

НОВІ МЕТОДИ ФОРМУВАННЯ ЗВУКОВИСОТНОСТІ НА СТРУННО-СМИЧКОВИХ ІНСТРУМЕНТАХ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РОЗШИРЕНИХ ТЕХНІК

Островський Станіслав Стефанович,

аспірант

Навчально-наукового інституту культури і мистецтв

Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка

ORCID ID: 0000-0001-6418-7124

У статті висвітлено використання обертонових прийомів гри на струнних інструментах, які останнім часом стали невід'ємною складовою частиною композиторської техніки в музиці другої половини XX – початку XXI століття. Техніки звуковидобування, що засновані на акустичному феномені натурального звукоряду, з його фізичними властивостями, використовуються сучасними композиторами як художній прийом, з одного боку, та як ладо-гармонічна форми організації музичного матеріалу, з іншого. На основі акустичних закономірностей обертонового ряду зроблено спробу пояснити деякі особливості сонористичної гармонії та різні підходи у формуванні звукових текстур у композиції, основним чинником розвитку та структури якої є тембр.

Звуковисотність сонористичного комплексу по суті стає результативною, тобто прямим наслідком маніпуляцій із звуковидобуванням обертонів на інструменті. У цьому сенсі нову гармонію, що утворюється в результаті цих маніпуляцій, можна вважати «обертовою гармонією». Це надає підстави виробляти нові підходи до розуміння й аналізу сучасних сонористичних партитур. Інакше кажучи, ці обертонові техніки є альтернативною спектральною музиці. Розширені інструментальні техніки отримали широке застосування у творчості таких композиторів, як С. Шарріно, Р. Саундерс, Т. Хосокава, Дж. Крам, Б. Фуррер, Г. Лагенман та інші. У їхній творчості нові інструментальні методи істотно впливають на формування складних текстур, які становлять звуковисотну та темброву складову частину звукових комплексів, а також є прийомами фактурного розвитку. У такому разі в контексті аналізу сонорної вертикалі стосовно зазначених “extended techniques” виправдано вжити термін «темброфактура».

Ключові слова: сучасна композиція, сучасна академічна музика, сонористика, акустика, розширені техніки, обертоновий ряд, гармоніки, мультифоніки, фактура, флажолети, спектр звука, тембр.

Ostrovskyi Stanislav. New methods of pitch formation on stringed instruments using overtone techniques

The article highlights the use of overtone techniques of playing stringed instruments, which have recently become an integral part of the compositional technique in the music of the second half of the 20th – beginning of the 21st century. Sound production techniques, based on the acoustic phenomenon of the natural scale with its certain physical properties, are used by modern composers as an artistic technique on the one hand, and as a ладо-harmonic form of organization of musical material on the other. On the basis of the acoustic regularities of the overtone series, an attempt has been made to explain some features of sonoric harmony and different approaches in the formation of sound textures in a composition, the main factor in the development and structure of which is the timbre.

The pitch of the sonorous complex essentially becomes effective, i.e., a direct consequence of certain manipulations with the sound production of overtones on the instrument. In this sense, the new harmony formed as a result of these manipulations can be considered “overtone harmony”. This provides grounds for developing new approaches to the understanding and analysis of modern sonoric scores. In other words, these overtone techniques are some alternative to spectral music. Advanced instrumental techniques were widely used in the work of such composers as S. Charrino, R. Saunders, T. Hosokawa, J. Crum, B. Furrer, G. Lagenman, and others. In their work, new instrumental methods have a significant impact on the formation of complex textures, which in turn constitute both the pitch and timbre component of sound complexes, and are techniques of textural development. In this case, in the context of the analysis of the sonorous vertical in relation to the specified “extended techniques”, it is justified to use the term “timbre texture”.

Key words: modern composition, modern academic music, sonoristics, acoustics, advanced techniques, overtone series, harmonics, multiphonics, texture, flagollets, sound spectrum, timbre.

Вступ. Розширені техніки звуковидобування, що є предметом вивчення в даній статті, англійською прийнято називати “extended techniques”, але останнім часом усе більше вживається термін «нові інструментальні техніки». Ці техніки були відкриті композиторами в основному у другій половині XX – на початку XXI ст. В узагальненому сенсі вони являють собою альтернативні прийоми звуковидобування, які кардинально відрізняються від традиційних. Це саме ті прийоми, які слухач ідентифікує як незвичні, оригінальні, ті, що виходять за межі загальновідомих, нормативних (ordinario) прийомів гри (базовий набір штрихів і артикуляцій).

Натепер запроваджена вже велика кількість альтернативних прийомів звуковидобування, і майже кожен сучасний композитор знаходить все нові і нові прийоми, як із визначеною, так і з невизначеною висотою тону (переважно шумові та перкусійні). Останніми десятиліттями все більше привертають увагу композиторів мультифоніки й обертонові прийоми гри, що засновуються на спектральній складовій частині звуку, тобто на натуральних (нетемперованих) частотах. Однак у сучасному музикознавстві цим «обертоновим ефектам» гри на струнно-смичкових інструментах не приділено належної уваги науковців.

Матеріали та методи. Нині відомо обмаль теоретичних робіт, присвячених проблемам сучасних

композиторських технік, особливо в галузі сонорної композиції. Важливим аспектом, що розвинувся в академічній музиці кінця XX – початку XXI ст., є практики творчого співробітництва, які діють між виконавцями та композиторами, оскільки розмаїтість композиторських стилів призвела до порівняно різноманітного розширення технічних можливостей і вимог. Це зумовило появу низки публікацій, які стали актуальними як для виконавців, так і для композиторів. Авторами досліджень у галузі тембру та нових прийомів звуковидобування є: Пітер Віл (Peter Veale) [4], Елен Фелловфілд (Ellen Fallowfield) [5; 9; 10], Валері Велбенкс (Valerie Welbanks) [6], Каспар Йоханнес Вальтер (Caspar Johannes Walter) [7; 8] та інші. Деякою мірою цих питань у своїх працях торкалися українські музикознавці А. Загайкевич [1], А. Шаріна [2], Г. Юферова [3].

Мета статті – розглянути феномен обертонових технік звуковидобування на струнно-смічкових інструментах, висвітлити принципи та прийоми їх використання, встановити їхню роль як складової частини композиторської техніки у формуванні звуковисотності та фактури в сонористичній композиції.

Методологія наукової розвідки ґрунтується на комплексному підході, заснованому на практичному

й аналітичному методах, зокрема музикознавчого аналізу партитур. Іншими методами в роботі є загальнонаукові теоретичні – систематизація (класифікація), узагальнення, та практичні – збір інформації й описування.

Результати. Опановуючи обертонову природу музики, сучасний композитор звертається до тембральної сторони звуку, використовує те, що становить здебільшого перші 16 обертонів – ті «незвичні звучання», відомі як гармоніки, обертони, флажолети на струнних інструментах або обертоновий ряд мідних духових тощо. Утіленням колористичних властивостей натурального звукоряду стали саме розширені техніки гри на інструментах.

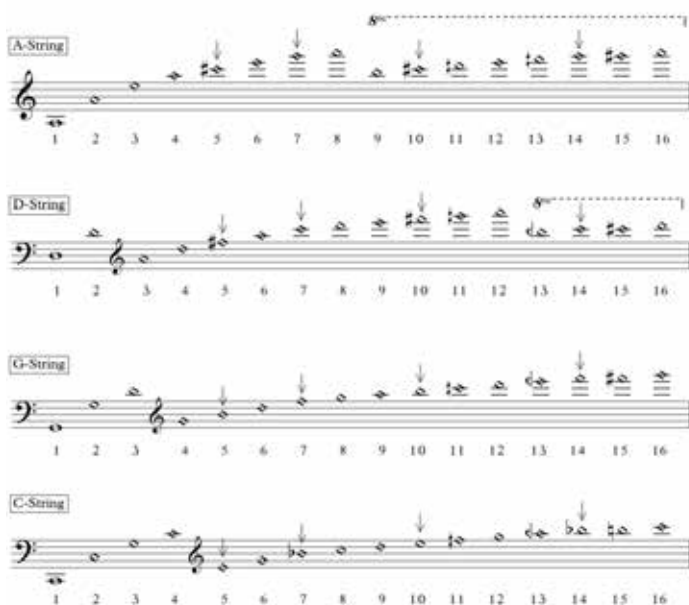
1. Натуральні та штучні гармоніки на струнно-смічкових інструментах

Натуральні флажолети: використовуються як окремі ноти на різних інструментах і в різних видах артикуляцій, і в різних видах глісандо, що виконуються на відкритих струнах струнно-смічкових інструментів.

Валері Велбенкс у своїй дисертації “Foundations of Modern Cello Technique; Creating the Basis for a Pedagogical Method” дає практичні вказівки з вилучення всіх можливих гармонік на віолончелі [3; 6]:

Exercise 1: Harmonics 1-16 (upper half of the string)

Play all of these notes by lightly placing the left-hand second finger at the pitch indicated by the diamond note-head. Play at a *mezzo forte* dynamic, taking care that the bow moves closer to the bridge as the notes get higher in pitch. All of these harmonics sound at the same pitch as indicated by the note-head.



Одним із найяскравіших композиторів, який використовує переважно обертонові розширені техніки, є італійський митець Сальваторе Шаріно. У своїй музиці він звів майже в абсолют застосування обертонового спектра звуку. По суті, уся музика С. Шаріно – це такий собі тотальний обертоновий музичний усесвіт. Побудована переважно на обертонах, його музика цілком відповідає його натуралістичній концепції.

С. Шаріно досить рясно використовує обертонові розширені техніки, як-от натуральні та штучні флажолети, гармонічні трелі, флажолетні глісандо та мультифоніки.

Надзвичайний інтерес в музиці С. Шаріно становить абсолютно унікальна трактовка струнних інструментів – у партитурах композитора партії струнно-смічкових записані майже суто натуральними та штучними флажолетами [11]:



Salvatore Sciarrino. 6 Capricci for violin solo

Оскільки виконавець не притискає ноту пальцем до грифа, а лише легко торкається струни, граючи натуральний флажолет, звук, що виникає, відрізняється за висотою від записаного, проте має з ним природний акустичний зв'язок. Саме цей акустичний зв'язок між зафіксованою висотою ноти на лінійці нотного стану (отже, і місцем

притискання пальця до струни) та результативним звучанням флажолету і є втіленням філософської натуралістичної концепції С. Шаріно в його власному підході до звуковисотності. Нота, яка звучить, є в деякому сенсі «обертонною тінню» тієї ноти, яка виконується традиційним засобом на даному відрізьку струни.



Такий «прихований вимір життя», деяка ефемерність звучання, без применшення, стали основою звуковисотності в музиці С. Шаріно. Варто зазначити, що композитор фіксує натуральні гармоніки не тільки у вузлових точках струни, а й в інших, так би мовити, «непіфагорійських зонах», де, здавалося б, неможливо витягти флажолет. Але в цих зонах усе ж таки виникають досить непередбачувані звучання високих гар-

монік, фізика яких пов'язана з фактором розщеплення тону, що утворює феномен мультифоніки на струні. Природу таких складних звукових комплексів сам композитор постійно досліджує у співпраці з виконавцями.

Іноді композитори фіксують фактичну звуковисотність цих натуральних гармонік на додатковому нотному стані. Такий спосіб нотної фіксації властивий фінський композиторці Кайї Сааріахо:

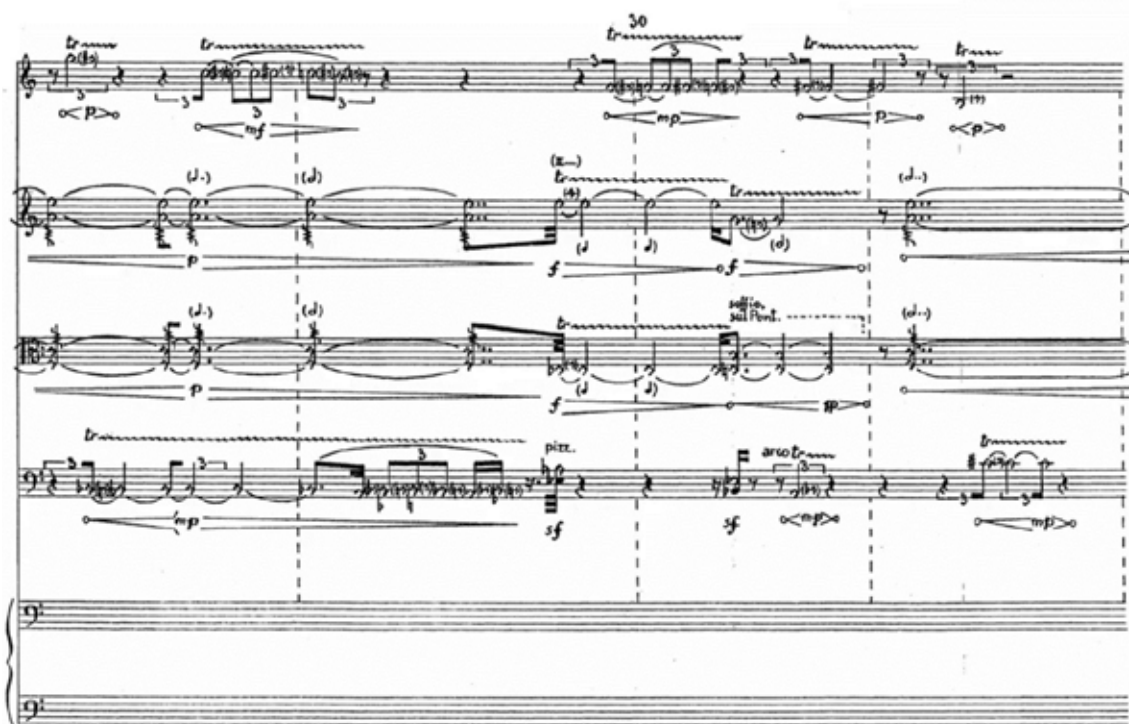


Kaija Saariaho. Spins and Spells for Cello Solo (1996)

У музиці С. Шаріно найчастіше спостерігаємо специфічне формування сонорних комплексів, у яких переважно проявляються гармонічні складники, що виникають безпосередньо з основних гармонік відкритих струн струнно-смічкових інструментів. Найстабільніші гармоніки, які формуються на відкритій струні, обмежені сьомим обертоном включно. Сукупність усіх відкритих струн струнно-смічкових інструментів дає лише п'ять звукових висот – мі, ля, ре, соль і до. Шляхом побудови натурального гармонічного ряду включно до сьомого обертону на основі кожного із зазначених п'яти звуків

і наступним поєднанням цих гармонік виникає майже хроматична гамма. Єдиним відсутнім звуком у цій гаммі є звук «мі-бемоль», який С. Шаріно часто впроваджує у свої твори шляхом використання штучних флажолетів.

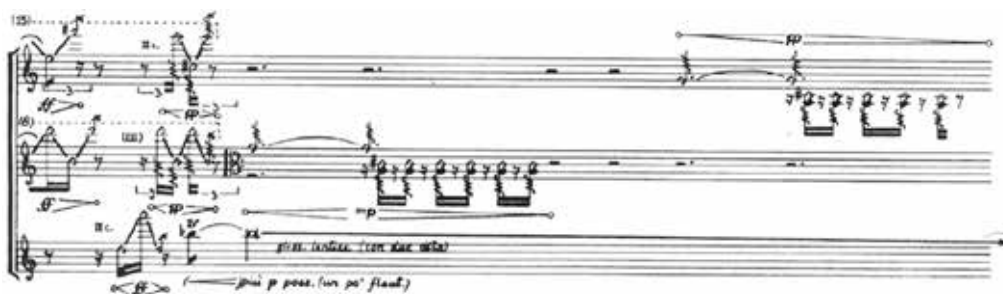
Застосовуючи техніку штучних флажолетів, Сальватор Шаріно також інтегрує в музичний твір ті висоти, які в деяких октавах недоступні для реалізації за використання лише натуральних гармонік. Отже, цей прийом надає можливість, залишаючись поза темперацією, створювати складні музичні структури з урахуванням дванадцятитонової системи:



Salvatore Sciarrino. *Le ragioni delle conchiglie* (1986) for quintet

Флажолетні глісандо – глісандо з використанням натуральних флажолетів, інакше “harmonic glissando”. Це не є глісандо у прямому розумінні, із плавною зміною висоти тону (як це властиво звичайному глісандо), а по суті є арпеджіо з натуральних гармонік, за якого висота тону змінюється від одного обертону до іншого. Сальватор Шаріно систематично застосовує прийом накладання флажолетного глісандо на різних струнах інструментів, які грають одночасно, що в результаті створює досить складну спектральну

гармонію. Спектральна природа цієї гармонії також обґрунтована тим чинником, що палець проходить через всі «точки дотику» струни, тому, за визначених умов розташування, кута та сили натискання смичка, у зонах між точками натуральних флажолетів і виникають ті непередбачувані високі гармоніки. Досить часто композитор застосовує парне глісандо з використанням двох струн інструмента. Відповідно, у різних інструментів глісандо може мати різноспрямований рух:



Salvatore Sciarrino. *Codex purpureus* (1983)

Не можна говорити про абсолютну, тотальну натуральність звуковисотності С. Шаріно й інших подібних технік, навіть коли використовуються суто натуральні гармоніки. Це можливо тільки на одній відкритій струні, тому що у співвідношенні з її основною частотою інші гармоніки будуть натуральними частотами. Наприклад, якщо на струні «До» на віолончелі заграли всі можливі обертони, то з основною частотою будуть збігатися лише ті обертони, що є її октавними подвоєннями тощо, інші гармоніки будуть відрізнятися від темперованих частот, а деякі (11-та, 13-та) – майже на чверть тону. Тому тут треба враховувати те, що струни на струнно-смічковому інструменті настроєні в межах темперції, тобто вони «перебувають» у темперованих співвідношеннях одна з одною, тому гармоніки на різних струнах не будуть перебувати одна з одною в натуральних співвідношеннях, але будуть у цих співвідношеннях у межах обертонового ряду на своїй власній струні. Єдиний спосіб досягти чистої натуральної гармонії – це настроїти інші відкриті струни інструмента в натуральних співвідношеннях з тією струною, яка буде відповідати тоніці твору (наприклад, струна «До» віолончелі, або альтя).

Штучні флажолети використовуються також як окремі ноти на струнних і струнно-смічкових інструментах і в різних видах артикуляцій, але відрізняються тим, що, на відміну від натуральних флажолетів, ці флажолети можна взяти в будь-якому місці струни, а не тільки в «математичних зонах гармонік». Є ще одна

суттєва відмінність штучних флажолетів від натуральних – базова частота утворення штучного флажолету (зона притискання струни до грифа) зумовлена темперованим слухом музиканта, якщо, звичайно, він навмисно не відхиляється від темперованої висоти. Інакше кажучи, якщо виконавець бере, наприклад, квартовий флажолет, то результативний звук буде вищий рівно на дві октави від ноти, що притискається. Відповідно, якщо виконавець притискає ноту в межах темперованої системи, то і результативний звук буде в темперованих частотах, але на дві октави вищий. Інший випадок – квартовий і терцовий штучний флажолети, результативний звук яких є квінта через октаву та терція через дві октави. Ці флажолети будуть уже в натуральних співвідношеннях від звуку, який притискається. Отже, стосовно темперованої висоти тієї ноти, від якої береться штучний флажолет, квінтовий флажолет буде завищено на 2 цента, а терцовий знижено на 14 центів, відповідно до частотних характеристик обертонового ряду.

За допомогою штучних флажолетів на струнно-смічкових інструментах можна виконувати глісандо флажолетом – прийом, який використовують багато сучасних композиторів для досягнення досить оригінальних сонористичних текстур. Японський композитор, «майстер створення тиші», Тошіо Хосокава у своїх творах часто застосовує глісандо штучними флажолетами для створення колористичних фонових текстур, за допомогою максимально можливої довжини струни.



Toshio Hosokawa. Woven Dreams

Саме застосування штучних гармонік у поєднанні з дуже повільним глісандо стає необхідним засобом для досягнення вкрай низької динаміки на струнних у творчості композитора.

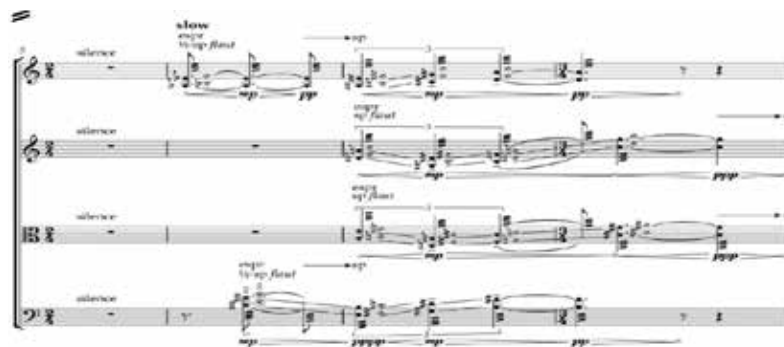
2. Мультифоніки на струні – інший сонористичний ефект, що застосовується в сучасній музиці. Акустичний ефект мультифонік, що виникають, характеризується ступенем непередбачуваності у звучанні, що надає

кожному виконанню твору унікальних особливостей та відображає алеаторичний характер даного підходу. У своєму струнному квартеті “Fletch” британська композиторка Ребекка Сандерс досліджує таке акустичне явище, як мультифоніки, що виникає в результаті швидких глісандо на подвійних гармонічних трелях зі зміною тиску смичка в області *sul ponticello*. В інструкції до партитури Р. Сандерс не лише надає докладні описи

технічних аспектів виконання, а й уводить виконавця у природу акустичного феномену мультифонік. Не позбавлено уваги і відзначене самою композиторкою прагнення до власного вивчення цього акустичного явища в межах свого музичного твору: «Цей елементарний звук чи жест досліджується у струнному квартеті. Його найчистіша форма – подвійна гармонічна трель, що йде вгору до *sul ponticello*, часто зі швидким глісандо, що швидко наростає з нічого до фортисимо. Воно негайне та справжнє, але водночас нестабільне та непередбачуване <...> Різні ступені *sul ponticello* досліджують можливі шари обертонів <...> Смичок знову і знову видає швидкі квазімеханічні маніакальні трелі, сховані під поверхнею тиші. Поверхня, вага та відчуття є частиною реальності музичного виконання: вага смичка на струні; диференціація дотику пальця лівої руки до струни <...> Істотна матеріальність звуку має для мене першорядне

значення: усвідомлювати зернистість і шум інструмента, простежувати суть фрагментів кольору в обмежених і скорочених палітрі тембрів і дослідити фізичний жест, який створює фрагмент звуку» [12].

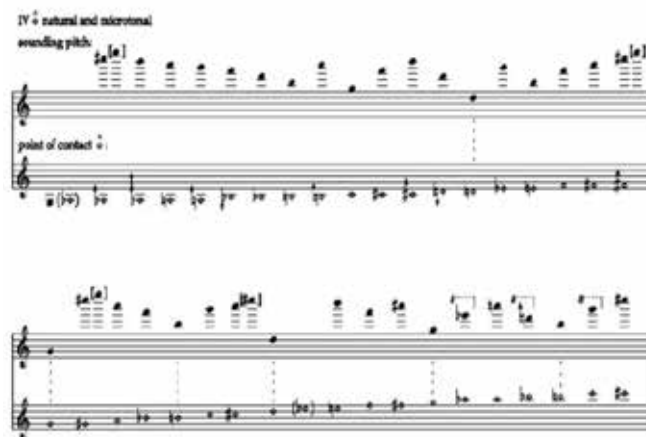
Композиторка застосовує подвійну гармонічну трель, поєднуючи її із глісандо й одночасно рухаючи смичок у позицію *sul ponticello*. Через те, що гармонічна трель не переривається, а глісандо проходить через всі точки торкання струни, у зонах відсутності натуральних гармонік виникають непередбачені високі обертони, що збуджуються як силою натискання смичка, так і його переміщенням в область *sul ponticello*. Високі обертони, що виникають у цих зонах, мають мультифонічну природу з певними акустичними закономірностями, і в поєднанні з натуральними гармоніками дають тембральний ефект, неймовірно насичений, за словами Ребекки, «фрагментами кольору» та «зернистістю».



Rebecca Saunders. "Fletch" for string quartet

В інструкції до партитури композиторка вказує точне місце взяття натуральних гармонік на струнах і дає розшифровку фактичного звучання. Водночас Р. Сандерс дає також варіанти відхилення на чверть тону від зазначеного звуку, тобто від «піфагорійської»

точки видобування гармоніки, що зумовлює зовсім іншу результативну висоту звучання: «Нижче показані реальні висоти звуку деяких гармонік. Точна висота звуку не має вирішального значення, варто сказати, що додавання *sul pont* створює додаткові шари обертонів».



Rebecca Saunders. "Fletch" for string quartet

Як і Сальватор Шаріно, Ребекка Сандерс у контексті своєї творчості проводить поглиблене дослідження феноменів музичної акустики, як-от струнні флажолети та мультифоніки в їх різноманітних формах, надаючи їм нового музичного контексту. Узагалі, той факт, що ака-

демічний композитор досліджує деякі акустичні феномени у власних творах, є значущим і цікавим явищем у сучасній музиці.

Таке унікальне акустичне явище, як акордові мультифоніки на струнно-смичкових, заслуговує на окрему

увагу. Донедавна вважалося, що мультифоніки можливі лише на духових інструментах, однак у творах останніх років усе частіше трапляються мультифоніки на струнах смичкових інструментів, рояля та гітари. Деякі

композитори не тільки виписують флажолет для взяття мультифоніки, а й виписують у нотний стан точний звуковий склад мультифонічного акорду з нетемперованими висотами, з позначенням номерів їх гармонік.

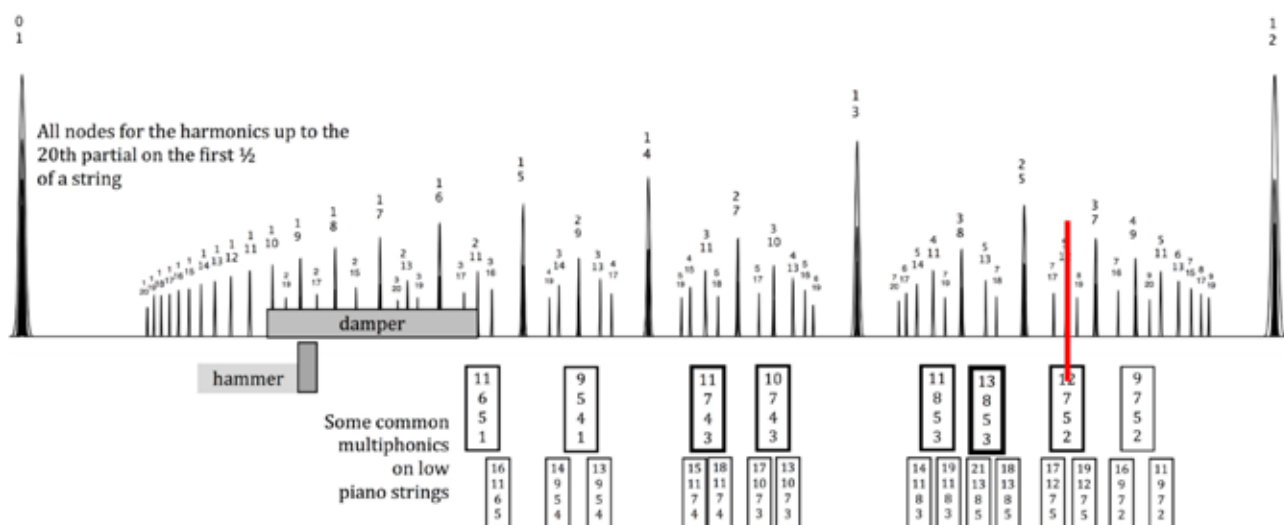


У своїй вебстатті “Multiphonics for Stringed Instruments: Performance Practice and Research Practice” норвезька віолончелістка Елен Фелловфілд описує свою працю в області струнних мультифонік. Її глибокі дослідження послужили основою для розроблення мобільного додатка *Cello Map*, створеного для полегшення виконавцю та композитору знаходження всіх можливих гармонік і мультифонік на віолончелі. Авторка у своєму дослідженні визначила 8 мультифонік для кожної струни віолончелі та діаграми для інших струнних інструментів. У своєму дослідженні Елен спиралася на відкриття німецького композитора Каспара Йоханнеса Вальтера, який опублікував аплікатури мультифонік для фортепіано та створив алгоритм для прогнозування змісту висоти звуку у струнних мультифоніках. Вальтер стверджував, що його алгоритм може бути згенерований на будь-якому струнному інструменті.

К.Й. Вальтер зауважив, що обертони, які становлять склад звуку в мультифонічному акорді, є деякою впорядкованою математичною структурою, де чотиризвучний акорд складається із двох центральних частот і двох додаткових звуків, що являють собою суму та різницю цих центральних частот. Виходячи із цієї закономір-

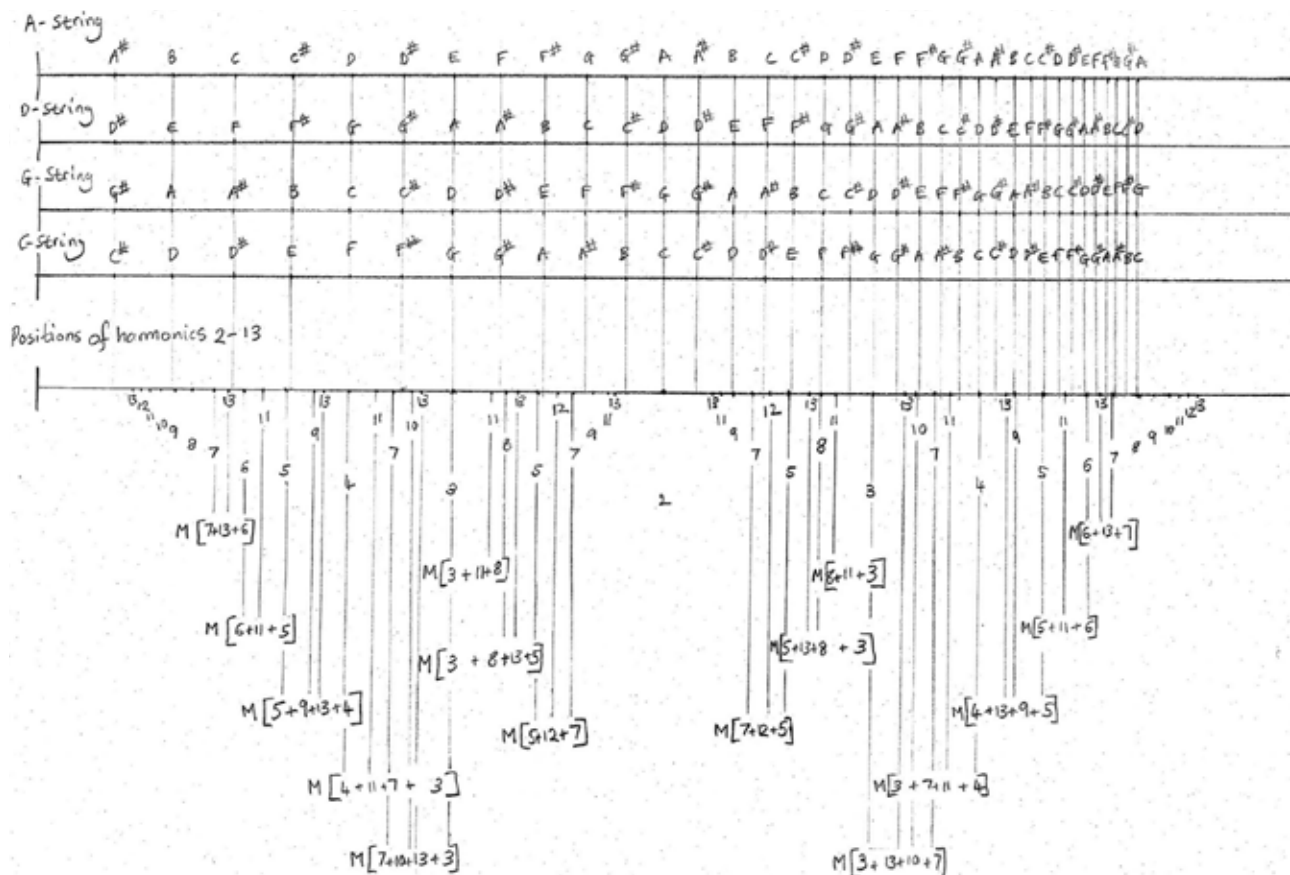
ності, композитор знайшов логіку у знаходженні точки дотику струни ще для двох мультифонік. Після обчислень сумарних тонів, продовжуючи цей процес крок за кроком, К.Й. Вальтер визначив розташування точок контакту для мультифонік за всією довжиною струни: «Потім я розробив алгоритм, який здатний обчислити всі можливі звуки в ідеалізованій системі (у цій моделі не враховувалися фактичні обмеження, що накладаються різними параметрами фізичної системи). Я назвав цей алгоритм алгоритмом дробового вікна. «Мультифонічні карти» фортепіанних струн, засновані на цьому алгоритмі, тим часом стали важливою основою для створення та виконання музики з такого роду мультифонікою. Навіть більше, алгоритм дозволяє знайти точку контакту для мультифоніки, коли відомі лише дві складові частини звучання, пропустивши алгоритм у зворотному напрямку» [8].

На діаграмі К.Й. Вальтера, що позначає мультифоніки на струні рояля, у прямокутних рамках, де зазначений склад акорду мультифлажолета, можна помітити гармоніки з номерами, що утворюють ряд Фібоначчі або подібний ряд чисел (3, 5, 8, 13; або 5, 8, 13, 21 тощо) [8]. Ця природна закономірність була відкрита К.Й. Вальтером, який використовував її в написанні музики.



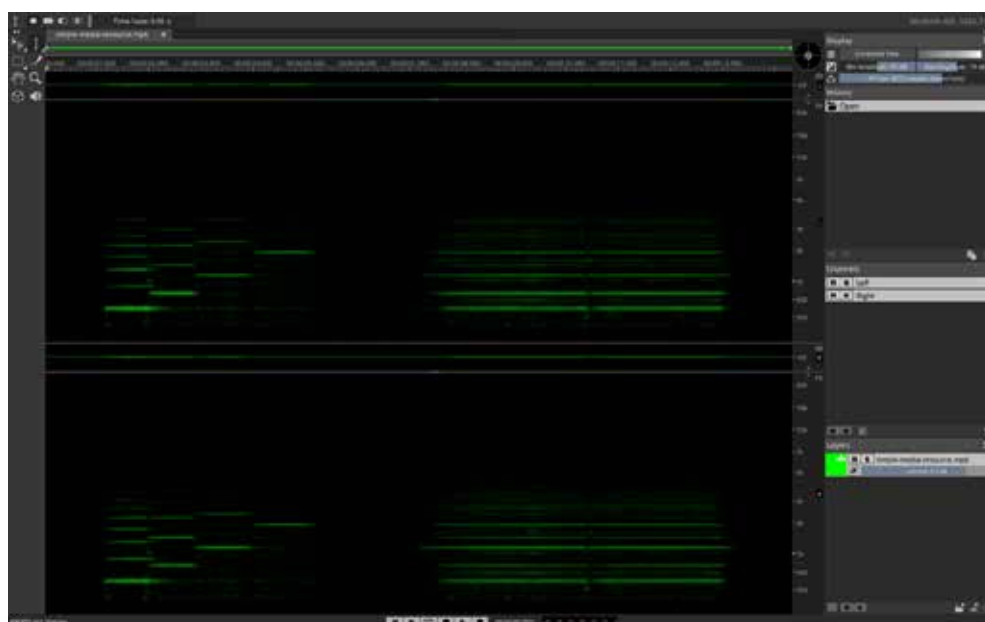
Вищезгадана Елен Фелловфілд продовжує дослідження К.Й. Вальтера й у своїй праці приходить до схо-

жих результатів, що свідчить про природну закономірність цього акустичного феномену [10].



На схемі розташування мультифонік на струнах віолончелі, яку наводить Е. Фелловфілд у своїй теоретичній праці, можна побачити ті самі ряди Фібоначчі, які складаються з номерів гармонік у складі мультифлажолету: «Я визначила струнну мультифоніку як: одичне збудження, у якому дві чи більше гармоніки звучать чітко та водночас на одній струні. Інакше кажучи, мультифоніка – це особливий випадок гармонік, коли в акорді можна почути кілька гармонік водночас. Це можна побачити в оригінальному ескізі струни, опу-

блікованому на Cello Map, де вузлові точки для кількох гармонік показані поряд із їхньою мультифонічною комбінацією, що зіставлена з півтоновою шкалою, нанесеною вздовж довжини кожної струни. Потім я реалізувала алгоритм Уолтера для генерації серії теоретичних мультифонічних звуків із відносно високими верхніми межами вмісту висоти тону та зіставила їх з наявними результатами для віолончелі, гітари, контрабаса та фортепіано. Це показало, що результати (досягнуті емпіричним шляхом) дуже добре узгоджуються з алго-



ритмом Уолтера, а результати різних струнних інструментів дуже добре корелюють один з одним» [10].

Також у своїй вебстатті дослідниця дає досить відеоприкладів вилучення мультифонік. В одному з відео, де демонструється мультифоніка на струні D, авторка показує мультифоніку, основними компонентами якої є «гармоніки Фібоначчі» (3, 5, 8 та 13). Спочатку вона грає окремо гармоніки індивідуально, а потім саму мультифоніку. Автором цієї статті ухвалене рішення експериментально перевірити звуковисотний склад обертонів мультифоніки, яку демонструє дослідниця. Аудіозапис було проаналізовано у програмі *Spectralayers*. Усі звуки мультифлажолету збіглися за частотами з окремо зіграними гармоніками (3, 5, 8, 13). Також на спектрограмі можна побачити й інші шуми з області негармонічного спектра, які входять до складу мульт

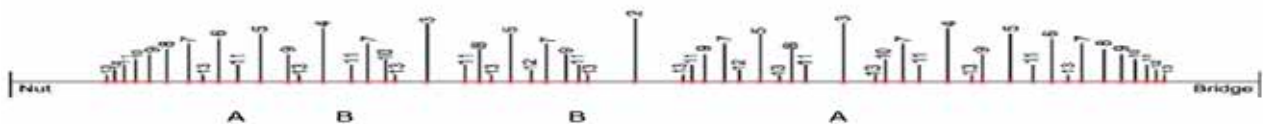
тифоніки, що пояснює її специфічне «інфернальне» звучання. Менш насичений колір говорить про їхню слабку амплітуду, порівняно з обертонами.

Схожу техніку знаходження точки дотику для мультифоніки дає Валері Велбенкс у своїх рекомендаціях. У даному прикладі привертає увагу наочність того, як мультифонічний акорд збирається з окремих високих гармонік, що виникають між зонами натуральних флажолетів струни, які позначені у співвідношеннях довжини струни: «Зіграйте чотири гармоніки, отримані висоти нотуються на верхньому нотному стані (це складники багатоголосся). Грайте найвищу із цих чотирьох гармонік, у даному випадку 3-й вузол 11-ї гармоніки. Використовуйте легкий тиск лівою рукою та повільніший удар смичком із більшим тиском і ближче до містка» [6; 13].



У своєму основному дослідженні “A handbook of cello technique for performers and composers” Елен Фелловфілд детально розглядає методику відтворення мультифонік на струнних інструментах і проводить аналіз чинників, які впливають на стабільність мультифонік. Авторка також надає роз’яснення щодо відмінностей у стабільності мультифонік, отже, і складності їх реалізації: «Деякі області на струні містять кілька гармонік на короткій довжині струни; я називаю ці області гармонійними «кластерами». Мультифоніка більш надійна у кластерах, які містять кілька гармонік середнього діапазону.

На рисунку нижче показані всі вузлові точки на струні до тринадцятої гармоніки. Видно кластери, наприклад, навколо шостої гармоніки в точці A та навколо восьмої гармоніки в точці B, у яких створюється надійна мультифоніка. З рисунка також зрозуміло, що немає кластерів, які включають другу гармоніку <...>, що розподіл гармонійних кластерів є симетричним щодо середини струни. Отже, для кожного знайденого надійного мультифонічного звуку існує «подвійний» мультифонічний звук на однаковій відстані із протилежного боку від середини струни» [5, с. 147–148].



Також авторка зазначає як непередбачуваність звучання мультифонік на струнах, так і те, що цей феномен ще мало вивчений: «Компонентні те мультифоніки може бути важко передбачити, але із практикою їхню надійність можна покращити. Досліджень мультифоніки струнних інструментів мало; акустичне пояснення ефекту досі відсутнє» [5, с. 146].

На думку автора цієї статті, обґрунтування такого акустичного феномену, як «мультифоніки на струні», варто шукати в області акустичного резонансу, за якого відбувається збудження деяких обертонів вище і нижче точки дотику пальцем. Математичні закономірності складу мультифлажолетів можна пояснити тим, що обертони, що вступають у резонанс, мають природний акустичний зв’язок з обертонами на всій

довжині струни, як тієї частини, що коливається, так і тієї, що «відсікається». Це явище, вірогідно, має ту саму природу, що й акустичний резонанс відкритих фортепіанних струн. Це твердження є гіпотетичним та потребує подальшого експериментального підтвердження.

Висновки. Починаючи з останньої третини ХХ ст. дуже важливим чинником оновлення звучання музичних творів стали розширені інструментальні техніки, або “extended techniques”, що засновані на гармоніках, мультифоніках і резонансах. У визначеному контексті застосування вони набувають набагато більшого значення, ніж просто нові інструментальні техніки. Виходячи з того, що в основі цих прийомів лежать акустичні феномени

натурального звукоряду, що зумовлені фізикою коливання звукової хвилі, можна говорити про нове розуміння музичної гармонії, яка заснована на натуральних частотах та їх природних співвідношеннях. Отже, обертоновий ряд стає новою парадигмою сонорної вертикалі, заснованої на обертонових техніках звуковидобування.

Розширені інструментальні техніки набули широкого застосування у творчості С. Шарріно, Р. Саундерс, Т. Хосокави, Дж. Крама, Б. Фуррера, Г. Лагенмана й інших. Але на тепер у нас майже немає спроб їх теоретичного осмислення. Такий стан відкриває широкі перспективи для подальших практичних експериментів і теоретичних досліджень "extended techniques".

Література:

1. Загайкевич А. Українська електронна музика: практика дослідження. *Музика в інформаційному суспільстві*. Київ, 2008. С. 39–62.
2. Шаріна А. Розширені способи фортепіанного звуковидобування: досвід класифікації (на прикладі творів для фортепіано соло сучасних українських композиторів). *Київське музикознавство. Культурологія та мистецтвознавство*. Київ, 2019. № 58. С. 32–42.
3. Юферова Г. Музичні комп'ютерні технології в комунікаційних процесах у сучасній українській музиці : дис. ... канд. мистецтвозн. : 17.00.03. Суми, 2021. 255 с.
4. The Techniques of Oboe Playing / P. Veale et al. Kassel : Bärenreiter, 1994.
5. Fallowfield Ellen. Cello map: a handbook of Cello technique for performers and composers : doctoral thesis. University of Birmingham, 2010.
6. Welbanks Valerie. Foundations of Modern Cello Technique; Creating the Basis for a Pedagogical Method, Department of Music Goldsmiths College, University of London July 2016.
7. Walter Caspar Johannes. Mehrklänge auf dem Klavier. Von Phänomen zur mikrotonalen Theorie und Praxis', In *Mikrotonalität-Praxis und Utopie*, eds. Cordula Pätzold and Caspar Johannes Walter. Mainz : Schott, 2014.
8. Caspar Johannes Walter. URL: https://www.casparjohanneswalter.de/texts/fraction_windowing.
9. Cello map. URL: <https://cellomap.com/actions-index/>.
10. Fallowfield E. Multiphonics for Stringed Instruments: Performance Practice and Research Practice. URL: <https://www.researchcatalogue.net/view/1057169/1057170>.
11. Sciarriano Salvatore. 6 Capricci for violin solo. Edition Sheet Music. Published by Ricordi.
12. Saunders Rebecca. "Fletch" for string quartet. Publisher Edition Peters. Edition Set of Parts EP 12702.

References:

1. Zahaikevych, A.L. (2008). Ukrainian electronic music: research practice [*Ukrainska elektronna muzyka: praktyka doslidzhennia*]. Music in the information society. Kyiv. Pp. 39–62 [in Ukrainian].
2. Sharina, A. (2019). Advanced methods of piano sound production: classification experience (on the example of works for solo piano by modern ukrainian composers) [*Rozshyreni sposoby fortepiannoho zvukovydobuvannia: dosvid klasyfikatsii (na prykladi tvoriv dlia fortepiانو solo suchasnykh ukrainskykh kompozytoriv)*]. Kyiv musicology. Cultural studies and art history. Kyiv. Issue 58. P. 32–42 [in Ukrainian].
3. Yuferova, H. (2021). Musical computer technologies in communication processes in modern ukrainian music [*Muzychni komp'yuterni tekhnologii v komunikatsiynykh protsesakh u suchasnykh ukrainskii muzytsi*]: Dissertation for the degree of Candidate of Art History : 17.00.03, Musical art. Sumy State Pedagogical University named after A.S. Makarenko. Sumy. 255 p. [in Ukrainian].
4. Veale, P., Steffen-Mahnkopf, C.-S., Motz, W., Hummel, T. (1994). The Techniques of Oboe Playing. Kassel: Bärenreiter [in English].
5. Fallowfield, Ellen (2010). Cello map: a handbook of Cello technique for performers and composers (doctoral thesis, University of Birmingham) [in English].
6. Welbanks, Valerie (2016). Foundations of Modern Cello Technique; Creating the Basis for a Pedagogical Method, Department of Music Goldsmiths College, University of London [in English].
7. Walter, Caspar Johannes (2014). Mehrklänge auf dem Klavier. Von Phänomen zur mikrotonalen Theorie und Praxis, In *Mikrotonalität-Praxis und Utopie*, eds. Cordula Pätzold and Caspar Johannes Walter (Mainz: Schott) [in English].
8. Walter, Caspar Johannes (2019). Variants of continued fraction algorithms and their relationship to the fraction windowing algorithm for modeling the sounding pitches of multiphonics on piano strings. URL: https://www.casparjohanneswalter.de/texts/fraction_windowing [in English].
9. Cello map. URL: <https://cellomap.com/actions-index/> [in English].
10. Fallowfield, E. Multiphonics for Stringed Instruments: Performance Practice and Research Practice. URL: <https://www.researchcatalogue.net/view/1057169/1057170> [in English].
11. Sciarriano, Salvatore. 6 Capricci for violin solo. Edition Sheet Music. Published by Ricordi [in English].
12. Saunders, Rebecca. "Fletch" for string quartet. Publisher Edition Peters. Edition Set of Parts EP 12702 [in English].