УДК: 37:004:7.071

Назарій Лещук
асистент кафедри музикознавства та методики музичного мистецтва,
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м. Тернопіль, Україна
ORCID ID 0000-0002-5204-4852
nazar.leshchuk423@gmail.com

Богдан Буяк
доктор філософських наук, професор, ректор
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м.Тернопіль, Україна
ORCID ID 0000-0003-1496-7573
buyak.bogdan@tnpu.edu.ua

Григорій Терещук
доктор педагогічних наук, професор, радник ректора
Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, м.Тернопіль, Україна
ORCID ID 0000-0003-1717-961X
g.tereschuk@tnpu.edu.ua

ЦИФРОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ЗВУКОРЕЖИСЕРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ВЧИТЕЛЯ МУЗИЧНОГО МИСТЕЦТВА: ОГЛЯД ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ І ДОСВІД ЗАСТОСУВАННЯ

Анотація. У статті досліджено проблему формування звукорежисерської діяльності майбутнього вчителя музичного мистецтва в умовах цифровізації сучасної музичної освіти. Обґрунтовано необхідність розширення професійної підготовки майбутніх педагогів-музикантів через опанування сучасних технологій звукової інженерії, що поєднують мистецькі, технічні та інформаційні компоненти. Розкрито теоретичні засади звукорежисури як міждисциплінарного явища, що поєднує музичне мистецтво, технічні засоби звукозапису та сучасні інформаційні технології. Здійснено аналіз функціональних можливостей цифрових аудіо робочих станцій (Digital Audio Workstations – DAW) як основного інструментарію сучасної звукорежисерської діяльності, зокрема Ardour, MusE, Pro Tools, Logic Pro, Ableton Live, Cubase, Audacity та інших. Проведено порівняльний аналіз вільно поширюваного та пропрієтарного програмного забезпечення за основними характеристиками: запис, мікшування, редагування, зведення, підтримка плагінів, MIDI-доріжок, імпорт та експорт аудіофайлів, робота з відео. Розглянуто також можливості використання стандартів плагінів (VST, LV2, AAX, AU) та технології MIDI у процесі створення і обробки музичного матеріалу. Представлено результати експериментального дослідження, проведеного серед здобувачів спеціальностей 014.13 «Середня освіта (Музичне мистецтво)» та 025 «Музичне мистецтво». У ході дослідження вивчено практику використання DAW і програм генеративного штучного інтелекту (ШІ). Встановлено, що студенти переважно використовують класичні DAW для роботи зі звуком, основними перевагами яких є: повний контроль над творчим процесом, гнучкість налаштування, професійна якість звучання. Водночас вони виявляють значний інтерес до сучасних інструментів генеративного ШІ, які дозволяють швидко генерувати музичні ідеї та експериментувати зі стилістикою музичного матеріалу. Показано, що інтеграція класичних програмних середовищ звукорежисури та технологій ШІ відкриває нові можливості у процесі фахової підготовки вчителів музичного мистецтва. Розробка дидактичних умов використання цифрових технологій для звукорежисерської діяльності у системі підготовки майбутніх учителів музичного мистецтва становитиме перспективи наших подальших розвідок.

Ключові слова: цифрові технології звукорежисерської діяльності; Digital Audio Workstation (DAW); системи генеративного ШІ; інженерія звуку; учитель музичного мистецтва.

1. ВСТУП

Постановка проблеми. Тенденції розвитку мистецької освіти свідчать про суттєве зростання ролі цифрових інструментів, які не лише змінюють форми і методи навчання,

© Назарій Лещук, Богдан Буяк, Григорій Терещук, 2026.

а й впливають на зміст професійної підготовки майбутніх учителів. «Сучасний учитель музичного мистецтва повинен бути не лише високопрофесійним музикантом, який володіє музичним слухом, естетичним смаком, вокальними навичками та навичками гри на інструменті, а й експертом у галузі музичного обладнання (мікшерний пульт, акустичні системи, мікрофон тощо)» [1, с. 78]. Сьогодні коло діяльності педагога-музиканта виходить далеко за межі проведення уроків музичного мистецтва або організації позакласних заходів. Все це вимагає більшої уваги до опанування звукорежисерськими навичками у процесі фахової підготовки [2].

Звукорежисерську діяльність як сучасну етнографічну тему неможливо відокремити від ширшого контексту великих технологічних та економічних зрушень у сучасній музичній культурі. В останні десятиліття звукова інженерія, разом з багатьма іншими аспектами музичної індустрії, пройшла через фундаментальну трансформацію своїх інструментів, дискурсів і форм роботи. Про звукові інфраструктури: музику, звук, медіа Кайл Девайн та Александрін Будро-Фурньє зазначають наступне: «Наше щоденне музичне задоволення здається таким простим, таким легким, таким автоматичним. Пісні миттєво та майже чарівно виникають з наших комп'ютерів і телефонів. Інструменти для гри та створення музики, такі як платівки та гітари, чекають на нас у магазинах, готові до покупки та використання. А коли ми закінчуємо з усім цим, ми можемо викинути їх на узбіччя, де вони зникають без зусиль і сліду. Ці випадкові заняття часто приховують складну інфраструктуру, яка робить можливою нашу музичну культуру» [3].

Все це розширило і коло закладів вищої освіти, у яких здійснюється підготовка звукорежисерів. Якщо раніше вона зосереджувалась лише в технічних закладах освіти, то нині займає значне місце у фаховій підготовці вчителів музичного мистецтва. Якісну підготовку останніх здійснюють викладачі педагогічних закладів вищої освіти, які мають вибудовувати та впроваджувати цілеспрямовану й ефективну систему підготовки майбутніх учителів музичного мистецтва до різноманітних видів музично-педагогічної діяльності, зокрема до звукорежисерської діяльності.

Сучасні технологічні рішення інженерії звуку нерозривно пов'язані з можливостями інформаційних (цифрових) технологій (ІТ), які стали основою предметної інструментальної трансформації звукорежисерської діяльності. Ці зміни в звуковій інженерії можна розглядати як музичний приклад ширшої трансформації праці та виробництва. Звукорежисура за допомогою технічних засобів створює цілісний художньо-звуковий образ. М. Ужинський стверджує, що: «Звукорежисура є невід'ємною складовою театрального, музичного, хореографічного, циркового, естрадного мистецтв, кінематографа і телебачення, у кожному вона має свою специфіку, але виконує те ж саме завдання – за допомогою технічних засобів створює цілісний художньо-звуковий образ» [4, с. 4]. У своїй роботі ми акцентуємо увагу на звукорежисурі у музичному мистецтві майбутньої музично-педагогічної діяльності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У сучасних наукових працях розглядаються різні аспекти означеної проблематики: теоретичні засади цифровізації музично-педагогічної освіти, формування професійної компетентності вчителя музичного мистецтва, особливості використання цифрових аудіотехнологій у навчальному процесі, а також методичні підходи до організації звукорежисерської підготовки. Значна увага приділяється питанням застосування спеціалізованого програмного забезпечення для створення, обробки та відтворення аудіоконтенту, що відкриває нові можливості для підвищення ефективності навчання та вдосконаленню фахової музично-педагогічної діяльності вчителя музичного мистецтва.

Використанню комп'ютерних, зокрема мультимедійних, технологій у професійній підготовці майбутніх учителів присвячена праця Гаврілової Л. Г. [5]. Авторка розглядає принципи формування професійної компетентності майбутніх учителів музики засобами

мультимедійних технологій: принцип інформатизації навчання; принцип наочності, реалізований засобами мультимедіа; принцип оптимального вибору засобів навчання; принцип інтеграції традиційних методів музичного навчання й інноваційних мультимедійних технологій; принцип цілеспрямованої взаємодії і художньо-творчого спілкування педагога зі студентами; принцип активізації музично-творчої діяльності, спонукання до творчого самовираження. Дотримання цих принципів забезпечує професійний розвиток майбутніх учителів музики засобами мультимедійних технологій.

Виокремленню педагогічних умов, що сприяють ефективності процесу формування готовності майбутнього вчителя музики до професійної діяльності на основі електронних навчальних засобів – синтезаторів та іншого цифрового музичного інструментарію – присвячене дослідження Рибнікова О. М. [6]. До зовнішніх педагогічних умов належить сам педагогічний процес, у якому спілкування і взаємодія особистостей відбувається завдяки технічним цифровим засобам – синтезаторам, цифровим фортепіано та додатковим аудіовізуальним мультимедійним обладнанням для роботи з цифровим музичним матеріалом, з іншого боку – це вимагає обставин, які мають бути створені для послідовного і систематичного їх використання в навчальному діяльнісному середовищі ЗВО [6, с. 170]. У своєму дослідженні автор виділяє такі педагогічні умови реалізації технології формування готовності майбутніх учителів музики до використання цифрового електронного музичного інструментарію у професійній діяльності, як: активізація позитивного ставлення майбутніх учителів музики до використання цифрового електронного музичного інструментарію в навчальній діяльності; сформованість цифрової музично-інструментальної компетентності та музичної інформатичної ерудованості студентів; створення віртуального навчального середовища для використання медійних форм музичної інтерпретації в освітньому просторі ЗВО [6, с. 171]. Автор досліджує обставини та стимулюючі фактори такої діяльності в умовах домінування цифрових технологій творчості в мистецькій освіті.

В іншій своїй роботі [7] Рибніков О. М. аналізує стан готовності майбутніх учителів музики до використання цифрового електронного музичного інструментарію в професійній діяльності. Дослідником визначено компоненти, які враховують специфіку такої діяльності, показники і рівні сформованості готовності, обґрунтовані зміни у професійній підготовці, що дають можливість сформувати достатній рівень цифрової музично-інструментальної компетентності майбутніх учителів музики для їх ефективної діяльності в умовах інформатизації освіти.

Цікавою для нашого дослідження є робота Джини Р. Грехер та Джессі М. Гейнс – «Обчислювальне мислення в музичних курсах. Як змусити людей, схильних до мистецтва, мислити як гіки, і навпаки» [8]. Авторками представлено міждисциплінарний курс, який вони називають «Звукове мислення», з обчислювальної техніки і плюс музика. Як стверджують дослідниці, вони свідомо вирішили, що обчислювальне мислення буде основою, на якій будуть базуватися всі їхні проєкти.

Першою книгою, написаною для викладачів основ музики, яка спеціально присвячена музиці, звуку та технологіям, є «Обчислювальне мислення у звуці», яка представлена авторками Джиною Р. Грехер та Джессі М. Гайнс [9]. Використовуючи орієнтований на студента підхід, який робить акцент на проєктному досвіді, книга надає музичним педагогам численні стратегії для створення, дослідження та вирішення проблем з музикою та технологіями в рівних частинах. Вона також містить приклади практичних завдань, які заохочують студентів самостійно та в групах досліджувати основні принципи, що лежать в основі сучасних музичних технологій та вільно доступних інструментів для створення мультимедіа. «Обчислювальне мислення у звуці» – це ефективний інструмент для викладачів, який допомагає студентам ознайомитись зі

складним процесом обчислювального мислення в контексті творчого мистецтва через більш доступне середовище – музику [9].

Дотичний напрямок до звукорежисури становлять дослідження в контексті ролі низькочастотного звуку та шуму на генерацію і поширення музики та мовлення у невеликих приміщеннях представлено у роботі Гельмут В. Фукс та Сюецінь Чжа [10]. Практичні тематичні дослідження в навчальних та виконавських приміщеннях демонструють акустичні заходи для вирішення цієї повсюдної проблеми. Рішення передбачає плоский спектр реверберації приміщення замість підвищення басів, як це зазвичай прийнято сучасним способом та допускається більшістю стандартів і норм у всьому світі. Вчителі та студенти в аудиторіях, диригенти та музиканти в оркестрових ямах, а також голови та учасники конференцій можуть однаково виграти від покращеної акустичної якості свого середовища.

Про важливість технічної освіти в хаосі звуку зазначала Люсі Марцола [11]. Голлівудські студії розглядали падіння технічної якості, спричинене звуком, як потенційну катастрофу для галузі. Щоб студії швидко відновили професійні стандарти, очікувані від голлівудських фільмів, в Академії кінематографічних мистецтв і наук (Academy of Motion Picture Arts and Sciences) було створено Школу звуку (Sound School), у якій техніки з усіх студій та виробників ділились знаннями про нові звукові системи. Ці колективні дії сприяли приборканню хаосу звуку та створенню спільних практик, які вперше були поширені між студіями систематично.

У наведених працях [4], [9], [12], [13] прослідковується думка про необхідність ознайомлення майбутніх учителів музичного мистецтва з сучасними досягненнями в розвитку медіатехнологій, музичної акустики, технологіями фіксації звуку, оволодінням технікою обробки звуку.

Питання становлення звукорежисури та діяльності звукорежисера в українському культурному просторі розкрито Ужинським М. Ю. [14]. На основі вивчення архівних матеріалів, нормативних документів окреслено тенденції й підґрунтя виникнення професії звукорежисера, дослідником уточнено естетичні засади у формуванні звукорежисури в Україні. Подано періодизацію та основні етапи формування еволюції звукового компоненту, що вплинуло на розвиток як музичного мистецтва, так і культурно-мистецьких процесів кінця XIX – початку XXI ст. Обґрунтовано поняття звукорежисерської професії як культурно-мистецького феномену другої пол. XX – початку XXI ст. Розкрито питання взаємодії техніки та мистецтва в сучасній культурі, наголошено на взаємозв’язку техніко-технологічного й мистецького компонентів у художній культурі, вказано на низку напрямів у мистецтві, поява яких інспірована науково-технічним прогресом [14].

Визначальні риси професії звукорежисера, історію її формування та сучасний стан технічного забезпечення, особливості роботи звукорежисера в різних сферах аудіо- та аудіовізуальної творчості висвітлено Десятник Г. О. та Бадіон С. В. [15]. Зібрані тексти лекцій призначені для студентів, що навчаються за напрямком «аудіовізуальне мистецтво та виробництво» і розкривають визначальні риси професії звукорежисера, історію її формування та сучасний стан технічного забезпечення, особливості роботи звукорежисера в різних сферах аудіо- та аудіовізуальної творчості [15].

Обґрунтування теоретичних засад формування звукорежисерських умінь майбутніх учителів музичного мистецтва проведено в магістерській кваліфікаційній роботі Чернеги С. Р. [2]. Автором визначено зміст поняття «звукорежисерські уміння майбутніх учителів музичного мистецтва» та специфіку їх формування в процесі фахової підготовки в закладі вищої освіти. Автор стверджує: «На основі міждисциплінарної інтеграції навчальних дисциплін, яка будується на синтезі знань з історії і теорії музичного мистецтва, наук фізико-математичного, інженерно-технічного спрямування й

інформатики, визначено педагогічні й дидактичні умови формування звукорежисерських навичок здобувачів у процесі фахової підготовки» [2, с. 3]. Окреслено методичні засади формування звукорежисерських умінь майбутніх учителів музичного мистецтва та запропоновано методи й авторський контент навчального курсу «Основи звукорежисури».

Найбільш цінним у розвитку звукорежисерських навичок майбутніх учителів музичного мистецтва, на думку Бондарчук А. Я. [12, с. 113], є можливість підготовки та озвучення «живого» концертного дійства, що передбачає підбір музичного матеріалу, вибір якісної фонограми «мінус» чи інструментального акомпанементу, підготовка учасників концерту в класі (визначення сильних та слабких сторін виконання твору), формування навичок роботи на сцені (постава, міміка, жести), розстановка мікрофонів та звукопідсилювальної апаратури на сцені, робота з мікрофоном. Для забезпечення розвитку звукорежисерських навичок майбутніх учителів музичного мистецтва, як стверджує Бондарчук А. Я., було організовано мініконцерт, де кожен студент зміг спробувати себе в ролі звукорежисера. Робота організовувалась у декілька етапів: підготовчий (підбір репертуару, обговорення форми проведення та технічних засобів); основний (робота над обраним репертуаром, відпрацювання умінь співу в мікрофон, робота зі звукопідсилюючою апаратурою); сам концерт. Так у роботі Бондарчук А. Я. обґрунтовано методи формування звукорежисерських навичок майбутніх учителів музичного мистецтва. І, як стверджує авторка, формування звукорежисерських навичок значно збагачує змістовий компонент професійної підготовки студентів спеціальності «Середня освіта. Музичне мистецтво». Запропоновані нею методи дають базові знання з музичної акустики та звукорежисури, знайомлять з новаціями в галузі технічного забезпечення мистецьких заходів, формують у майбутніх учителів музичного мистецтва компетентності, необхідні для організації та проведення концертів.

Використанню цифрових аудіо робочих станцій DAW в умовах неформальної освіти дорослих присвячена робота О. М. Коваленко [13]. У статті розглянуто можливості застосування аудіо робочих станцій для музичної самоосвіти і саморозвитку особистості дорослих. Проаналізовано основні характеристики та функціональні особливості, описано основні переваги й недоліки використання цифрових аудіо робочих станцій у музичній самоосвіті дорослих. На основі вивчення спеціальної літератури, практики використання цифрових аудіо робочих станцій, сайтів розробників цих програм і власного досвіду проведено порівняльний аналіз найпоширеніших у всьому світі цифрових аудіо робочих станцій. Як стверджує дослідник, сьогодні цифрові аудіо робочі станції є тим інструментом, за допомогою якого створюється більшість електронних музичних творів. Саме тому вміння користуватися секвенсором стає основною вимогою до музичних продюсерів, аранжувальників та звукорежисерів.

Щодо цифрової аудіо робочої станції Джуліан Ешборн стверджує, що вона повністю здійснила революцію в популярній музиці, а потім швидко перейшла у сферу класичної музики, зробивши магнітофони непотрібними. Сьогодні все записується безпосередньо в цифрові файли або на портативному записуючому пристрої, або на комп’ютері [16]. DAW Стів Гіддінгс розглядає як креативний інструмент для розкриття креативності та самостійності учнів. Наведено приклади багатьох зручних для школи хмарних або безкоштовних альтернатив, які можна використовувати. Обговорюються деякі юридичні терміни, з якими можуть зіткнутися користувачі цього програмного забезпечення, а також приділяється увага інтерфейсам та поширеним типам файлів, пов’язаними з цим програмним забезпеченням [17].

Прикладом зростаючої тенденції, яка прагне привернути увагу до тонкощів та складнощів впливу технологічних змін на музику приблизно за останнє століття є книга Саймона Загорський-Томаса: «Зроблено для звуку: інженерія та технології в звукових

культурах» [18]. Діапазон етнографічних досліджень охоплює шість континентів (хоча Європа розглядається лише побіжно через дослідження тембрів гітар у стилі хеві-метал Гаррісом Бергером та Корнелією Фалес) та пропонує захопливі уявлення про те, як електроніка використовується для маніпулювання звуком у різних культурно-специфічних музичних середовищах.

У час активного розвитку технологій ШІ поза увагою не залишився і напрямок можливостей ШІ в музично-педагогічній освіті. Зокрема в роботі [19] проведено мініогляд, що синтезує останні досягнення в інтеграції ШІ в інструментальну музичну освіту, з акцентом як на обчислювальних методах, так і на педагогічних аспектах. Спираючись на 50 найпопулярніших досліджень, індексованих Scopus, огляд визначає домінуючі методи ШІ, такі як глибоке навчання, трансформаційні архітектури та генеративні моделі. Ці технології підвищують ефективність практики застосування ШІ в музичній освіті, персоналізують навчання та покращують об'єктивність оцінювання. Тематичний та технічний аналізи демонструють посилену увагу до композиції та виконавської сфери, де креативність та зворотний зв'язок є ключовими педагогічними впливами [19].

Аналіз приведених праць засвідчує необхідність обґрунтування та конкретизації цифрових технологій, що становлять основу для звукорежисерської діяльності та найбільш придатні для використання в методичних моделях підготовки майбутніх учителів музичного мистецтва. Окреслені напрями досліджень: принципи формування професійної компетентності майбутніх учителів музики; педагогічні умови, що сприяють ефективності процесу формування готовності майбутнього вчителя музики до професійної діяльності на основі електронних навчальних засобів; обчислювальне мислення у звуці як ефективний інструмент для викладачів, який допомагає студентам ознайомитися зі складним процесом обчислювального мислення в контексті творчого мистецтва через більш доступне середовище – музику; роль низькочастотного звуку та шуму на генерацію і поширення музики та мовлення у невеликих приміщеннях; аналіз синтезу останніх досягнень інтеграції ШІ в інструментальну музичну освіту та інше, – становлять загальне окреслене коло дотичних напрямів, результати яких мають вплив на процес фахової підготовки вчителів музичного мистецтва до звукорежисерської діяльності.

Метою статті є виокремити цифрові програмні засоби звукорежисерської діяльності майбутнього вчителя музичного мистецтва та висвітлити особливості їх застосування в процесі підготовки до фахової музично-педагогічної діяльності.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

У звукорежисерській діяльності реалізується творчий підхід до традиційної практики поєднання техніки і мистецтва. Такою є і діяльність учителя музичного мистецтва з огляду на невід'ємну складову звукорежисури у його майбутній професійній діяльності.

Під звукорежисерською діяльністю учителів музичного мистецтва варто розуміти цілеспрямовану та творчо організовану діяльність, що передбачає використання знань про природу звуку, володіння сучасними звукотехнічними засобами та цифровими аудіотехнологіями для створення, запису, обробки й відтворення звукового матеріалу, а також їх ефективне застосування в музично-педагогічній діяльності задля забезпечення якісного звукового супроводу та розвитку художньо-естетичних компетентностей учнів.

Основну роль звукорежисерам, як зазначає W. Slaten, відведено для підсилення звуку під час створення живої музики, щоб утверджувати музичний твір, естетику та креативність і це спрямоване на зрозумілість та відчуття музики для артистів і аудиторії.

Також, окрім підсилення музики до зрозумілого рівня звуку аудиторії, звукорежисери утверджують свою часто приховану звукову майстерність, працюючи над тим, щоб за допомогою підсиленого звуку візуально маскувати себе та своє обладнання від свідомого сприйняття артистів та аудиторії [20, с. 1].

Для усвідомлення специфіки роботи і, своєю чергою, методології підготовки звукорежисерів необхідно зробити роботу звукорежисерів помітною та зрозумілою, адже звукорежисерська діяльність під час живих виступів, концертів і інших заходів, пов'язаних із живим звучанням музики, не завжди є видимою чи усвідомленою для глядача.

Так, у своїй роботі [20, с. 2] W. Slaten стверджує, що звукоінженерія живого звуку є основоположною для сучасного музичного досвіду і настільки ж основоположною для того, як музиканти, продюсери та маркетологи сприймають музику – популярну, класичну чи народну – як комерційну та професійну мистецьку сферу.

Іншим напрямком звукорежисерської діяльності ми виділяємо роботу звукорежисера з фонограмами та одночасним живим виступом. Так, авторами [21] розкрито специфіку роботи звукорежисера зі складною схемою одночасного застосування фонограм із програвача-рекордера (Hard Disk Recorder (HDR)) та звукового супроводу творчого колективу під час виступу на сцені. У даній праці вперше обґрунтована та поетапно висвітлена робота над записом «плейбек» – фонограми в студії і застосування її надалі разом із «живим» виступом артистів під час анонсованого довготривалого гастрольного туру як цілісного музично-звукового образу творчого колективу з позицій викладацького та звукорежисерського досвіду [21].

З розвитком цифрових засобів художньої виразності застосування фонограм в естрадній музиці набуло великого поширення, як стверджують Ужинський М. Ю. та Сметана О. П., з основним аргументом її захисту «головне – шоу-програма» [21]. Це певною мірою виправдовує виступ артистів під «плейбек».

«Плейбек» – це базовий багатотрековий запис «живого» реального виступу. Для відтворення фонограми задіюється багатоканальна звукозаписуюча аудіостанція з високою цифровою розподільною здатністю – Digital Audio Workstation, редагуванням та сумісністю з іншими DAW, зчиткою та синхронізацією з файлами різних форматів, виходом занотованої і маркованої інформації на Video Graphics Array (VGA) дисплей. «Прийнято вважати, що «плейбек» (фонограма з повним «плюс» або частково «мінус», як правило, без вокалу чи сольного інструмента) записують у професійних студіях звукозапису для більш об'ємного, яскравішого, прозорого, насиченого зі створенням якомога ширшого просторового враження від звучання інструментального та, більше вокального, колективу/соліста…» [21, с. 115].

Після остаточного мікшування і підготовки «плейбек»-фонограми до практичної роботи звукорежисер тепер має можливість, під час мистецького заходу, персонально оперувати звуковою матерією, – подавати через багатоканальний портальний мікшерний пульт раніше записані треки з програвача-рекордера або реально зіграні артистами музичні партії зі сцени в загальне концертне звучання, створюючи тим самим звукову картину творчого колективу або окремого соліста вокаліста/інструменталіста. Дотримуємось думки авторів [21, с. 118], – «концертний звукорежисер є центральною фігурою у створенні естрадного сценічного дійства», оперуючи інноваційними звукотехнічними засобами, а в сучасному вимірі цифровими технологіями звукорежисерської діяльності.

Цифрові звукові робочі станції або просто робоча станція характеризуються можливостями щодо накопичення, редагування, мастерингу, зведення, композиторської діяльності, аранжування та оркестрування для Mac/PC [22, с. 235]. Цифрові робочі станції можуть бути реалізовані як програмно, так і апаратно, причому історично

апаратні DAW з'явились раніше, ніж програмні. Інтегровані апаратні системи реалізовувались поєднанням мікшера, панелі керування, аудіоконвертера і пристрою збереження інформації. На програмному рівні робоча станція DAW реалізується у вигляді ПЗ (програмного забезпечення), що дозволяє записувати та редагувати звук на кількох незалежних одна від одної звукових доріжках, а також зводити їх в одне звукове ціле, тобто керувати процесом запису та обробки звуку. На просторах Інтернету є багато інформації щодо існування того чи іншого ПЗ DAW, їх властивостей та можливостей. Виокремлено операційні системи, типи плаґінів та файлів, що підтримуються різними програмами багатоканального зведення.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Сучасний культурно-мистецький простір характеризується взаємопроникненням мистецтва, техніки і технологій. Наявна традиційна класифікація видів звукорежисерської діяльності сформована за ознаками використання звукових технологій, оцінки якості фонограм, творчо-практичною діяльністю, творчо-технологічною інтерпретацією [14]. Остання для нас становить найбільший інтерес щодо можливостей сучасних технологічних засобів інтерпретації структури, форми й авторської концепції твору – на даному етапі розвитку суспільства і технологій це використання засобів ІТ: як класичного ПЗ DAW, так і засобів генеративного ШІ для створення, запису та мікшування музики. Під класичним ПЗ DAW ми розуміємо електронну систему, що призначена для запису і редагування цифрового аудіо з можливістю вільного маніпулювання із записаним звуком, підтримкою MIDI технології а також підтримкою різноманітних апаратних інтерфейсів. Основною відмінністю класичного ПЗ DAW від систем генеративного ШІ – робота відбувається з цифровими функціями задання характеристик звуку, а не з словесним (образним) описом заданих характеристик майбутнього треку: бажаним музичним супроводом, текстами пісень, вокалу та ін.

Аналізуючи можливості того чи іншого популярного ПЗ для роботи зі звуком ми виокремили вільно поширюване та пропрієтарне ПЗ. Серед вільно поширюваного ПЗ варто відзначити: Ardour, LMMS, MusE, Qtractor, Rosegarden, Traverso DAW; до пропрієтарних систем належить більше тридцяти. З категорії пропрієтарного ПЗ, на нашу думку, варто виокремити: Pro Tools, Logic Pro, Ableton Live, Cubase, FL Studio, Nuendo, Pyramix, Sequoia; серед вільно поширюваного: Ardour, Audacity, Jokosher, Tuxguitar, Sonar.

Основна властивість цифрових робочих станцій – можливість вільно маніпулювати із записаним звуком. Серед найбільш поширених операцій зі звуком у робочих станціях DAW можна виділити: запис, мікшування, редагування, зведення, підтримка додаткових плагінів обробки ефектами чи динамічного контролю, використання міді-доріжок, імпорт та експорт, а також підтримка деяких дій з відео. У таблиці 1 відзначено відповідність сучасного найбільш популярного ПЗ DAW характеристикам, що необхідні для роботи зі звуком. Основними критеріями відбору та класифікації ПЗ були функціональні можливості та доступність ПЗ.

Можливості *запису* в більшості DAW обмежені тільки обладнанням, на якому вона запущена. У них немає вбудованих програмних обмежень. Коли відбувається запис, система може автоматично компенсувати затримку, позиціонуючи записаний матеріал там, де він мав з'явитися при записі. Функції моніторингу передбачають моніторинг зовнішнім обладнанням (можливість, яка надається деякими звуковими картами). Деякі DAW дозволяють накладати ефекти на сигнал під час запису в реальному часі. Завдяки абстракції портів входу і виходу через звуковий сервер JACK (рекурсивний акронім від

JACK Audio Connection Kit) – систему для роботи з аудіо в реальному часі, – є можливість записувати не тільки сигнал із звукової карти, але і від будь-якої програми – синтезаторів, хостів ефектів та інструментів, модульних середовищ композиції тощо.

Під *редагуванням* музики розуміють підтримку зсуву, підгонки, розрізання і розтягування часу записаних ділянок з дозволом рівня семплів, а також дозвіл нашаровувати області звукових даних. У DAW вбудовано гнучкий редактор фейдів та інструмент розпізнавання темпу. Більшість DAW може зберігати історію змін разом з проєктом, так що зміни можна скасовувати і повертати при повторному відкритті проєкту. Разом з тим є й управління знімками.

Мікшування музики (або зведення музики) є процес, що перетворює сирі треки на відшліфований, цілісний і емоційно насичений фінальний продукт. На цьому етапі всі звукові компоненти пісні – записані аудіодоріжки, програмні та апаратні синтезатори, семпли – зливаються воєдино, щоб створити збалансоване, динамічне та захопливе звучання [23]. Як правило, усі DAW підтримують довільну кількість звукових доріжок та шин і систему маршрутизації чого завгодно куди завгодно. Всі параметри гучності, панорамування і параметри плагінів можуть бути автоматизовані. Всі операції мікшування і процедура зберігання семплів всередині виконуються в 32-розрядному форматі з плаваючою точкою для забезпечення високої точності і достовірності.

На фінальному етапі створення аудіотреку вже зведений трек доводять до професійного, комерційного звучання та готують до публікації. Один з найсуб'єктивніших і найскладніших етапів вимагає наявності фахівців високого класу з гарною теоретичною і практичною підготовкою, наявності апаратури високого класу, зокрема якісного звукового інтерфейсу, налагодженої моніторингової системи, спеціальної акустики, приміщення тощо [23].

Більшість DAW покладаються на систему *плагінів* для забезпечення багатьох можливостей – від обробки ефектами до динамічного контролю. VST (Virtual Studio Technology) – віртуальна студійна технологія – стандарт плагінів звукових ефектів та програмних синтезаторів [24]. Інструменти VST мають, як правило, власний інтерфейс, що забезпечує різноманітні контролери подібні до контролерів апаратних синтезаторів, якими музикант може керувати в реальному часі. LV2 – відкритий стандарт для плагінів (відкритий аналог VST). Також використовуються стандарти плагінів звукових ефектів AAX (Avid Audio Extension) та AU (Audio Units). Практичні приклади, як знаходити плагіни з репозитаріїв, як створювати екземпляри плагіна та як з'єднувати плагіни між собою можна знайти у [25].

Ключовим елементом у галузі електронних музичних інструментів, музичного виробництва та створення мультимедіа є технологія MIDI (*Musical Instrument Digital Interface* – цифровий інтерфейс музичних інструментів). У роботі [26] представлено теоретичні основи функціонування MIDI, детальний аналіз її технічних аспектів, протоколів зв'язку, форматів файлів та практичного використання в різних сферах. Основну увагу зосереджено на структурі MIDI-повідомлень, способі їх передачі, можливостях підключення до цифрових робочих станцій (DAW) та інших зовнішніх пристроїв. На практичних прикладах показано роботу з MIDI-послідовностями в DAW, інтерактивне керування блоками ефектів та синхронізація елементів сцени, що демонструє широкий спектр можливостей використання MIDI поза музичною сферою. MIDI представлено тут як універсальний інструмент для оптимізації виробництва, розширення творчих можливостей та точного керування різними компонентами мультимедійних виступів. Ця робота надає комплексний огляд технології MIDI, яка залишається ключовим інструментом у сучасній цифровій музиці та виконавському мистецтві [26].

Важливим також є підтримка *експортування* всього сеансу або частин сеансу, а також *імпортування* звукових фрагментів у сеанс більш ніж з 30 різних аудіоформатів. Це може бути виконане з вбудованого менеджера бази даних файлів або безпосередньо з оглядача файлів.

Вивчаючи можливості сучасних DAW щодо підтримки функцій *обробки відео* ми дійшли висновку, що не всі вони мають такі можливості. Така опція відсутня переважно у більшості безкоштовних вільно поширюваних DAW. У деяких останніх версіях з'явилась підтримка окремих дій з відео: накладання звуку на відео, покадровий перегляд, експорт і т. д.

Таблиця 1.

Характеристики ПЗ для роботи зі звуком

Назва ПЗ / Назва операції	Вільно поширюване ПЗ		Пропрієтарне ПЗ			
	Ardour	MusE	Pro Tools	Logic Pro	Ableton Live	Cubase
Запис	+	+	+	+	+	+
Мікшування	+	+	+	+	+	+
Редагування	+	+	+	+	+	+
Зведення	+	±	+	+	+	+
Додаткові плагіни	+ (VST/LV2)	+ (LV2/VST)	+ (AAX)	+ (AU)	+ (VST/AU)	+ (VST)
Підтримка міді-доріжок	+	+	+	+	+	+
Імпорт та експорт	+ (широкий набір форматів)	+	+	+	+	+
Підтримка дій з відео	+ (відео-трек для саундтрекингу)	± (обмежено через JACK)	+	+	± (можливо, але спрощено)	+ (доступно у Cubase SX)

Також у контексті нашого дослідження цікавим є ПЗ для роботи зі звуком – Audacity. Вважати його приналежниим до категорії DAW неможливо через відсутність двох основних їх операцій – мікшування та підтримки мідідоріжок. Також відсутня операція підтримки дій з відео. Саме через функціонал Audacity належить до аудіоредакторів.

Попри наявні функціональні можливості ПЗ DAW не позбавлене певних недоліків. Хоча вони й і зовсім незначні та суб'єктивні. Наприклад, відсутність деяких професійних функцій у вільно поширюваному ПЗ DAW у порівнянні з деякими пропрієтарними професійними аудіоредакторами є значним недоліком. Меншим недоліком може вважатись застарілий інтерфейс того чи іншого ПЗ або менш естетично привабливий порівняно з іншими програмами.

Вивчення досвіду використання вільно поширюваного та пропрієтарного ПЗ DAW, а також класичного ПЗ DAW та засобів генеративного ШІ для створення, запису та мікшування музики нами здійснювалось під час навчання здобувачів бакалаврського рівня спеціальностей 014.13 Середня освіта (Музичне мистецтво) та 025 Музичне мистецтво у Тернопільському національному педагогічному університеті імені Володимира Гнатюка. Участь здобувачів вищої освіти в експериментальному дослідженні відбувалась у межах вибіркової освітньої компоненти «Основи

звукорежисури» та протягом трьох навчальних років (2022/2025рр). Всього в опитуванні взяло участь 34 здобувачі.

Результати авторського опитування студентів засвідчили, що в навчальному процесі здобувачі вищої освіти у напрямку музичного мистецтва, окрім класичного ПЗ для створення, запису та зведення музики, використовують також ПЗ генеративного ШІ. Разом з тим використання ПЗ ШІ не є визначальним для здобувачів. Серед класичного ПЗ для створення, запису та мікшування музики респонденти відзначають Cubase (23,5%). Інструменти Pro Tools, Ableton Live, Sequoia, Logic Pro, Garage band рівнозначно актуальні для використання (5,9%) (див. рис.1). І лише 47,1% становить ПЗ ШІ у порівнянні з класичним ПЗ, що використовують у звукорежисерській роботі. Хоча у відповіді на запитання «На Вашу думку, для створення, запису та мікшування музики найкраще використовувати класичні програмні середовища чи середовища ШІ?» варто зазначити, що 94,1% відповідей було на користь класичного ПЗ.

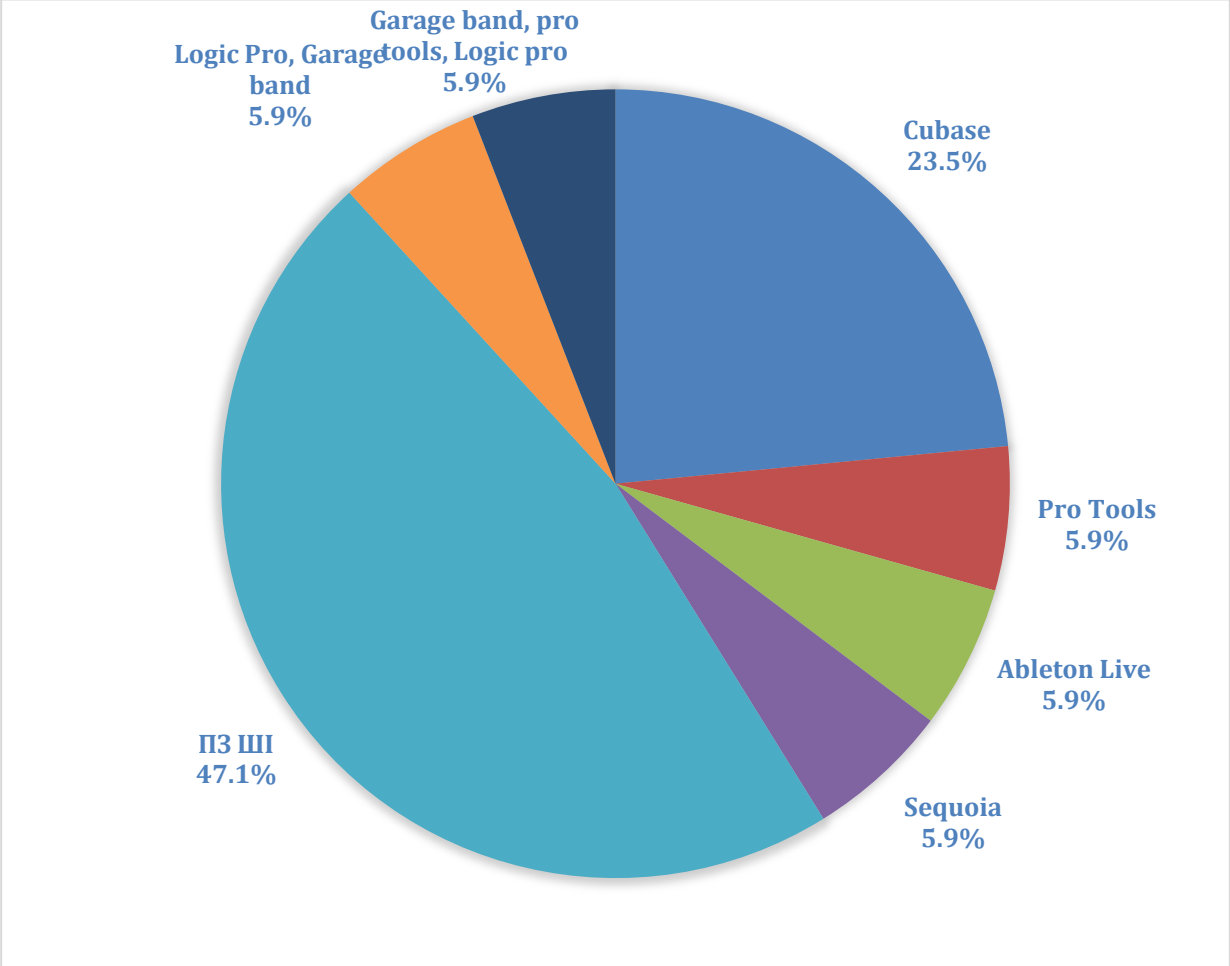

Рис. 1. Актуальність використання ПЗ для створення, запису та мікшування музики

У відповідях на запитання: «Яким ПЗ ШІ Ви користуєтесь для створення, запису та зведення музики?» здобувачі виокремили Udio і Suno (52,9%), MusicGPT (17,6%), Amadeus і Code Boomy (11,8%), Ecrett Music та інші (5,9%) (див. Рис.2).

Рис. 2. Актуальність використання ПЗ генеративного ШІ для створення музики

До переваг, на думку респондентів, що мають класичні ПЗ для створення, запису та мікшування музики над інструментами ШІ належать:

- повний контроль над творчим процесом;
- більше творчості, природності;
- живе звучання голосу, редагування та налаштування голосу;
- варіативність;
- тембр музичних інструментів і відчутна агогіка;
- звучить більш професійно;
- гнучкість і відповідність вашим запитам;
- наявність доріжок, редагування голосу, налаштування під себе.

Переваги використання інструментів ШІ для створення музики над класичними ПЗ для створення, запису та мікшування музики можна представити так (відповіді узагальнено з анкети опитування):

- швидкість створення треку;
- доступність ПЗ;
- легкість та здатність до експериментування звучання треку в різних музичних стилях;
- можна працювати без музичної освіти та задатків.

Наявність у кожного здобувача, що взяв участь в опитуванні, уже створених музичних треків з використанням ПЗ ШІ становить 52,9%. 29,4% опитаних підтвердили наявність власних створених треків з використанням класичного ПЗ. І лише 5,9% респондентів підтвердили спроби до експериментування щодо можливостей поєднання у процесі створення треків і за допомогою інструментів ШІ, і з використанням класичного ПЗ для створення, запису та мікшування музики.

Вільнопоширюване програмне забезпечення для обробки аудіо, обране нами для аналізу, містить Ardour, Audacity, MusE та ін., які вирізняються відкритим кодом і доступністю для широкого кола користувачів. Ardour і Audacity підтримують багатодоріжковий запис, редагування та мікшування, тоді як деякі інші ПЗ орієнтовані на простоту використання та спеціалізуються на створенні табулатур і MIDI. Відкритість вільно поширюваного ПЗ надає певної цілісності, яку важко знайти у пропрієтарному програмному забезпеченні, і допомагає розробникам зосередитись на проблемах і функціях, які важливі для користувачів такого типу ПЗ. Наголошуємо, що DAW призначені для багатоканального запису, обробки та мікшування звуку, а також

підтримки різноманітних апаратних інтерфейсів. Для прикладу, початковий код Ardour поширюється під ліцензією General Public License (GNU) (версії 2 або пізнішої) [27]. Професійне використання вимагає можливість вільно маніпулювати із записаним звуком, а також підтримки технології MIDI (*Musical Instrument Digital Interface*, цифровий інтерфейс музичних інструментів). ПЗ Ardour позиціонуєтьс як вільний аналог професійних засобів ProTools, Sequoia та ін.

General Public License (Загальна публічна ліцензія GPU або Загальна громадська ліцензія GNU) – одна з найпопулярніших ліцензій на вільне програмне забезпечення, створена Річардом Столменом для проєкту GNU. Часто її скорочено називають GNU GPL чи просто GPL, якщо з контексту зрозуміло, про яку ліцензію йдеться (існує чимало інших ліцензій зі словами «general public license» у назві). Мета GNU GPL – надання користувачеві прав на копіювання, зміни й розповсюдження програми та зобов'язань, згідно з якими користувачі всіх похідних від неї програм теж отримають ці права. Принцип «спадковості» таких прав називають «копілефт» (транслітерація англійського «*copyleft*»). На відміну від GPL, ліцензії на власницьке (пропрієтарне) ПЗ дуже рідко надають користувачеві такі права й переважно намагаються навпаки обмежити їх, наприклад, встановивши заборону на відновлення початкового коду. GPL – приклад сильної копілефт-ліцензії, яка вимагає, щоб усі похідні роботи були доступні на тих же умовах, що й оригінал. GPL надає одержувачам комп'ютерної програми права відповідно до визначення вільного програмного забезпечення й використовує копілефт, щоб гарантувати, що ці права будуть збережені навіть тоді, коли робота буде значно змінена чи до неї будуть додані будь-які частини. Це відрізняє її від дозвільних ліцензій на безплатне програмне забезпечення [27], прикладом яких є ліцензія BSD або ліцензія Apache.

GPL надає одержувачам комп'ютерних програм такі права, або «свободи»:

- свободу запуску програми з будь-якою метою;
- свободу вивчення того, як працює програма і її модифікації (попередньою умовою цього є гарантований доступ до початкового коду);
- свободу розповсюдження копій;
- свободу поліпшення програми й випуску поліпшень у публічний доступ (попередньою умовою цього є гарантований доступ до початкового коду).

Наявність такої ліцензії з одного боку спрощує доступ майбутнього музично-педагогічного фахівця до подібного типу ПЗ, а з іншого – висуває більші вимоги до його знань в галузі ІТ, що, своєю чергою, стимулює їх до використання пропрієтарного ПЗ.

На думку В. Є. Величко, впровадження вільного програмного забезпечення через специфіку його створення дозволяє активізувати навчально-пізнавальну діяльність під час виконання поданих нижче етапів:

1) локальна ініціатива із впровадження вільного програмного забезпечення, яка базується на факторах необхідності й можливості його використання;

2) аналіз існуючого досвіду використання вільного програмного забезпечення в навчальній діяльності;

3) аналіз стримуючих факторів використання вільного програмного забезпечення і пошук рішень з кожного з факторів;

4) пошук і експертна оцінка вільного програмного забезпечення із врахуванням можливих ризиків його використання;

5) технічна експертиза програмного забезпечення і відповідність заявлених вимог технічним характеристикам наявної обчислювальної техніки;

6) проведення пілотного проєкту з використання вільного програмного забезпечення, розробка методичного супроводу;

7) аналіз результатів пілотного проєкту і в разі їх позитивності розповсюдження набутого досвіду;

8) державна ініціатива із впровадження вільного програмного забезпечення, створення і розповсюдження методичного супроводу, підготовка й перепідготовка фахівців з його використання;

9) аналіз отриманих результатів і їх публікація [28, с. 104].

На відміну від вільно поширюваного ПЗ пропрієтарне аудіо ПЗ, таке як Pro Tools, Logic Pro та Ableton Live, пропонує професійний рівень функціональності для студійного виробництва. Pro Tools широко використовується в кіноіндустрії та телебаченні, тоді як Logic Pro орієнтований на екосистему Apple і має потужні засоби для MIDI та аудіоредагування. Ableton Live вирізняється унікальним режимом роботи «Session View», який дозволяє створювати композиції в реальному часі та широко застосовується в живих виступах.

Пропрієтарні DAW часто мають недоступність для інших систем або вищі вимоги до обладнання, що підштовхує користувачів шукати альтернативи. Для Windows існують такі замінники Logic Pro як Cubase, Reaper, FL Studio та Sonar, які забезпечують подібний робочий процес або набір інструментів. Отже, і вільнопоширюване, і пропрієтарне ПЗ мають свої переваги й обмеження, а вибір залежить від потреб користувача й бажаного рівня професійності.

Використання сучасних DAW та ПЗ ШІ цікаві для користувачів, які хочуть записувати, редагувати, мікшувати та освоювати аудіо та MIDI-проєкти. Цифрові інструменти дають можливість зосередитись на головних пріоритетах:

- повному контролі над інструментами (музикант, який грає на ретельно спроєктованому та добре створеному інструменті);
- точній синхронізації зразків і спільному керуванні транспортуванням за допомогою інструментів відтворення відео, що створює швидке та природне середовище для створення та редагування саундтреків для кіно- та відеопроєктів;
- навігації і впорядкуванні аудіо та MIDI за допомогою тих самих інструментів і того самого робочого процесу;
- використанні зовнішніх апаратних синтезаторів або програмних інструментів як джерел звуку;
- комплексному супроводі від звукового дизайну до електроакустичної композиції та щільного багатодоріжкового редагування MIDI з меншими затратами часу роботи над сеансом, щоб виконати все за власним бажанням;
- інтегрованому пошуку на freesound.org, що забезпечує легкий доступ до тисяч кліпів і джинглів.

Функціональна можливість класичного ПЗ DAW та ПЗ генеративного ШІ для створення, запису та мікшування музики робить їх універсальними цифровими засобами у підготовці вчителя музичного мистецтва, що поєднує у своїй майбутній професійній діяльності функції звукоінженера, музиканта, редактора саундтреків, композитора, подкастера та радіопродюсера.

4. ВИСНОВКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Використання сучасних цифрових технологій у музично-педагогічній діяльності вчителя музичного мистецтва сучасної школи вносить корективи у процес його підготовки, що має відбуватися «на випередження» із забезпеченням формування комплексної фахової готовності до майбутньої музично-педагогічної діяльності. Сучасний педагог-музикант має володіти не лише виконавськими та педагогічними

компетентностями, але й навичками роботи з музичним обладнанням, технологіями звукозапису, акустики та цифровими інструментами обробки звуку. Це зумовлює необхідність інтеграції елементів звукорежисури у зміст фахової підготовки здобувачів мистецьких спеціальностей у закладах вищої освіти.

Поява нового і більш сучасного ПЗ DAW та ПЗ генеративного ШІ для створення, запису та мікшування музики, які стали основою предметної інструментальної трансформації звукорежисерської діяльності, висувають якісно нові вимоги до підготовки вчителя музичного мистецтва для здійснення ним своєї майбутньої музично-педагогічної професійної діяльності. Використання цифрових технологій звукорежисерської діяльності у процесі професійної підготовки вчителя музичного мистецтва сприяє формуванню інформаційно-цифрової компетентності відповідно стандарту вчителя закладу загальної середньої освіти [29]. Аналіз функціональних можливостей ПЗ DAW показав, що ПЗ звукорежисури (Ardour, MusE, Pro Tools, Logic Pro, Ableton Live, Cubase, Audacity та ін.) створюють широкі можливості для організації освітнього процесу, розвитку творчого потенціалу студентів та формування практичних навичок роботи зі звуком.

Ознайомлення здобувачів з вільно поширюваним і пропрієтарним ПЗ звукорежисерської діяльності є вимогою часу, що неможливо без детального вивчення функціональних можливостей і виокремлення специфічних їх характеристик як цифрових засобів для запису, мікшування, редагування, мастерингу, використання додаткових плагінів, підтримки міді-доріжок та підтримки дій з відео.

Вільно поширюване програмне забезпечення для роботи зі звуком охоплює такі інструменти, як Ardour, Jokosher і TuxGuitar. Ardour вирізняється відкритим кодом і функціональністю, що дозволяє здійснювати багатоканальний запис, мікшування та редагування аудіо з підтримкою MIDI. Audacity є найпоширенішим безкоштовним редактором, що забезпечує багатодоріжковий монтаж, роботу з популярними аудіоформатами та застосування численних ефектів, що орієнтовані на простоту використання, пропонуючи студійне редагування, табулатури та можливості імпорту MIDI. Усе це ПЗ поширюється за ліцензіями GNU GPL або LGPL, які надають користувачам свободу запуску, модифікації, копіювання та розповсюдження програмного забезпечення. Ліцензії типу GPL гарантують прозорість коду та забезпечують спадковість прав для похідних продуктів. Відкритий формат, широта спільноти розробників і користувачів сприяють постійному їх розвитку та створюють альтернативу професійним і дорогим комерційним цифровим станціям.

Пропрієтарні рішення, такі як Pro Tools, Logic Pro та Ableton Live, широко використовується в кіно, телебаченні та музичному продакшні, традиційно розглядаються як стандарти у професійній звукорежисерській діяльності, пропонуючи високий рівень стабільності роботи та інтеграції зі спеціалізованим обладнанням цифрових інструментів, дозволяють створювати музику в реальному часі і є особливо популярними серед діджеїв і виконавців. Logic Pro орієнтований на екосистему Apple і забезпечує широкі можливості для MIDI-секвенсингу та творчого музикування. Оскільки Logic Pro доступний лише для macOS, користувачі Windows користуються його альтернативами, серед яких Cubase, Reaper, FL Studio та Sonar. Cubase забезпечує широкий спектр професійних функцій та підтримується активною спільнотою, оскільки дозволяє гнучко налаштовувати робочий процес через зручний інтерфейс і численні вбудовані інструменти, придатні для різних жанрів і рівнів підготовки користувачів.

Наведений аналіз процесу звукорежисури та відповідного ПЗ є надзвичайно корисний для вчителя музичного мистецтва, оскільки дозволяє обирати доступні та ефективні цифрові інструменти, що постійно модифікуються і збагачуються, об’єктивно віддзеркалюючи зміни в художній культурі. Знання про вільно поширюване ПЗ дає

можливість організовувати роботу учнів без додаткових фінансових витрат. Використання ПЗ DAW та ПЗ генеративного ШІ для створення, запису та мікшування музики допомагає розвивати у здобувачів навички редагування звуку, роботи з нотним матеріалом та основи звукозапису, розширює коло творчих можливостей майбутнього вчителя музичного мистецтва та сприяє впровадженню сучасних цифрових технологій звукорежисури в освітній процес. Разом з тим не все в процесі звукорежисерської практики і звукозапису залежить тільки від технічного сторони справи, адже технікою керує людина, і зрозуміло, що від її знань, умінь і навичок залежить якість звукового оформлення. Головним для звукорежисера залишається сама творчість, її унікальна змістовність та образна суть. Здатність поєднання класичних цифрових інструментів для звукорежисури та систем генеративного ШІ для створення музики з відповідно описаним бажаним музичним супроводом, текстами пісень, вокалу та ін. дає можливість для створення більш об'ємного, яскравого, прозорого, насиченого, якомога ширшого просторового враження від інструментального чи вокального звучання і колективу в цілому.

Результати експериментального дослідження свідчать, що здобувачі активно використовують класичне ПЗ DAW у процесі створення та редагування музичного матеріалу, водночас виявляють зростаючий інтерес до інструментів генеративного ШІ. Такі технології відкривають нові можливості для експериментування, генерації музичних ідей та оптимізації творчого процесу, однак вони поки що не можуть повністю замінити традиційні професійні інструменти звукорежисури, які забезпечують повний контроль над параметрами звучання та художнім результатом. Така інтеграція сприятиме формуванню сучасного педагога-музиканта, здатного створювати якісний аудіоконтент, організовувати музично-освітні та мистецькі проєкти, використовувати цифрові технології у навчальному процесі та ефективно адаптуватись до динамічних змін у сфері музичної культури й освіти.

На сьогодні можна стверджувати, що в сучасному світі звукорежисура є невід'ємною частиною і необхідним компонентом мистецько-педагогічного простору сучасного вчителя музичного мистецтва, яка має специфічні цифрові засоби художньої виразності. Розробка дидактичних умов використання цифрових технологій не лише у звукорежисерській діяльності, а й при підготовці до різноманітних видів музично-педагогічної діяльності, у системі підготовки майбутніх учителів музичного мистецтва у педагогічних закладах вищої освіти становитиме перспективи наших подальших розвідок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

[1] А. Г. Болгарський, «Сучасні проблеми підготовки майбутнього вчителя музичного мистецтва до роботи в загально-освітній школі», *Науковий Часопис НПУ Імені М П Драгоманова*, вип. № 18, с. 67-82, 2015, [Електронний ресрс]. Доступно: http:// nbuv.gov.ua/UJRN/Nchnpu_014_2015_18_21

[2] С. Чернега, «Методика формування звукорежисерських умінь майбутніх учителів музичного мистецтва у процесі фахової підготовки», Магістерська робота, Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича, Чернівці, 2023. [Електронний ресрс]. Доступно: https://archer.chnu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/9066/educ_2024_170.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[3] K. Devine and A. Boudreault-Fournier, Editor, *Audible Infrastructures: Music, Sound, Media*. Oxford University Press, 2021. doi: 10.1093/oso/9780190932633.001.0001.

[4] М. Ужинський, *Мистецтво звукорежисури : метод. вказівки до виконання практ. та самост. роботи для студентів спец. 025 «Муз. мистецтво» освітньої програми «Муз. мистецтво. Комп'ютерно-електронна музика»*. Рівнен. держ. гуманіт. ун-т, І-т мистецтв, каф. естрадної музики: РДГУ, 2022.

[5] Л. Г. Гаврілова, «Принципи формування професійної компетентності майбутніх учителів музики засобами мультимедійних технологій», *Інформаційні технології і засоби навчання*, вип. 46, № 2, с. 45-55, Квіт. 2015, doi: 10.33407/itlt.v46i2.1210.

[6] О. Рибніков, «Педагогічні умови формування готовності майбутніх вчителів музики до використання цифрового електронного музичного інструментарію у професійній діяльності», *Проблеми підготовки сучасного вчителя*, вип. № 6, вип. Ч. 2, с. 168–175, 2012, Дата звернення: 09, Січень 2026. [Електронний ресрс]. Доступно: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILA=&2_S21STR=ppsv_2012_6(2)__25

[7] О. М. Рибніков, «Педагогічна діагностика рівнів готовності майбутніх учителів музики до використання цифрового електронного музичного інструментарію у професійній діяльності», *Сучасні Стратегії Університетської Освіти Якісний Вимір Матер Міжнар Наук-Практ Конф 28-29 Березня*, с. 760–768, Бер 2012, Дата звернення: 11, Січень 2026. [Електронний ресрс]. Доступно: https://elibrary.kubg.edu.ua/id/eprint/10739/

[8] G. R. Greher and J. M. Heines, «Computational Thinking in Music Courses How to Get Artsy Types to Start Thinking like Geeks and Vice Versa», в *Computational Thinking in Sound: Teaching the Art and Science of Music and Technology*, G. R. Greher and J. M. Heines, Editor, Oxford University Press, 2014, pp. 3-20. doi: 10.1093/oso/9780199826179.003.0006.

[9] G. R. Greher and J. M. Heines, *Computational Thinking in Sound: Teaching the Art and Science of Music and Technology*. Oxford University Press, 2014. doi: 10.1093/oso/9780199826179.001.0001.

[10] H. V. Fuchs and X. Zha, «Requirement for low-frequency reverberation in spaces for music: Part 1: Smaller rooms for different uses», *Psychomusicology Music Mind Brain*, Vol. 25, no. 3, pp. 272-281, 2015, doi: 10.1037/pmu0000088.

[11] L. Marzola, «The Fundamentals: Technical Education in the Chaos of Sound», in *Engineering Hollywood: Technology, Technicians, and the Science of Building the Studio System*, L. Marzola, Editor, Oxford University Press, 2021, pp. 136-163. doi: 10.1093/oso/9780190885588.003.0006.

[12] А. Бондарчук, «Методи розвитку звукорежисерських навичок майбутніх вчителів музичного мистецтва», *Інноваційна педагогіка*, вип. 55, № 1, с. 113–116, 2023, doi: 10.32782/2663-%206085/2023/55.1.22.

[13] О. М. Коваленко, «Особливості використання цифрових аудіо робочих станцій, призначених для створення електронної музики в умовах неформальної освіти дорослих», *Інформаційні технології і засоби навчання*, вип. 53, вип. 3, с. 178-196, Лип. 2016, doi: 10.33407/itlt.v53i3.1428.

[14] М. Ужинський, «До питання становлення професії ‘Звукорежисер’ в Україні», *Українська культура: минуле, сучасне, шляхи розвитку*, вип. 40, с. 120–125, Чер 2022, doi: 10.35619/ucpmk.vi40.536.

[15] Г. О. Десятник і С. В. Бадіон, *Професія: звукорежисер: тексти лекцій*, Інститут журналістики КНУ. Київ, 2019. [Електронний ресрс]. Доступно: https://ktm.journ.knu.ua/wp-content/uploads/2020/02/Profesiia-zvukorezhyser-verstka-konvertyrovan.pdf

[16] J. Ashbourn, «The Use of Digital Audio Workstations and the Impact on Music», springerprofessional.de. Accessed: 16 January 2026. [Електронний ресрс]. Доступно: https://www.springerprofessional.de/en/the-use-of-digital-audio-workstations-and-the-impact-on-music/18682448

[17] S. Giddings, «Digital Audio Workstations», in *Technology for Unleashing Creativity: Practical Tips and Tools for Music Educators*, S. Giddings, Editor, Oxford University Press, 2022, pp. 38-63. doi: 10.1093/oso/9780197570739.003.0005.

[18] S. Zagorski-Thomas, «Wired for Sound: Engineering and Technologies in Sonic Cultures. Ed. by Paul D. Greene and Thomas Porcello. pp. viii + 288. (Wesleyan University Press, Middletown, Conn., 2005, $65.95/$24.95. ISBN 0-8195-6516-4/-6517-2.)», *Music Lett.*, Vol. 87, no. 4, с. 694–697, November 2006, doi: 10.1093/ml/gcl011.

[19] C. A. N. Mazlan *et al.*, «Artificial intelligence applications and pedagogical challenges in music education», *Discov. Educ.*, Vol. 5, no. 1, p. 140, January 2026, doi: 10.1007/s44217-026-01127-3.

[20] W. Slaten, «Doing Sound: An Ethnography of Fidelity, Temporality and Labor among Live Sound Engineers», Ph.D., Columbia University, United States -- New York, 2018. Accessed: 17 December 2024. [Електронний ресрс]. Доступно: https://www.proquest.com/docview/2034418672/abstract/B7CD601C76FF463APQ/1

[21] М. Ужинський і О. Сметана, «Специфіка застосування фонограми в естрадній музиці», *Збірник наукових праць «Мистецтвознавчі записки»*, вип. 44, с. 113–118, 2023, doi: 10.32461/2226-2180.44.2023.293929.

[22] D. M. Huber and R. E. Runstein, *Modern Recording Techniques*, вип. Seventh Edition. Oxford: Elsevier, 2010. doi: 10.4324/9780080928036.

[23] D. Gibson, *The Art of Mixing: A Visual Guide to Recording, Engineering, and Production*, 3rd edition. New York: Routledge, 2019. doi: 10.4324/9781351252225.
[24] B. Andrei, M. V. Merino, and I. Malavolta, «The Ecosystem of Open-Source Music Production Software – A Mining Study on the Development Practices of VST Plugins on GitHub», в *2025 IEEE/ACM 22nd International Conference on Mining Software Repositories (MSR)*, April 2025, с. 513-525. doi: 10.1109/MSR66628.2025.00085.
[25] M. Buffa, J. Lebrun, J. Kleimola, O. Larkin, G. Pellerin, and S. Letz, «WAP: Ideas for a Web Audio Plug-in Standard», в *Proceedings of the 4th WebAudio Conference, Berlin, 2018*, Berlin, France: TU Berlin, Sept. 2018. Date of access: 26, March 2026. [Електронний ресрс]. Доступно: https://univ-cotedazur.hal.science/hal-01893660
[26] L. Pech, «Technologie MIDI a její možná využití», 2025, Date of access: 26, March 2026. [Online]. Available at: https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/198684
[27] «Estimating Linux's Size». Accessed: 16 January 2026. [Електронний ресрс]. Доступно: https://dwheeler.com/sloc/redhat62-v1/redhat62sloc.html
[28] В. Є. Величко, «Стратегія впровадження вільного програмного забезпечення в процесі підготовки вчителів математики, фізики та інформатики», *Інформаційні технології і засоби навчання*, вип. 50, вип. 6, Art. вип. 6, 2015, doi: 10.33407/itlt.v50i6.1293.
[29] МОН України, «Про затвердження професійного стандарту 'Вчитель закладу загальної середньої освіти'». Дата звернення: 16, Лютий 2026. [Електронний ресрс]. Доступно: https://mon.gov.ua/npa/pro-zatverdzhennia-profesiinoho-standartu-vchytel-zakladu-zahalnoi-serednoi-osvity

Матеріал надійшов до редакції 29.12.2025 р.

DIGITAL SOUND ENGINEERING TECHNOLOGIES IN THE TRAINING OF PRE-SERVICE MUSIC TEACHERS: SOFTWARE REVIEW AND APPLICATION EXPERIENCE

Nazariy Leshchuk
Assistant of the Department of Musicology and Methods of Musical Art,
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
Ternopil, Ukraine
ORCID ID 0000-0002-5204-4852
nazar.leshchuk423@gmail.com

Bogdan Buyak
Doctor of Philosophy, Professor, Rector
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
Ternopil, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-1496-7573
buyak.bogdan@tnpu.edu.ua

Hryhoriy Tereshchuk
Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Vice-Rector
Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University,
Ternopil, Ukraine
ORCID ID 0000-0003-1717-961X
g.tereschuk@tnpu.edu.ua

Abstract. The article investigates the problem of forming sound engineering activity of a teacher of music in the conditions of digitalization of modern music education. The need to expand the professional training of music teachers through mastering modern sound engineering technologies that combine artistic, technical and information components is substantiated. The theoretical principles of sound engineering as an interdisciplinary phenomenon that combines musical art, technical means of sound recording and modern information technologies are revealed. The functional capabilities of digital audio workstations (Digital Audio Workstations – DAW) as the main tools of modern sound engineering are analyzed, in particular Ardour, MusE, Pro Tools, Logic Pro, Ableton Live, Cubase, Audacity and others. A comparative analysis of freely distributed and proprietary software is carried out according to the main characteristics: recording, mixing, editing, mixing, support for plugins, MIDI tracks, import and export of audio files, work with video. The

possibilities of using plugin standards (VST, LV2, AAX, AU) and MIDI technology in the process of creating and processing musical material are also considered. The results of an experimental study conducted among applicants for specialties 014.13 "Secondary Education (Musical Art)" and 025 "Musical Art" are presented. The study studied the practice of using DAW and generative artificial intelligence (AI) programs. It was found that students mainly use classical DAWs to work with sound, the main advantages of which include: full control over the creative process, flexibility of settings, professional sound quality. At the same time, they show significant interest in modern generative AI tools that allow them to quickly generate musical ideas and experiment with the stylistics of musical material. It is shown that the integration of classical sound engineering software environments and AI technologies opens up new opportunities in the process of professional training of music teachers. The development of didactic conditions for the use of digital technologies for sound engineering activities in the system of training future teachers of music will be the prospects of our further explorations.

Keywords: Digital Sound Engineering Technologies; Digital Audio Workstation (DAW); Sound Engineering; Generative Artificial Intelligence Systems; Music Teacher.

REFERENCES (TRANSLATED AND TRANSLITERATED)

[1] A. G. Bolgarsky, “Modern problems of training future teachers of music to work in a general education school”, *Scientific Journal of the National University named after M. P. Dragomanov*, vol. 18, pp. 67-82, 2015. (in Ukrainian)

[2] S. Chernega, “*Methodology of forming sound engineering skills of future teachers of music in the process of professional training*”, Master's thesis, Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, Chernivtsi, 2023. [Online]. Available: https://archer.chnu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/9066/educ_2024_170.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Accessed on: Desember. 10, 2025 (in Ukrainian)

[3] K. Devine and A. Boudreault-Fournier, *Audible Infrastructures: Music, Sound, Media*. Oxford University Press, 2021. doi: 10.1093/oso/9780190932633.001.0001. (in English)

[4] M. Uzhynsky, *The art of sound engineering: methodical instructions for practical and independent work for students of special education. 025 "Musical Art" of the educational program "Musical Art. Computer-Electronic Music"*. Rivne. State Humanities. Univ., Institute of Arts, Department of Pop Music: RDGU, 2022. (in Ukrainian)

[5] L. H. Havrilova, “Principles of forming professional competence of future music teachers using multimedia technologies”, *Inf. Technol. Learn. Tools*, vol. 46, no. 2, pp. 45-55, April 2015, doi: 10.33407/itlt.v46i2.1210. Accessed on: Desember. 10, 2025 (in Ukrainian)

[6] O. Rybnikov, “Pedagogical conditions for the formation of readiness of future music teachers to use digital electronic musical instruments in professional activities”, *Problems of training of a modern teacher*, vol. № 6, vol. Ch. 2, pp. 168-175, 2012. (in Ukrainian)

[7] O. M. Rybnikov, “Pedagogical diagnostics of the levels of readiness of future music teachers to use digital electronic musical instruments in professional activities”, *Modern Strategies of University Education Qualitative Dimension*, Mater International Science-Practice Conf 28-29 March, pp. 760-768, Mar 2012. (in Ukrainian)

[8] G. R. Greher i J. M. Heines, «Computational Thinking in Music Courses How to Get Artsy Types to Start Thinking like Geeks and Vice Versa», in *Computational Thinking in Sound: Teaching the Art and Science of Music and Technology*, G. R. Greher i J. M. Heines, Edit., Oxford University Press, 2014, pp. 3-20. doi: 10.1093/oso/9780199826179.003.0006. (in English)

[9] G. R. Greher i J. M. Heines, *Computational Thinking in Sound: Teaching the Art and Science of Music and Technology*. Oxford University Press, 2014. doi: 10.1093/oso/9780199826179.001.0001. (in English)

[10] H. V. Fuchs i X. Zha, «Requirement for low-frequency reverberation in spaces for music: Part 1: Smaller rooms for different uses», *Psychomusicology Music Mind Brain*, vol. 25, no. 3, pp. 272-281, 2015, doi: 10.1037/pmu0000088. (in English)

[11] L. Marzola, «The Fundamentals: Technical Education in the Chaos of Sound», in *Engineering Hollywood: Technology, Technicians, and the Science of Building the Studio System*, L. Marzola, Edit., Oxford University Press, 2021, P. 136-163. doi: 10.1093/oso/9780190885588.003.0006. (in English)

[12] A. Bondarchuk, “Methods for Developing Sound Engineering Skills of Future Music Teachers”, *Innovative Pedagogy*, vol. 55, no. 1, pp. 113-116, 2023, doi: 10.32782/2663-%206085/2023/55.1.22. (in Ukrainian)

[13] O. M. Kovalenko, “Features of using digital audio workstations designed for creating electronic music in non-formal adult education,” *Inf. Technol. Learn. Tools*, vol. 53, no. 3, pp. 178-196, Jul 2016, doi: 10.33407/itlt.v53i3.1428. (in Ukrainian)

[14] M. Uzhynsky, “On the question of the formation of the profession ‘Sound engineer’ in Ukraine”, *Ukrainian culture: past, present, development paths*, vol. 40, pp. 120-125, Jun 2022, doi: 10.35619/ucpmk.vi40.536. (in Ukrainian)

[15] G. O. Desyatnik and S. V. Badion, *Profession: sound engineer: lecture texts, Institute of Journalism of the Kyiv National University*. Kyiv, 2019. [Online]. Available: https://ktm.journ.knu.ua/wp-content/uploads/2020/02/Profesiia-zvukorezhyser-verstka-konvertyrovan.pdf. Accessed on: Desember. 10, 2025 (in Ukrainian)

[16] J. Ashbourn, «*The Use of Digital Audio Workstations and the Impact on Music*», springerprofessional.de. Retrieved 11 January 2026. [Online]. Available: https://www.springerprofessional.de/en/the-use-of-digital-audio-workstations-and-the-impact-on-music/18682448. (in English)

[17] S. Giddings, «Digital Audio Workstations», in *Technology for Unleashing Creativity: Practical Tips and Tools for Music Educators*, S. Giddings, Oxford University Press, 2022, pp. 38-63. doi: 10.1093/oso/9780197570739.003.0005. (in English)

[18] S. Zagorski-Thomas, «Wired for Sound: Engineering and Technologies in *Sonic Cultures*. Ed. by Paul D. Greene and Thomas Porcello. pp. viii + 288. (Wesleyan University Press, Middletown, Conn., 2005, $65.95/$24.95. ISBN 0-8195-6516-4/-6517-2.)», Music Lett., vol. 87, no. 4, pp. 694-697, November 2006, doi: 10.1093/ml/gcl011. (in English)

[19] C. A. N. Mazlan *et al.*, «Artificial intelligence applications and pedagogical challenges in music education», *Discov. Educ.*, vol. 5, no. 1, p. 140, January 2026, doi: 10.1007/s44217-026-01127-3. (in English)

[20] W. Slaten, “*Doing Sound: An Ethnography of Fidelity, Temporality and Labor among Live Sound Engineers*”, Ph.D., Columbia University, United States -- New York, 2018. Accessed: 17, December 2024. [Online]. Available: https://www.proquest.com/docview/2034418672/abstract/B7CD601C76FF463APQ/1. Accessed on: Desember. 10, 2025 (in English)

[21] M. Uzhinsky and O. Smetana, “Specifics of the use of phonograms in pop music”, *Collection of scientific works “Artistic notes”*, vol. 44, pp. 113-118, 2023, doi: 10.32461/2226-2180.44.2023.293929. (in Ukrainian)

[22] D. M. Huber і R. E. Runstein, Modern Recording Techniques, *Seventh Edition*. Oxford: Elsevier, 2010. doi: 10.4324/9780080928036. (in English)

[23] D. Gibson, *The Art of Mixing: A Visual Guide to Recording, Engineering, and Production*, 3rd edition. New York: Routledge, 2019. doi: 10.4324/9781351252225. (in English)

[24] B. Andrei, M. V. Merino, and I. Malavolta, «The Ecosystem of Open-Source Music Production Software – A Mining Study on the Development Practices of VST Plugins on GitHub», in *2025 IEEE/ACM 22nd International Conference on Mining Software Repositories (MSR)*, April 2025, pp. 513-525. doi: 10.1109/MSR66628.2025.00085. (in English)

[25] M. Buffa, J. Lebrun, J. Kleimola, O. Larkin, G. Pellerin, and S. Letz, «WAP: Ideas for a Web Audio Plug-in Standard», in *Proceedings of the 4th WebAudio Conference, Berlin, 2018*, Berlin, France: TU Berlin, September 2018. Accessed: 26, March 2026. [Online]. Available: https://univ-cotedazur.hal.science/hal-01893660. (in English)

[26] L. Pech, «*MIDI Technology and Its Possible Uses*», 2025, Accessed: 26, March 2026. [Online]. Available at: https://dspace.cuni.cz/handle/20.500.11956/198684. (in Czech)

[27] «*Estimating Linux’s Size*». Accessed: 16, January 2026. [Online]. Available :https://dwheeler.com/sloc/redhat62-v1/redhat62sloc.html. (in English)

[28] V. Y. Velychko, “Strategy for the implementation of free software in the process of training teachers of mathematics, physics and computer science”, *Inf. Technol. Learn. Tools*, vol. 50, no. 6, Art. no. 6, 2015, doi: 10.33407/itlt.v50i6.1293. Accessed on: Desember. 10, 2025. (in Ukrainian)

[29] Ministry of Education and Science of Ukraine, “*On approval of the professional standard ‘Teacher of a general secondary education institution’*”. Date of application: 16, February 2026. [Online]. Available: https://mon.gov.ua/npa/pro-zatverdzhennia-profesiinoho-standartu-vchytel-zakladu-zahalnoi-serednoi-osvity. (in Ukrainian)

(cc) BY-NC-SA

This work is licensed under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License.