

УДК 781.1

DOI 10.32461/2226-3209.1.2026.356299

Цитування:

Козлін В. Й., Грищенко В. І. Частота звуковидобування на класичній гітарі. *Вісник Національної академії керівних кадрів культури і мистецтв* : наук. журнал. 2026. № 1. С. 293–299.

Kozlin V., Grishenko V. (2026). Sound Production Frequencies in Classical Guitar. *National Academy of Managerial Staff of Culture and Arts Herald: Science journal*, 1, 293–299 [in Ukrainian].

Козлін Валерій Йосипович,
доктор мистецтвознавства, професор
Національної академії керівних кадрів
культури і мистецтв
<https://orcid.org/0000-0002-8974-0894>

Грищенко Валентина Іванівна,
кандидат педагогічних наук, доцент
Національної академії керівних кадрів
культури і мистецтв
<https://orcid.org/0000-0002-5720-0631>

ЧАСТОТА ЗВУКОВИДОБУВАННЯ НА КЛАСИЧНІЙ ГІТАРІ

Мета роботи – теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити принципи раціоналізації рухового апарату гітариста для досягнення максимальної технічної рухливості правої руки гітариста при мінімальному м'язовому напруженні. **Методологія дослідження** полягає в застосованні загальнологічних методів пізнання, а саме: аналізу, синтезу та математичного моделювання. Методологічну основу дослідження становить поєднання методів теоретичного аналізу біомеханічних аспектів гри на гітарі з емпіричним спостереженням за виконавським процесом. Особлива увага приділяється кінематичному аналізу рухів пальців (мінімізація траєкторії) та методу порівняння часових показників звуковидобування при різних аплікатурних моделях. Результати дослідження перевірені при записі звуковидобування гітаристів у музичному редакторі Sound Forge. **Наукова новизна** полягає у теоретичному обґрунтуванні та практичній розробці методу багатопальцевої реципрокної взаємодії використання 2-х, 3-х та 4-ти пальців) як альтернативи традиційній двопальцевої системі гри. Для глибшого розуміння процесу частоти звуковидобування його досліджено з позиції механіки організації циклічного руху пальців. Вперше доведено, що збільшення кількості активних ігрових одиниць (пальців) веде не до ускладнення координації, а до експоненціального зниження м'язового напруження за рахунок перерозподілу динамічного навантаження. **Висновки.** У ході роботи було досліджено частоту звуковидобування з позиції механіки організації циклічного руху пальців. Доведено, що досягнення високого рівня технічної рухливості правої руки гітариста є результатом комплексної раціоналізації роботи рухового апарату. Основні результати роботи можна звести до таких положень: у випадку звуковидобування двома пальцями («m» і «a») чотирьох звуків кожен з них вилучає по два звука (див.рис. 1a і 1б). При роботі трьома пальцями («a-m-i») для вилучення чотирьох звуків тільки «m» вилучає два звуки, а решта по одному і в цілому рука менше втомлюється, тобто в наявності перевага (див.рис. 1в). Доведена формула, що при виконанні прийому звуковидобування за участю чотирьох пальців - «a», «m», «i», «r» (в послідовності «a-m-i-r», «a-m-i-r») та руху їх з максимальною швидкістю (див.рис. 1г): *чим більша кількість періодично наступних один за одним пальців бере участь у звуковидобуванні, тим менший час проходження між звуками і більша частота звуковидобування.* У підсумку швидкість трьох пальців при цьому на 33 відсотки більше, ніж двох, а чотирьох пальців більше на 100 відсотків. Визначено, що послідовність з трьох пальців доцільно застосовувати при виконанні тріольних або кратних їм пасажів (секстолей тощо). Послідовність з чотирьох пальців доцільно застосовувати при виконанні квартольних пасажів. При русі по колу будь-якою кількістю і будь-якою комбінацією пальців вирашу в техніці гри немає в порівнянні з роботою двох пальців.

Ключові слова: класична гітара, біомеханіка, частота звуковидобування, раціоналізація рухового апарату гітариста, аплікатурні моделі.

Kozlin Valery, D.Sc. in Arts, Professor, National Academy of Culture and Arts Management; Grishenko Valentyna, PhD in Pedagogic Sciences, National Academy of Culture and Arts Management

Sound Production Frequencies in Classical Guitar

The purpose of the work is to theoretically substantiate and experimentally verify the principles of rationalisation of the guitarist's motor apparatus to achieve maximum technical mobility of the guitarist's right hand with minimal muscle tension. **The research methodology** lies in the consolidation of scientific methods of knowledge, and itself: analysis, synthesis and mathematical modelling. The methodological basis of the research is a combination of methods of theoretical analysis of biomechanical aspects of guitar playing with empirical observation of the performance process. Special attention is paid to the kinematic analysis of finger movements (trajectory minimisation) and the method of comparing time indicators of sound production with different fingering models. The results of the study were

verified by recording the sound production of guitarists in the music editor Sound Forge. **The scientific novelty** lies in the theoretical substantiation and practical development of the method of multi-finger reciprocal interaction (using 2, 3, and 4 fingers) as an alternative to the traditional two-finger game system. For a deeper understanding of the process of sound production frequency, it was studied from the perspective of the mechanics of organising cyclic finger movement. It was proven for the first time that an increase in the number of active game units (fingers) does not lead to a complication of coordination, but to an exponential decrease in muscle tension due to the redistribution of dynamic load. **Conclusions.** In the course of the work, the frequency of sound production was studied from the standpoint of the mechanics of organising the cyclic movement of the fingers. It is proven that achieving a high level of technical mobility of the guitarist's right hand is the result of a comprehensive rationalisation of the work of the motor apparatus. The main results of the work can be summarised as follows. In the case of sound production with two fingers ('m' and 'a') of four sounds, each of them extracts two sounds (see Fig. 1a and 1b). When working with three fingers ('a-m-i') to extract four sounds, only 'm' extracts two sounds, and the rest one at a time, and in general the hand gets less tired, that is, there is an advantage. The formula has been proven that when performing the sound production technique with the participation of four fingers – 'a', 'm', 'i', 'p' (in the sequence 'a-m-i-p', 'a-m-i-p') and moving them at maximum speed, the greater the number of periodically following fingers one after another involved in sound production, the shorter the time between sounds and the higher the frequency of sound production. As a result, the speed of three fingers is 33 percent higher than that of two, and four fingers is 100 percent higher. It has been determined that a sequence of three fingers is advisable to use when performing triplet or multiple passages (sextole). A sequence of four fingers is advisable to use when performing quartet passages. When moving in a circle with any number and any combination of fingers, there is no gain in playing technique compared to the work of two fingers.

Keywords: classical guitar, biomechanics, sound production frequency, rationalisation of the guitarist's motor apparatus, fingering models.

Актуальність теми дослідження. Розвиток сучасної гітарної виконавської техніки ставить перед музикантами дедалі складніші завдання, що потребують не лише віртуозності, а й максимальної фізіологічної раціональності. Попри багатотисячлітню історію інструмента, питання оптимізації рухів пальців правої руки залишається одним із найбільш дискусійних у музичній педагогіці.

Аналіз досліджень і публікацій. Аналіз сучасної навчально-педагогічної літератури свідчить про відсутність комплексних науково обґрунтованих досліджень, присвячених динаміці та швидкості роботи пальців, а також їхній взаємодії під час виконання складних пасажів на основі математичного моделювання. Традиційна методична база здебільшого спирається на консервативні підходи, які не завжди відповідають запитам сучасного репертуару. Дослідження техніки правої руки класичного гітариста значно еволюціонували від суто емпіричних порад («тримай руку так, бо так грав Сеговія») до науково обґрунтованого аналізу. Сьогодні це синтез математики, біомеханіки, ергономіки та навіть фізики звуку.

Сучасні дослідження техніки правої руки розсіяні між фундаментальними підручниками-школами, дисертаціями з біомеханіки та спеціалізованими відео курсами, які сьогодні слугують у статусі методичних праць.

Більшість авторів шкіл та посібників гри на гітарі обмежують техніку гри на декількох струнах використанням лише двох пальців – вказівного (і) та середнього (m). Безіменний

палець (a) традиційно розглядається як допоміжний, призначений лише для специфічних завдань (акордова фактура, тремоло), що штучно обмежує швидкісний потенціал виконавця.

Існують суттєві розбіжності щодо оптимальної кількості пальців, необхідних для легкого та швидкого виконання послідовних пасажів на різних струнах. Великий палець використовується в основному при грі на басових струнах. При аналізі аплікатури опублікованих творів для гітари видно, що у виконанні пасажів залишається перевага двох пальців.

З іншого боку, візуальне уявлення про виконавську майстерність відомих гітаристів-віртуозів (Мануель Кано [3] Качо Тірао, Сабікас, Карлос Мантойя [4]) показує, що використання трьох, а також чотирьох, а іноді й п'яти пальців дає явні переваги перед двопальцевою технікою, а саме: легкість виконання, неперевершена швидкість і невимушеність.

Губерт Кеппель (Hubert Keppel) – це помітна постать у німецькому та європейському музичному світі, передусім як один із найвпливовіших класичних гітаристів та педагогів сучасності. Кеппель був одним із перших, хто глибоко інтегрував принципи біомеханіки у навчання гри на гітарі. Біомеханічний підхід Кеппеля базується на здатності ізолювати роботу одного м'яза, залишаючи інші в стані спокою. Це дозволяє досягти неймовірної швидкості, оскільки антагоністичні м'язи (ті, що розгинають палець) не чинять опору м'язам-згиначам.

Біомеханічний підхід Губерта Кеппеля полягає у відмові від суто «музичного» копіювання рухів на користь розуміння того, як працюють важелі людського тіла. У своєму дослідженні позначення пальців правої руки *p*, *i*, *m*, *a* пояснює через біомеханіку [5].

Абель Карлеваро (Abel Carlevaro) - видатний уругвайський класичний гітарист-віртуоз, композитор та педагог розробив унікальну систему гри, викладену в його фундаментальній праці «Escuela de la Guitarra: Exposición de la Teoría Instrumental» (Школа гітари: виклад інструментальної теорії) [6]. Центральна ідея праці: техніка – це інтелектуальний процес вибору найбільш ефективного руху та досягнення максимального результату при мінімальній витраті енергії.

Методологія Кеппеля та Карлеваро є раціонально-аналітичною, але не математичною. Їхні праці – це вершина педагогічної та виконавської думки, що базується на спостереженні за фізикою тіла, проте вони залишаються в межах гуманітарно-природничого дискурсу музичного мистецтва. Раціоналізація тут виступає як логічне впорядкування досвіду, а не як результат математичного розрахунку.

Мета дослідження – теоретично обґрунтувати та експериментально перевірити принципи раціоналізації рухового апарату гітариста для досягнення максимальної технічної рухливості правої руки гітариста при мініальному м'язовому напруженні.

Виклад основного матеріалу. *Організація циклічного руху пальців*. Позначення пальців правої руки в класичній гітарній школі мають глибоке коріння, що сягає іспанської традиції. Це не просто випадкові літери, а аббревіатури іспанських назв пальців. Ось основні джерела та розшифровка цієї системи. Система *p-i-m-a* походить від іспанських слів, оскільки саме Іспанія стала колыскою сучасної класичної гітари:

- **p** (*pulgar*) – великий палець.
- **i** (*indice*) – вказівний палець.
- **m** (*medio*) – середній палець.
- **a** (*anular*) – підмізинний (безіменний) палець.

• **e** або **ch** (*meñique/chico*) – мізинець (використовується рідко, переважно в техніці фламенко для розгеадо).

Ця система стандартизувалася завдяки видатним педагогам та композиторам XIX–XX століть, чий методики стали світовим еталоном :

1. *Франциско Таррега (Francisco Tárrega (1852 -1909)* - видатний іспанський класичний гітарист-віртуоз і композитор. Його школа - це спадок іспанської традиції педагогічного гітарного мистецтва. Таррега розробив логічну систему розташування пальців на грифі, яка враховує як технічні, так і музичні потреби, при цьому звертаючи увагу на природність позиції тіла і рук під час гри уникаючи зайвої напруги, що дозволяє грати технічно складні пасажі з легкістю. Саме завдяки його школі та використанні у роботах його учнів система позначення пальців правої руки **p, i, m, a** стала загальноприйнятною [7].

2. *Еміліо Пухоль (1886–1980)* – видатний іспанський (каталонський) класичний гітарист, педагог, композитор та дослідник, один із найкращих учнів Франсіско Таррега. Він вважається одним із найвпливовіших гітаристів XX століття, який зробив величезний внесок у розвиток методики викладання гри на гітарі та відродження інтересу до старовинної музики. Пухоль вперше систематизував методи свого вчителя Таррега, де літерні позначення **p, i, m, a** стали законом [8].

3. *Андрес Сеговія (1893 - 1987)* - іспанський маестро та популяризатор гітари в площині академічної музики. Школа Андреса Сеговії є втіленням віртуозності та інтерпретації. Тобто, вона базується на традиціях романтичної інтерпретації, з акцентом на звуковидобування, виразність, віртуозність та сценічний артистизм. Своєю світовою концертною діяльністю він закріпив іспанську термінологію як міжнародний стандарт (International Standard) [9].

Принципи біомеханічного процесу частоти звуковидобування. Позначимо пальці правої руки так, як це прийнято в музичній літературі для гітари - покажчик «**i**» /від index/, середній «**m**» /від medium/, безіменний «**a**» /від anular/ і великий «**p**» /від pulgar/.

Для глибшого розуміння процесу частоти звуковидобування дослідимо його з позиції механіки організації циклічного руху пальців. Розглянемо прийоми звуковидобування технікою «апояндо». Це зручно, бо струна, яка зупиняє рух пальця після створення звуку, сумісна з віссю абсцис. На відстані S1 від неї проходить лінія початку руху кожного пальця (рис. 1).

Нехай необхідно двома пальцями вимовити три звуки «**a-m-a**». Кінець пальця, видавши звук, рухається по дузі. Ми вважаємо, що радіус дуги досить великий і її кривизною можна знехтувати. Під час руху кінець пальця

проходить шлях S_1 зі швидкістю v . Зазначимо, щоб під час створення звуку пальці рухалися з максимальною швидкістю $v=v_{\max}$ як вперед, так і в протилежному напрямку та рівномірно, тобто:

$$s_1 v_{\max} \times t_1 \quad (1)$$

Позначимо пальці правої руки так, як це прийнято в музичній літературі для гітари - показчик «i» /від index/, середній «m» /від medium/, безіменний «a» /від anular/ і великий «p» /від pulgar/.

Зробимо припущення, що максимальна швидкість усіх пальців однакова.

Час, який потрібен пальцю для проходження від початкової позиції до сусідньої струни:

$$t_1 = s_1 / v_{\max} \quad (2)$$

Причому цей час мінімальний. Для рівномірного звучання необхідно, щоб

проміжки часу між сусідніми звуками були рівними, а значить, швидкість руху

кожного пальця як вперед, так і назад, в ідеалі повинна бути однаковою. Визначимо шлях S_a , який пройде кінець пальця «a» за час $t=t_1$ і $2t_1$ (рис. 1a).

$$S_a(t_1) = v \times t_1 = S_1$$

$$S_a(2t_1) = v \times 2t_1 = 2S_1$$

Таким чином, палець «a» в момент t_1 зупиниться на сусідній струні, а в момент $2t_1$ повернеться у вихідне положення.

Визначимо шлях, який пройде палець «m» за час $t=t_1$ і $2t_1$:

$$S_m(t_1) = v(t - t_1) = v(t_1 - t_1) = 0;$$

$$S_m(2t_1) = v(2t_1 - t_1) = vt_1 = S_1;$$

З виведених співвідношень виходить, що /рис. 1a/ коли палець «a» закінчує рух у момент часу t_1 , то палець «m» одночасно починає рух на звук.

У момент часу $2t_1$ пальці поміняються місцями. Часовий інтервал між сусідніми звуками при роботі двома пальцями:

$$\Delta t_2 = 2t_1 / 2 = t_1 \quad (3)$$

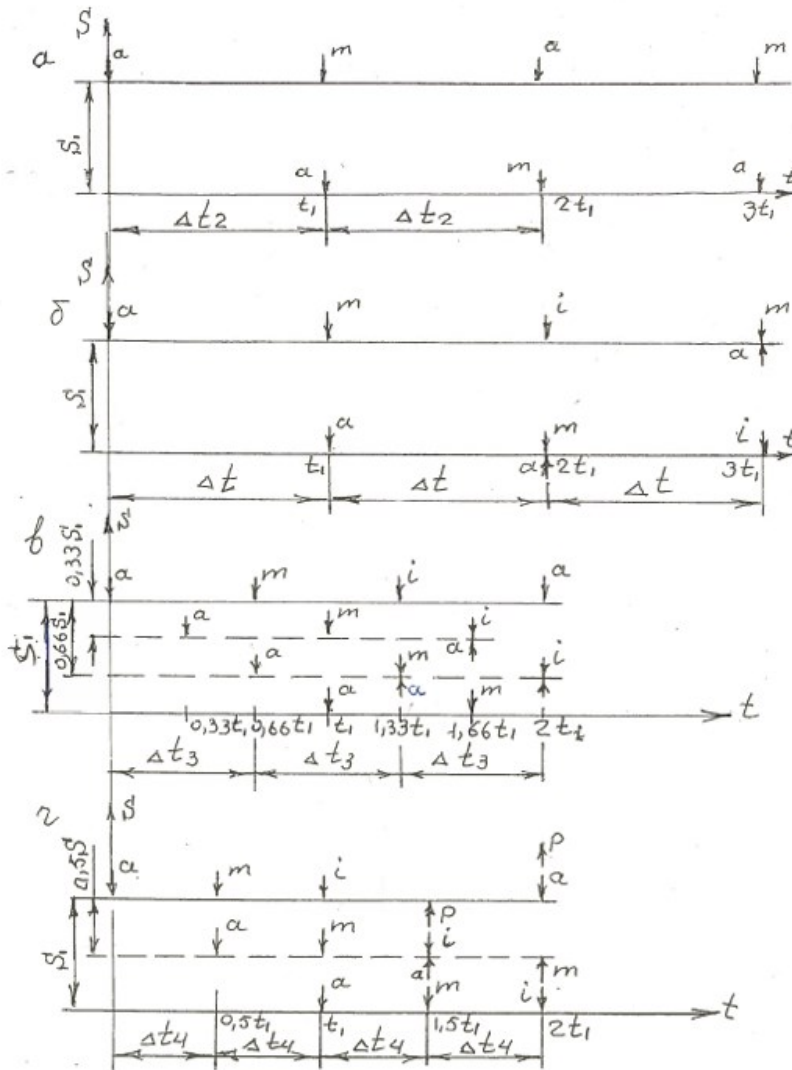


Рис. 1. Частотні характеристики пальців

Таким чином, інтервал звуковидобування кожного пальця дорівнює його мінімальному часу руху. Це стосується роботи пальців парами «а – м»; «м – і»; «р – і»; «р – м»; «р – а», причому початок руху пар може бути з будь-якого пальця.

Розглянемо варіант, коли у звуковидобуванні бере участь три пальці - *безіменний, середній і вказівний*, причому працюють вони в послідовності «а-м-і», «а-м-

Визначимо, який шлях пройде палець «а» за час $t = \Delta t_3$; $t = t_1$; $t = 2\Delta t_3$; $t = 2t_1$, $\Delta t_3 = 2t_1/3 = 0.66t_1$ (4)

$S_a(\Delta t_3) = v\Delta t_3 = v \times 2t_1/3$. Но $v \times t_1 = S_1$.

$$S_a(\Delta t_3) = S \times 2/3 \quad (5)$$

$$S_a(t_1) = vt_1 = S_1$$

$$S_a(2\Delta t_3) = S_a(1.33t_1) = v \cdot (2\Delta t_3) = v \cdot 2 \cdot t_1/3 = v \cdot t_1 \cdot 4/3 = S \cdot 4/3 \quad (6)$$

$$S_a(2t_1) = v \cdot 2t_1 = 2S_1 \quad (7)$$

Визначимо, який шлях пройде палець «м» за час $t = \Delta t_3$; $t = 2\Delta t_3$; $t = 2t_1$

$$S_m(t) = v \cdot (t - \Delta t_3);$$

$$S_m(\Delta t_3) = v \cdot (\Delta t_3 - \Delta t_3) = 0 \quad (8)$$

$$S_m(2\Delta t_3) = v \cdot (2\Delta t_3 - \Delta t_3) = v \cdot \Delta t_3 = v \cdot t_1 \cdot 2/3 = S_1 \cdot 2/3 \quad (9)$$

$$S_m(2t_1) = v(2t_1 - \Delta t_3) = v(2t_1 - 2/3 \cdot t_1) = v \cdot t_1 \cdot 4/3 \quad (10)$$

Визначимо шлях, який пройде палець «і» в моменти часу $t = 2 \Delta t_3$; $t = 2t_1$

$$S_i(t) = v \cdot (t - 2\Delta t_3)$$

$$S_i(2\Delta t_3) = v \cdot (2\Delta t_3 - 2\Delta t_3) = 0 \quad (11)$$

$$S_i(2t_1) = v \cdot (2t_1 - 2\Delta t_3) = v \cdot t_1 \cdot 2/3 = S_1 \cdot 2/3 \quad (12)$$

Рівності (5), (7) і графіки показують, що палець «м» почне свій рух в момент часу $t = \Delta t_3$, коли палець «а» пройде 2/3 шляху.

У момент часу $t = 2 \Delta t_3$ палець «а» пройде 4/3 шляху, палець «м» 2/3 шляху, а «і» знаходиться у вихідній позиції. У момент часу $t = 2t_1$ палець «а» займе вихідне положення, палець «м» пройде 4/3 шляху, а «і» пройде 2/3 шляху.

Дані співвідношення дієві для наступних один за одним пальців в такій комбінації: "а-м-і"; "і-м-а"; "р-і-м"; "р-м-а"; "р-і-а"; "р-м-і"; "р-а-м"; "р-а-і"; "м-і-р"; "а-м-р"; "а-і-р".

Тепер розглянемо варіант, коли у звуковидобуванні бере участь чотири пальці - «а», «м», «і», «р». Причому працюють вони в послідовності «а-м-і-р», «а-м-і-р» тощо (рис. 1г) і рухаються з максимальною швидкістю. У момент часу $2t_1$, коли палець «а» займе вихідне положення, буде вилучено п'ять звуків. Виходячи з вимоги рівномірного звучання часові інтервали Δt_4 між сусідніми звуками повинні бути рівні між собою. З графіка (рис. 1г) видно:

$$\Delta t_4 = 2t_1/4 = 0.5t_1 \quad (13)$$

Визначимо шляхи, які пройде палець «а» за інтервали часу $t = 0.5t_1$, $t = t_1$, $t = 1.5t_1$, $t = 2t_1$.

і» тощо та рухаються з максимальною швидкістю. У цьому випадку палець «а» (рис. 1в) повернеться у вихідне становище за той час, як і під час роботи двома пальцями, тобто за $2t_1$, але всі пальці вилучать не три, а чотири звуки. Покажемо це за допомогою механіки.

Виходячи з вимоги рівномірності звучання часові інтервали Δt_3 між сусідніми звуками мають бути рівними між собою.

$S_a(0.5t_1) = v \cdot 0.5t_1$. Оскільки $vt_1 = S_1$, то $S_a(0.5t_1) = 0.5S_1$

$$S_a(t_1) = vt_1 = S_1$$

$$S_a(1.5t_1) = v \cdot 1.5t_1 = 1.5S_1$$

Визначимо шлях, який пройде палець «м» за час $0.5t_1$, $t = t_1$, $t = 1.5t_1$, $t = 2t_1$.

$$S_m(t) = v(t - t_4) = v(t - 0.5t_1);$$

$$S_m(0.5t_1) = v(0.5t_1 - 0.5t_1) = 0;$$

$$S_m(t_1) = v(t_1 - 0.5t_1) = 0.5vt_1 = 0.5S_1;$$

$$S_m(1.5t_1) = v(1.5t_1 - 0.5t_1) = vt_1 = S_1;$$

$$S_m(2t_1) = v(2t_1 - 0.5t_1) = 1.5vt_1 = 1.5S_1.$$

Визначимо шляхи, які пройде палець «і» $t = t_1$, $t = 1.5t_1$, $t = 2t_1$.

$$S_i(t) = v(t - \Delta t_4) = v(t - t_1);$$

$$S_i(t_1) = v(t_1 - t_1) = 0;$$

$$S_i(1.5t_1 - t_1) = 0.5vt_1 = 0.5S_1;$$

$$S_i(2t_1) = v(2t_1 - t_1) = S_1.$$

Визначимо шляхи, які пройде палець «р» за час $t = 1.5t_1$ і $t = 2t_1$.

$$S_p(t) = v(t - 3\Delta t_4) = v(t - 1.5t_1);$$

$$S_p(1.5t_1) = v(1.5t_1 - 1.5t_1) = 0;$$

$$S_p(2t_1) = v(2t_1 - 1.5t_1) = 0.5S_1.$$

На рис. 1г відображені розраховані положення пальців. Видно, що в $t = t = 0.5t_1 = \Delta t_4$ палець «а» знаходиться на середині шляху, а палець «м» у вихідному положенні. При $t = 2\Delta t_4 = t_1$ палець «а» зупиниться на сусідній

струні, палець «m» на середині шляху, палець «i» у вихідній позиції.

При $t=3\Delta t_1=1.5t_1$ палець «m» на сусідній струні, «i» на середині рухаючись вперед, «a» на середині рухаючись у зворотному напрямку, «p» в початковій позиції. При $t=4\Delta t_1=2t_1$, палець «a» повернеться у вихідне положення, «m» на середині зворотного шляху, «i» на сусідній струні, «p» на середині шляху.

Дані співвідношення дійсні для наступних комбінацій пальців: «a-m-i-p»; «p-a-m-i»; «p-i-m-a»; «i-m-a-p».

Позначимо $2t_1=T$, де T - період повторення іхідної позиції першим пальцем послідовності (в розглянутих випадках пальцем «a»). Із співвідношень (3), (4) і (13) видно, що часовий інтервал між сусідніми звуками дорівнює

$$\Delta t_n = T/n \quad (14)$$

де n - число пальців, що беруть участь у звуковидобуванні.

Позначимо частоту звуковидобування як

$$f_n = 1/\Delta t_n \quad (15)$$

та підставимо рівність (14) в (15) і отримаємо:

$$f_n = n/T \quad (16)$$

Рівності (14) і (16) доводить, що чим більша кількість періодично наступних один за одним пальців бере участь у звуковидобуванні, тим менший час проходження між звуками і більша частота звуковидобування. Побіжність трьох пальців при цьому на 33 відсотки більше, ніж двох, а чотирьох пальців більше на 100 відсотків.

Послідовність з трьох пальців доцільно застосовувати при виконанні тріольних або кратних їм пасажів (секстолей тощо). Послідовність з чотирьох пальців доцільно застосовувати при виконанні квартольних пасажів.

Техніка руху по колу. Розглянемо варіант руху пальців наступних один за одним в послідовності «a-m-i-m», «a-m-i-m» і т.д. Назвемо це звуковидобуванням по колу. Приймемо рух кожного пальця з максимальною швидкістю вперед і назад. Згідно з прийнятою схемою руху в інтервалі часу від t_1 до $3t_1$ (рис.1б) палець «m» повинен зупинитися на струні в момент $2t_1$ (при цьому палець «i» знаходиться у вихідному положенні) і повернутися назад в момент $3t_1$.

Далі він знову вилучає звук та зупиняється на струні в $4t_1$ (при цьому починає рух палець «a») і повернеться у вихідне положення в $5t_1$. Оскільки звучання має бути

рівномірним, то часові інтервали Δt між сусідніми звуками повинні бути рівні. Часові інтервали в проміжку часу від t_1 до $3t_1$ визначаються тільки часом руху пальця «m». Враховуючи, що палець «a» повернеться у вихідне положення в $t=3t_1$ і приймаючи цей час за період, отримаємо:

$$\Delta t = 3t_1/3 = t_1 \quad (17)$$

Порівнюючи рівності (17) і (3) і з графіка (рис.1б) бачимо, що не дивлячись на звуковидобування трьома пальцями, при їх русі по колу, виграшу в часі між сусідніми звуками немає, тобто це все одно, як якщо б звуковидобування було двома пальцями. Такий ефект дає будь-яка наступна комбінація пальців: «i-m-a-m», «m-a-m-i», «m-i-m-a», «m-a-m-i», «p-i-m-i», «p-m-a-m», «p-i-a-i», «i-p-i-m», «m-p-m-a», «a-p-a-m», «p-m-i-m», «p-a-m-a», «p-a-i-a».

Якщо розглянути рух по колу чотирма пальцями, то цілком очевидно, що виграшу за часом в техніці гри не буде в порівнянні з двома пальцями також. Прикладом такого звуковидобування по колу можуть бути наступні комбінації пальців: «p-i-m-a-m-i», «a-m-i-p-i-m» тощо.

Висновки. У ході роботи було досліджено частоту звуковидобування з позиції механіки організації циклічного руху пальців. Математично доведено, що досягнення високого рівня технічної рухливості правої руки гітариста є результатом комплексної раціоналізації роботи рухового апарату. Основні результати роботи можна звести до таких положень:

У випадку звуковидобування двома пальцями («m» і «a») чотирьох звуків кожен з них вилучає по два звука (див.рис. 1а і 1б). При роботі трьома пальцями («a-m-i») для вилучення чотирьох звуків тільки «m» вилучає два звуки, а решта по одному і в цілому рука менше втомлюється, тобто в наявності перевага (див.рис.1в). Доведена формула, що при виконанні прийому звуковидобування за участю чотирьох пальців - «a», «m», «i», «p» (в послідовності «a-m-i-p», «a-m-i-p») та руху їх з максимальною швидкістю (див.рис. 1г): *чим більша кількість періодично наступних один за одним пальців бере участь у звуковидобуванні, тим менший час проходження між звуками і більша частота звуковидобування.* У підсумку швидкість трьох пальців при цьому на 33 відсотки більше, ніж двох, а чотирьох пальців більше на 100 відсотків.

Визначено, що послідовність з трьох пальців доцільно застосовувати при виконанні тріольних або кратних їм пасажів (секстолей тощо). Послідовність з чотирьох пальців доцільно застосовувати при виконанні квартольних пасажів. При русі по колу будь-якою кількістю і будь-якою комбінацією пальців виграшу в техніці гри немає в порівнянні з роботою двох пальців.

Для досягнення максимальної технічної рухливості при мінімальному напруженні найбільш раціональною визнано систему роботи трьома пальцями. Вона забезпечує оптимальний баланс між економією енергії та технічною чіткістю. Раціоналізація рухового апарату гітариста має базуватися не на пошуку нових швидкісних лімітів через кількість пальців, а на грамотному розподілі м'язового ресурсу для збереження витривалості та легкості виконання.

У світі, де тип особистості та швидкість сприйняття інформації стрімко змінюються, музична освіта потребує рушійної модернізації. Біомеханіка у грі на гітарі – це не просто «правильна постановка», а науковий фундамент технічної свободи. Впровадження біомеханічних принципів є критично важливим, оскільки воно перетворює навчання з інтуїтивного пошуку на керований процес: це дозволяє досягти максимальної технічної віртуозності та швидкості за мінімальних енерговитрат, водночас гарантуючи фізіологічну безпеку та запобігаючи професійним захворюванням рук.

Література

1. Ахметов Р.Ф. Біомеханіка фізичних вправ: Навчальний посібник. Житомир: Житомирський державний педагогічний університет імені Івана Франка, 2004. 124 с.
2. Біомеханіка фізичних вправ: Навчально-методичний посібник /С.О. Козубенко, Ю. В. Тупеев. Миколаїв: МНУ ім. В.О.Сухомлинського, 2015.215с.
3. Мануель Кано La guitarra: historia, estudios y aportaciones al arte flamenco». Editorial Universidad de Granada. 2006.330 p.

4. Mopic Саммерфілд «The Classical Guitar: Its Evolution, Players and Personalities Since 1800. Ashley Mark Publishing Company. 2003. 376 p.
5. Hubert Käppel .*The Bible of Classical Guitar Technique*. Brühl: AMA Verlag. 2016.245
6. Abel Carlevaro. Escuela de la Guitarra: Exposición de la Teoría Instrumental. Boosey & Hawkes, 1984.147 p.
7. Summers, J. Francisco Tárrega: The Father of the Modern Classical Guitar. Madrid: Alhambra Editions, 2009. 212 p.
8. Pujol, E. (1952). Escuela Razonada de la Guitarra: Basada en los principios de la técnica de Tarrega. Buenos Aires: Ricordi Americana. 180 p.
9. Cooper, D. Andres Segovia: A Life of Music and Legacy. New York: HarperCollins, 2012. 256 p.

References

1. Akhmetov, R.F. (2004). *Biomechanics of physical exercises*. Ivan Franko Zhytomyr State Pedagogical University [in Ukrainian].
2. Kozubenko, S.O., & Tupieiev, Yu.V. (2015). *Biomechanics of physical exercises*. V.O. Sukhomlynskyi Mykolaiv National University [in Ukrainian].
3. Manuel Cano La guitarra: historia, estudios y aportaciones al arte flamenco (Guitar: history, research and contribution to the art of flamenco). (2006). Editorial Universidad de Granada [in Spanish].
4. Maurice Summerfield 'The Classical Guitar: Its Evolution, Players and Personalities Since 1800'. (2003). Ashley Mark Publishing Company [in English].
5. Käppel, H. (2016). *The Bible of Classical Guitar Technique*. AMA Verlag [in German].
6. Carlevaro, A. (1984). Escuela de la Guitarra: Exposición de la Teoría Instrumental. Boosey & Hawkes [in Spanish].
7. Summers, J. (2009). Francisco Tárrega: The Father of the Modern Classical Guitar. Alhambra Editions [in Spanish].
8. Pujol, E. (1952). Escuela Razonada de la Guitarra: Basada en los principios de la técnica de Tarrega. Ricordi Americana [in Spanish].
9. Cooper, D. (2012). Andres Segovia: A Life of Music and Legacy. Harper Collins [in English].

Стаття надійшла до редакції 07.01.2026
Отримано після доопрацювання 11.02.2026
Прийнято до друку 18.02.2026
Опубліковано 31.03.2026