. Abbey Road Institute. Analogue vs Digital: the debate ends here! AbbeyRoadInstitute.co.uk (Blog). URL: <https://abbeyroadinstitute.co.uk/blog/analogue-vs-digital/> (date of access: 29.03.2025).
2. AES. AES Oral History 002: Les Paul. Audio Engineering Society E-Library, 2005. URL: <http://www.aes.org/historical/oral/?ID=2> (date of access: 29.03.2025).
3. Audio Engineering Society. An Audio Timeline. AES Historical Committee, 2014. URL: <http://www.aes.org/aeshc/docs/audio.history.timeline.html> (date of access: 29.03.2025).
4. Brecht R. M. The Evolution of Live Concert Production Audio. - TSE Entertainment Blog. 2020. URL: <https://tseentertainment.com/the-evolution-of-live-concert-production-audio/> (date of access: 29.03.2025).
5. Coules A. The History of Live Sound - Part 1: from the invention of the microphone to the first stadium concert. - HARMAN Professional Solutions Insights (Blog). 2021. URL: <https://pro.harman.com/insights/av/the-history-of-live-sound-part-1/> (date of access: 29.03.2025).
6. Huber D., Runstein R. Modern Recording Techniques. 9th ed. Oxford: Focal Press, 2017. 552 p.
7. Mastering.com. Modeling Microphones: Everything You Need to Know. - Mastering.com Blog, 2021. URL: <https://mastering.com/modeling-microphones/> (date of access: 29.03.2025).
8. Morton D. Off the Record: The Technology and Culture of Sound Recording in America. New Brunswick, NJ: Rutgers Univ. Press, 2000. 244 p.
9. Neumann GmbH. U 47 - Switchable Condenser Microphone (official product history page). URL: <https://www.neumann.com/en-us/products/historical/u-47> (date of access: 29.03.2025).
10. Pettersen M. 10 Things You Might Not Know About the SM58. - Shure Insights Blog. URL: <https://www.shure.com/en-us/insights/10-things-might-not-know-sm58/> (date of access: 29.03.2025).
11. RecordingConnection. Analog vs. Digital Audio Recording - RecordingConnection Reference Library. URL: <https://recordingconnection.com/reference-library/analog-or-digital-what-is-the-difference/> (date of access: 29.03.2025).
12. Strommen L. Audio Mixers 101: Analog vs Digital. - SoundPro Blog. URL: <https://www.soundpro.com/articles/audio-mixers-101-analog-vs-digital/>

(date of access: 29.03.2025).

13. Wilmering T., Moffat D., Milo A., Sandler M. A History of Audio Effects. - Applied Sciences. 2020. Vol. 10, No. 3. Article 791. DOI: 10.3390/app10030791.

14. Willett J. Digital Microphones - AES42 and all that. - Proceedings of the AES 24th UK Conference, Cambridge, 2011. URL: <https://soundlink.co.uk/docs/AES%20-%20Digital%20Microphones%20-%20AES42%20and%20all%20that.pdf> (date of access: 29.03.2025).