

Впровадження семпл-інжинірингу як технології аранжування у підготовці майбутнього вчителя музичного мистецтва

Мельниченко Віталій Григорович¹

Державний заклад «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського», Одеса, Україна

E-mail: vymm.rec@gmail.com

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-0942-6078>

У статті розглянуто можливості впровадження технології семпл-інжинірингу в процес підготовки студентів – майбутніх учителів музичного мистецтва. Простежено історичну тенденцію до видобування нової фактури музичного звука, що надає можливість композиторам академічних жанрів втілювати у своїх творах актуальні зміст та образи. Розглянуто становлення технології штучного вироблення нетрадиційних тембрів звука, пов'язану з відкриттями в галузі видобування музичного звука за допомогою електрики, синтезу звука, а потім з якісним стрибком в мікропроцесорній техніці, суттєвим збільшенням обсягу і швидкості обробки інформації, знахідками в галузі прикладних музичних програм, появою ідеї семплірування та використання семплу як базового елементу синтезатора. У загальних рисах розглядаються будівельний матеріал штучного синтезованого звука (перетворення електричної синусоїди на п'ять основних музичних хвильоформ), винахід семплеру та його включення у процес ускладнення принципу видобування штучного музичного та шумового звука. Представлено принципові особливості технології семпл-інжинірингу, побудованої на засадах перетворення аналогової звукової частоти у цифрову без відчутної втрати якості звука та головні етапи-завдання використання технології семпл-інжинірингу в освітньому процесі. Обґрунтовано необхідність упровадження вивчення технології семпл-інжинірингу у навчання майбутніх учителів музичного мистецтва, її доцільність і перспективність, що допоможе їм не тільки спростити роботу з пісенним матеріалом шкільного репертуару, домогтися професійного його звучання, але й розвинути власні творчі здібності, які допоможуть майбутнім вчителям музичного мистецтва у подальшій професійній діяльності.

Ключові слова: вчитель музичного мистецтва, аранжування, синтез звука, семпл, музична інформатика, технологія семпл-інжинірингу.

Вступ. Стаття присвячена питанням розвитку і збагачення творчих можливостей студентів педагогічного університету доступними їм засобами комп'ютерного використання сучасних технологій обробки звука, які стають інструментом творчої педагогічної діяльності.

Мета та завдання дослідження. Мета статті – розглянути концепцію семпл-інжинірингу в історичному та технічному аспектах, а також зазначити можливості практичного застосування нової технології аранжування музичного матеріалу майбутніми вчителями музичного мистецтва.

Семпл-інжиніринг – явище відносно нове, воно виникло на межі XX і XXI століть. На сьогодні воно не отримало належного осмислення в ракурсах історії мистецтва, техніки музичної творчості та музично-педагогічного потенціалу. Втім, ідеї застосування в музичній освіті електронної звукової техніки та комп'ютерного моделювання музики, які є засадничими в семпл-інжинірингу, вже обговорюються у професійній літературі.

Теоретичні та практичні проблеми використання електронного звука розглядаються в роботах А. Володіна (Володін, 1979), Г. Гараняна (Гаранян, 1983), С. Павлішин (Павлішин, 2000), С. Шипа (Шип, 1984) та ін. Ряд авторів приділяють спеціальну увагу апаратурі для створення електронних звуків (Володін, 1979; Газарян, 1983; Петелін, 1997). Техніку отримання електронного звука в 50-х-70-х роках минулого століття справедливо називали революційною. А наш час є не менше підстав для аналогічної характеристики науково-технічних винаходів у цій галузі, що були зроблені на межі століть, які дозволили музикантам-практикам упритул підійти до апаратного забезпечення семпл-інжинірингу.

Спіраючись на роботи Дж. Демерса (Demers, 2010), С. Джорда (Jorda, 2002), К. Доджа і Дж. Джерсі (Dodge, Jerse, 1985), В. Камінського (Камінський, 2001), Е. Артем'єва (Артем'єв, 1998), Дж. Пірса (Pierce, 1992), Дж. Чедейба (Chadabe, 1997) тощо, розглядаємо явище семпл-інжинірингу з історичного і технологічного погляду. Почнемо з констатації загальноприйнятої тези про те, що шлях

¹ старший викладач кафедри теорії музики і вокалу Державного закладу «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського»

розвитку музичного мистецтва нерозривно пов'язаний із пошуками нових художньо-виразних засобів, прийомів композиції, а також звукового матеріалу. Можна вказати на цілу низку причин, які зумовлюють подібний пошук, наприклад: інтерес музикантів до звукообразності; потреба в потужних, гучних звуках, що відповідають монументальним жанрам; необхідність втілення оригінального композиторського задуму; прагнення винайти якийсь художньо виправданий музично-звуковий «фокус». Так чи так, музиканти постійно експериментують і шукають нові поєднання тембрів, нові прийоми звуковидобування, нові інструменти.

Натомість упродовж майже дванадцяти століть розвитку професійної європейської музичної культури, починаючи з кінця VII і до середини XIX століть, принципово нових ідей щодо збагачення тембрової палітри музичного твору було висунуто відносно небагато. І тільки, починаючи з XX століття, стрімко виникає безліч наукових і технічних винаходів, у тому числі – і в галузі матерії звука. У зв'язку з цим перед музикантами відкрилися широкі можливості для творчих експериментів (Петелін, 1997).

Один напрям пошуків щодо кількісного і якісного збагачення бази музичних тембрів був пов'язаний з освоєнням феномена електрики. Суттєві зрушення в цій галузі відбулися в 1897 році, які визнаються науковцями як знаменна подія. Йдеться про те, що два однотипних по суті явища – звук і електрика, були вперше об'єднані американським винахідником Тадеушем Кахіллоном в електрооргані (телармоніумі, англ. Telharmonium) (Артем'єв, 1998; Газарян, 1989; Шип, 1984).

Не менш важливо, що наприкінці XIX століття формується прикладне відгалуження акустики – електроакустика, в межах якої вивчаються можливості фіксації і відтворення звука за допомогою механічних (електричних) пристосувань з мінімальною втратою якості. В результаті промисловість освоєє випуск побутової техніки, яка відтворює записаний звук за допомогою електрики, що, у свою чергу, змушує науку шукати більш досконалі рішення задачі переданні звука (Павлишин, 2000).

У 1920 році російський учений Лев Термен винаходить перший музичний інструмент, який працює за принципом перетворення електромагнітних коливань у звукові – «терменвокс». Цей історичний момент справедливо вважається відправною точкою розвитку технології отримання звукового простору за допомогою електрики, власне – початком ери електронної музики (Володін, 1979; Термен, 1966). За менше ніж сто років людство зробило гігантський стрибок в освоєнні електронного звука. Цей період електричної «звукової революції» можна розбити на три технологічних етапи: синтез звука, «семплірування» і «семпл-інжиніринг». Розглянемо більш докладно кожен із зазначених етапів.

Синтезування звука. Відкриття Льва Термена спонукало музикантів та інженерів до пошуку нових різновидів звукового матеріалу. Прагнення композиторів збагатити звукову палітру своїх творів, посилити емоційний вплив на слухачів існувало завжди - досить згадати про оркестрові новації

К. Монтеверді, Л. ван Бетховена, Г. Берліоза, Р. Вагнера, багатьох композиторів XX століття. Але саме синтезований звук дав можливість звернутися до незвіданої до того часу звукової матерії.

Найпростіша схема отримання звука шляхом перетворення електричної частоти є така: генератор звука \Rightarrow модуль ADSR \Rightarrow модуль LFO \Rightarrow динамік.

Отже, генератор звука перетворює електричну частоту у звукову. В широкій практиці звукового генерування усталились чотири основні форми звукової хвилі (Рис. 1., варіанти 1-4):

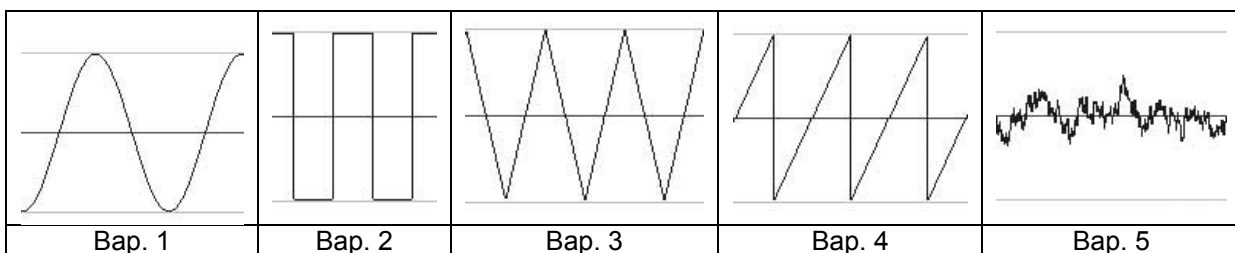


Рис. 1. Чотири різновиди форм звукової хвилі

Звичайна синусоїда (вар. 1) при трансформації в акустичний об'єкт характеризується м'яким тембром із відсутністю формант і звучанням, близьким до звучання трубки органу. Вона була покладена в основу створення звуків, які імітують дерев'яні або клавішні духові інструменти. Прямокутна синусоїда (вар. 2) генерує різкий, пронизливий тембр, властивий голосному звучанню мідних духових інструментів. Трикутні форми хвилі (вар. 3 та вар. 4) в тій чи тій мірі варіюють звучання перших двох. Нарешті, важливим винаходом у галузі електронного звука став генератор білого шуму (вар. 5), що дозволив не

тільки імітувати цілий ряд звукових явищ довколишнього простору, а й отримати принципово нові для досвіду людини звуки.

Модулі обробки звука (ADSR: Attack - Decay - Sustain - Release і LFO: Low Frequency Oscillator), а також додаткові вбудовані фільтри (portamento, cutoff, resonance) сприяють наданню електронному звуку додаткових характеристик: запізнілої атаки, післязвуччя, посилення окремих обертонів, «підрізування» основної частоти звука, вібрації та інших властивостей (Спаринський, 1998).

Другий етап, що обіймає 20-50 роки минулого століття, характеризується ланцюгом знахідок у напрямку «електризації» звичайних інструментів (модифікації гітари, скрипки, баяну – електрогітара, електроскрипка, електробаян) та створення синтезаторів – інструментів зі звучанням, що не має аналогів у довколишньому звуковому просторі. Варто зазначити, що це був період, в якому відкриття здійснювали окремі ентузіасти.

У 50-70 роки ХХ століття настає епоха планомірного дослідження звука, відкриття його нових незвіданих властивостей – як тембрових, так і просторових, у різних країнах світу, у спеціально створених наукових і дослідницьких лабораторіях. Найбільш цікавих результатів домоглися в цьому напрямку дослідники з Експериментальної студії електронної музики Кельнського радіомовлення (Німеччина), Звукової фабрики у Принстоні, Центрі комп'ютерних досліджень у музиці і акустиці у Стенфорді, Центрі нової музики та аудіотехнології у м. Берклі (США), у науково-дослідному інституті експериментального звука при Апрелівському заводі грампластинок (Росія), а також у Франції, у NA-GRM, IRCAM і Міжнародному Центрі електроакустичної музики (Aicher, 1987, Dodge, Jerse, 1985) та ін.

Коло проблем, які охоплювали дослідники в цих наукових установах, надзвичайно широке – від створення комп'ютерних алгоритмів написання музики з мінімальною участю аранжувальника/виконавця до рішення електроакустичних проблем (наприклад, дизайн концертного залу для виконання електронної музики, розташування традиційних та електронних інструментів на сцені тощо).

Головні результати цього етапу розвитку засобів синтезу електронного звука полягали в такому: розроблялася і вдосконалювалася ідея штучного створення нового музично-звукового матеріалу, модифікації звучання традиційних музичних інструментів до синтезу нових тембрів; пошук нетрадиційних тембрів звука призвів до ускладнення технічних засобів його генерації. В результаті з'явилися, наприклад, вітчизняні студійні мульти-генераторні синтезатори типу АНС, Сінті-100, які склалися з десятків, іноді – сотень генераторів; виникло безліч закордонних аналогів подібного роду пристроїв.

Зазначимо, що для управління подібними апаратами потрібно було велику кількість кваліфікованих інженерів-техніків, а для студій запису – великі обчислювальні машини, на той час вельми громіздкі. Тому використання синтезаторів, здатних створювати дійсно нові види фактури і тембри, обмежувалося в основному лабораторіями і звуковими студіями. Крім того, управління тембром звука здійснювалося вкрай незручно, рукоятками, які не мали фіксованих положень; у результаті отримували один і той самий звук.

Існували і портативні синтезатори, доступні пересічному користувачеві, які конструювалися на основі 4 – 8 генераторів. Це були, власне, мобільні, спрощені моделі, призначені для використання в «живій» концертній практиці, які не дозволяли створювати принципово нові звуки.

Отже, ідея синтезатора як пристрою, який перетворював електричні синусоїди у звуко-хвильовий процес з підключенням модулів обробки звука, зазнає значних змін. На Рис. 2 представлено фільтр, який керує програмним синтезатором WASP, який використовувався в естрадно-концертній практиці у 50-60 роках минулого століття. Були і його апаратні аналоги: Moog, Prophet, OsCar. На Рис. 3 представлено панель управління одним з одинадцяти операторів конструювання звука синтезатора FM7 – програмного аналогу синтезатора Yamaha DX7, що набув популярності в середині 70-х років минулого століття.

Наступний етап, який розпочався у 80 роки, характеризувався ускладненням технічних рішень у синтезі звука і створенням інтерфейсу MIDI, що спонукало до експериментів з електронними інструментами у двох напрямках. Перший з них – стосувався збагачення синтезаторної техніки з додаванням безлічі нових можливостей. Другий напрям пошуків стосувався «семплінгу», тобто семплірування звука.



Рис. 2. Керуючий фільтр програмного синтезатора WASP

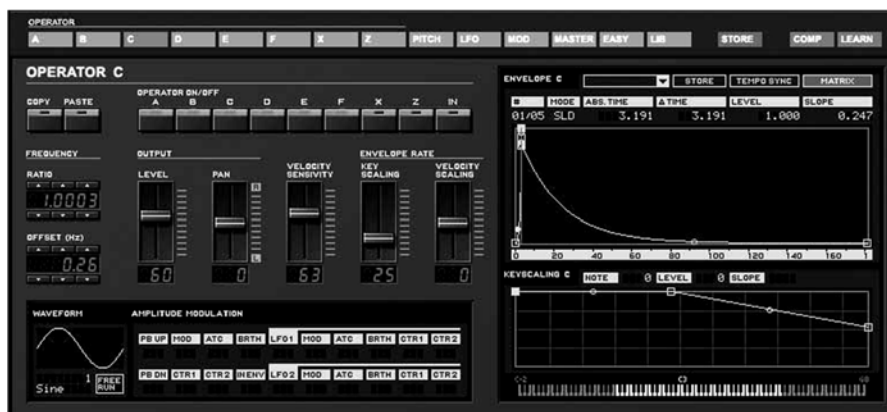


Рис. 3. Панель управління оператором конструювання звука синтезатора FM7

Схарактеризуємо більш докладно феномен семплінгу. Семплом (англ. sample – зразок) назвали записаний звук акустико-механічного інструмента або шумового об'єкту з довколишнього середовища (гуркоту грому, вуличного гомону, мови), перетворений з аналогово-хвильової в цифрову послідовність. Розвиток ідеї семплювання звука привів до появи нового різновиду електронно-клавійних інструментів – семплерного пристрою, або просто - семплеру. У банках пам'яті такого інструмента можна зберігати і використовувати для створення музики звуки, «запозичені» з довколишнього середовища. Семплери цього типу виявилися зручними пристроями для комерційного використання в концертній і рекламній діяльності, в масовій культурі. Однак музикантам, які працюють у галузі пошуку нових тембрів, початкова концепція семплювання мало що значила.

Значно більш перспективною виявилась у кінці 90-х років ХХ ст. з появою технології семпл-інжинірингу, пов'язаної з революцією у галузі високих технологій – якісним стрибком у мікропроцесорній техніці, якій забезпечив збільшення обсягу і швидкості обробки інформації. Знахідки у галузі прикладних музичних програм привели до появи нової ідеї синтезу звука, в результаті чого електронний звук став результатом обробки не елементарної хвилі, а вже сформованого семплу.

Термін «інжиніринг» стосовно музики став вживатися порівняно недавно. Спочатку це слово (англ. Engineering) означало сукупність дій або послуг з підготовки, забезпечення та супроводу будь-якого продукту або процесу. У сфері музичної діяльності цей термін вживається в поєднанні зі словом «семпл» і означає послідовність дій з конструювання семплу або «звукової петлі», а також моделювання його «поведінки» звучання в часі й просторі.

Універсальним інструментом для семпл-інжинірингу став комп'ютер, можливості якого збагачуються завдяки підключенню до нього зовнішніх джерел звука (тонгенераторів) (Камінський, 2001; Петелін, 1997). Сучасний семпл-інжиніринг так само, як і більшість семплерів і синтезаторів середини минулого століття, орієнтується на уявлення про клавіатурно-фіксовані звукоряди, до речі – не обов'язково рівномірно-темперовані.

Привабливість семпл-інжинірингу для професійних музикантів, які працюють у галузі електронного звука полягає в тому, що для музиканта, який користується цією технологією, не існує обмежень у плані протяжності семплу та якості звука – його дискретності й глибини («sample rate» та «bit depth»). При цьому зазначимо, що найбільша на сьогоднішній день дискретність (5 644 800 Hz, стандарт DSD) максимально уподібнює відцифрований звук аналоговому. Додаткове використання двадцятичотирибітної глибини звука приводить до того, що різниця у складниках аналогового і цифрового звука визначається лише за допомогою вимірювальних приладів. Вуху людини сприймає їх як ідентичні.

Головною особливістю семпл-інжинірингу є можливість використання сформованого семплу в якості початкового звукового матеріалу для подальшої обробки. Варто зауважити, що семплом може бути все, що завгодно: від звичайної синусоїди, яка є мінімально чутний час до записаного в цифровому форматі повноцінного твору.

Для педагогічної практики найбільшу цінність становить можливість обробляти музичний матеріал у двох його формах. Перший метод роботи полягає у створенні семплу як генератора звука в синтезаторі і зміні його характеристик шляхом проходження через традиційні фільтри. Ця операція може здійснюватися засобом таких прикладних комп'ютерних програм, як віртуальні семплери Reality (фірма Seer Systems) і GigaStudio (виробник – NemeSys Music Technology), модулі для студійних програм (так звані plug-ins) DR-008 від виробника Advanced Rhythm Production Workstation або Sampletank X тощо.

Другий метод полягає у моделюванні просторово-акустичних властивостей звучання цілого шляхом статичної або динамічної обробки, в результаті якої виникає ефект уявного розташування або переміщення в просторі джерела звука, його тембрового перетворення тощо. Серед них – і відомі раніше ефекти реверберації, хоруса, відлуння, і нові, унікальні алгоритми обробки, що не мають аналогів серед апаратних засобів, наприклад, ефект реверсивної реверберації.

Засвоєння майбутніми вчителями музичного мистецтва технології видобування і використання синтезованого звука, а також прийняття його як будівельного матеріалу в процесі семпл-інжинірингу суттєво збагачує можливості їх фахової компетентності, сприяє вдосконаленню слухового сприйняття, розвитку музичного мислення, критичного ставлення до популярної та професійної музичної культури сьогодення. Зазначений вид навчального музикування надає їм можливість створювати власні музичні твори. Застосування майбутніми фахівцями конкретних звукових продуктів своєї творчо-аранжувальної роботи також збагачує їхні можливості щодо розвитку в школярів слухової спостережливості, тембрового слуху, художньо-естетичного ставлення до різнобарвного розмаїття звукового простору. Вміння вчителя створити художньо-якісну фонограму дозволяє включати до уроків музичного мистецтва та позакласної музично-виховної роботи популярні серед школярів сучасні мелодії.

Такі міркування спонукали на початку нинішнього століття ввести в освітній процес на факультеті музичної та хореографічної освіти ДЗ «Південноукраїнський національний педагогічний університет імені К. Д. Ушинського» до змісту дисципліни «Музична інформатика» тему «Семпл», а до змісту дисципліни «Основи звукорежисури», що вивчається паралельно з музичною інформатикою, модуль з теми «Семпл-інжиніринг».

На початковому етапі навчання аранжування студентів ознайомлюють із фундаментальними положеннями технологій, інтерфейсом MIDI, MIDI-контролерами, а також з принципами роботи з простими програмними мультітембровими синтезаторами (наприклад, EDIROL VSC, Coyote, TTS тощо), які сформовані як GM та GM2. Темброві складники цих модулів є досить простими за звучанням. Втім, вони надають можливість засвоїти основні елементи аранжування для будь-яких складів виконавців, напрацювати індивідуальну колекцію штампів (у позитивному значенні цього слова) – іншими словами, створити власну базу прийомів аранжування.

Подальше засвоєння цих навичок здійснюється у процесі вивчення дисципліни «Музична інформатика», де студенти опановують технології семпл-інжиніринга, створюють власні бібліотеки семплів та набувають здатності використовувати їх у різних формах творчої діяльності. При цьому студенти оволодівають послідовністю дій та навичками з формування семплу і моделювання його поведінки, вдосконалюють уміння створювати власні обробки й аранжування мелодій, виготовлення фонограм до шкільного та власного репертуару, а також застосовують ці вміння в композиційних завданнях і власній творчості. Широкі звукові можливості зазначених модулів стимулює зростання творчих здібностей студентів, їхню уяву й фантазію, збагачує методи й прийоми організації діяльності вчителя музичного мистецтва, розширяє межі можливих форм професійної активності.

Висновки. Набутий досвід викладання зазначених дисциплін упродовж майже двох десятиріч дозволяє зазначити, що знайомство студентів з процесами динамічної та просторово-часової обробки звука дозволяє їм доводити звучання своїх аранжувань до рівня професійних фонограм. Таким чином, засвоєння студентами теоретичних знань та практичних умінь у галузі технології семплювання та семпл-інжинірингу є ефективним засобом прищеплення їм навичок і вмінь творчого характеру, сприяє підвищенню їхньої конкурентоспроможності, професійного іміджу, професійної самореалізації. Їх подальше впровадження в освітній процес музично-педагогічних закладів потребує розробки

деталізованих методичних рекомендацій, які сприятимуть опануванню технологій семплювання та семпл-інжинірингу широким колом педагогів-музикантів.

Література

- Артемов Э. Заметки об электронной музыке. URL: <http://www.electroshock.ru/records/articles/elmusic/index.html>. Дата звернення: травень 2020.
- Володин А. А. Электромзыкальные инструменты. Москва : Энергия, 1970. 144 с.
- Газарян С. В мире музыкальных инструментов. Москва : Просвещение, 1989. 192 с.
- Гаранян Г. Аранжировка для эстрадных инструментальных и вокально-инструментальных ансамблей. Москва : Музыка, 1983. 224 с.
- Камінський В. Електронна та комп'ютерна музика. Львів : Сполом, 2001. 212 с.
- Павлишин С. Особливості новаторства американської музики другої половини ХХ ст. В кн. Syntagmaton. Львів : Сполом, 2000. С.7-38.
- Петелин Ю., Петелин Р. Персональный оркестр... в персональном компьютере. Санкт-Петербург : Полигон, 1997. 280 с.
- Спаринський О. Електронна музика - Forever... (1998). [Електронний ресурс. Назва з екрану]. <http://www.sparinsky.kiev.ua/em.htm>
- Термен Л. Физика и музыкальное искусство. Москва : Знание., 1966. 31 с.
- Шип С. Електронічна музика: проблеми та перспективи. Музична критика і сучасність, 1984. Вип. 2, 141-157.
- Aicher R. Das MIDI Praxisbuch. Munchen: Signum, 1987.
- Chadabe J. Electric Sound. The Past and Promise of Electronic Music. Prentice Hall Inc., New Jersey, 1997.
- Demers J. Listening through the noise: The aesthetics of experimental electronic music. Oxford: Oxford University Press, 2010.
- Dodge C., Jerse J. A. Computer Music: Synthesis, Composition & Performance. New York: Schimmer Books, 1985.
- Jordà S. Improvising with Computers: A personal Survey (1989-2001). Journal of New Music Research, 31(1), 2002, 1-10.
- Jordà S. FMOL: Toward User-Friendly, Sophisticated New Musical Instruments. Computer Music Journal, 26(3), 2002, 23-39.
- Pierce иJ. The Science of Musical Sound. New York: Freeman & Company, 1992.
- The Cambridge companion to electronic music, ed. by N. Collins and J. d'Esquiván Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

Implementation of sample-engineering as arrangement technology in the training of a future teacher of musical arts

Melnychenko Vitaliy²

State Institution «South Ukrainian National Pedagogical University
named after K. D. Ushynsky», Odessa, Ukraine

The article considers the possibility of including the technology of sample-engineering in the process of training students - future teachers of Musical Arts. The purpose of the article is to highlight the concept "sample-engineering" in its historical and technical aspects and to determine the possibilities of practical application of the innovative technology for arranging musical material by future teachers of Musical Arts. The main development stages of the technology facilitating the artificial production of non-traditional sound tones are considered, it is associated with the revolutionary inventions obtained at the end of the twentieth century and a qualitative breakthrough in microprocessor technology, which allowed us to significantly increase the volume and speed of information processing as well as the role of discoveries in the field of applied music programs and provided the emergence of new ideas regarding sound synthesis. The author describes the features of three technological stages related to sound synthesis, sampling and sample-engineering, as well as to new opportunities that are opened up for musicians through their use. The distinguishing features of using these technologies and devices are presented, in particular, the features of the sampling phenomenon and the emergence of a new variety of electronic keyboard instruments – a sampler in the memory banks of which you can store sounds that are "borrowed" from the environment. Particular attention is drawn to the importance of

² Senior lecturer at the Chair of Theory of Music and Vocals at the State institution "South Ukrainian National Pedagogical University named after K. D. Ushynsky"

the widespread practice of developing modern sample-engineering technology which arose due to the microprocessor technology and the opportunity to convert an analogue sound to a digital one without any noticeable loss in quality. The essence of the concept “engineering”, the significance of its use in musical practice and the main stages-tasks of using the technology of sample-engineering in the educational process are revealed. The universal role of the computer in the application of the sample-engineering technology is determined, its technical capabilities growing when connecting external sound sources (tone generators) to it. The article substantiates the feasibility and prospects for the future teachers of Musical Arts to study the sampling-engineering technology a good command of which might allow them to achieve timbre diversity and greater artistic expression in the processing of school songs arranged by them and in their own creativity. The work reveals the prospects of using the technology of sample engineering as a way to increase the capabilities of future specialists-arrangers to process musical material, the importance of mastering creative self-realisation by the future teachers in a modern innovative way. The author presents the stage-by-stage process regulating the acquisitions of skills to use sample engineering by students in educational and creative practice alongside the prospects of mastering this technology involving a wide range of teachers of institutions of higher musical and pedagogical education.

Keywords: teacher of Musical Arts, arrangement, sound synthesis, sample-engineering technology.

References

- Aicher R. (1987). *Das MIDI Praxisbuch*. Munchen: Signum.
- Artem'yev, E. (2020). *Zametki ob elektronnoy muzyke [Notes on electronic music]*. Retrieved from: <http://www.electroshock.ru/records/articles/elmusic/index.html> [in Russian].
- Chadabe J. (1997). *Electric Sound. The Past and Promise of Electronic Music*. Prentice Hall Inc., New Jersey.
- Demers J. (2010). *Listening through the noise: The aesthetics of experimental electronic music*. Oxford: Oxford University Press.
- Dodge C., Jerse J. A. (1985). *Computer Music: Synthesis, Composition & Performance*. New York: Schimmer Books.
- Garanyan, G. (1983). *Aranzhirovka dlya estradnykh instrumental'nykh i vokal'no-instrumental'nykh ansambley [Arrangement for pop instrumental and vocal-instrumental ensembles]*. Moscow: Music [in Russian].
- Gazaryan, S. (1989). *V mire muzykal'nykh instrumentov [In the world of musical instruments]*. Moscow: Enlightenment [in Russian].
- Jordà S. (2002). Improvising with Computers: A personal Survey (1989-2001). *Journal of New Music Research*, 31(1), 1-10.
- Jordà S. (2002). FMOL: Toward User-Friendly, Sophisticated New Musical Instruments. *Computer Music Journal*, 26(3), 23-39.
- Kamins'kyi, V. (2001). *Elektronna ta komp'yuterna muzyka [Electronic and computer music]*. Lviv: Spolom [in Ukrainian].
- Pavlyshyn, S. (2000). *Osoblyvosti novatorstva amerykans'koyi muzyky druhoyi polovyny XX st. [Features of the innovation of American music of the second half of XX century]*. *Syntagmaty – Syntagmaty*. Lviv: Spolom, pp.7-38 [in Ukrainian].
- Petelin, Yu., & Petelin, R. (1997). *Personal'nyy orkestr... v personal'nom komp'yutere [Personal orchestra ... in a personal computer]*. St. Petersburg: Polygon [in Russian].
- Pierce J. (1992). *The Science of Musical Sound*. New York: Freeman & Company.
- Shyp, S. (1984). *Elektronichna muzyka: problemy ta perspektyvy [Electronic music: problems and prospects]*. *Muzychna krytyka i suchasnist' – Music Criticism and Modernity*, Issue 2, pp. 141-157 [in Ukrainian].
- Sparyns'kyi, O. (1998). *Elektronna muzyka – Forever [Electronic music – Forever]*. Retrieved from: <http://www.sparinsky.kiev.ua/em.htm> [in Ukrainian].
- Termen, L. (1966). *Fizika i muzykal'noye iskusstvo [Physics and music]*. Moscow: Knowledge [in Russian].
- The Cambridge companion to electronic music, ed. by N. Collins and J. d'Esquiván Cambridge: Cambridge University Press, 2013.

Volodin, A.A. (1970). *Elektromuzykal'nyye instrument [Electro-musical instruments]*. Moscow: Energy [in Russian].

Accepted: June 10, 2020

