

**Величко Мария Викторовна,**  
обучающаяся ГБПОУ ЯНАО  
«Ноябрьский колледж профессиональных  
и информационных технологий»,  
г. Ноябрьск

**Захарова Галина Ивановна,**  
**Сухова Лилия Николаевна,**  
преподаватели ГБПОУ ЯНАО  
«Ноябрьский колледж профессиональных  
и информационных технологий»,  
г. Ноябрьск

# ФИЗИКА И МУЗЫКАЛЬНОЕ ИСКУССТВО

ТЕХНИЧЕСКОЕ  
ТВОРЧЕСТВО

УДК 530.1/78.06

Данная статья посвящена особенностям звукоизвлечения в струнных и клавишных музыкальных инструментах с точки зрения физики звуковых процессов. Авторы определили, что музыкальный звук обладает всеми теми же свойствами, что и любой другой, но благодаря определенным сочетаниям свойств звук становится более приятным для восприятия. Кроме того, восприятие человеческого уха зависит от длительности звука, которая связана с дополнительными колебаниями волн или обертонов, образующихся одновременно с основными колебаниями.

This article is devoted to the peculiarities of sound production in stringed and keyboard musical instruments from the point of view of the physics of sound processes. The authors determined that a musical sound has all the same properties as any other, but thanks to certain combinations of properties, the sound becomes more pleasant to perceive. And perception also depends on the duration of the sound, which is associated with additional vibrations of waves or overtones formed simultaneously with the main vibrations.

## Ключевые слова

музыкальное искусство, физика звука, струнные и клавишные инструменты.

## Keyword

Musical art, sound physics, string and keyboard instruments.

Каждый человек, занимающийся музыкой, понимает, что от умений пользоваться струнным инструментом зависит качество звучания. Чтобы сделать его максимально высоким, необходимо понимать и знать физику извлечения звука. В последнее время появилось много музыкантов, которые не изучают теорию музыки и фи-

зические явления, связанные с их родом занятий, а поэтому затрудняются контролировать извлекаемый звук.

В данной работе мы попытались определить особенности звукоизвлечения в струнных и клавишных музыкальных инструментах. Для этого познакомились с историей их создания, определили свойства материалов для изготовления струн и влияние на звучание.

Музыкальные инструменты – это предметы, с помощью которых человек может извлекать звуки. Спектр музыкальных инструментов очень велик: пианино, гитара, скрипка, труба, флейта и множество других.

Предком струнных инструментов считается кифара – один из самых распространённых музыкальных инструментов в Древней Греции. Её прототипом стал лук, издававший звук при натягивании тетивы. Люди стали экспериментировать с количеством струн, их натяжением, толщиной и длиной. Позже струны переместили в короб и меняли его форму, размер. Итогом стали не только более приятные и красивые звуки, а ещё и новые струнные инструменты с разным тембром. В IV-VIII веках были известны прототипы лютни (струнно-щипковый инструмент с ладами на грифе и овальным корпусом): ребаб, ситар, домбра.

## ИСТОРИЯ ВОЗНИКНОВЕНИЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Самые первые упоминания о гитаре относятся ко II веку до н. э. В разных местах находили предков гитары: кинорра – в Месопотамии, цитра и нефер – в Египте, ситар – в Индии, кифара – в Риме и Греции. Они были созданы из высушенных тыкв, кусков дерева, даже из панциря черепахи. С X века струнные инструменты стали изображать в барельефах и манускриптах. Первое изображение гитары было ещё на камнях египетских пирамид, древние египтяне называли этот инструмент набла.



Уже с XIII века гитара как музыкальный инструмент стала пользоваться спросом в Испании: её любили и короли, и простой народ. Она стала главным музыкальным инструментом страны. Стали различать мавританскую и латинскую гитары. У первой звук был более резкий, а форма овальная, тогда как у второй звучание было более мягким, а форма была усложнена. Переломным моментом для развития и распространения гитары стал XVII век. В 1674 году Гаспаром Сансом было написано первое руководство по игре на гитаре. Оно стало эталоном профессионального подхода к обучению игре на гитаре и ещё много лет было востребовано. Изначально количество струн на гитаре не было точно определено и варьировалось от 4 до 10, однако в XVIII-XIX веках она получила современный вид и 6 струн. В это время стали пользоваться спросом музыкальные произведения для гитары, написанные М. Каркасси, Д. Агуадо и др. Во второй половине XIX века гитарная музыка стала терять популярность, уступая место фортепиано, но в конце XX века вновь стала востребованной. Люди придумывали новые разновидности гитар. Сейчас этот инструмент популярен у публики и исполнителей.

История клавишных струнных инструментов началась примерно в XVI веке. Самыми древними представителями данного класса инструментов считаются клавикорд



и клавесин. На рубеже XVIII-XIX веков филладельфийским мастером Джоном Айзеком Хокинсом заново было изобретено пианино, оно имело богатую предысторию в виде различных форм вертикальных клавиров, начиная от так называемого клавицитериума (клавесин с вертикально расположенными струнами и корпусом, XVI в.) и заканчивая разнообразными формами фортепиано конца XVIII века. Клавикорд – инструмент камерного типа – имеет певучее звучание и возможность исполнять произведения с динамикой, когда у клавесина такой возможности нет. Обуславливается это наличием двух клавиатур: громкой и тихой. Со временем люди стали понимать, что в исполнении произведений важное место занимает динамика, поэтому началась модернизация старых инструментов. Итогом стало фортепиано – творение Бартоломео Кристофори, который первый разработал молоточковую систему извлечения звука примерно в 1709 году, затем подобное изобрели в Германии и Франции. В конце XVII века фортепиано стало захватывать интерес и вытеснять клавикорды и клавесины, так как имело более совершенное звучание и было технически лучше. В XIX веке стали массово производить этот инструмент.

С первого упоминания о музыкальных инструментах прошло много времени, люди изобрели множество видов, однако одними из первых все-таки были струнные. Самыми распространёнными стали гитара и фортепиано, которые получили разные способы извлечения звука, конструкции и внешний вид, но связаны одним – в их основе лежат струны.

## СТРУНЫ ДЛЯ МУЗЫКАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Струны древних музыкальных инструментов изготавливались из природных материалов, не требовавших сложной обработки: нити и жгуты из древесной коры и луба, волосы животных, кишки и жилы, шнуры и нити, свитые из шелка. Они обладали достаточной для того времени прочностью, позволяющей их довольно сильно натягивать. Однако их сопротивляемость разрыву была все же довольно ограниченной, а звуки, издаваемые такими струнами, были относительно слабыми и быстро затухающими. Люди хотели получить более сильные и яркие звуки, поэтому должны были изготавливать стру-

ны из других материалов, которые были бы более прочными и издавали бы более хорошие звуки. Таким образом пришло осознание того, чтобы изготавливать струны из металлических нитей и проволоки.

В рукописи монаха Теофила, датированной примерно 1100 годом, есть информация о волоочильных досках для протяжки металлической проволоки. В ней рассказывается, что из металлической проволоки изготавливаются струны для музыкальных инструментов, но более частое использование этого метода изготовления струн начинается с XIV века. Проволоку вручную изготавливали из меди и латуни до XVI века, только в 1540 году мастер Рудольф из Германии впервые применил в изготовлении привод от мельничного водяного колеса. К XVIII веку было освоено производство более прочной и удобной железной проволоки, но до совершенства эту систему довёл Фридрих Крупп в 1812 году, когда стал тянуть проволоку и струны из литой тигельной стали. Благодаря этому материалу для музыкальных инструментов могли использовать более толстые струны, которые можно натягивать сильнее. Такие струны могут издавать громкие и полные по тембру звуки. С того времени использование струнной проволоки получило развитие в странах Европы и США, даже в настоящее время в большинстве музыкальных инструментов применяются струны из этого материала, так как они самые прочные и устойчивые в держании.

Струны делают по типам обмотки: круглая – простейшие из витых струн – струны с круглой в сечении оплёткой. У них внутри имеется круглый сердечник, на который по спирали накручивается круглая проволока. Такие струны обычно просто изготовить, потому что они и самые дешёвые; плоская – струны с плоской обмоткой также имеют круглый сердечник, но проволока, которой он обматывается, имеет прямоугольное сечение. При плотном обматывании такие струны имеют намного более гладкий профиль, что делает их более удобными для игры, менее повреждающими накладку и лады и меньше скрипящими под пальцами. Полукруглая – это гибрид круглой и плоской струн, дающий звуковые характеристики круглой оплётки вместе с ощущением плоской. Струны с такой оплёткой обычно изготавливаются при помощи накручивания круглой проволоки на сердечник с последующей полировкой или прессовкой внешней стороны проволоки до почти плоского состояния. Гексагональная состоит из шестиугольного в сечении ядра с туго намотанной на него проволокой (обычно круглой), которая при этом повторяет форму ядра. Это решает проблему кручения оплётки вокруг сердечника, так что она не будет вращаться и выскальзывать из-под пальцев.

Чтобы экспериментировать со звучанием гитары, музыканты устанавливают струны из разных материалов, таких как бронза, фосфорная бронза, медь, серебро, латунь, нейлон. Для фортепиано струны делают из стали, однако для каждой низкой ноты существует струна с медным покрытием, чтобы понизить тон. Для средних нот используются две струны, для высоких – три. Несмотря на схожесть струн этих инструментов, их звучание сильно различается, так как у них разная система извлечения звука.

## ФИЗИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗВУКА, КОТОРЫЕ НЕОБХОДИМО УЧИТЫВАТЬ ПРИ ЗВУКОИЗВЛЕЧЕНИИ

Для начала нужно ознакомиться с самим термином звука и понять, какие у него физические свойства.

**Звук** – физическое явление, представляющее собой распространение в виде упругих волн механических колебаний в твёрдой, жидкой или газообразной среде. Имеет высоту или тон, громкость или силу, тембр или звуковой спектр.

**Высота звука** – свойство, определяемое человеком на слух и зависящее в основном от частоты звука, то есть от числа колебаний среды в секунду, которые воздействуют на барабанную перепонку человека. С увеличением частоты колебаний растёт высота звука. Определяется частотой колебаний и выражается в герцах.

**Сила звука** – скалярная физическая величина, характеризующая мощность, переносимую звуковой волной в направлении распространения. Определяется амплитудой колебаний и выражается в децибелах.

**Звуковой спектр** – совокупность гармонических колебаний, на которые можно разложить звуковую волну. Зависит от дополнительных колебательных волн или обертонов, что образуются одновременно с основными колебаниями.

Музыкальный звук обладает всеми теми же свойствами, что и любой другой, но благодаря определённым сочетаниям свойств звук становится более приятным для восприятия. Также очень важна длительность звука. Она зависит от дополнительных колебательных волн или обертонов, что образуются одновременно с основными колебаниями.

## СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ЗВУКА СТРУННЫХ И КЛАВИШНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ

Для получения сравнительной характеристики звука двух разных инструментов нами были исследованы звуки, воспроизводимые фортепиано и гитарой. Результаты представлены в *таблице 1*.

**Анализ полученных результатов показал следующее:**

– высота звука зависит от частоты колебаний: чем больше частота колебаний источника звука, тем выше издаваемый звук;

– громкость звука зависит от амплитуды колебаний: чем больше амплитуда, тем громче звук;

– тембр звука зависит не только от формы и размера резонатора, но и от того, из какого дерева он изготовлен, и даже от состава лака, покрывающего его. Тембр определяется также материалом, из которого сделана струна, и тем, гладкая она или витая;

– струны гитары расположены на корпусе инструмента, при возбуждении вибрация проникает в корпус гитары через резонаторное отверстие в верхней деке. Но не все звуковые волны попадают внутрь, часть рассеивается в воздухе. Струны фортепиано расположены вну-

Таблица 1. Звуки музыкальных инструментов

Характеристика звука	Фортепиано	Гитара
<b>Высота звука (тон)</b>	Зависит от длины и диаметра струн, также от медного покрытия и количества струн. Диапазон частот равен от 20 до 2500 Гц	Зависит от длины струны (регулируется прижатием струны пальцем к грифу гитары в нужной точке). Диапазон частот равен от 50 до 600 Гц
<b>Сила звука (громкость)</b>	Зависит от силы удара по клавише, нажатие которой приводит в движение молоточек, бьющий по струне	Зависит от силы удара по струне (от амплитуды и энергии колебаний звучащего тела)
<b>Звуковой спектр (тембр)</b>	Зависит от числа обертонов, объёма корпуса, материала резонатора, материала и фактуры струны	Зависит от числа обертонов, формы деки и объёма корпуса, от щипков по струнам при игре, материала резонатора, материала и фактуры струны

три корпуса, поэтому его звук более объемный, громкий, насыщенный. Гасят вибрацию струн у гитары пальцами, а у фортепиано существует специальное приспособление демпфер (глушитель), когда отпускаешь клавишу, он прекращает вибрацию.

Исходя из вышесказанного, можно сделать вывод, что главными характеристиками звука являются: высота (тон), сила (громкость), звуковой спектр (тембр). От них зависит, будет ли людям интересно и приятно слушать музыку. Также многое зависит от материала, из которого сделаны струны, типа их обмотки.

Изучив историю создания музыкальных инструментов, струн и эволюцию этих компонентов, можно сделать вывод, что все инструменты, в составе которых есть струны, имеют общую историю создания. Интересно, что из-за разного строения и звукоизвлечения у клавишных и струнно-щипковых инструментов совершенно разные тембры.

Мы думаем, что, ознакомившись с данной статьей, начинающие музыканты смогут понять теоретический аспект извлечения звука на инструментах, основанных на струнах. Далее можно продолжить работу в направлении

изучения силы натяжения струн, знакомства с диапазоном частот и зависимостью звука от формы резонатора.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Звучание музыкальных инструментов. Википедия [электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.microanswers.ru/article/pochemy-zvychat-instrymenti.html> (дата обращения 19.02.2022).
2. История фортепиано. Википедия [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://uchenikspb.ru/kbase/istoriya-fortepiano/> (дата обращения: 20.02.2022).
3. Как выбрать струны для гитары. Википедия [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://4brain.ru/music/sound.php#1> (дата обращения: 20.02.2022).
4. Немного о проволоке и струнах. Википедия [электронный ресурс]. Режим доступа: <https://studwood.ru/877844/kulturologiya/nemnogo-provoloke-strunah> (дата обращения 20.02.2022).
5. Физические параметры звука. Википедия [электронный ресурс]. Режим доступа [https://ru.wikipedia.org/wiki/Звук#Физические\\_параметры\\_звуча](https://ru.wikipedia.org/wiki/Звук#Физические_параметры_звуча) (дата обращения 19.02.2022).