

**МІНІСТЕРСТВО КУЛЬТУРИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ КЕРІВНИХ КАДРІВ
КУЛЬТУРИ І МИСТЕЦТВ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ПЕРФОРМАТИВНИХ МИСТЕЦТВ**

Кафедра музичного мистецтва

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня «Магістр»

на тему:

**«СТВОРЕННЯ МУЗИЧНОГО ОБРАЗУ ТВОРУ З ВИКОРИСТАННЯМ
ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ»**

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

Кошарний Михайло Валентинович

Керівник: кандидат педагогічних наук,
професор, заслужений діяч мистецтв
України

Белявіна Наталія Дмитрівна

Рецензент: професор, доктор
мистецтвознавства,
професорка кафедри історії світової
музики Національної музичної академії
України імені П.І.Чайковського

Редя Валентина Яківна

Допустити до захисту:
протокол засідання кафедри
№ _____ від _____

Завідувач кафедри _____
() _____

АНОТАЦІЯ

Технології штучного інтелекту (ШІ) стрімко змінюють різні сфери діяльності, і студійна практика не є винятком. Застосування ШІ у звукозаписі та зведенні аудіо відкриває нові горизонти, дозволяючи значно підвищити якість звукового оформлення телевізійних програм при одночасному скороченні часу роботи над матеріалом. Ця робота розкриває сутність та переваги використання ШІ у студійній роботі на основі реального прикладу зведення аудіо ТВ програми.

Важливий момент вступу це - актуальність теми в наш час, адже технології ШІ нині активно інтегруються у творчі та технічні процеси, сприяючи автоматизації рутинних завдань, підвищенню ефективності та інноваційності у сфері медіа. Використання штучного інтелекту допомагає звукоінженерам і продюсерам швидко обробляти аудіо доріжки, видаляти шуми, балансувати рівні звуку і навіть автоматично коригувати недоліки, що раніше вимагало тривалих ручних налаштувань.

У основній частині наведено аргументи та приклади, які демонструють практичну користь ШІ у студії. По-перше, за допомогою ШІ можна значно оптимізувати процес зведення аудіо, що особливо важливо для телевізійних програм, де якість звуку – невід’ємна складова глядацького досвіду. По-друге, на реальному кейсі зведення аудіо ТВ програми показано, як інтеграція алгоритмів машинного навчання та інших інтелектуальних систем дозволяє зменшити час виконання роботи без втрати якості, а іноді навіть із покращенням звукового балансу і зручності для слухачів. Такі технології також відкривають нові можливості для творчого підходу, звільняючи фахівців від рутинних операцій.

У заключній частині підсумовується, що впровадження технологій ШІ у студійну практику – це не просто тренд, а необхідність сучасної медіа промисловості. Вони сприяють підвищенню продуктивності, покращенню якості аудіо продукту і розширенню творчих горизонтів, що у підсумку робить телевізійні програми більш конкурентоспроможними на ринку. Перспективи

розвитку штучного інтелекту у цій сфері обіцяють ще більше інновацій і відкриттів у найближчому майбутньому.

Таким чином, використання технологій ШІ у зведенні аудіо ТВ програм демонструє ефективність і актуальність таких інструментів для сучасних студій, підтверджуючи їхню значущість у професійній діяльності звукорежисерів та продюсерів.

ABSTRACT

Artificial Intelligence (AI) technologies are rapidly transforming various fields of activity, and studio practice is no exception. The application of AI in sound recording and audio mixing opens up new horizons, enabling a significant enhancement in the quality of television programme sound design while simultaneously reducing production time. This paper elucidates the essence and advantages of employing AI in studio workflows, drawing upon a real-world case study of audio mixing for a TV programme.

The relevance of this study is underscored by the current active integration of AI technologies into creative and technical processes, which fosters the automation of routine tasks, increases efficiency, and drives innovation within the media sector. The utilisation of artificial intelligence assists sound engineers and producers in rapidly processing audio tracks, performing noise reduction, balancing audio levels, and automatically correcting imperfections that previously demanded extensive manual adjustments.

Furthermore, substantial evidence and practical examples demonstrate the utility of AI in studio environments. AI-driven tools significantly optimise the audio mixing process, which is particularly critical for television broadcasts where sound quality constitutes an indispensable component of the viewer experience. Through the empirical analysis of a specific TV programme mixing case, it is demonstrated that the integration of machine learning algorithms and other intelligent systems reduces turnaround times without compromising quality, occasionally even enhancing acoustic balance and listener comfort. Moreover, these technologies

unlock new avenues for creative expression by liberating professionals from repetitive, mundane operations.

In conclusion, the implementation of AI technologies in studio environments is established not merely as a transient trend, but as an absolute necessity for the contemporary media industry. These tools enhance productivity, elevate the quality of the final audio product, and expand creative horizons, ultimately rendering television programmes more competitive in the market. The developmental prospects of artificial intelligence in this domain promise further innovations and breakthroughs in the near future. Consequently, the deployment of AI tools in television audio mixing proves both effective and highly relevant for modern studios, confirming their profound significance in the professional practice of sound directors and producers.

Keywords: *artificial intelligence, audio mixing, sound design, television programme, automation, machine learning, sound engineering.*

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. ІСТОРИКО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ	
1.1. Витоки ідеї штучного інтелекту: від міфології до наукового дискурсу.....	11
1.2. Формування наукової парадигми дослідження ШІ в ХХ – початку ХХІ ст.....	16
1.3. Програми штучного інтелекту у сфері звуку.....	22
1.3.1. Витоки застосування ШІ у звукових технологіях	22
1.3.2. Класифікація основних напрямів використання	24
РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ GPT ДЛЯ РОБОТИ ЗІ ЗВУКОМ: ЕТАПИ РОЗВИТКУ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ	
2.1. Розвиток моделей GPT для звуку: від тексту до аудіо	27
2.1.1. Генеза мовних моделей нового покоління	31
2.1.2. Голосові «respeecher» технології української компанії Respeecher.....	36
2.2. Технології штучного інтелекту у студійній практиці	37
2.2.1. Дослідження студійного процесу з технологією штучного інтелекту.....	41
2.2.2. Практичний експеримент та апробація технологій.....	42
2.2.3. Етичний аспект і відповідальність застосування ШІ.....	50
РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ VST ПЛАГІНІВ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СТУДІЙНІЙ ПРАКТИЦІ	
3.1. Теоретичні основи вибору VST плагінів на базі ШІ.....	52
3.2. Практичне застосування у студійній роботі.....	56
3.3. Порівняльний аналіз.....	66

ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	73
ДОДАТКИ.....	78
Додаток А. Інтерфейс VST-плагіна iZotope Neutron	
Додаток Б. Інтерфейс VST-плагіна iZotope RX Spectral De-noise	
Додаток В. Презентаційні матеріали VST-плагіна Waves Clarity Vx Pro	
Додаток Г. Графічний інтерфейс робочої сесії в DAW Pro Tools	
Додаток Д. Спектральний аналіз аудіофрагмента до використання ШІ	
Додаток Е. Спектральний аналіз аудіофрагмента після обробки ШІ	
Додаток Ж. Аналіз рівня гучності за стандартом EBU R-128 до обробки	
Додаток З. Аналіз рівня гучності за стандартом EBU R-128 після обробки	
Додаток К. Статистичні показники Waveform Statistics до обробки	
Додаток Л. Статистичні показники Waveform Statistics після обробки	
Додаток М. Опис вмісту електронного флеш-носія	

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. У сучасних умовах розвитку медіатехнологій технології штучного інтелекту (ШІ) стають невід'ємною частиною студійної практики. Вони відкривають нові можливості для автоматизації та оптимізації процесів звукового зведення, що є важливим етапом у виробництві музично-звукового контенту. Використання ШІ дозволяє не лише скоротити час обробки аудіоматеріалів, але й підвищити якість звуку, забезпечуючи більш комфортне сприйняття інформації для слухачів (глядачів). Актуальність теми визначається швидким розвитком інтелектуальних технологій, які інтегруються у професійну діяльність звукорежисерів і продюсерів. Проте, незважаючи на значні переваги, застосування ШІ у студійній практиці вимагає ретельного аналізу методів і інструментів для досягнення максимального ефекту без втрати творчого підходу.

Аналіз досліджень і публікацій. Теоретичну базу дослідження становлять праці вітчизняних дослідників у галузі комп'ютерних технологій та звукорежисури, зокрема: Н. Белявіної («Методологія та методика викладання фахових мистецьких дисциплін»), А. Бондаренка («Сучасне музичне мистецтво і комп'ютерні програми»), О. Бут («Звук як компонент образної структури фільму»), В. Дьяченка («Творча діяльність українських звукорежисерів другої половини ХХ – початку ХХІ століття: теорія, історія, практика»), В. Грищенко («Композиція та комп'ютерне аранжування»), С. Лазарева («Електронна музика як соціокультурне явище (друга половина ХХ – початок ХХІ століть»)), Л. Рязанцева («Звукорежисура: навчальний посібник»), К. Станіславської («Мистецько-видовищні форми сучасної культури: монографія»), К. Черевко («Електронна музика як феномен культурно-цивілізаційних процесів ХХ – початку ХХІ століття (до питання

методології аналізу)), В. Шипа («Музична форма від звуку до стилю : навчальний посібник»), С. Шустова («Електронна музика в системі студійних жанрів»). Також залучено праці зарубіжних дослідників з технологій ШІ, таких як Джон Маккарті, Алан Тюрінг, та релевантна інформація з електронних ресурсів.

Мета дослідження полягає у дослідженні можливостей використання технологій ШІ у процесі зведення аудіотворів на основі практичного прикладу.

Для досягнення поставленої мети визначено такі завдання дослідження:

- визначити витoki ідеї штучного інтелекту: від міфології до наукового дискурсу;
- вивчити формування наукової парадигми дослідження ШІ в ХХ – початку ХХІ століть;
- дослідити програми штучного інтелекту у сфері звуку;
- охарактеризувати моделі GPT для звуку: від тексту до аудіо;
- вивчити технології штучного інтелекту у студійній практиці;
- дослідити практичні аспекти вибору VST плагінів на базі ШІ;
- опрацювати практичне застосування VST плагінів у студійній роботі;
- здійснити практичний порівняльний аналіз аудіотворів.

Об'єкт дослідження – технології штучного інтелекту в музичному виробництві.

Предмет дослідження – створення музично-звукового образу з використанням програм штучного інтелекту.

Методологія та методи дослідження. У процесі вирішення визначених завдань було застосовано комплекс методів: *теоретичні* (опрацювання джерельної бази, літератури та наукових праць з проблем дослідження, їх систематизація та узагальнення); *історичні* (аналіз історичної ретроспективи

розвитку технології ШІ); *аналітичні* (вивчення функцій та здійснення класифікації програм ШІ); *емпіричні* (практична діяльність в студійній роботі); *технологічні* (робота з програмним забезпеченням програм ШІ (GPT)).

Наукова новизна дослідження. *Вперше:* комплексно досліджено специфіку роботи звукорежисера у процесі створення музичного контенту з використанням технології ШІ; систематизовано історію розвитку технологій ШІ.

- *Набуло подальшого розвитку:* дослідження функцій та здійснення класифікації програм ШІ в студійній практиці; представлення на практичному досвіді моделей GPT для обробки звуку.

Джерельна та матеріальна база дослідження включає праці з феномену технологій ШІ, практичну роботу звукорежисера з GPT та програмами обробки звуку з використанням штучного інтелекту на базі студії «1+1».

Теоретичне і практичне значення дослідження полягає у комплексному висвітленні специфіки роботи звукорежисера у сфері технологій ШІ. Робота містить теоретичні й практичні рекомендації щодо створення звукового та музичного оформлення аудіоконтенту. Матеріали дослідження можуть бути використані у навчальних курсах дисциплін зі звукорежисури: «Мистецтво звукорежисури», «Звукорежисура», «Композиція та комп'ютерне аранжування», «Студійна звукорежисура», «Аналіз аудіовізуальних творів».

Апробація та публікації. Матеріали дослідження пройшли апробацію на *Культура і мистецтво: сучасний науковий вимір* : матеріали VIII Всеукр. наук. конф. молод. вч., асп. та магістран. (Київ, 06 листопада 2025 р.) . За темою дослідження опубліковано: Кошарний М. В. Використання технік штучного інтелекту в студійній практиці. *Культура і мистецтво: сучасний*

науковий вимір : матеріали VIII Всеукр. наук. конф. молод. вч., асп. та магістран. / М-во культ. та страт. ком. України ; Нац. акад. кер. кадрів культ. і мистец. ; Наук. тов. студ., асп., доктор. і молод. вч. (Київ, 06 листопада 2025 р.). Київ : НАКККиМ, 2025. С. 314–315.

Висновки. Структура кваліфікаційної роботи обумовлена логікою розкриття теми, метою та завданням дослідження. Робота складається зі вступу, трьох розділів, 8 підрозділів, висновків, списку використаних джерел (30 позицій), додатків. Загальний обсяг роботи – 83 сторінки, із них основний текст складає – 77 сторінок.

РОЗДІЛ 1. ІСТОРИКО-ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

1.1. Витоки ідеї штучного інтелекту: від міфології до наукового дискурсу

Поняття створення штучного розуму — інтелекту, здатного до мислення, прийняття рішень і навчання — має глибокі корені в культурі та філософії людства. Ще в античні часи зустрічаються оповіді про механізми, наділені здатністю діяти автономно. У грецькій міфології Гефест створював самохідні триножки, а Пігмаліон — статую Галатею, яка ожила. Подібні ідеї виявляють не лише прагнення до технічної досконалості, а й філософське питання: що таке розум і як його можна відтворити?

У середньовіччі спостерігається спроба поєднати релігійно-філософські уявлення про душу з технічними уявленнями про автоматизм. Проте лише з розвитком раціоналізму в епоху Нового часу з'являється підґрунтя для наукового осмислення можливості штучного розуму. Рене Декарт (1596–1650) у своїх трактатах описував тіло як механізм, а розум — як основу мислення. Саме ця дихотомія в подальшому стала основою для створення моделей когнітивних процесів.

Передумови розвитку: логіка, математика, філософія. У працях Аристотеля вже зустрічаються формальні логічні структури, які пізніше стали основою для побудови дедуктивних систем. Блез Паскаль створив перший механічний калькулятор (1642), а Готфрід Вільгельм Лейбніц обґрунтував ідею створення універсальної логічної машини.

У XIX столітті з'явилися більш конкретні формальні інструменти, які уможливили розвитку ШІ у XX столітті. Особливо важливими стали:

- булева алгебра (Джордж Буль, 1815–1864) — основа бінарної логіки, що пізніше лягла в основу цифрових обчислень;
- аналітична машина (Чарльз Беббідж, 1791–1871) — проєкт першого програмованого комп'ютера;
- ідеї Ади Лавлейс (1815–1852) про алгоритмічну обробку даних, що були революційними для свого часу.

Усі ці досягнення стали теоретичною платформою для подальших досліджень в області інтелектуальних машин.

Поява цифрових комп'ютерів і формування поняття ШІ. Справжній прорив у розвитку ШІ відбувся у середині ХХ століття з появою електронних обчислювальних машин. У 1936 році Алан Тюрінг (1912–1954) у своїй праці «On Computable Numbers» запропонував концепцію універсальної машини, яка могла імітувати будь-який алгоритмічний процес. Це стало не лише математичною основою для цифрових комп'ютерів, а й ключем до розуміння того, що мислення можна формалізувати.

У 1950 році Тюрінг запропонував відомий «тест Тюрінга», що передбачав перевірку здатності машини імітувати людське мислення в діалозі. Цей тест досі слугує еталонною метафорою в дискусіях про межі машинного інтелекту.

Дартмутська конференція 1956 року: народження дисципліни. Офіційно термін «artificial intelligence» (штучний інтелект) був вперше запропонований Джоном Маккарті у 1956 році під час Дартмутської конференції. Учасниками цієї зустрічі стали провідні вчені того часу: Марвін Мінський, Клод Шеннон, Герберт Саймон та інші. Вони сформулювали дослідницький напрямок, спрямований на створення машин, здатних «поводитися розумно».

Цей період ознаменувався оптимізмом і вірою в швидкий прогрес. Вчені створювали перші програми, здатні розв'язувати задачі алгебри, грати в шахи, доводити теореми. Наприклад:

- у 1959 році Артур Семюел (1901–1990) створив програму для гри в шашки, яка навчалася на основі власного досвіду;
- у 1965 році Джозеф Вайзенбаум (1923–2008) створив програму ELIZA — перший чат-бот, що імітував діалог з психотерапевтом.

Проте обмеженість обчислювальних ресурсів і складність реального середовища спричинили перші «зими ШІ» — періоди занепаду інтересу до цієї галузі (перша — у 1970-х, друга — у середині 1980-х).

Ренесанс ШІ: нейромережі та машинне навчання. Починаючи з 1990-х років, завдяки розвитку апаратного забезпечення та появі великих масивів даних, ШІ почав відновлювати позиції. Виникають нові підходи, зокрема:

- машинне навчання (Machine Learning) — системи, що навчаються на основі даних без явного програмування;
- глибоке навчання (Deep Learning) — багаторівневі нейронні мережі, які здатні автоматично виявляти ознаки в складних структурах даних (зображення, мова, відео).

У 2012 році відбулася знакова подія: нейромережа, навчена на великій базі зображень ImageNet, досягла високої точності розпізнавання об'єктів. Це стало поштовхом до бурхливого розвитку індустрії ШІ.

Відтоді ШІ почали активно впроваджувати у всі сфери — від медицини та фінансів до творчості й освіти. Такі системи, як AlphaGo, ChatGPT, Midjourney, демонструють рівень генеративного інтелекту, що перевищує людські можливості в окремих вузьких сферах.

Особливості історичних етапів формування штучного інтелекту. Розвиток штучного інтелекту — це складний, багаторівневий процес, що

охоплює як філософські уявлення про природу мислення, так і практичні досягнення в обчислювальній техніці та математичних моделях. Історія ШІ нерозривно пов'язана з розвитком таких галузей, як логіка, кібернетика, когнітивна психологія та інформатика.

Уже від перших теоретичних спроб зрозуміти сутність інтелекту дослідники прагнули з'ясувати, чи можливо формалізувати процес мислення. Ще в середині ХХ століття ідея створення машини, здатної діяти розумно, постала не лише як технічне завдання, але й як проблема пізнання.

Зокрема, праці Алана Тюрінга заклали основу для розуміння обчислювальної природи розуму. Його концептуальне питання «чи можуть машини думати?» трансформувалося у практичне завдання – створити систему, поведінка якої була б невідмінною від людської. Цей підхід започаткував не лише експерименти у сфері програмування, а й ширші філософські дискусії про межі свідомості та імітації.

У 1950–1960-х роках із появою перших комп'ютерів і мов програмування почали формуватися основні напрями досліджень у сфері штучного інтелекту. Зародився символічний напрям, що ґрунтувався на уявленні про мислення як операції над знаками. Дослідники, серед яких Герберт Саймон і Алан Ньюелл, створювали моделі розв'язання задач, які нагадували логічні міркування людини. Її мета полягала у тому, щоб навчити машини здійснювати дедукцію, планування і прийняття рішень. Попри значні теоретичні зрушення, ці моделі виявили власні обмеження — вони не могли адекватно відтворювати інтуїтивні, контекстні та емоційні аспекти людського мислення.

У 1970-х роках з'являються експертні системи, розраховані на вирішення вузьких професійних задач. Вони базувалися на фіксованих базах знань і правилах логічного висновку. Хоча такі системи продемонстрували

прикладну цінність у медицині, фінансах та технічній діагностиці, їхня функціональність залишалася обмеженою. З часом стало очевидно, що без здатності до самонавчання та генералізації знань системи такого типу не можуть еволюціонувати далі.

Наступний поворот відбувся наприкінці ХХ століття, коли науковці повернулися до ідей, натхненних нейрофізіологією. Нейронні мережі, попри тривалий період скепсису, стали базою для нового підходу — машинного навчання. Цей підхід спирався не на жорсткі правила, а на статистичні закономірності у даних. Завдяки розвитку обчислювальної потужності та накопиченню великих обсягів інформації такі алгоритми почали демонструвати результати, що перевищували людські можливості в окремих сферах, як-от розпізнавання образів чи аналіз мовлення. Таким чином, поняття інтелекту почало поступово зміщуватися від логічних структур до адаптивних систем.

Водночас розвиток ШІ не можна розглядати ізольовано від гуманітарного контексту. Зі зростанням автономності машин на перший план виходять питання етики, цінностей і соціальної відповідальності. Виникає новий напрям — етика штучного інтелекту, який досліджує, яким чином алгоритми можуть впливати на справедливість, безпеку та приватність у сучасному суспільстві. Філософи свідомості порушують питання: чи можна вважати інтелектуальною системою, що не має самосвідомості, і чи можлива емпатія у алгоритма? Подібні запитання свідчать, що ШІ вийшов за межі технічного феномену і став сферою міждисциплінарного дослідження, що об'єднує точні та гуманітарні науки.

Таким чином, історія розвитку штучного інтелекту — це не лише послідовність технологічних інновацій, а й відображення прагнення людства зрозуміти власну природу через створення інтелектуальних моделей. Вона

демонструє, що науковий прогрес у цій сфері завжди супроводжується переосмисленням філософських засад мислення, пізнання та творчості.

1.2. Формування наукової парадигми дослідження ШІ в ХХ – початку ХХІ століть.

Формальне виникнення терміну «штучний інтелект» (*artificial intelligence*) пов'язується з 1956 роком — роком проведення Дартмутської конференції під керівництвом Джона Маккарті (1927–2011). На цій конференції було сформульовано програму досліджень, яка мала на меті «зробити машини здатними діяти так, ніби вони мислять». Цей період ознаменувався появою символічного підходу до ШІ: вчені намагалися створити логічні правила, за якими система могла би приймати рішення.

Серед знакових імен варто виділити Алана Тюрінга (1912–1954), який ще у 1950 році запропонував тест, що мав оцінити, чи здатна машина проявити поведінку, нерозрізнену від людської. Його робота «Обчислювальні машини та розум» стала концептуальною точкою відліку в філософських і технічних дебатах про природу інтелекту. Тюрінг сформулював питання не «чи можуть машини думати?», а «чи можуть вони поводитись так, як людина, що думає?», зміщуючи акцент із внутрішньої сутності на поведінкові прояви.

Штучний інтелект, попри свій початковий оптимізм, швидко зазнав і перших труднощів. У 1960-х роках ентузіазм щодо створення «розумних» машин поступово змінився більш реалістичним баченням. Перші експерименти з так званими експертними системами показували, що машини можуть ефективно вирішувати вузькоспеціалізовані задачі, наприклад, у медицині чи технічній діагностиці, якщо їх забезпечити достатньою кількістю правил і фактів. Однією з найвідоміших таких систем була MYCIN, створена

у Стенфордському університеті для діагностики інфекційних захворювань. Проте швидко стало зрозуміло, що навіть такі системи мають серйозні обмеження: вони погано адаптуються до нових ситуацій, не здатні навчатися і не розуміють контексту.

У 1970-х роках це призвело до періоду, який згодом назвали «зимою штучного інтелекту». Зменшення фінансування та скепсис інвесторів були наслідком завищених очікувань і недостатньої практичної користі. Проте навіть у цей час тривали напрацювання, які згодом стали фундаментом для сучасного ШІ. Так, формалізація нейронних мереж і розробка алгоритмів навчання стали важливою альтернативою символічним підходам, що домінували на початку.

Особливий інтерес до нейронних мереж відновився у 1980-х роках із появою алгоритму зворотного поширення помилки (*backpropagation*). Саме тоді комп'ютери досягли рівня потужності, який дозволяв ефективно тренувати багаторівневі мережі. Хоча ці системи ще не показували результатів, порівняних із людськими здібностями, вони заклали основу для майбутніх проривів у глибокому навчанні (*deep learning*).

У 1990-х розвиток ШІ тісно пов'язався з прогресом у галузі обчислювальних потужностей і накопиченням великих обсягів даних. Знаковим моментом стало створення системи Deep Blue компанії IBM, яка у 1997 році перемогла тодішнього чемпіона світу з шахів Гаррі Каспарова. Ця подія стала якщо не фінальним, то ключовим символом того, що машини можуть досягати або перевершувати людину в інтелектуальних задачах, які раніше вважались суто людськими.

Починаючи з 2010-х років, революція у сфері глибокого навчання та застосування графічних процесорів кардинально змінила ситуацію. Алгоритми почали демонструвати вражаючі можливості у розпізнаванні

зображень, перекладі, аналізі текстів та навіть створенні нових художніх образів. Саме цей період приніс такі системи, як AlphaGo від Google DeepMind, яка у 2016 році обіграла одного з найсильніших гравців у го — Лі Седоля. Ця перемога показала, що ШІ здатен опанувати складні інтуїтивні завдання, які довгий час вважалися поза межами алгоритмічних методів.

Сьогодні штучний інтелект відіграє ключову роль у практично всіх сферах людської діяльності — від медицини до мистецтва, від кібербезпеки до освіти. Його розвиток тісно пов'язаний не лише з технологічними, але й з етичними питаннями. Постають нові проблеми — захист приватності, достовірність даних, відповідальність за рішення, прийняті автоматизованими системами. Науковці та політики розробляють рамкові підходи до регулювання використання ШІ, щоб забезпечити баланс між прогресом і безпекою.

Попри всі труднощі, еволюція поняття «інтелекту» — як людського, так і машинного — продовжується. І якщо у 1956 році Джон Маккарті говорив про спробу «зробити машини здатними мислити», то сьогодні питання звучить інакше: «як зробити так, щоб машини мислили в гармонії з людиною». Саме це стає головним викликом епохи, у якій людина та машина дедалі частіше взаємодіють не як інструмент і користувач, а як партнери у спільному процесі створення знань.

Еволюція теоретичних підходів: від символізму до машинного навчання. Протягом другої половини ХХ століття розвиток штучного інтелекту пройшов через кілька методологічних парадигм. Першою домінувала символічна модель (так звана GOF AI — *Good Old-Fashioned AI*), в основі якої лежали логічні системи, дедуктивні механізми та ручне кодування знань. Але згодом ця модель стикнулася із обмеженнями в обробці неповної, неточної чи контекстної інформації.

У 1980–1990-х роках відбулося повернення до ідей нейронних мереж, що базувалися на спробі моделювання роботи людського мозку. Разом із розвитком комп’ютерних потужностей виникла можливість застосовувати статистичні методи, алгоритми класифікації, регресії та кластеризації. Це дало початок новому етапу — машинному навчанню, а згодом і глибокому навчанню (*deep learning*), яке нині є основою сучасного ШІ.

Теоретичний ландшафт досліджень ШІ розширився також завдяки мультидисциплінарності. У сучасному ШІ поєднуються ідеї інформатики, лінгвістики, філософії свідомості, нейронауки, психології, когнітивістики та етики. Саме тому дослідження історико-теоретичних основ ШІ вимагає системного, міждисциплінарного підходу.

Такий підхід дозволяє не лише глибше зрозуміти механізми формування інтелектуальних процесів, але й виявити їх зв’язок із культурними, соціальними та моральними вимірами людського досвіду. У результаті штучний інтелект розглядається не просто як технологічний інструмент, а як явище, що відображає складну взаємодію науки, філософії та суспільства.

На рубежі XX і XXI століть дослідження у сфері штучного інтелекту вступили у фазу практичної реалізації. Якщо раніше ШІ здебільшого залишався предметом теоретичних дискусій або обмежених лабораторних експериментів, то з поширенням інтернету, цифрових технологій та зростанням обсягів даних він став невід’ємною частиною повсякденного життя. Саме накопичення великих масивів інформації (*big data*) створило умови для прориву в машинному навчанні, яке потребувало значних тренувальних вибірок для формування ефективних моделей. Завдяки цьому алгоритми навчання перестали бути абстрактними — вони почали знаходити реальні застосування у фінансових аналітичних системах, медичних діагностичних комплексах, сервісах розпізнавання мови та зображень.

Паралельно сформувалися нові підходи до розуміння природи інтелекту. На зміну класичним уявленням про «механічний розум» прийшло бачення інтелекту як динамічного процесу взаємодії системи та середовища. Це привело до розвитку таких напрямів, як агентні системи, когнітивне моделювання й еволюційні алгоритми. У цих підходах акцент зміщується від логічних структур до емерджентних властивостей — тобто таких, що виникають у результаті складної взаємодії елементів і не можуть бути повністю передбачені на основі початкових правил. Такі дослідження особливо важливі для побудови автономних систем, які здатні адаптуватися до нових умов і формувати стратегії поведінки без прямого людського втручання.

У цей же час посилюється інтерес до етичного та соціального виміру розвитку ШІ. Проблематика алгоритмічної упередженості, захисту приватності, прозорості прийняття рішень і відповідальності за дії автономних систем стає предметом міждисциплінарних дискусій. Питання про те, якою мірою ШІ може і повинен брати участь у процесах, що впливають на суспільство, стає не лише технічним, а й філософським. Зокрема, обговорюється, чи може штучний інтелект набувати морального статусу, чи залишається він лише «інструментом» людської діяльності. Виникає також поняття «етичного ШІ», яке передбачає проєктування систем із вбудованими моральними обмеженнями та соціально усвідомленими алгоритмами.

Сучасний етап розвитку ШІ характеризується інтеграцією глибокого навчання, обчислювальної лінгвістики, робототехніки та когнітивного моделювання. Особливо значущою стала поява великих мовних моделей, що здатні опрацьовувати текстові дані у масштабах, раніше недосяжних. Вони продемонстрували, що машинні системи можуть не лише аналізувати чи прогнозувати, а й творчо генерувати зміст, що має ознаки людської

комунікації. Такі досягнення спричинили новий виток дискусій щодо природи штучного мислення. З одного боку, вони свідчать про технічну можливість моделювати мовну поведінку людини; з іншого — ставлять питання про межі імітації та сутність «розуміння» як феномена.

Не менш важливим є вплив штучного інтелекту на методологію наукових досліджень. У багатьох галузях наука переходить від гіпотетико-дедуктивної логіки до даноцентричної. Алгоритми все частіше виступають не просто інструментами обчислення, а співавторами відкриттів — вони допомагають знаходити закономірності, приховані від людського спостереження. Це ставить нові питання про статус знання: чи можна вважати істинним відкриття, зроблене системою, яку людина не здатна повністю пояснити? Подібні питання змінюють саму епістемологію сучасної науки, спонукаючи до пошуку нових форм пізнання, де взаємодія людини й машини стає єдиним когнітивним процесом.

У цьому контексті дослідження історико-теоретичних аспектів ШІ мають надзвичайну вагу. Вони дозволяють зрозуміти, як від початкових спроб створити «механічний розум» людство прийшло до систем, які не лише сприймають інформацію, а й взаємодіють із культурними, соціальними та етичними вимірами. І якщо на початку свого розвитку штучний інтелект розглядався як спроба механізувати пізнання, то нині він стає частиною ширшого гуманітарного проекту — осмислення меж людського досвіду, творчості й свідомості.

1.3. Програми штучного інтелекту у сфері звуку

1.3.1. Витоки застосування ШІ у звукових технологіях

Штучний інтелект у сфері обробки звуку почав активно розвиватися з кінця XX століття, коли зросли обчислювальні можливості комп'ютерної техніки. Першими прикладами були системи розпізнавання мовлення, які здатні були ідентифікувати окремі слова чи команди в контрольованих умовах. Уже в 1970–1980-х роках IBM та Bell Labs розробляли перші алгоритми мовленнєвого введення для обмеженого словника.

На межі століть ці технології почали застосовуватись у ширшому контексті: у телефонії (IVR-системи), навігаційних системах, а також у сфері доступності — наприклад, для людей з порушенням зору чи слуху. Основу таких систем складали лінгвістичні правила, акустичні моделі та словники вимови, але ці моделі були дуже залежні від якісного корпусу даних і мали складнощі з адаптацією до контексту.

Разом із розвитком штучного інтелекту з'являються нові інструменти, які дедалі більше змінюють роль людини у студійному процесі. Так, сучасні DAW (*Digital Audio Workstation*) активно інтегрують інтелектуальні функції. Наприклад, Ableton Live має функцію Capture MIDI, що передбачає "вгадування" і збереження фрази, яку музикант щойно грав, навіть без натискання кнопки запису. Logic Pro використовує Smart Tempo, що дозволяє автоматично підлаштовувати темп проєкту до записаної партії. ШІ-компоненти все частіше вбудовуються як допоміжні елементи для інтуїтивного редагування, гармонізації та інтерпретації аудіо.

Особливу увагу заслуговують системи штучного інтелекту, що працюють на основі машинного навчання та глибоких нейронних мереж. Наприклад, Spleeter від Deezer дозволяє з високою точністю розділяти вокал і

інструментальні доріжки. Це відкриває нові можливості як для реміксування, так і для реставрації записів. У сфері аудіовідновлення ШІ виявився надзвичайно ефективним, особливо в роботі з архівними чи пошкодженими матеріалами. Такі плагіни, як RX від iZotope, вміють "вичищати" тріски, шипіння, кліки та інші артефакти з аудіо, зберігаючи при цьому природність звучання.

Ще однією важливою лінією застосування є генеративні моделі — алгоритми, здатні створювати нові музичні ідеї. Наприклад, OpenAI Jukebox чи Google Magenta демонструють здатність штучного інтелекту генерувати вокальні лінії, мелодії та навіть повноцінні пісні у стилі конкретного виконавця. Це відкриває не лише творчі перспективи, а й етичні питання щодо авторства, стилізації та використання вокальних даних.

У практиці звукорежисури ШІ може виступати як помічник у прийнятті рішень. Плагіни з функціями автоматичного міксування пропонують налаштування рівнів, компресії, еквалізації, ґрунтуючись на аналізі стилю, жанру та акустичних параметрів проєкту. Наприклад, Neutron і Ozone від iZotope мають функцію Track Assistant, який "пропонує" мікс відповідно до типу інструмента й задачі. Таким чином, ШІ зменшує потребу в ручних налаштуваннях, що особливо корисно для початківців, проте також економить час досвідченим фахівцям.

Не менш важливим є вплив ШІ на колаборативну та віддалену роботу. Платформи з інтегрованими інтелектуальними сервісами (наприклад, BandLab, Soundtrap) дозволяють миттєво обмінюватися ідеями, здійснювати міксування в реальному часі та автоматично синхронізувати доріжки. Це особливо актуально у постпандемійну епоху, коли дистанційна співпраця стала нормою.

Разом з тим, застосування ШІ у звукозаписі супроводжується певними викликами. Передусім — це питання збереження унікального людського стилю, інтерпретації та емоційної виразності. Незважаючи на здатність ШІ імітувати музичні структури, йому бракує інтуїції, контекстуального розуміння та глибокого художнього чуття. Також варто враховувати етичні аспекти: використання голосів відомих артистів без дозволу, автоматичне створення музики "у стилі когось", або заміщення творчих професій алгоритмами.

Підсумовуючи, можна сказати, що штучний інтелект суттєво змінює ландшафт сучасного студійного виробництва. Його можливості вже сьогодні оптимізують процеси, покращують якість звучання і навіть стимулюють нові форми творчості. Водночас ключовим залишається усвідомлене, критичне використання цих технологій, яке дозволяє поєднати технічний прогрес із збереженням мистецької глибини.

Машинне навчання та нейронні мережі в аудіоаналітиці. Справжній прорив у сфері ШІ для звуку відбувся з появою глибоких нейронних мереж, зокрема рекурентних (RNN), згорткових (CNN) та трансформерів. Такі моделі дозволили створити системи, здатні:

- розпізнавати мовлення з високою точністю (ASR — *Automatic Speech Recognition*);
- ідентифікувати емоційні стани з голосу;
- розділяти джерела звуку (*source separation*);
- створювати синтетичну мову (*Text-to-Speech*, TTS) з високим рівнем натуралізму;
- генерувати музику на основі заданих стилів або прикладів.

Серед знакових проєктів — WaveNet (DeepMind), який моделює хвильову форму звуку з детальністю, раніше недосяжною для класичних

систем. Інші відомі рішення — Tacotron, MelGAN, Whisper (від OpenAI), RAVDSS (емоційний вокальний корпус) та Jukebox, який генерує повноцінну музику за допомогою ШІ.

1.3.2. Класифікація основних напрямів використання

Загалом, програми ШІ у звуковій сфері можна умовно поділити на кілька напрямів:

1. *Розпізнавання мовлення (Speech-to-Text)*: системи перетворення мовлення в текст активно використовуються в системах голосового керування (Siri, Alexa, Google Assistant), субтитруванні відео, стенографії та освіті.

2. *Синтез мовлення (Text-to-Speech)*: технології, здатні генерувати природне мовлення з тексту, використовуються в озвучуванні контенту, допоміжних технологіях для людей із порушеннями зору, аудіокнигах та ігровій індустрії.

3. *Аудіоаналіз та музична інформатика*: це виявлення темпу, тональності, гармоній, музичних патернів, а також автоматичне створення аранжувань, жанрова класифікація, аналіз емоційного забарвлення музики.

4. *Звуковий моніторинг навколишнього середовища*: акустичне виявлення об'єктів, таких як автомобілі, птахи, вибухи, або навіть станів людини (кашель, хрипіння, серцеві шуми), що особливо актуально в медицині, безпеці, екології.

5. *Генеративні аудіосистеми*: системи, які не лише аналізують, а й створюють звук: від штучного вокалу (Vocaloid, Synthesizer V) до генерації інструментальної музики або ефектів (нейромережі в DAW-плагінах, як iZotope Neutron, LANDR Mastering AI тощо).

Алгоритмічна та теоретична база

Теоретично основою більшості сучасних аудіоалгоритмів є:

- мел-спектрограми та Фур'є-перетворення для аналізу частотної структури звуку;
- глибоке навчання (особливо LSTM, GRU та трансформери) для обробки послідовностей даних;
- векторні представлення (*embeddings*), що дозволяють системі працювати із високорівневими звуковими патернами;
- підсилення даних (*data augmentation*) — для збільшення різноманіття вхідних аудіоданих;
- навчання з підкріпленням — у генеративних моделях для поступового покращення синтезу.

Ці підходи дозволяють не лише ефективно обробляти звук, а й створювати адаптивні, контекстуальні системи, які реагують на зміни середовища або індивідуальні особливості користувача.

РОЗДІЛ 2. МОДЕЛІ GPT ДЛЯ РОБОТИ ЗІ ЗВУКОМ: ЕТАПИ РОЗВИТКУ ТА СУЧАСНІ ПІДХОДИ

2.1. Розвиток моделей GPT для звуку: від тексту до аудіо

У сучасному світі штучний інтелект (ШІ) вже давно вийшов за рамки простого опрацювання тексту, завойовуючи нові сфери творчості зокрема в музиці, мистецтві і звуковому дизайні. Ця нова фаза розвитку ШІ часто називається епохою "Акустичного ШІ" або генеративного ШІ у звуковій творчості. Вона означає фундаментальне переосмислення ролі технологій у музиці – від знарядь автоматизації до повноцінних творців нових аудіо об'єктів.

Генеративний ШІ вже здатен не тільки аналізувати великі масиви аудіоданих, але й створювати унікальні композиції, вокальні партії, мелодії й навіть нові інструментальні звуки. Завдяки глибокому навчанню нейронних мереж і адаптивним алгоритмам він переходить від рутинного завдання до співтворця, що вміє пристосовуватись до індивідуальних смаків, стилів та настроїв. Цей зсув виходить за межі традиційного розуміння музичного процесу, розмиваючи кордони між музикантом і машинним алгоритмом.

Одним із ключових здобутків епохи "Акустичного ШІ" є можливість створення музичних творів на основі текстових описів (так званих "промптів") або за допомогою простих інтерфейсів навіть для користувачів без музичної освіти. Платформи на кшталт Suno, AIVA, MusicGEN у 2025 році генерують не лише мелодії, але і вокал з аранжуванням, що радикально спрощує виробництво музики і робить творчість доступною для ширшого кола людей.

Водночас ця епоха породжує важливі етичні та культурні питання. З одного боку, ШІ відкриває нові горизонти для креативності, змінює уявлення

про оригінальність і підвищує ефективність виробництва. З іншого – стоїть питання авторства, інтеграції людини і машини у творчому процесі, а також можливого впливу на зайнятість і статус художників. Проте вже сьогодні ШІ допомагає не лише створювати унікальний музичний контент, а й персоналізувати музику під кожного слухача, створюючи інтерактивні музичні досвіди, включаючи віртуальні концерти з ефектом повної присутності.

Отже, епоха "Акустичного ШІ" — це не просто новий інструмент, а трансформація самої сутності музики як мистецтва й технології у 21 столітті. Вона відкриває безпрецедентні можливості для звукових експериментів, розширює межі уяви і водночас зберігає в центрі уваги людський досвід і емоційний зв'язок зі звуком. У цій новій симфонії людина і машина творять разом, утворюючи неповторний звуковий ландшафт майбутнього.

Сучасні системи штучного інтелекту, незалежно від модальності їх застосування — чи то генерація тексту, чи реставрація аудіо — базуються на схожих математичних архітектурах. Якщо розглядати процес "мислення" великої мовної моделі (LLM) не як абстрактний інтелектуальний акт, а як процес обробки даних, стає очевидною його структурна спорідненість із роботою VST-плагінів на базі нейромереж. Обидві системи функціонують як архітектори ймовірностей у багатовимірному просторі, перетворюючи хаотичний вхідний сигнал на впорядкований результат.

Трансформація вхідних даних: Від хвилі до токена. Будь-яка обробка інформації починається з дискретизації та кодування. У сфері аудіоінженерії аналогова хвиля перетворюється на цифровий сигнал, після чого VST-плагіни (наприклад, спектральні аналізатори) використовують швидке перетворення Фур'є (FFT) для створення спектрограми. Для алгоритму звук перестає бути

акустичним явищем і стає матрицею чисел, що описують частоту, час та амплітуду.

Аналогічний процес відбувається у текстових моделях. Вхідний текст піддається токенизації: речення розбиваються на елементарні одиниці (частини слів, склади), які перетворюються на числові вектори. Подібно до того, як плагін *Waves Clarity* шукає у спектральному шумі патерни, що відповідають людському голосу, мовна модель аналізує вхідний масив чисел, виявляючи семантичні патерни, синтаксичні структури та контекстуальні маркери.

Латентний простір як середовище обробки. Ключовий етап "міркування" моделі відбувається у так званому латентному просторі (Latent Space). Це багатовимірна система координат, де зберігається стиснене знання нейромережі.

У контексті аудіо обробки, інструменти на кшталт *Oeksound Soothe2* оперують картою звукових характеристик. Нейромережа класифікує вхідний сигнал, розміщуючи його у відповідному кластері: "корисний резонанс" або "паразитний шум". Обробка полягає у математичному зміщенні вектора сигналу з зони дефектів у зону еталонного звучання.

Для мовних моделей латентний простір містить концепти та їхні взаємозв'язки. Поняття "мікрофон", "студія" та "звукозапис" розташовані у цьому просторі поруч, утворюючи семантичний кластер. Коли система отримує запит на технічну тематику, активується відповідний сектор векторного простору. Процес генерації відповіді є не пошуком готової інформації в базі даних, а побудовою асоціативного шляху між векторами понять, подібно до того, як аудіопроектор будує шлях трансформації сигналу.

Механізм уваги та часова перспектива. Фундаментальною технологією, що уможливлює "розуміння" контексту, є механізм уваги (Attention Mechanism). В аудіоінженерії його аналогом можна вважати

функцію *Lookahead*. Компресор або лімітер аналізує вхідний буфер даних на кілька мілісекунд наперед, щоб передбачити появу транз'єнта і скоригувати параметри обробки ще до моменту піку.

У текстових трансформерах використовується механізм *Self-Attention*. Генеруючи кожне наступне слово, модель "дивиться" на весь попередній контекст, зважуючи важливість кожного токена. Якщо на початку тексту згадувався термін "пост-продакшн", модель надає більшої ваги (або "підсилення", використовуючи аудіо-термінологію) спеціалізованим термінам у подальшій генерації. Це забезпечує когерентність відповіді, аналогічно тому, як адаптивний алгоритм шумоподавлення утримує стабільний поріг спрацювання, аналізуючи довколишній звуковий ландшафт.

Ймовірнісна генерація та налаштування параметрів. Кінцевий етап роботи системи — генерація вихідного сигналу. У генеративних аудіо-інструментах (наприклад, для клонування голосу) нейромережа передбачає значення кожного наступного семпла на основі попередніх, фактично синтезуючи хвилю заново. Мовні моделі працюють за ідентичним принципом авторегресії. Система не "знає" відповіді наперед; вона обчислює ймовірність появи кожного наступного токена. Обирається варіант із найвищою ймовірністю в межах заданого контексту. Цей процес можна порівняти з роботою динамічного еквайзера, який миттєво адаптує криву АЧХ під зміни вхідного сигналу.

Роль користувача у цьому процесі зводиться до «інженерії промптів», що є прямим аналогом налаштування параметрів VST-плагіна. Зміна формулювання запиту ("напиши в академічному стилі" або "поясни простими словами") діє як регулювання параметрів *Threshold* та *Ratio*. Це змінює "агресивність" втручання алгоритму, його стилістичне забарвлення та щільність інформаційного потоку.

Таким чином, процес функціонування штучного інтелекту можна охарактеризувати як високошвидкісну обробку сигналу, де замість фізичних величин амплітуди та частоти використовуються семантичні вектори та синтаксичні ймовірності. Як VST-плагін очищує аудіо від шумів для виявлення корисного сигналу, так і мовна модель структурує інформаційний хаос для генерації змістовної відповіді. Обидві технології є інструментами трансформації "сирих" даних у фінальний продукт заданої якості.

2.1.1. Поява мовних моделей нового покоління

З початком 2020-х років відбувся стрімкий розвиток генеративних трансформерів (Generative Pre-trained Transformers, або GPT), які кардинально змінили способи взаємодії людини з інформаційними системами. Хоча перші моделі GPT були зосереджені переважно на текстових завданнях, подальше вдосконалення архітектури трансформерів і зростання обчислювальних ресурсів дозволило розширити область застосування GPT-моделей на мультимодальні дані, зокрема звук.

Моделі, здатні розуміти та генерувати звук, стали основою нових інструментів для музики, мовлення, синтезу голосу, класифікації аудіо, озвучення відео та інших сфер. Ці системи не просто імітують звук, а намагаються моделювати семантичний і емоційний контекст, створюючи результат, близький до людського виконання або мовлення.

Трансформери для тексту — фундамент аудіо-GPT. Перші моделі GPT (GPT-1, GPT-2, GPT-3) були побудовані для роботи з послідовностями тексту. Однак основа — архітектура трансформера — є універсальною і може бути адаптована до будь-яких послідовностей, зокрема й аудіосигналів, які також можна представити у вигляді токенів або векторних ознак.

Це дало змогу розробникам застосувати GPT-підхід до аудіо, використовуючи квантизацію сигналу (наприклад, VQ-кодування), сегментацію спектрограм, або обробку через аудіо-кластери.

VALL-E та VALL-E X. Однією з перших серйозних спроб створення аудіо-GPT стала модель **VALL-E** (Microsoft, 2023), яка використовувала GPT-подібну архітектуру для генерації мови на основі декількох секунд зразка голосу. VALL-E могла імітувати не тільки голос, але й інтонацію, емоції та навіть акустичні умови запису. Удосконалена версія — **VALL-E X** — навчена на багатомовних корпусах і здатна виконувати переклад та озвучення мовлення одночасно.

Модель **Audio GPT** є прикладом мультимодального розширення GPT, здатного працювати з аудіо як на вхідному, так і на вихідному рівні. Вона інтегрує аудіоаналіз, генерацію текстових відповідей, а також обробку запитів на аудіо-редагування. Наприклад, користувач може запитати: «Зміни тональність цієї музики на мінор», і модель виконує запит, комбінуючи мовне розуміння з аудіообробкою.

Music Gen — генеративна модель від Meta AI, що поєднує текстовий опис із синтезом музики. Користувач описує бажаний звук словами (наприклад, «epic orchestral background with tension»), і система створює відповідний аудіотрек. Архітектурно вона поєднує GPT-стильний трансформер із попередньо обробленими аудіо-репрезентаціями (наприклад, EnCodec).

Класифікація моделей GPT для роботи зі звуком. Залежно від цільових завдань, GPT-подібні аудіо моделі можна умовно поділити на кілька типів:

Тип моделі	Основна функція	Приклади
Голосові моделі	Генерація мовлення, імітація голосу	VALL-E, Bark
Музичні моделі	Синтез музики на основі тексту або звуку	MusicGen, Riffusion
Аудіо-аналітичні моделі	Класифікація звуків, розпізнавання шумів, команда в голосі	Whisper, AudioLM
Мультиmodalьні моделі	Комбінування тексту, зображення та звуку	AudioGPT, GPT-4o

Вплив моделей GPT на професійні аудіо-сфери. GPT-моделі стрімко змінюють музичну індустрію, звукорежисуру та голосову локалізацію. Зокрема:

- у музиці: нові можливості для генерації фонового супроводу, стилізацій, джем-сесій з ШІ;
- у медіа: автоматизоване озвучення відео, дубляж та адаптація контенту різними мовами;
- у освіті: інструменти аналізу вимови, створення інтерактивних аудіокниг, аудіогідів;
- у спецефектах: створення оточуючого середовища, шумів, емоційної мови для ігор і фільмів.

Проблеми та етичні виклики. Зі зростанням потужності аудіо-GPT постають нові етичні запитання:

- плагіат: генерація музики чи голосу, що імітує конкретних виконавців без їх згоди;
- маніпуляція: фальсифікація мовлення політиків чи публічних осіб (deepfake-голоси);
- авторське право: невизначеність щодо прав на згенеровану аудіоінформацію.

Ці виклики вимагають створення нормативно-правової бази, а також формування цифрової етики в галузі звукового ШІ.

Поява мовних моделей нового покоління. Останні роки стали справжнім рубежем у розвитку штучного інтелекту. Якщо раніше програми могли лише виконувати конкретні дії за заданими правилами, то тепер системи нового покоління, побудовані на принципах глибокого навчання, виявляють здатність мислити контекстуально. Мовні моделі нового типу не просто аналізують слова — вони створюють цілісні смислові конструкції, що наближає їх до людського способу мислення.

Виникнення таких систем, як GPT, Claude, Gemini чи LLaMA, стало наслідком багаторічних досліджень у галузі обробки природної мови. Основою їхньої роботи є нейронні мережі, навчені на колосальних обсягах текстів — від наукових статей до художніх творів. На відміну від попередніх алгоритмів, які могли лише порівнювати та підставляти шаблони, нові моделі навчаються робити узагальнення, відчувати логіку та інтонацію висловлювань.

Вони не лише формують тексти, але й адаптують стиль до ситуації. Наприклад, одна й та сама модель може написати офіційний діловий лист, студентське есе або сценарій для відео, змінюючи структуру, лексику й ритм згідно з контекстом. Це перетворює мовні системи на універсальний інструмент комунікації.

Проте зростання їхньої потужності має і неоднозначні наслідки. З одного боку, мовні моделі допомагають людям розв'язувати складні завдання, економити час, підвищувати продуктивність у найрізноманітніших сферах — від освіти до журналістики. Викладач може використовувати їх для створення навчальних матеріалів, студент — для підготовки доповіді чи перекладу, а дослідник — для аналізу складних текстів. З іншого боку, збільшується ризик втрати автентичності людського мислення, адже дедалі більше текстів створюються саме штучним інтелектом.

Етична сторона також набуває особливого значення. Коли машина генерує текст, постає питання: хто є його автором? Людина, яка дала запит, чи розробники, які створили модель? Водночас з'являються проблеми достовірності даних і можливих маніпуляцій через штучно згенерований контент. Розробка мовних моделей нового покоління повинна супроводжуватися створенням систем перевірки правдивості інформації та прозорих правил її використання.

Ще один виклик — вплив таких моделей на ринок праці. Деякі професії, що базуються на роботі з текстом, уже змінюються. Копірайтери, журналісти, перекладачі й навіть програмісти тепер співпрацюють із мовними системами, які виконують частину завдань швидше й точніше. Це не означає зникнення цих професій, але вимагає нових умінь — людина повинна навчитися взаємодіяти з ШІ як із розумним партнером, а не як із бездушним інструментом.

Водночас мовні моделі відкривають величезний потенціал для розвитку науки й культури. Вони можуть допомагати у збереженні мов, перекладі рідкісних текстів, вивченні фольклору чи аналізі художніх творів. Для людей з обмеженими можливостями такі системи стають реальним мостом до спілкування та освіти.

Можна сказати, що поява мовних моделей нового покоління знаменує не лише технологічну революцію, а й культурну. Це момент, коли людство починає передавати машині частину своїх комунікативних здібностей — найглибших і найлюдськіших. І від того, як буде врівноважено цей процес, залежить, чи стане штучний інтелект продовженням людського розуму, чи його суперником.

Зрештою, нове покоління мовних моделей — це не просто інструменти. Це новий тип співрозмовника, здатного підтримати діалог, висловити гіпотезу або навіть натякнути на емпатію. Їхнє існування змушує суспільство замислитися не лише про майбутнє технологій, а й про саму природу мислення, мови та творчості. Тож, можливо, поява цих систем — це перший крок до справжнього симбіозу людини та штучного інтелекту, де кожен з учасників цього діалогу доповнює іншого.

2.1.2. Голосові «respeecher» технології української компанії Respeecher

Respeecher — це українська технологічна компанія, заснована у 2018 році в Києві. Вона спеціалізується на розробці систем штучного інтелекту для голосового клонування — відтворення голосу людини на основі аудіозаписів з високим рівнем достовірності та емоційної автентичності. Продукти Respeecher дають змогу акторам, співакам, дикторам або архівним голосам "повернутися" на сцену, навіть якщо особа фізично недоступна, померла або вже не здатна говорити у своєму первинному вокальному діапазоні.

Інноваційна технологія компанії використовує глибоке навчання (*deep learning*), зокрема глибокі нейронні мережі, які аналізують параметри голосу, тембр, інтонацію, ритміку, а потім синтезують нову мову на основі іншого мовця. Це дозволяє, наприклад, актору озвучити персонажа голосом молодшої версії себе або взагалі іншої особи.

Серед ключових переваг технології Respeecher:

- висока якість синтезованого голосу;
- збереження емоційної складової та природності;
- можливість контролювати кінцевий результат;
- швидкість генерації голосу після навчання моделі.

Застосування технологій Respeecher у світовій індустрії. Respeecher отримала визнання у світовій кіноіндустрії, телебаченні та ігровому виробництві, ставши першою українською компанією, що співпрацювала з Lucasfilm, Disney, Paramount та іншими великими гравцями. Один із найвідоміших кейсів — відновлення голосу молодого Дарт Вейдера (Джеймс Ерл Джонс) у серіалі «Obi-Wan Kenobi» на Disney+. 91-річний актор схвалив використання свого "цифрового" голосу, створеного Respeecher, як спосіб передати роль новому поколінню технологічними засобами.

Ел актором є фільм «Roadrunner: A Film About Anthony Bourdain», у якому голос телеведучого Ентоні Бурдена був частково синтезований для документального оповідання. Цей кейс викликав активну дискусію в медіа-середовищі щодо етичних меж використання ШІ у відтворенні голосу покійних осіб.

Крім розваг, Respeecher також розробляє B2B-рішення для медіа, реклами, кібербезпеки та інклюзії (наприклад, допомога людям із втратою голосу або мовленнєвими порушеннями).

Технічний аспект: як працює система Respeecher. Технологія Respeecher базується на кількох ключових етапах:

1. *Збір і підготовка даних:* аудіозаписи голосу-джерела та голосу-цілі (*target voice*) обробляються та нормалізуються.
2. *Навчання нейронної мережі:* модель вивчає акустичні та мовні характеристики обох голосів.

3. *Перетворення*: запис мови мовця А трансформується у голос мовця Б із збереженням змісту, інтонації та ритму.

4. *Постобробка*: аудіо обробляється для видалення артефактів і досягнення максимальної натуральності звучання.

Respeecher не використовує текстові транскрипції як основу синтезу, на відміну від багатьох TTS-систем (*text-to-speech*). Замість цього — перетворення здійснюється на рівні аудіосигналу, що дозволяє зберігати емоційність і динаміку мови, що особливо важливо у творчих проєктах.

2.2. Технології штучного інтелекту у студійній практиці

Студійна практика за останні тридцять років пройшла шлях від громіздких аналогових консолей до повністю цифрового середовища (*in-the-box*). Центральним елементом цієї екосистеми стали VST-плагіни (*Virtual Studio Technology*), які емулюють прилади обробки або створюють нові звуки. Однак останні кілька років ознаменували новий тектонічний зсув: перехід від алгоритмічної обробки до інтелектуального аналізу. Штучний інтелект (AI) та машинне навчання (ML) перестали бути футуристичними концепціями і стали буденними інструментами, які докорінно змінюють роль звукорежисера та саунд-продюсера.

Еволюція: Від професійної емуляції до «розуміння». Традиційні VST-плагіни працюють за фіксованими алгоритмами. Коли ви крутите ручку еквалайзера, плагін виконує математичну операцію над сигналом. Він не "знає", що він обробляє — скрипку чи бас-гітару.

AI-плагіни працюють інакше. Вони базуються на нейронних мережах, натренованих на тисячах годин аудіоматеріалу. Такий плагін може "слухати" вхідний сигнал, класифікувати його і приймати рішення на основі контексту.

Це дозволяє інструментам не просто змінювати звук, а "розуміти" його природу.

Сфери застосування AI у VST. Впровадження AI у студійну практику можна розділити на кілька ключових категорій, кожна з яких вирішує специфічні проблеми виробництва.

1. *Реставрація та очищення звуку (Audio Restoration)*: це була перша сфера, де AI показав свою беззаперечну перевагу. Плагіни, такі як iZotope RX або Waves Clarity, використовують машинне навчання для розпізнавання небажаних шумів (гудіння, клацання, реверберація кімнати) і їх вилучення без пошкодження корисного сигналу. Раніше це вимагало годин ручної роботи з малюванням спектрограм; тепер нейромережа може відокремити голос від шуму вулиці за лічені секунди.

2. *Розумне зведення та майстеринг (Assisted Mixing)*: інструменти на кшталт iZotope Ozone чи Neutron пропонують функції "Track Assistant". Плагін аналізує спектральний баланс, динаміку та насиченість треку, порівнює його з референсними базами даних популярних жанрів і пропонує стартову точку налаштувань.

○ *Важливо*: Це не замінює вуха інженера, але значно прискорює рутинну роботу, автоматично виявляючи резонанси або конфлікти частот (*masking*), які важко почути в непідготовленому приміщенні.

3. *Розділення стемів (Stem Separation)*: справжньою магією для багатьох продюсерів стала технологія деміксингу. Плагіни та сервіси (наприклад, RipX, Serato Sample або інтегровані функції у нові DAW) дозволяють взяти готовий зведений файл і "розклеїти" його назад на окремі доріжки: вокал, барабани, бас, інструменти. Це відкрило безмежні можливості для створення реміксів, семплювання та караоке.

4. *Генерація та синтез (Generative Audio)*: AI не тільки обробляє, а й створює. Синтезатори нового покоління (наприклад, Synplant 2) дозволяють створювати тембри не крутінням осциляторів, а шляхом "генетичного схрещування" семплів. Окремо варто виділити технології клонування голосу та вокальні синтезатори (Synthesizer V), які дозволяють прописати реалістичну вокальну партію, просто ввівши ноти та текст, обираючи "штучного" виконавця, якого неможливо відрізнити від живого.

Зміна парадигми: Інженер чи Куратор? Використання AI-плагінів породжує дискусію про зміну ролі творця. Критики стверджують, що кнопка "Зробити хіт" вбиває індивідуальність і робить музику стерильною. Якщо плагін сам вирішує, як компресувати вокал, де тут мистецтво?

Однак прихильники технології вбачають у цьому звільнення від технічної рутини. Замість того, щоб витратити 20 хвилин на пошук резонансної частоти малого барабана, інженер може довірити це "розумному" еквайзеру (наприклад, Soothe2), а зекономлений час витратити на творчі експерименти.

Роль музиканта зміщується від "оператора верстата" до "куратора" або "режисера". Штучний інтелект пропонує варіанти, но фінальне естетичне рішення завжди залишається за людиною.

Технології штучного інтелекту у VST-плагінах — це не тимчасовий тренд, а новий стандарт індустрії. Вони знижують поріг входження для новачків, дозволяючи отримувати прийнятний результат без глибоких знань фізики звуку, і водночас дають професіоналам інструменти для економії часу та вирішення раніше неможливих завдань.

Майбутнє студійної практики — це гібридний процес, де людська креативність та емоційність поєднуються з обчислювальною потужністю нейромереж, звільняючи звук від технічних обмежень.

2.2.1. Дослідження студійного процесу з технологією штучного інтелекту

Вибір методології дослідження обумовлюється міждисциплінарним характером теми, а також необхідністю поєднання теоретичного аналізу з практичним моделюванням процесів, пов'язаних із впровадженням технологій штучного інтелекту у студійній практиці. Дослідження спирається на синтез комплексних методів, які охоплюють як аналітичний опис технологічних рішень, так і емпіричну апробацію специфічних інструментів ШІ в умовах студії.

На першому етапі буловедено глибокий аналіз наукової та фахової літератури, що стосується сучасних досягнень у сфері штучного інтелекту, машинного навчання, обробки аудіосигналів, а також методів їх застосування в студійному виробництві звуку. Огляд охоплював роботи, присвячені:

- класифікації сучасних технологій ШІ;
- аналізу алгоритмів обробки аудіо за допомогою глибокого навчання;
- практичним звітам і кейсам впровадження систем штучного інтелекту у студійну роботу.

Літературне дослідження дозволило виокремити основні напрями сучасного застосування ШІ у сфері аудіовиробництва, зокрема: автоматизовану обробку сигналів, генерацію музики, мастерингу, озвучування та очищення аудіоматеріалів.

Системний аналіз та класифікація технологій. Другий етап полягав у систематизації й класифікації наявних рішень на основі аналізу ринку, патентної та технічної документації провідних розробників (наприклад, iZotope, Adobe, AIVA, LANDR). Було використано метод компонування та

порівняльної характеристики для ідентифікації переваг, обмежень і специфіки різних інструментів:

- описано функціонал програмного забезпечення, що застосовує ШІ для задач мікшування, мастерингу, видалення шуму;
- проведено порівняльний огляд і описано критерії вибору інструментів для студійної практики.

2.2.2. Практичний експеримент та апробація технологій

Запису аудіо — це фундаментальний етап створення якісного звукового матеріалу, який потім стане основою для редагування, зведення і фінальної обробки. Запис звуку вимагає чіткої організації, технічної підготовки та тісної співпраці між режисером, звукорежисером і виконавцями для досягнення максимально чистого, зрозумілого й насиченого звуку.

Підготовка до запису. Запис починається з підготовчого етапу, на якому відбувається детальна організація робочого простору і з'ясування технічних вимог. Визначається тип і кількість необхідного обладнання: мікрофони (конденсаторні, динамічні, стрічкові), звукові інтерфейси, поп-фільтри, монітори. Локація повинна мати якісну акустику, або використовуються акустичні панелі для мінімізації відлуння і шумів. Зазвичай під час запису в студії створюються умови, що максимально ізолюють звук, щоб уникнути перешкод ззовні. На цьому ж етапі узгоджуються технічні параметри запису: розрядність (*bit depth*), частота дискретизації (*sample rate*), формат файлів.

Процес запису. Сам запис проходить у кілька етапів. Спочатку проводиться кастинг голосів та звукових ефектів, а режисер робить указівки для артистів з урахуванням емоційної подачі, інтонації, темпу. Звукорежисер готує рівні вхідного сигналу, стежить за відсутністю кліппінгу —

перевищення максимального рівня сигналу, яке призводить до спотворення. Необхідно також контролювати фон і надлишковий шум — у сучасних проектах використовують польові рекордери, які дозволяють отримувати чисті записи навіть у складних умовах.

Запис часто ведеться з використанням таймкоду, який забезпечує точну синхронізацію аудіо з відео. Це полегшує подальший монтаж і постпродакшн. Під час дублювання й озвучування актори часто працюють у студії з моніторами, що транслюють оригінальний звук чи відеоряд для максимальної відповідності вимогам.

Особливості запису для постпродакшн. Для кінопроектів і серіалів основною задачею є якісне захоплення діалогів із мінімальною кількістю шумів. Часто використовують пушкаві мікрофони та лавандері (петличні мікрофони), які можна заховати на акторі, забезпечуючи природний і прозорий запис. При необхідності застосовується додатковий запис (тонування) — перезапис проблемних фраз в студії для усунення дефектів з майданчика.

Для створення реалістичних звукових ефектів (*Foley*) записують справжні звуки в студії або на місці подій — кроки, шурхіт тканини, звуки природи. Запис музики може бути одночасним або розбитим на треки, які підлягають подальшому зведенню.

Контроль якості запису. Важливо весь час моніторити якість записаного матеріалу, повторювати дублікати до досягнення необхідної чистоти і виразності. Звукорежисер також фіксує всі нюанси і технічні деталі для подальшої обробки в постпродакшн. Сучасні програми та інструменти для запису також дозволяють робити попереднє шумозаглушення і фільтрацію.

Запис аудіо для постпродакшн — це ретельно організований процес, що вимагає уваги до деталей, технічної підготовки і професійної співпраці між

усіма учасниками. Від якості запису залежить весь подальший шлях обробки звуку, а отже й кінцевий результат проекту. Записані чисті, збалансовані і правильні по інтонації звуки створюють фундамент для подальшого редагування, зведення і мастерінгу, які принесуть проекту професійний і естетичний вигляд.

Редагування аудіо — це ключовий етап, спрямований на очищення і підготовку звукового матеріалу для подальшої обробки зведенням і мастерінгом. Цей етап дозволяє позбавитися від небажаних шумів, дефектів та неточностей у записах, зробити звук більш чистим і збалансованим, але не включає повний мікшинг чи корекцію динаміки, характерну для зведення.

Основні завдання редагування аудіо:

1. *Імпорт і організація аудіоматеріалу:* першим кроком є імпорт записаних треків у DAW. Доріжки організуються за категоріями: діалоги, ефекти, амбієнтні звуки. Всі фрагменти розмічаються відповідно до сюжету або сцен.

2. *Видалення шумів і небажаних звуків:* за допомогою інструментів шумозаглушення усуваються фонові шуми (хрипи, дзижчання, вентиляція тощо). З особливою увагою видаляються клацання, тріскотіння або інші механічні шуми. Також редагується амплітуда шуму в місцях, де він занадто помітний.

3. *Обрізання і монтаж:* редагування передбачає ретельне обрізання непотрібних ділянок, пауз чи помилок у записах. Склейка кращих дублів дозволяє підвищити якість і природність звучання. Часто обрізається або приглушується дихання вокалістів у занадто гучних моментах.

4. *Корекція таймінгу і синхронізація:* у разі необхідності виконується корекція таймінгу звукових ефектів, діалогів або музики для

точної синхронізації зі зображенням або іншими аудіодоріжками. Це особливо важливо у кіно, телебаченні чи відеоіграх.

5. *Де-ессинг і усунення свистячих звуків*: застосовується спеціальний процес де-ессинг, який усуває надмірні свистячі звуки «с» та «ш» у вокалі, не порушуючи при цьому загальну природність голосу.

6. *Вирівнювання рівня гучності (ручне)*: на цьому етапі вручну вирівнюють рівні гучності між різними фразами або записами, роблячи звук більш однорідним і комфортним для слухання. Це не повний компресорний мікс, а базове усунення гучніших або тихіших частин.

7. *Видалення дихання і непотрібних звуків*: редагуються або видаляються надмірні звуки дихання та інші небажані маленькі шуми. Іноді використовується автоматичне приглушення дихання, іноді — ручне обрізання дивних звуків.

8. *Підготовка до подальшої обробки*: після завершення редагування перевіряється загальна цілісність аудіо, робляться нотатки про те, що вимагає доопрацювання на етапі зведення і мастерінгу. Результатом є якісний, чистий звуковий матеріал, готовий до подальшої роботи.

Редагування аудіо — це фундаментальний етап, який вимагає уважності і технічної точності. Він допомагає зробити аудіо зрозумілим, безперервним і позбавленим відволікаючих сторонніх шумів, забезпечуючи високу якість матеріалу для подальшої творчої обробки під час зведення та мастерінгу.

Наступний етап передбачав безпосереднє впровадження та тестування вибраних ШІ-інструментів у модельованому середовищі студії. Для цього були сформовані контрольні групи аудіоматеріалів (мульти-трекові записи, голосові доріжки, інструментальна музика), на яких послідовно апробувалися такі типи завдань:

- автоматизація мастерінгу (на прикладі LANDR, iZotope Ozone);

- відокремлення вокалу / інструментів на основі глибоких нейронних мереж (Spleeter, RX8 Music Rebalance);

- генерація штучної музики та аранжування (AIVA, Amper Music).

Для об'єктивної оцінки якості результатів було розроблено низку критеріїв: ступінь витонченості обробки, артефакти звучання, збереження натуралістичності динаміки, суб'єктивна експертна оцінка користувачів (саунд-режисерів, музикантів, звукорежисерів).

Зведення аудіо — це дуже тонкий і багатогранний процес, що є серцем постпродакшн усього звуку. Воно більше схоже на мистецтво, ніж на просту технічну операцію, адже саме на цій стадії відбувається синтез усіх звукових елементів у єдину звукову картину, що переконує слухача, пробуджує емоції і створює атмосферу. Усе це потребує глибокого розуміння не тільки технічних аспектів, але й музичного смаку, психології сприйняття звуку і творчого бачення.

Процес зведення починається із підготовки — організації дорожок у цифровій аудіо робочій станції (DAW). Логічна та акуратна організація треків та груп дозволяє інженеру швидко орієнтуватися у сесії, акцентувати увагу на найважливішому, не гублячись у деталях. Далі першим кроком є балансування гучності — наче розставляння акцентів у літературному творі. Якщо звук занадто гучний або навпаки замовчує інші елементи, втрачається ясність і зміст. Панорамування додає звуковому полотну об'ємності: розташування джерел звуку по лівому і правому каналу створює ілюзію простору і довжини.

Завдяки еквалізації, видно як скульптор підкоригує форму — прибирання зайвого низькочастотного «бруд», посилення середніх частот для чіткості голосу, оформлення високих для блиску і повітря. Але тут потрібна обережність, адже надлишок може зробити звук неприродним. Динамічна обробка (компресори, лімітери) — це спосіб зберегти енергію

композиції, не дозволяючи їй втрачати силу через різкі перепади гучності. Звукоінженер у численних статтях підкреслює, що компресія повинна бути прозорою, послугуючи підтримкою, а не домінуванням.

Обробка простору за допомогою реверберацій і дилеїв — це, можна сказати, найінтимніша книга (частина) зведення. Вона формує відчуття тривимірного світу, в який занурюється слухач. Добре підібрана реверберація імітує кімнату чи концертний зал, робить звук живим. Але надлишок же створює «замітість» і втрату деталей.

Автоматизація — це ніби керування інтонаціями і динамікою в живому виконанні. Вона додає міксу рухливості та емоційності, допомагаючи слухачеві слідкувати за ключовими моментами. Це вимагає не лише технічних навичок, а й музичного чуття.

Зведення — це завжди компроміс між технічними вимогами і творчою інтуїцією. Як пише *Sound on Sound*, хороший інженер завжди дослухається до музики, не зациклюючись тільки на цифрах і графіках. Його завдання — не просто "відполірувати" звук, а розкрити душу запису, зробити його живим і впізнаваним.

Насамкінець, зведення — це ключ до якісного звукового образу. Від нього залежить, наскільки органічно зшиті всі окремі деталі, наскільки природним і гармонійним буде результат. Вміло проведене зведення — знак професіоналізму, творчості і глибокої любові до звуку, що робить кожну композицію унікальною і пам'ятною.

Мастерінг у постпродакшн — це фінальний етап обробки аудіо, на якому створюється остаточне звучання готового матеріалу. Він має на меті забезпечити не лише якість звуку, а й його цілісність, однорідність і сумісність з різними відтворювальними системами. Як підкреслює *Sound on Sound*,

мастерінг — це не просте підвищення гучності, а делікатний і технічно вимогливий процес, де кожен рух впливає на результат.

Підготовка до мастерінгу. Перед початком мастерінгу необхідно переконатися, що суміш (мікс) чиста, не містить кліппінгу і артефактів. За можливості інженер отримує матеріали з максимальною роздільною здатністю (бітрейт і частота дискретизації), а також готові «стеми» (групи інструментів), що дає більше гнучкості в обробці. Важливо також правильно організувати послідовність треків для альбому, підтримуючи логічний порядок та паузи.

Тональна корекція. Одним із ключей (ключових кроків) є корекція частотного балансу. Це може бути як легкі прозорі налаштування параметричного еквайзера, так і більш глибока робота над частотами для покращення тембру і усунення проблем. Особливу увагу приділяють низькочастотному діапазону, де часто виникають дисбаланси, наприклад, втрати чи надлишок басів, що спотворюють відчуття ваги композиції. При цьому Звукоінженер попереджає про необхідність обережності: занадто агресивне еквалізування може викликати неприродність звуку.

Динамічна обробка: компресія та лімітинг. Компресори та лімітери — незамінні інструменти мастерінгу. Вони допомагають згладити піки, стабілізувати динаміку та зробити загальне звучання більш "щільним". Використання компресії на мастер-шині ввійшло у звичайну практику, але дуже важливо не перестаратися, щоб зберегти природність і емоційність звуку. Лімітинг дозволяє підняти середній рівень треку без кліппінгу — короткі гучні піки робляться менш різкими за допомогою пристроїв з дуже швидкою атакою і релізом.

Усунення шуму і підготовка до дистрибуції. На цьому етапі часто виконується додаткове усунення залишкових шумів і шарпінг, підвищення чіткості і чистоти запису. Задля мінімізації спотворень застосовується

додавання дилера (*dithering*) — низькорівневого шуму, який покращує точність цифрової репродукції в діапазоні низьких рівнів сигналу.

Фінальне контролювання та експорт. Мастерінгова сесія завершується критичною перевіркою звучання на різних аудіосистемах: від студійних моніторів до навушників і автомобільної акустики. Оцінюється, чи збережено емоційність та баланс, чи немає дискомфорту при тривалому прослуховуванні. Після цього створюються фінальні файли у потрібних форматах і з відповідними технічними параметрами для дистрибуції (CD, стрімінг, радіо).

Значення мастерінгу у постпродакшн. За словами *Sound on Sound*, мастерінг — це не лише технічна операція, а справжнє мистецтво, що вимагає чуйного вуха і великого досвіду. Він дозволяє поєднати окремі записи у єдину гармонійну цілісність, забезпечити слухабельність на різних пристроях і підготувати продукт до професійного випуску. Мастерінгокінг — це фінальний штрих, що робить звук професійним, завершеним і запам'ятовуваним.

Отже, мастерінг — це плавний, тонкий та виважений процес, що підносить мікс до найвищого рівня якості, адже від нього залежить враження слухача від усього проекту.

Методи обробки та інтерпретації результатів. Аналіз результатів здійснювався із застосуванням як кількісних, так і якісних методів:

- проведення анкетування серед фахівців для збору експертних оцінок;
- порівняння параметрів аудіо (SNR, THD, спектральний аналіз) до й після обробки;
- контент-аналіз коментарів і відгуків щодо зручності впровадження та ефективності інструментів штучного інтелекту.

Одержані дані були узагальнені з метою формування висновків щодо доцільності, переваг і обмежень використання технологій ШІ в реальних умовах студійної практики.

2.2.3. Етичний аспект і відповідальність застосування ШІ

Особливу увагу в методології приділено етичним питанням: авторським правам при використанні генеративних моделей, питанням приватності аудіоматеріалів, а також ролі людського контролю в автоматизованих чи напівавтоматизованих процесах звукового виробництва.

Методологічна основа цієї роботи передбачає міждисциплінарність, поєднання теорії та експерименту, а також використання сучасних інструментів збору й аналізу даних. Це дозволяє забезпечити комплексний і практично орієнтований підхід до вивчення можливостей штучного інтелекту у студійній практиці.

Важливою складовою методології цього дослідження є також порівняльний аналіз результатів впровадження різних ШІ-інструментів у студійній практиці. Для цього застосовувалися кейс-стаді: було обрано конкретні виробничі ситуації (наприклад, мікшування складного музичного проєкту, відновлення архівних аудіозаписів, креативне озвучення відеоматеріалів), у межах яких проводилося тестування різних платформ і систем, заснованих на штучному інтелекті. Це дозволило оцінити не лише технічні властивості конкретних рішень, а й їх вплив на творчий процес, організацію роботи студії тощо.

Особлива увага приділялася аналізу інтеграції ШІ-інструментів у вже існуючі робочі ланцюжки студії. В результаті досліджувалися питання сумісності програмного забезпечення, швидкість і легкість навчання персоналу, ефективність автоматизації рутинних операцій, а також ризики,

пов'язані з можливою втратою контролю людини над ключовими етапами виробництва. Крім цього, був проведений огляд міжнародного досвіду щодо впровадження AI-технологій у професійну звукорежисуру, що дозволило об'єктивно оцінити тенденції та перспективи розвитку галузі.

Методологія також передбачала використання SWOT-аналізу для ідентифікації сильних і слабких сторін сучасних AI-рішень, а також можливостей і загроз, які вони створюють для професійного сектора студійної практики. Аналіз залучав думки провідних експертів галузі, а також результати власних експериментальних тестів.

Для забезпечення наукової доброчесності дослідник дотримувався принципів прозорості обробки даних, а також суворого розмежування власних спостережень і вторинної інформації, отриманої з літературних джерел чи технічної документації.

У методології передбачено також критичний аналіз обмежень роботи: зокрема, зазначалося, що результати, отримані в умовах лабораторних студій чи модельованого середовища, можуть відрізнятися від реальних комерційних проектів через технічні чи організаційні чинники.

Загалом комплекс застосованих методів забезпечив глибину й об'єктивність дослідження, дозволив виявити потенціал і ризики технологій ШІ в студії, сформулювати рекомендації щодо їх ефективного впровадження та визначити напрями подальших досліджень у цій динамічній галузі.

РОЗДІЛ 3. ВИКОРИСТАННЯ VST ПЛАГІНІВ НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЙ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ В СТУДІЙНІЙ ПРАКТИЦІ

3.1. Теоретичні основи вибору VST плагінів на базі ШІ

VST плагіни з підтримкою ШІ дозволяють виконувати автоматизоване мікшування, мастерингову обробку, відновлення аудіо, генерацію синтетичних звуків та вокальних ефектів. Серед популярних плагінів — iZotope Neutron, що використовує машинне навчання для автоматичного налаштування еквайзерів і компресорів; iZotope Ozone — оптимізує процес мастерингу; Oeksound Soothe — гасить небажані резонанси; Accusonus AI Drive — додає творчі ефекти на основі штучного інтелекту.

Вибір таких плагінів обумовлений їх здатністю суттєво зменшувати час, необхідний для обробки аудіо, а також підвищувати рівень кінцевого звучання навіть для користувачів з початковим рівнем навичок, що є важливою перевагою для сучасних студійних процесів.

Огляд технологій ШІ у VST плагінах. У цій частині описується, як штучний інтелект інтегрується у VST плагіни для аудіообробки. Розглядаються типи плагінів з елементами машинного навчання: інтелектуальні компресори, еквайзери, реставратори, генеративні синтезатори звуку, адаптивні ефекти. Зазначається, що такі плагіни дозволяють автоматизувати рутинні завдання, підвищити якість звуку і творчо розширити можливості звукорежисера.

Сучасна індустрія звукозапису переживає одну з найбільш значущих трансформацій з часів переходу від аналогового до цифрового звуку. Впровадження технологій штучного інтелекту (AI) та машинного навчання (*Machine Learning*, ML) у середовище VST-плагінів (*Virtual Studio Technology*) кардинально змінює підхід до роботи зі звуком. Якщо класичні цифрові

прилади (DSP) працювали за суворими, наперед визначеними математичними алгоритмами, то нове покоління інструментів базується на навчанні нейромереж, здатних «слухати», аналізувати та адаптуватися до аудіоматеріалу в реальному часі.

Технологічна основа: Як плагін стає «розумним». Традиційний плагін — це статичний інструмент: він виконує дію X, якщо вхідний сигнал відповідає умові Y. Натомість AI-плагіни тренуються на величезних масивах даних. Розробники «годують» нейромережу тисячами годин студійних записів — від ідеально зведених хітів до "сирих" демо-записів. В результаті алгоритм вчиться розрізняти інструменти (де вокал, а де бас), виявляти технічні недоліки (шум, резонанс, фазові конфлікти) та розуміти естетичні стандарти різних музичних жанрів. Це дозволяє створювати програмне забезпечення, яке не просто обробляє сигнал, а приймає контекстуальні рішення.

Типологія AI-інструментів у студійній практиці. Інтеграція машинного навчання торкнулася практично всіх аспектів звукорежисури. Можна виділити п'ять основних категорій плагінів, де AI відіграє ключову роль:

1. *Інтелектуальні еквайзери (Smart EQ):* класична еквалізація вимагає від інженера пошуку проблемних частот вручну. AI-еквайзери (такі як Soothe2 або smart:EQ) змінюють цю парадигму. Вони аналізують спектр сигналу тисячі разів на секунду. Замість статичного вирізу частоти, плагін динамічно пригнічує лише ті резонанси, які стають надмірними в конкретний момент часу. Більше того, такі інструменти здатні вирішувати проблему частотного маскування (*masking*), коли один інструмент перекриває інший. AI може "спілкуватися" між різними доріжками проекту, автоматично створюючи простір для вокалу у партії гітари чи синтезатора, що значно пришвидшує процес зведення.

2. *Адаптивні компресори*: компресія — один із найскладніших процесів для опанування новачками. AI-компресори не просто реагують на перетин порогового рівня гучності (*Threshold*). Вони аналізують мікродинаміку та перехідні процеси (транз'єнти). Наприклад, «розумний» компресор може застосовувати різні налаштування атаки та відновлення (*Attack/Release*) для різних частин пісні або навіть для окремих ударів барабана, щоб зберегти природність звучання, забезпечуючи при цьому щільність міксу.

3. *Реставратори та спектральне розділення (De-mixing)*: це сфера, де машинне навчання здійснило справжню революцію. Раніше видалення реверберації з запису голосу або виокремлення вокалу з готового міксу вважалося неможливим завданням. Сучасні нейромережі здатні розкласти готовий аудіофайл на складові (стеми): вокал, ударні, бас, гармонічні інструменти. У сфері реставрації AI-плагіни (наприклад, серія iZotope RX) розпізнають та видаляють специфічні шуми (гудіння кондиціонера, клацання губ, шум вітру) без деструктивного впливу на корисний сигнал, "домальовуючи" втрачені фрагменти звуку на основі навколишнього контексту.

4. *Генеративні синтезатори*: на відміну від субтрактивного чи таблично-хвильового синтезу, генеративні AI-синтезатори створюють тембри на основі семантичного опису або зразків. Користувач може завантажити семпл скрипки, а нейромережа згенерує на його основі нескінченну кількість варіацій, які звучать схоже, але є абсолютно новими звуками. Це дозволяє саунд-дизайнерам виходити за межі звичних бібліотек пресетів, створюючи унікальні текстури шляхом схрещування (*morphing*) характеристик абсолютно різних інструментів.

5. *Адаптивні ефекти (Reverb/Delay)*: штучний інтелект також змінює роботу просторових ефектів. Розумні ревербератори можуть "слухати" вхідний сигнал і автоматично прибирати "хвіст" реверберації, коли вокаліст починає співати нову фразу, щоб уникнути "бруду" в міксі. Вони аналізують характер звуку і підбирають такі налаштування віртуального простору, які найкраще підкреслюють тембр, не розмиваючи його.

Автоматизація рутини та творче розширення. Впровадження цих технологій має подвійний ефект на роботу звукорежисера.

По-перше, відбувається автоматизація рутинних завдань. Технічна чистка звуку, вирівнювання гучності (*Gain Riding*), пошук резонансів — це процеси, які забирають час і втомлюють слух. Перекладання цих завдань на алгоритми дозволяє інженеру зберігати свіжість сприйняття для прийняття важливих художніх рішень.

По-друге, AI виступає як каталізатор творчості. Плагіни часто пропонують неочікувані варіанти налаштувань, які людина могла б не спробувати через звичку чи упередження. Це розширює палітру можливостей, дозволяючи досягати "фірмового" звучання (*commercial loudness and clarity*) навіть у домашніх студіях.

Вибір та налаштування VST плагінів з ШІ. Описується процес підбору конкретних плагінів для студійної практики, наприклад: iZotope Neutron, Oeksound Soothe, Waves Nx, або AI Drive від Accusonus. Детально розглядаються основні функції і параметри плагінів, які реалізують методи штучного інтелекту і як вони інтегруються у цифрову аудіо робочу станцію (DAW).

Застосування VST плагінів у практичних завданнях. Проводиться демонстрація конкретних кейсів використання VST плагінів зі ШІ у студії: автоматичне налаштування мікшування, корекція частотного балансу,

зниження шумів, генерація ефектів насичення або гармонічного підсилення. Описуються послідовність кроків, які виконуються при обробці аудіо треків із застосуванням цих плагінів.

Аналіз ефективності застосування. Оцінюється якість звуку до і після застосування VST плагінів зі ШІ. Проводиться порівняння з традиційними методами аудіообробки. Розглядаються переваги у вигляді швидкості роботи, точності обробки, можливостей творчих інтерпретацій. Висвітлюються також обмеження та технічні особливості плагінів.

Висновки та рекомендації. Підсумовуються отримані результати практичного застосування технологій ШІ у VST плагінах. Рекомендуються найкращі плагіни для конкретних задач студійної аудіообробки. Пропонуються напрями подальшого вдосконалення використання таких технологій у професійній практиці.

Ця структура демонструє системний підхід до дослідження й практичного застосування технологій штучного інтелекту через VST плагіни в аудіо студії, що відповідає завданням магістерської роботи.

За останні роки використання технологій штучного інтелекту (ШІ) у сфері аудіо та музичного виробництва зробило революцію у студійній практиці. Особливо значущою стала інтеграція ШІ в VST плагіни — програмні інструменти, які розширюють функціонал цифрових аудіо робочих станцій (DAW) і дозволяють автоматизувати складні процеси обробки звуку, покращувати якість і відкривати нові творчі можливості. У цій частині розглянуто практичне застосування ШІ в студії на прикладі популярних VST плагінів з елементами машинного навчання та нейронних мереж.

3.2. Практичне застосування у студійній роботі

Процес зведення аудіо у *post production* телевізійної програми є ключовим етапом у створенні якісного звукового супроводу, що гармонійно

поєднується із візуальним рядом і забезпечує комфортне сприйняття для глядачів. Цей процес проходить кілька послідовних фаз, які включають підготовку, обробку, змішування та остаточну обробку звуку.

- *Перший етап — імпорт і організація звукових доріжок:* записані на зйомках аудіо-матеріали імпортуються в професійну робочу станцію (DAW, *Digital Audio Workstation*). На цьому кроці важливо забезпечити точну синхронізацію аудіо з відео, що є базою для подальшої роботи. Звукові файли розподіляють за категоріями: діалоги, музика, ефекти, локаційні шуми, що дозволяє ефективно опрацьовувати кожен елемент окремо.

- *Другий етап — очищення та редагування аудіо:* на цьому кроці видаляються небажані шуми, кліки, артефакти чи інші перешкоди. Застосовуються фільтри шумозаглушення, корекція тональності та відновлення якості запису. Важливо виділити голоси, роблячи їх чистими і зрозумілими, оскільки вони є емоційним ядром телевізійної програми.

- *Третій етап — зведення окремих доріжок у цілісний мікс:* звукоінженер працює над балансом гучності, динамічною корекцією і частотною обробкою (еквалізацією). Використовуються такі ефекти, як компресія для контролю динаміки, реверберація для створення просторового відчуття, панорамування для правильного розташування звуків у стереопросторі. Цей етап вимагає творчого підходу для того, щоб звуки не конкурували між собою, а доповнювалися у гармонійну звукову картину.

- *Четвертий етап — майстеринг:* це фінальна обробка, яка стандартизує гучність, насиченість та динамічні межі усього звукового потоку, забезпечуючи відповідність технічним вимогам телебачення або цифрових платформ. Майстеринг гарантує, що аудіо звучатиме якісно за будь-яких умов трансляції, незалежно від пристрою прослуховування.

Застосування сучасних технологій штучного інтелекту на кожній із цих стадій дозволяє автоматизувати багато рутинних процесів: від видалення шумів і артефакти до оптимізації балансу і просторової обробки. Це не лише скорочує час постпродакшну, але й підвищує якість аудіо, дозволяючи фахівцям зосередитися на творчих аспектах роботи.

Таким чином, процес зведення в *post production* — це комплексний, багатоступеневий цикл створення ідеального звукового ландшафту телевізійної програми, де кожен етап взаємодіє з попереднім і наступним для досягнення найкращого кінцевого результату.

В студійній практиці використовуються комплексні робочі процеси, де VST плагіни на базі ШІ автоматично аналізують вокальні та інструментальні доріжки, пропонуючи оптимальні параметри обробки. Наприклад, Neutron здатен розпізнати частотні спектри та вносити автоматичні корективи у мікшування, мінімізуючи перекриття частот між інструментами.

Використання Soothe допомагає локалізувати і зменшити небажані резонанси без руйнування природного звучання. Завдяки таким плагінам відпадає необхідність у тривалому ручному налаштуванні — процес стає більш ефективним і доступним.

На додаток, плагіни на основі ШІ можуть генерувати вокальні ефекти в реальному часі, коригувати інтонацію та динаміку, підвищуючи виразність композиції. Це ідеально підходить для студій, які займаються створенням музики будь-яких жанрів.

AI VST-плагіни iZotope для обробки голосу представляють собою потужний інструмент, який значно спрощує процес мікшування та підвищує якість звуку навіть для користувачів із обмеженим досвідом. Прикладом такого плагіна є Nectar 4 — комплексний набір інструментів для професійної роботи з вокалом, який включає в себе різні модулі і AI-асистента, здатного

автоматично аналізувати записаний голос і пропонувати оптимальні налаштування.

Основні функції і можливості Waves Clarity. У світі професійного звукозапису та пост-продакшну боротьба з шумом завжди була одним із найбільших викликів, змушуючи інженерів шукати складний компроміс між чистотою запису та природністю звучання. Десятиліттями звукорежисери були змушені або залишати фоновий шум заради збереження тембру, або жорстко "вичищати" сигнал, отримуючи на виході "роботизований" звук із цифровими артефактами. Поява технології Waves Clarity змінила ці правила гри, запропонувавши рішення на базі Waves Neural Networks®. На відміну від традиційних де-нойзерів, які вимагають зразка тиші для побудови профілю шуму, цей інструмент працює за принципом семантичного розпізнавання. Нейромережа, натренована на мільонах аудіофайлів, у реальному часі деконструє сигнал, чітко відокремлюючи людський голос від будь-яких сторонніх звуків — від гулу вулиці до шуму вітру, не пошкоджуючи при цьому інтонаційну структуру мовлення.

Лінійка інструментів Clarity реалізує подвійний підхід до функціональності, задовольняючи потреби як аматорів, так і голлівудських професіоналів. Базова версія Clarity Vx втілює концепцію "однокнопкового рішення", де один великий регулятор визначає ступінь втручання нейромережі, що ідеально підходить для швидкої роботи подкастерів та музикантів. Натомість версія Vx Pro пропонує звукорежисерам повний хірургічний контроль над процесом. Головною перевагою професійної версії є унікальна можливість роздільного керування атмосферою та голосом через функцію *Ambience Control*. Це дозволяє інженеру не просто видаляти шум, а творчо балансувати його рівень, наприклад, залишаючи легкий фон для

збереження натуральності сцени, або ж інвертувати процес, видаляючи голос і залишаючи лише шуми оточення для використання у саунд-дизайні.

Крім глобального керування рівнями, технологія надає можливість глибокої спектральної роботи. Завдяки багатосмуговій обробці звукорежисер може застосовувати різний ступінь очищення до різних частотних діапазонів, що дозволяє, наприклад, агресивно прибрати низькочастотний гул, але залишити недоторканими високі частоти для збереження "повітря" і яскравості голосу. Важливою особливістю є здатність алгоритмів зберігати транзйєнти та атаки звуку. Старі методи шумоподавлення часто згладжували початки слів або робили звук глухим, тоді як Clarity завдяки інтелектуальному аналізу відновлює цілісність сигналу. Навіть при екстремальних налаштуваннях голос залишається впізнаваним, чистим і позбавленим характерного "підводного" звучання, що робить цей інструмент незамінним для порятунку технічно складних дублів.

Таким чином, Waves Clarity виходить за межі звичайного плагіна для видалення шуму, стаючи потужним інструментом реставрації, який фактично повертає життя зіпсованим записам. Поєднання здатності інтелектуально розрізняти корисний сигнал, нульової затримки та можливості глибокого контролю над атмосферою робить його обов'язковим елементом арсеналу сучасного звукорежисера. Ця технологія демонструє, як штучний інтелект здатен перетворити складну рутинну проблему на швидкий і керований творчий процес, забезпечуючи результати студійної якості навіть у найскладніших акустичних умовах.

Основні функції і можливості Nectar 4. Nectar 4 пропонує все необхідне для обробки вокалу в одному плагіні. Однією з найважливіших функцій є Vocal Assistant, що аналізує вхідний вокальний сигнал і на основі штучного інтелекту підбирає початкові параметри еквалайзера, компресора,

де-ессера та реверберації. Це дає можливість миттєво отримати базовий "чистий" та природний звук, на якому можна зосередитися, не витрачаючи час на складні ручні налаштування.

Модуль Auto-Level Module (ALM) забезпечує інтелектуальне вирівнювання гучності вокалу, працюючи більш прозоро і природно, ніж традиційні компресори, що дозволяє зберегти живий характер голосу. Модуль *Backer* допомагає створити бек-вокали для більш насиченого звучання, а *Voices* — призначений для швидкого і легкого створення вокальних шарів без необхідності детального знання музичної теорії.

Ще один корисний інструмент — *Breath Control*, який зменшує небажані звуки дихання, не впливаючи на якість запису. *Nectar 4* сумісний з більшістю популярних DAW і підтримує формати AU, AAX, VST3.

VEA (Voice Enhancement Assistant) — AI-асистент для покращення голосу. Ще один AI-плагін від iZotope, VEA, орієнтований на підвищення якості голосових записів для подкастерів, ютуберів, стрімерів і контент-крійторів будь-якого рівня. VEA працює за принципом «натисни і працюй», не вимагаючи спеціальних знань у мікшуванні.

Функції VEA включають:

- *Audiolens*: функція, що дозволяє порівнювати і відтворювати тон і тембр улюблених голосів або подкастів;
- *Boost*: збільшує присутність і потужність голосу без необхідності розбиратися в складних параметрах компресії;
- *Clean*: ефективне приглушення фонового шуму при збереженні натурального звучання голосу;
- *Shape*: інтелектуальна форма звуку голосу, яка миттєво робить голос більш приємним і професійним.

VEA особливо підходить для швидкої обробки голосу в домашніх або мобільних студіях, забезпечуючи якісний звук навіть у неідеальних умовах запису.

Практичне використання AI VST iZotope для голосу. Приклад використання таких плагінів: ви записали вокал або подкаст і хочете отримати професійне звучання без довгих експериментів. Ви вставляєте Nectar 4 у ваш DAW на вокальний трек, запускаєте Vocal Assistant, який швидко виконує аналіз і налаштовує потрібні процесори. Потім персоналізуєте звук, підлаштовуєте рівні, додаєте бек-вокали або вокальні шари.

Якщо ваша задача — швидко покращити голосовий запис для відео, стріму або інтерв'ю, ви активуєте VEA, регулюєте Shape і Boost для бажаного звучання, а Clean прибирає сторонні шуми. Весь процес займає мінімум часу і доступний навіть тим, хто не має глибоких технічних навичок.

AI VST плагіни для голосу від iZotope, такі як Nectar 4 і VEA, кардинально змінюють підхід до вокальної обробки, роблячи професійний звук доступним широкому колу користувачів. Вони автоматизують багато рутинних завдань, пропонують інтуїтивний контроль і допомагають досягти збалансованого, виразного і чистого звучання голосу у музиці, подкастах і відеопродакшні.

Аналіз результатів та оцінка ефективності. Порівняння аудіоматеріалів до і після обробки з використанням VST плагінів на основі ШІ демонструє суттєве покращення чистоти звучання, оптимізацію динамічного діапазону і більш збалансований мікс. Завдяки інтелектуальному аналізу параметрів, плагіни забезпечують точність, яку важко досягти традиційними методами.

Втім, важливо враховувати, що надмірна автоматизація може призводити до стандартизації звучання, обмежуючи творчий контроль. Тому

досвідчені звукорежисери рекомендують використовувати ШІ як інструмент доповнення, а не заміни класичних технік.

Порівняння аудіоматеріалів до і після обробки з використанням VST плагінів на основі штучного інтелекту демонструє суттєве покращення чистоти звучання, оптимізацію динамічного діапазону і більш збалансований мікс. Завдяки інтелектуальному аналізу параметрів, плагіни забезпечують точність, яку важко досягти традиційними методами.

Штучний інтелект у плагінах здатен автоматично відстежувати та коригувати проблему «перекриття» частот між інструментами, оптимізуючи просторову і частотну розподільність звуку. Це не лише покращує гучність та зрозумілість кожного елемента у міксі, але і знижує необхідність довготривалого ручного налаштування. Інтелектуальні компресори і еквалайзери швидко адаптуються до змін у матеріалі, забезпечуючи стабільний і професійний звук без перевантаження і спотворень.

Однак, надмірна покладання на автоматичні рішення може призвести до втрати унікальності звучання — плагіни можуть стандартизувати звук, роблячи його одноманітним і «пласким». Творчий контроль над процесом залишається ключовим фактором, і саме поєднання знань звукорежисера з інструментами ШІ дає найкращий результат. Звукорежисери рекомендують використовувати ШІ не як заміну, а як доповнення і підсилення класичних технік, застосовуючи його в тих аспектах, де можна виграти в часу та якості.

Важливо також пам'ятати, що ефективність ШІ сильно залежить від якості вхідного матеріалу та налаштувань плагінів. Ретельний вибір інструментів, розуміння принципів роботи і креативність залишаються незамінними для досягнення висококласного результату. Загалом, VST плагіни на основі ШІ є потужним помічником, але майстерність і інтуїція

людини не перестають відігравати вирішальну роль у створенні живого, цікавого і динамічного звуку.

Аудіо-постпродакшн проекту «Реальна історія». Робота зі звуком для проекту вимагала комплексного підходу, оскільки вихідний матеріал часто містив складні акустичні умови. Процес було розділено на етапи реставрації та творчого зведення, де ключову роль відіграли нейромережеві технології.

1. *Глибока AI-реставрація (Restoration Suite):* першим етапом стала підготовка діалогів. Використання стандартних гейтів (*Gate*) було б недостатнім, тому застосовувалися інтелектуальні VST-модулі:

- *Spectral De-Noise (Спектральне шумозаглушення):* ШІ проаналізував спектрограму звуку, виявивши стабільні та змінні шуми (гул кондиціонерів, вітер). Алгоритм «вичитав» шум із сигналу, зберігаючи цілісність корисних частот голосу, що неможливо зробити звичайним еквалайзером.

- *De-Reverb (Прибирання відлуння):* Одним із найскладніших завдань було прибрати «кімнату» — природну реверберацію приміщення. Нейромережа змогла розділити прямий сигнал (голос диктора) та відбитий звук (ехо), зробивши звучання сухим та наближеним до студійного, наче запис вівся у професійній дикторській кабіні.

- *De-Click & De-Crackle:* Плагіни в автоматичному режимі просканували доріжку на наявність мікроклацань, цифрових помилок та артефактів слини, згладжуючи транзйєнти (різкі сплески) без втрати чіткості приголосних звуків.

2. *Тональна корекція та Динаміка:* після очищення голос пройшов етап «фарбування» та динамічного контролю:

- *Smart EQ (Розумна еквалізація):* Замість статичних налаштувань, еквалайзер підлаштовувався під тембр мовця в кожний момент часу,

автоматично пригнічуючи різкі резонанси, що виникали при підвищенні голосу.

- *Баланс (Leveling)*: ШІ-компресор вирівняв мікродінаміку, підтягуючи тихі закінчення фраз та стримуючи гучні вигуки, забезпечуючи рівну гучність відповідно до стандартів мовлення (LUFS).

3. *Зведення з музикою (Mixing & Mastering)*: це етап, де використання ШІ стало вирішальним для фінального сприйняття.

- *Сtereo-імідж*: Голос був чітко зафіксований у моно-центрі (*Mid-channel*), тоді як музичний супровід був розширений у стерео-полі (*Side-channel*), створюючи об'ємну картину, де музика огортає слухача, не перекриваючи диктора.

- *Frequency Masking (Частотне маскування)*: Використовувався спеціалізований VST-плагін із функцією Unmask. Він аналізував спектр музики та голосу одночасно. Коли частоти голосу та інструментів перетиналися (конфліктували), плагін автоматично робив «динамічну яму» в еквайзері музики лише в тих частотах, де звучить голос. Це дозволило зробити музику гучною та емоційною, не втрачаючи жодного слова оповідача.

Висновок: Чому ШІ (VST-AI) — це необхідність. Використання VST-плагінів на базі штучного інтелекту в цьому проекті виконало три критичні функції:

- *Реконструкція*: ШІ фактично «добудував» втрачені через поганий запис гармоніки, відновлюючи щільність звуку;

- *Прозорість міксу*: Завдяки алгоритмам *Ducking* та *Unmasking*, музика та голос стали єдиним цілим, а не двома окремими доріжками, що змагаються за увагу глядача;

- *Швидкість та точність*: Те, що раніше вимагало годин ручної автоматизації гучності, ШІ виконав у реальному часі, адаптуючись до емоційних змін у музиці та інтонаціях спікера.

На спектрограмі фрагмента «До» (Додаток 5–6, 7–8) чітко простежується щільний «килим» фонового шуму та хаотичні високочастотні сплески кліків, а показники RMS демонструють нестабільну динаміку з провалами, де голос губиться. Версія «Після» демонструє роботу ШІ: спектральний аналіз показує ідеальну чистоту в паузах і збережену структуру голосу без артефактів, а RMS вирівняно до єдиного стандарту гучності, забезпечуючи щільне, «радійне» звучання. Завдяки цьому голос звучить впевнено та не конфліктує з музикою по всьому частотному діапазону. В додатках наведені детальні скріншоти аналізаторів спектра та посилання на аудіофайли для прослуховування результату.

3.3. Порівняльний аналіз. Обробка людського голосу є наріжним каменем сучасного аудіовиробництва, від музичного продакшну до кіноіндустрії та подкастингу. З появою VST-плагінів (*Virtual Studio Technology*) звукорежисери отримали доступ до широкого арсеналу інструментів, які можна розділити на дві великі категорії: класичні DSP-процесори (*Digital Signal Processing*), що базуються на фіксованих математичних алгоритмах, та новітні інструменти на основі машинного навчання (AI). Порівняльний аналіз цих підходів дозволяє виявити фундаментальні відмінності в методології роботи, якості результату та ефективності виробничого процесу.

Перший критерій порівняння стосується філософії виявлення проблеми та реакції на сигнал. Традиційні плагіни, такі як класичні компресори, нойзгейти чи параметричні еквайзери, працюють "наосліп". Вони реагують

виключно на фізичні параметри звукової хвилі — амплітуду та частоту. Наприклад, традиційний нойз-гейт відсікає звук, коли гучність падає нижче певного порогу. Він не розрізняє корисний шепіт актора та фоновий шум — для нього це просто сигнал низького рівня. На противагу цьому, AI-плагіни, такі як iZotope RX або Waves Clarity, використовують семантичний підхід. Завдяки тренуванню нейромереж вони "розуміють" контекст, здатні відрізнити тембр людського голосу від звуку кондиціонера чи проїжджаючого автомобіля. Це дозволяє їм видаляти перешкоди, зберігаючи корисний сигнал навіть тоді, коли їхні рівні гучності перетинаються, що є недосяжним для класичних алгоритмів.

Другий аспект аналізу стосується динамічної адаптивності та тонального балансу. У класичному підході, використовуючи стандартний еквалайзер, звукорежисер робить статичний виріз проблемної частоти. Однак голос — це динамічний інструмент; коли вокаліст змінює регістр або співає голосніше, резонанси зміщуються, і статичні налаштування стають неефективними або навіть шкідливими. AI-інструменти, такі як smart:EQ або Soothe2, пропонують динамічну адаптацію. Вони аналізують спектр у реальному часі тисячі разів на секунду, застосовуючи корекцію лише в ті моменти, коли це необхідно. Це дозволяє уникнути "фазових спотворень" та зберегти природність звучання, яку часто втрачають при агресивній ручній еквалізації.

Суттєва різниця спостерігається і в характері артефактів, що виникають при інтенсивній обробці. Традиційні методи шумоподавлення (спектральне віднімання) часто призводять до появи "музичного шуму" або дзвінких цифрових призвуків, що нагадують звук скла. Крім того, фільтрація часто призводить до втрати високих частот, роблячи голос глухим. Плагіни на базі ШІ мають інший тип артефактів. Оскільки вони фактично синтезують або

реконструюють сигнал, при надмірних налаштуваннях голос може набути синтетичного, "роботизованого" характеру або звучати неприродно сухо. Однак, сучасні алгоритми краще зберігають транз'єнти та "повітря" запису, що робить результат їхньої роботи більш прийнятним для професійного мовлення, ніж деструктивний вплив старих фільтрів.

Останнім, але не менш важливим критерієм, є вплив на робочий процес (*workflow*) та вимоги до кваліфікації інженера. Традиційна обробка вимагає глибоких знань фізики звуку та значного часу на налаштування ланцюга ефектів. Інженер повинен вручну підбирати час атаки та відновлення компресора, шукати резонансні частоти на слух. AI-плагіни демократизують цей процес, пропонують миттєві рішення через прості інтерфейси. Це значно прискорює роботу в умовах жорстких дедлайнів пост-продакшну. Проте, існує ризик надмірної довіри автоматиці, коли інженер перестає критично оцінювати результат, покладаючись на "рішення машини", що може призвести до стандартизації та втрати індивідуального характеру звучання.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що перехід від алгоритмічної обробки до інтелектуальної не є повною заміною інструментарію, а скоріше його еволюційним розширенням. Традиційні плагіни залишаються незамінними для творчого формування звуку та художнього забарвлення, де потрібен точний ручний контроль. У той час як AI-технології домінують у сфері реставрації, технічної чистки та рутинного балансування. Найбільш ефективним підходом сьогодні є гібридний метод, де "розумні" алгоритми готують ідеальну технічну основу, а людина-інженер, використовуючи класичні інструменти, надає звуку фінальної естетичної форми.

Крім того, ШІ активно застосовується для синтезу та генерації звуку. Сучасні інструменти на основі нейромереж можуть створювати реалістичні голоси, інструментальні партії чи звукові ефекти з нуля або на основі заданих

параметрів. Це розширює творчі можливості артистів і продюсерів, дозволяючи експериментувати зі звуком, який важко або неможливо отримати традиційними засобами.

Важливим напрямком є покращення процесу мікшування та мастерингу. ШІ інструменти аналізують композиції, розпізнають інструментальні та вокальні доріжки, і пропонують оптимальні налаштування ефектів, еквалайзерів, компресорів та інших плагінів. Така автоматизація не лише спрощує роботу, а й підвищує якість кінцевого звучання, знижуючи залежність від суб'єктивного сприйняття інженера.

Сучасні DAW активно використовують алгоритми машинного навчання для аналізу аудіо сигналів, автоматичного підбору параметрів компресорів, еквалайзерів, а також для прискорення корекції резонансів і шумів. Ці можливості не просто спрощують базові процеси, а надають платформам здатність «розуміти» контекст треку, що дозволяє отримати більш збалансоване і чисте звучання навіть на початкових етапах міксування. Такі плагіни, як iZotope Neutron, Waves Nx чи AI Drive від Accusonus, стають не просто інструментами, а своєрідними партнерами в студії, що аналізують структуру композиції й пропонують найбільш доречні рішення.

ШІ також змінює спосіб взаємодії користувача з DAW, впроваджуючи нові функції, які раніше були неможливі. Наприклад, відстеження рухів голови для створення об'ємного звуку у навушниках, або ж автоматичне розділення вокальних і інструментальних доріжок для тонкого редагування і реміксування. Крім того, деякі DAW вже інтегрують ШІ-сервіси не лише у вигляді плагінів, але й безпосередньо у своє ядро, постачаючи користувачам інструменти для автоматичних аранжувань та текстових транскрипцій.

Перспективи розвитку ШІ в цифрових аудіо середовищах виглядають обнадійливими: штучний інтелект дедалі більше допомагатиме музикантам у

генерації ідей, адаптації звуку під стиль виконавця та навіть у створенні повних композицій. Це означає, що DAW перестають бути пасивним програмним забезпеченням і стають активними творчими асистентами, що підвищують ефективність і відкривають нові можливості на шляхах музичного вираження.

Загалом, інтеграція ШІ у DAW — це наступний крок еволюції музичного виробництва, що допомагає знизити технічний бар'єр і дозволяє зосередитись на творчості, використовуючи розумні технології задля найкращого звуку і продуманого міксу.

Отже, вплив штучного інтелекту на звукозапис у студії — це комплексне явище, яке суттєво модернізує традиційні методи роботи, робить звукозапис швидшим, якіснішим та креативнішим. Майбутнє студійної практики неможливо уявити без активного розвитку і впровадження AI-технологій у робочі процеси.

ВИСНОВКИ

Відповідно до поставленої мети та визначених завдань результати наукового дослідження дозволяють сформулювати такі висновки:

1. у роботі виявлено та систематизовано історичні витoki ідеї штучного інтелекту в соціокультурному просторі; доведено, що концептуальні та міфологічні засади цього феномену формувалися задовго до розгортання сучасного наукового дискурсу й становлення відповідних академічних інституцій;

2. визначено ключові етапи формування наукової парадигми дослідження штучного інтелекту впродовж ХХ – початку ХХІ ст.; обґрунтовано, що інтеграція ШІ-технологій у сучасні процеси студійного звукозапису виступає одним із найбільш революційних та магістральних трендів в аудіо індустрії, який докорінно змінює традиційні методи фіксації, обробки та репродукції акустичних сигналів, відкриваючи нові горизонти для художньої автоматизації та оптимізації якісних параметрів аудіо продукції;

3. опрацьовано та класифіковано функціональний перелік програмного забезпечення на основі штучного інтелекту у сфері звукових технологій; виявлено історичні витoki та диференційовано основні напрями практичного впровадження інтелектуальних алгоритмів, зокрема мовних моделей нового покоління типу GPT, у межах концепції генерації аудіо контенту з тексту (*text-to-speech*); охарактеризовано голосові «respeecher» технології української компанії Respeecher у контексті медійної локалізації; досліджено специфіку інтеграції ШІ у студійну практику, що дозволило констатувати суттєве підвищення ефективності праці звукорежисера завдяки автоматичному аналізу аудіо сигналів, деструкції фонових шумів та видаленню технічних артефактів без пошкодження корисного спектра основного звуку, мінімізуючи часові витрати на ручне редагування;

4. доведено, що штучний інтелект у структурі сучасних цифрових аудіо робочих станцій (DAW) трансформує рутинні операції на гнучкі

автоматизовані процеси; на відміну від традиційного емпіричного налаштування параметрів кожного окремого плагіна, ШІ забезпечує генерацію інтелектуальних рекомендацій, пришвидшуючи творчий пошук; водночас актуалізовано етичні аспекти та правову відповідальність застосування ШІ, що актуалізує проблеми авторського права та збереження етнокультурної автентичності; аргументовано, що технологічна автоматизація не повинна нівелювати індивідуальний творчий внесок людини, а виступати інструментом його посилення під суворим інтелектуальним контролем кваліфікованого фахівця;

5. охарактеризовано специфіку використання VST-плагінів на основі технологій штучного інтелекту в сучасній студійній практиці та вироблено науково-методичні основи їх селекції; підтверджено, що VST-інструменти з елементами машинного навчання оптимізують часові та якісні параметри фонограм, у зв'язку з чим рекомендовано їх системне впровадження у виробничі цикли звукозаписувальних студій за умови дотримання паритету між алгоритмічною автоматизацією та індивідуальним художньо-естетичним контролем;

6. окреслено перспективи подальших наукових розвідок у цьому напрямі, які доцільно спрямувати на оптимізацію процесів адаптації ШІ-систем до жанрово-стильової специфіки різних музичних напрямів, а також на розробку більш гнучких, персоналізованих та архітектурно адаптованих VST-рішень;

7. здійснено практичний порівняльний аналіз художніх творів і фонограм, створених із використанням засобів штучного інтелекту та без них; визначено, що персоналізація аудіо контенту на основі глибокого навчання неймереж дозволяє здійснювати високоточне голосове клонування для завдань дубляжу та реставрації звуку, забезпечуючи високий ступінь природності й акустичної схожості, що відкриває принципово нові інноваційні бізнес-моделі для сучасного аудіовізуального сектора культури та мистецтва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Russell S. J., Norvig P. *Artificial Intelligence: A Modern Approach*. 4th ed. Pearson, 2020. — Класичний підручник, що охоплює історію, теорію та сучасні підходи до штучного інтелекту.
2. Turing A. M. *Computing Machinery and Intelligence*. *Mind*. 1950. Vol. 59(236). P. 433–460. — Основоположна робота Алана Тюрінга, що вперше чітко поставила питання можливості машинного мислення.
3. McCarthy J., Minsky M. L., Rochester N., Shannon C. E. *A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence*. 1955. — Маніфест, який започаткував галузь ШІ як наукову дисципліну.
4. Chollet F. *Deep Learning with Python*. Manning Publications, 2018. — Практичний посібник про нейромережі, глибоке навчання та сучасні ШІ-системи.
5. Marcus G., Davis E. *Rebooting AI: Building Artificial Intelligence We Can Trust*. Pantheon Books, 2019. — Критичний огляд проблем сучасного ШІ та його обмежень.
6. Vinuesa R. et al. *The role of artificial intelligence in achieving the Sustainable Development Goals*. *Nature Communications*. 2020. Vol. 11(1). P. 233. — Огляд застосування ШІ в глобальних соціальних і екологічних контекстах.
7. Brundage M. et al. *The Malicious Use of Artificial Intelligence: Forecasting, Prevention, and Mitigation*. 2018. arXiv:1802.07228. — Попередження про потенційні зловживання ШІ.
8. Respeecher. Official Website. URL: <https://www.respeecher.com> — Офіційний сайт компанії з описом технологій, кейсів і етичних принципів.

9. Roose K. The Voice-Cloning Company That Helped Bring Darth Vader Back to Life. *The New York Times*. 2022. URL: <https://www.nytimes.com> — Огляд прикладу використання технології Respeecher у співпраці з Disney/Lucasfilm.
10. Ethics Guidelines for Trustworthy AI. European Commission – High-Level Expert Group on Artificial Intelligence. 2019. URL: <https://digital-strategy.ec.europa.eu> — Офіційний європейський документ про етичні стандарти використання ШІ.
11. Український інститут майбутнього. Штучний інтелект: потенціал і ризику для України. 2021. — Аналітична доповідь про виклики й перспективи розвитку ШІ в українському контексті.
12. Андрущенко В. П., Шевченко С. В. Філософські аспекти штучного інтелекту. Київ : Логос, 2023. — Україномовне дослідження філософії штучного інтелекту.
13. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. MIT Press, 2016. — «Біблія» глибокого навчання. Фундаментальна книга для розуміння того, як саме працюють нейромережі, що лежать в основі сучасних плагінів (як Waves Clarity чи iZotope).
14. Reiss J. D., McPherson A. Audio Effects: Theory, Implementation and Application. CRC Press, 2014. — Важлива праця для розуміння того, як цифрова обробка сигналів (DSP) еволюціонувала до використання інтелектуальних систем у зведенні музики.
15. Briot J.-P., Hadjeres G., Pachet F. Deep Learning Techniques for Music Generation. Springer, 2020. — Детальний огляд методів генеративного штучного інтелекту, які використовуються для створення музики та синтезу нових звуків (актуально для теми генеративних VST).
16. Oord A. van den et al. WaveNet: A Generative Model for Raw Audio. 2016. arXiv:1609.03499. — Революційна стаття від дослідників DeepMind, яка

описує технологію WaveNet. Саме вона стала основою для сучасних систем клонування голосу та синтезу мовлення.

17. Miller A. I. *The Artist in the Machine: The World of AI-Powered Creativity*. MIT Press, 2019. — Дослідження ролі ШІ у творчих процесах: чи може машина бути творцем, і як змінюється роль людини-митця (співзвучно з вашою темою про «інженера-куратора»).

18. Crawford K. *Atlas of AI: Power, Politics, and the Planetary Costs of Artificial Intelligence*. Yale University Press, 2021. — Глибокий аналіз матеріальної бази ШІ: від видобутку ресурсів до експлуатації праці, що доповнює етичний блок вашого дослідження.

19. Кабінет Міністрів України. Концепція розвитку штучного інтелекту в Україні. Розпорядження № 1556-р. 2020. — Офіційний державний документ, що визначає стратегію впровадження ШІ в Україні, включаючи правові та освітні аспекти.

20. Глибовець М. М., Олецький О. В. *Штучний інтелект : підручник*. Київ : КМ-Букс, 2018. — Академічний український підручник, що дає ґрунтовні знання про алгоритми та методи ШІ з точки зору вітчизняної науки.

21. Moffat D., Reiss J. D. *Perceptual Evaluation of Intelligent Audio Mixing Systems*. *Journal of the Audio Engineering Society*. 2018. — Наукова стаття, що оцінює ефективність «розумних» систем зведення (на кшталт iZotope Neutron) порівняно з роботою живих звукорежисерів.

22. Samuelson P. *Generative AI and Copyright*. *Technology & Law Journal*. 2020. — Огляд юридичних колізій, пов'язаних з авторським правом на твори та голоси, згенеровані штучним інтелектом (актуально в контексті Respeecher та клонування голосів).

23. Bostrom N. *Superintelligence: Paths, Dangers, Strategies*. Oxford University Press, 2014. — Філософський бестселер про майбутнє надрозуму, ризики втрати контролю та стратегії безпеки. Класика футурології.
24. iZotope. *The Future of Audio: AI & Machine Learning*. *iZotope Blog*. URL: <https://www.izotope.com/en/blog> — Матеріали від розробників провідного ПЗ, де пояснюється їхнє бачення інтеграції машинного навчання у студійний процес (прикладне джерело).
25. Müller M. *Fundamentals of Music Processing: Audio, Analysis, Algorithms, Applications*. Springer, 2015. — Ключова книга для розуміння MIR (*Music Information Retrieval*). Тут пояснюється математика того, як комп'ютер аналізує спектр, ритм і тональність. Це фундамент, на якому побудовані аналізатори в iZotope та Mixed In Key.
26. De Man B., Reiss J. D., Stables R. *Intelligent Music Production*. Focal Press, 2019. — Це, мабуть, найважливіше джерело для вашої теми. Книга повністю присвячена автоматичному зведенню (*Automatic Mixing*). Автори (Brecht De Man та Josh Reiss) — провідні світові дослідники, чії розробки лежать в основі багатьох сучасних "розумних" плагінів.
27. Fastl H., Zwicker E. *Psychoacoustics: Facts and Models*. Springer, 2007. — Класична праця з психоакустики. Вона необхідна для розуміння того, як працюють плагіни на кшталт Oeksound Soothe. Вони базуються на моделях людського слуху (зокрема, ефекті маскування), описаних у цій книзі.
28. Agostinelli A. et al. *MusicLM: Generating Music From Text*. 2023. arXiv:2301.11325. — Наукова стаття від команди Google Research, що описує модель MusicLM. Це важливе джерело для блоку про генеративний аудіо-ШІ, оскільки воно показує перехід від простого синтезу до створення повноцінних композицій за текстовим описом.

29. Rumsey F. Machine Learning in Audio: The New Wave. *Journal of the Audio Engineering Society (JAES)*. 2021. — Стаття від Френсіса Рамзі, одного з найавторитетніших авторів у спільноті AES (*Audio Engineering Society*). Він аналізує, як ML змінює стандарти індустрії та вимоги до освіти звукорежисерів.
30. Bonadio E., McDonagh L. Artificial Intelligence as a Producer and Consumer of Copyright Works: Evaluating the Consequences of Algorithmic Creativity. *Intellectual Property Quarterly*. 2020. — Юридичне дослідження, що фокусується саме на авторському праві у музиці. Розглядається питання: якщо ШІ "вчиться" на захищених треках (як це роблять нейромережі для реставрації чи генерації), чи є це порушенням прав, і кому належить результат.

ДОДАТКИ

Додаток А



VST плагін NEUTRON

Додаток Б.



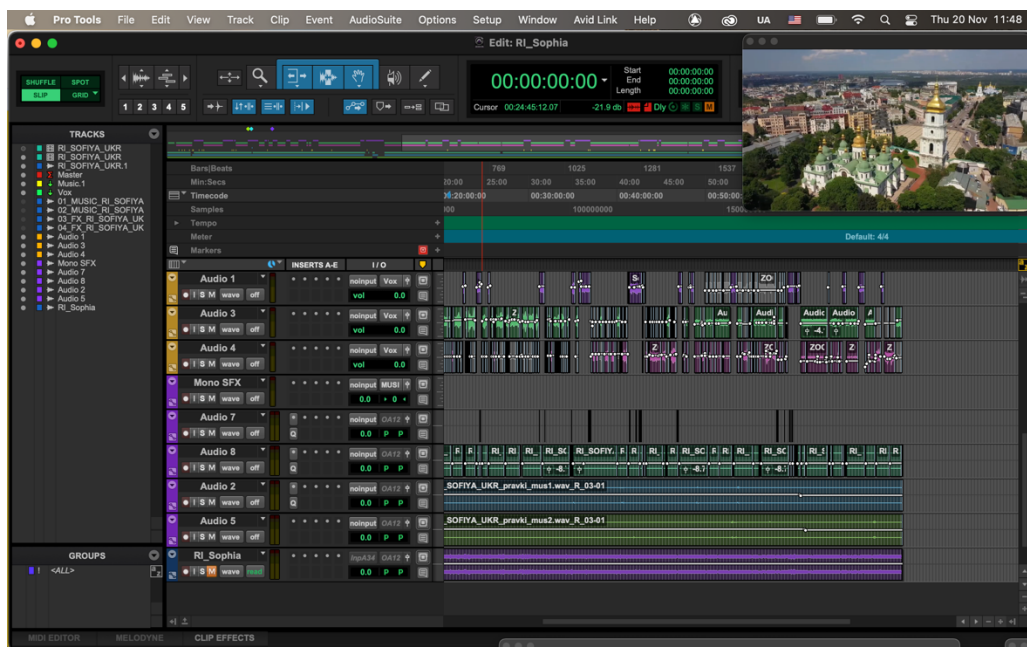
VST плагін iZotope RX Spectral De-noise

Додаток В



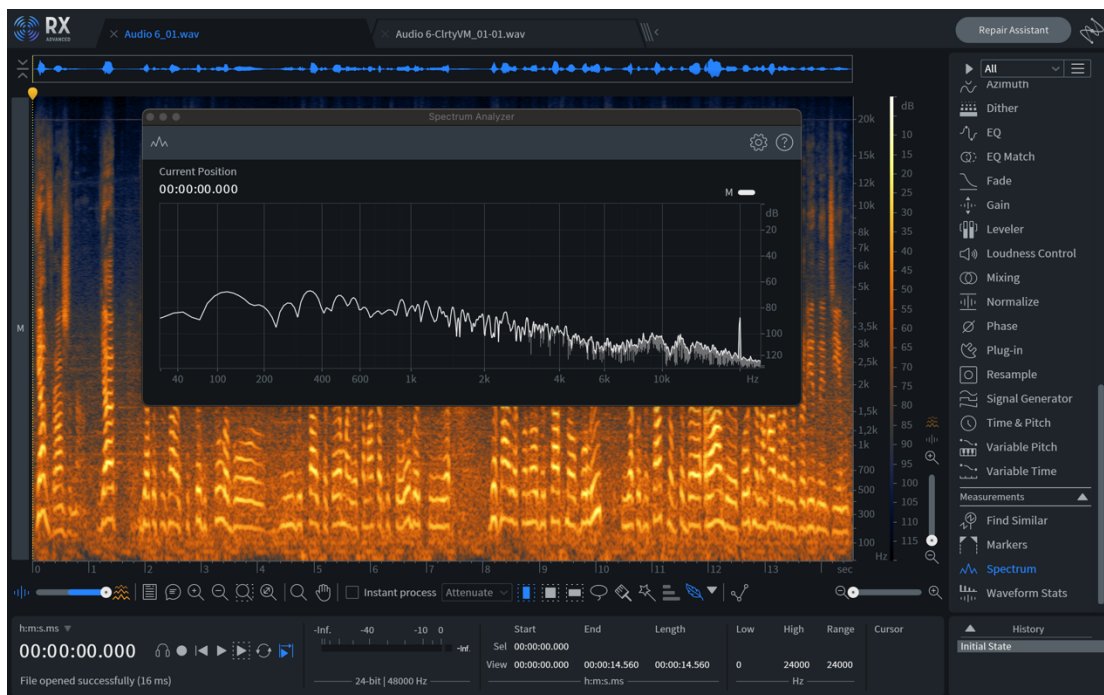
VST плагін Waves Clarity Vx Pro

Додакто Г



Сесія в програмі Pro Tools

Додаток Д



Спектральний аналіз аудіо фрагменту до використання ШІ

Додаток Е



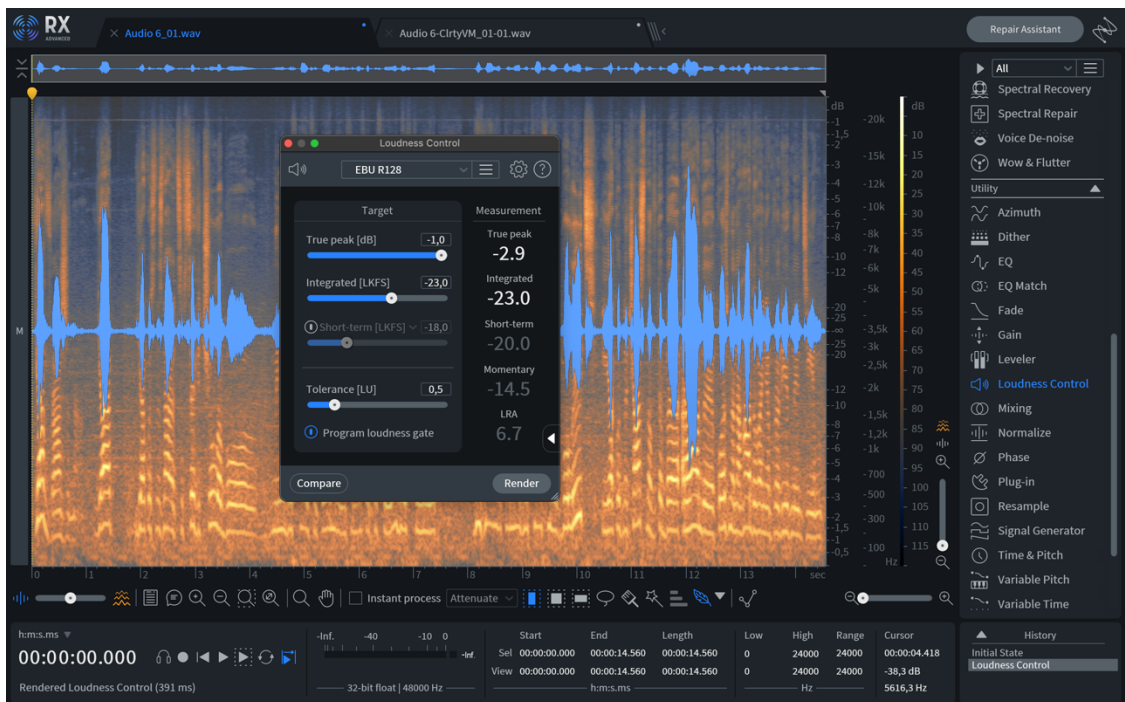
Та після обробки VST плагіном від Waves Clarity (червоним позначені оброблені зони - прибрааний фонувий шум) :

Додаток Ж



Рівень гучності аудіо фрагмента “до обробки” за стандартом EBU R-128:

Додаток З



Рівень гучності аудіо фрагмента «після обробки» за стандартом EBU R-128:

Додаток К



Данні Waverform “до обробки”:

Додаток Л



Данні Waverform “після обробки”

ДОДАТОК М

Флеш-носій:

- 1.Текст кваліфікаційної роботи на тему «Створення музичного образу твору з використанням технологій штучного інтелекту»
- 2.Аудіо-відео додатки
3. Перевірка на плагіат. Звіт подібності: **Strikeplagiarism.com**