

Теоретическая статья / Theoretical article

УДК 534.7/781.1

ЛЮБОПЫТНЫЙ СПОР О КОНЦЕРТНОМ СТРОЕ

Джон Стюарт Рид

Sonic Age Ltd (Кесвик, Камбрия, Великобритания)

Аннотация (часть 1)

Спорные точки зрения возникли между сторонниками международного стандарта, концертного строя частотой 440 Герц, используемого почти каждым музыкантом и оркестром в мире, и сторонниками нового стандарта, 432 Герц, используемого несколькими тысячами музыкантов и горсткой ансамблей. В дополнение к сторонникам 440 Герц и 432 Герц, существует и другая группа, которая хотела бы, чтобы тон поднялся до 444 Герц. В этой статье освещаются некоторые ключевые факты, и предлагается сбалансированный взгляд на аргументы как за, так и против различных концертных строев, и включены разделы о: расцвете музыки в древние времена, трех изобретениях, которые помогли определить высоту музыкального тона, краткой истории концертного строя и предполагаемом нацистском заговоре относительно высоты концертного строя. Вопрос о том, является ли музыкальный тон произвольным или существует один ключевой тон, который является естественным, обсуждается во 2-й части статьи, которая будет опубликована в следующем номере журнала.

Ключевые слова: концертный строй, 444 Гц, 440 Гц, 432 Гц, средняя высота тона, частота нормального камертона

THE CURIOUS CONCERT PITCH CONFLICT

John Stuart Reid

Sonic Age Ltd (Keswick, Cumbria, UK)

Abstract (part 1)

Conflicting points of view have arisen between supporters of the international standard, 440 Hertz concert pitch, used by almost every musician and orchestra in the world, and proponents of 432 Hertz concert pitch, used by a few thousand musicians and a handful of ensembles. In addition to 440 Hertz and 432 Hertz proponents, another group of musicians would like the concert pitch to rise to 444

Hertz. This article highlights some of the key facts and offers a balanced view of the arguments, both for and against the various concert pitches and includes sections on: the rise of music in ancient times, three inventions that helped identify musical pitch, a brief history of concert pitch and the alleged Nazi conspiracy concerning concert pitch. The question of whether concert pitch is arbitrary or if there is a concert pitch that is natural is discussed in part 2 of the article.

Keywords: concert pitch, 444Hz, 440Hz, 432Hz, Mean Pitch, Orchestral Pitch, Diapason Normal Pitch.

ВВЕДЕНИЕ

Полная история концертного строя легко могла бы занять большую книгу и представляет собой повествование со множеством неожиданных поворотов, но цель этой статьи — предоставить краткое и доступное введение в историю определения высоты музыкального тона, выделив некоторые ключевые факты и предложив сбалансированный взгляд на аргументы как «за», так и «против» тонов с различной высотой.

РАСЦВЕТ МУЗЫКИ В ДРЕВНИЕ ВРЕМЕНА

Вполне возможно, что человечество всегда пело мелодии, люди изготавливали музыкальные инструменты и играли на них. Самый древний из известных инструментов, флейта из птичьей кости, возраст которой составляет 40 000 лет, была найдена в 2008 году в пещере каменного века на юге Германии. Она сделана из полый кости крыла белоголового грифа и имеет пять отверстий для пальцев и V-образный мундштук (рис. 1).

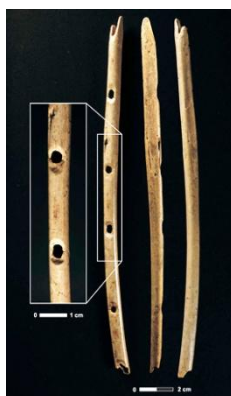


Рис. 1. Фотография Х. Йенена,
предоставлена Университетом Тюбингена, Германия

Fig. 1. Photograph by H. Jenen, courtesy University of Tübingen, Germany

Другие флейты, найденные в той же пещере, были изготовлены из бивня мамонта. Такие образцы древних музыкальных инструментов дополняют доказательства того, что музыка, возможно, дала первому европейскому виду Homo Sapiens стратегическое преимущество перед неандертальцами и, возможно, помогала древним людям общаться [1].

Нет сомнений в том, что музыка является неотъемлемым аспектом человеческой природы; некоторые сказали бы, что она заложена в нашей ДНК. Она находит выражение в простых формах, например, в том, что люди насвистывают веселую мелодию под сложные произведения музыкально одаренных композиторов и музыкантов, создающих великолепную музыку. Недавние исследования с использованием СумаScore, устройства, которое делает звук и музыку видимыми, дают возможное объяснение склонности человечества к созданию музыки. Мы рассмотрим эту тему позже, но, помимо научных причин, по которым музыка является частью человеческого бытия, два ее основных компонента — звук и ритм — всегда присутствовали на земле, факт, который был поэтически изложен Алланом К. Инманом:

«Я — музыка, древнейшее из искусств. Я более чем древняя; я вечная... Еще до того, как на этой Земле зародилась жизнь, я была здесь — в ветрах и волнах... [и] когда появилось человечество, я сразу стала самым деликатным, тонким и мощным средством выражения эмоций» [2].

В дополнение к естественным ритмам земли, древние народы вполне возможно, были вдохновлены мелодиями птичьего пения. Это в некоторой степени подтверждается легендой о китайском «Желтом императоре», иногда известном как Хуан-ди, который, как полагают, правил между 2697 и 2597 годами до н. э. [3]. Согласно легенде, он приказал человеку по имени Лин Лунг сделать набор трубок с разными тонами. Лин Лунг отправился в долину Хиа Хи, к северу от горы Юань Юй, где он срезал стебли бамбука, чтобы сделать набор из двенадцати трубок. Когда он услышал, как самцы и самки птиц Феникс поют в долине, это вдохновило его сделать шесть трубок в соответствии с песней самца птицы и шесть в соответствии с песней самки птицы [4]. Трубы этого типа обычно настраиваются путем тщательной обрезки их до точной длины. Консонантные* интервалы между звуками

* Консонанс можно определить как любые два звука, которые приятны для слуха, когда звучат вместе или одновременно; интересно, что птицы и люди естественным образом выбирают консонансные интервалы в своих песнях и мелодиях. Причина этого явления выходит за рамки этой статьи.

трубы достигаются путем тщательного выбора соотношений их длин. Трубы такого типа обычно закрываются с одного конца и звучат, когда в них дуют через открытую верхнюю часть. Когда поток воздуха ударяется об острый край трубы, он вынужден замедляться, что приводит к образованию вихря турбулентности, который возбуждает воздух в трубе. Высота тона/частота* производимого звука теоретически и практически почти вдвое превышает длину трубы. Труба вдвое меньшей длины будет звучать на октаву выше.

Одной из самых ранних культур, развивших музыку, был Древний Египет, и флейта, вероятно, была их первым изготовленным музыкальным инструментом. Не было необходимости подгонять флейту под определенную высоту тона, чтобы аккомпанировать певцу, когда голос певца можно было легко настроить в соответствии с голосом флейты. Высота тона флейты определяется ее длиной и не может быть изменена по желанию, поэтому, когда флейтист играл вместе с арфистом или лютнистом, струны арфы или лютни можно было настроить в соответствии с высотой тона флейты. С помощью этого простого приема ансамбль музыкантов мог легко настроиться друг на друга, а группа певцов могла просто настроить свой вокальный тон так, чтобы он соответствовал тону музыкантов. Существует мало исторических свидетельств того, как музыканты настраивались друг на друга на протяжении веков, но, по всей вероятности, этот метод базовой настройки высоты тона использовался музыкальными ансамблями многих, а возможно, и всех мировых культур. Позже в истории, как мы увидим, был создан точный стандарт высоты тона, который использовался в качестве эталона для музыкантов.

По-видимому, в Древнем Египте не существовало никакой формы нотной записи, и вместо этого считается, что для руководства музыкантами использовались «хирономисты» (рис. 2).

«Хирономист руководил группой и с помощью ряда жестов [руки] по-

* Высота тона — это музыкальный термин, тогда как частота — это научный термин, и это не совсем одно и то же. Если вы слушаете звук, генерируемый электронным осциллятором, который производит чистые тона, лишенные гармонического содержания (другими словами, звуки одной частоты), может быть довольно сложно различить две тестовые частоты, если они различаются на несколько герц. Но если те же две частоты воспроизводятся на музыкальном инструменте, их легче различить, потому что музыкальные звуки содержат гармоники, которые возбуждают больше областей кортиева органа улитки, органа восприятия частоты в ухе. Механизм улитки и мозга располагает большим количеством данных, с помощью которых можно различить две тесно связанные высоты музыкальных звуков, чем когда его просят различить два тесно связанных тона электронного осциллятора одной частоты.

видимому, определял высоту и интервалы, на которых музыканты основывали свои выступления» [5].



Рис. 2. Флейтист, флейтистка и арфистка, сцена в гробнице, *Нахт, 18-я династия*

Fig. 2. A flautist, lutist and harpist, tomb scene, *Nakht, 18th Dynasty*

ОТ ПИФАГОРА ДО ЭПОХИ ВОЗРОЖДЕНИЯ

Пифагор Самосский жил примерно с 570 по 495 год до н. э. и, как говорят, посещал Египет, о чем сообщают несколько его последователей, включая Ямвлиха* [6], который жил примерно с 325 по 245 год до н. э. Исторически считается, что Пифагор определил музыкальные гармонические соотношения, однако, если он действительно путешествовал по Египту, вряд ли можно предположить, что он не получил свои знания о музыкальных соотношениях от египетских жрецов, поскольку они изготавливали музыкальные инструменты и играли на них с додинастических времен, то есть более чем за 3000 лет до визита Пифагора. Тем не менее, Пифагор был удостоен чести открыть взаимосвязь между натянутыми проводами и приложенным к ним напряжением. Ямвлих рассказывает нам:

«Он закрепил один столб по диагонали к стенам... к этому столбу он подвесил четыре струны, состоящие из одного материала, одинаковой величины и толщины, и также одинаково скрученные. К концу каждой струны он также привязал груз. И когда он добился того, что струны были совершенно равны друг другу по длине, он затем поочередно ударял сразу по

* Ямвлих был сирийским философом, жившим примерно с 325 по 245 год до н.э., следовательно, смерть Пифагора от рождения Ямвлиха отделяет период в 170 лет.)

двум струнам... Таким образом, он обнаружил, что эта симфония находится в... таком же соотношении, как и веса друг к другу... он с помощью простой хитрости перенес обычное подвешивание струн с диагональной стойки на... инструмент, который он назвал хордотонон» [6].

Созданный им инструмент позже получил название «монохорд». Число самых известных последователей Пифагора, известных как пифагорейцы, насчитывало 218 мужчин и 17 женщин [6], что выглядит скорее как древняя форма Facebook.

И последнее замечание о Пифагоре заключается в том, что ни один из древних авторов, подробно описывающих его работу, не упоминает о методе определения высоты звука струн его монохорда. Они также не дают никакого намека на то, что во времена Пифагора или в их эпоху можно было каким-то образом количественно оценить высоту звука. Поэтому, что касается ссылок, которые часто появляются в онлайн-статьях, в которых конкретный автор отдает предпочтение $A = 432$ Герц, «как это использовал Пифагор», кажется, что, по крайней мере, некоторые авторы выводят высоту звука из соотношения $3:2$, поскольку это соотношение Пифагора имеет математическую связь с $A = 432$ Герц. Однако, независимо от этого математического вывода, следует помнить, что у нас нет возможности узнать высоту звука, на которую настраивался Пифагор. Кроме того, если только он не обладал «идеальным слухом», даром, которым обладают редкие люди, точно запоминать высоту звука, следует предположить, что высота звука, которую использовал Пифагор, варьировалась в зависимости от удельного веса, который он использовал, натяжения струн и ряда других переменных факторов (рис. 3).



Рис. 3. Средневековое изображение Пифагора

Fig. 3. A Medieval depiction of Pythagoras

Многие другие философы и теоретики внесли свой вклад в музыкальную теорию на протяжении веков, в том числе Аристоксен (около 335 г. до н.э., ученик Аристотеля), Плутарх (45-120 гг. н.э.), Никомах (60-120 гг. н.э.), Клавдий Птолемей (90-168 гг. н.э.), Алипий (около 360 г. н. э.), Аниций Боэций (480-525 гг. н.э.), Сафи ад-Дин аль-Урмави (1216-1294 гг. н.э.) и многие другие, которых слишком много, чтобы упомянуть в этой короткой статье. Однако у всех этих авторов есть одна общая черта: ни один из них, по-видимому, не проводил экспериментов, чтобы установить взаимосвязь между длиной струны, массой, натяжением и относительной высотой звука. Похоже, что они продолжали основывать свои музыкальные мысли на предположениях Пифагора. Удивительно, но с эпохи Пифагора до эпохи Возрождения прошло 2000 лет, прежде чем два человека провели серию оригинальных экспериментов, чтобы глубже понять взаимосвязь между этими параметрами. Первым был итальянский ученый Галилео Галилей (1564-1642 гг. н.э.). Его музыкальная теория изложена в книге «Две новые науки», опубликованной в 1638 году в Голландии, когда Галилей находился под домашним арестом инквизиции в Италии. Однако, вероятно, это было написано несколькими годами ранее. В нем он заявляет:

«...изменение [высоты тона] в зависимости от толщины соответствует [соотношению в квадрате], когда струны сделаны из одного и того же материала, так что одна струна из кишок должна быть в четыре раза толще другой струны, чтобы звучать октаву; или одна медная струна в четыре раза толще другой медной струны. Но если бы я хотел образовать октаву между медной струной и струной из кишок, это было бы сделано не утолщением [нижней] струны в четыре раза, а утяжелением ее в четыре раза... Так что получается, что при натягивании на один клавесин золотых струн, а на другой — медных струн одинаковой длины, натяжения и толщины первая настройка получается примерно на квинту ниже, так как золото примерно вдвое тяжелее». (Золото в два раза плотнее, эффект равен квадратному корню из двух, или примерно 2,8 к 2, что близко к музыкальному интервалу квинты, то есть 3:2.)» [7].

Французский философ и математик Марен Мерсенн (1588 – 1648 н. э.) пошел гораздо дальше Галилея и опубликовал свою работу L'Harmonie Universelle в 1637 году, на год раньше фактической даты публикации работы Галилея по этой теме. Мерсенн смог связать высоту тона с числом колебаний в секунду и показать, что частота пропорциональна обратной величине

длины натянутой струны, что натяжение струны пропорционально квадратному корню натяжения и что ее масса на единицу длины пропорциональна обратной величине квадратного корня массы на единицу длины [8]. Он вывел важную формулу, которая охватывает все эти параметры (рис. 4):

$$\text{frequency} = k \times \frac{\sqrt{\text{tension}}}{\text{length} \times \sqrt{\text{mass per unit length}}}$$

Рис. 4. Формула

Fig. 4. Formula

Несмотря на то, что во времена Мерсенна не существовало инструментов для измерения частоты, удивительно, что он смог сделать именно это с помощью пенькового шнура длиной 90 футов и латунной проволоки длиной 138 футов, которые он дергал, а затем на месте подсчитывал количество их колебаний — блестящая изобретательность.

Это невероятно - думать, что до сих пор мы охватили многие тысячи лет музыкальной истории, хотя и кратко, но никто до Мерсенна не установил фактическое число для высоты тона/частоты. Однако следует отметить, что его принцип длинной натянутой струны работал только на низких частотах. Несмотря на важную работу Мерсенна, некоторые музыканты, по-видимому, не были обеспокоены тем, что не было способа измерить высоту тона, что ясно продемонстрировал необычный комментарий немецкого композитора Иоганна Маттезона в 1713 году. «Теперь, называется ли тот или иной тон ля или си, камерным, хоровым или оперным тоном — это не имеет значения» [9].

В 1713 году французский физик Жозеф Совер (рис. 5) также внес важный вклад в определение высоты музыкальную тона. Он предложил, что средняя нота С составляет 256 Герц, что привело к целым числам для всех восьми октав С: С1 = 32, С2 = 64, С3 = 128, С4 = 256, С5 = 512, С6 = 1024, С7 = 2048 и С8 = 4096 Герц. Эта (тогда) новая высота тона не была принята оркестрами во Франции или какой-либо другой стране, но в конечном итоге она была принята медицинским сообществом и стала известна как «научная высота тона». Мы вернемся к теме научной высоты тона позже в этой статье.

Похоже, в некоторых онлайн-источниках есть путаница относительно

связи между средней нотой $C = 256$ Герц и $A4 = 432$ Герц, которую можно легко прояснить на этом этапе. Чтобы достичь $A4 = 432$ Герц в равномерно темперированной настройке, необходимо установить среднюю C (также известную как $C4$) на 256,869 Герц, а не 256,00 Герц. На первый взгляд может показаться, что небольшая разница в 0,869 Герц незначительна, но на самом деле, когда $C4$ устанавливается точно на 256 Герц, $A4$ становится 430,54 Герц, а не 432 Герц, как ошибочно утверждают некоторые источники.

Однако возможно создать хроматическую гамму, в которой $C4$ составляет 256 Герц, а $A4$ — ровно 432 Герц. Она называется «гаммой двенадцати квинт». Для читателей, желающих понять тонкости этой гаммы, эта тема подробно изложена в книге «Интервалы, гаммы и тоны и концертная высота» Марии Ренольд [10]. Краткий пример структуры этой гаммы начинается с центрирования расчета на $D4$, которая установлена на 288 Герц. Если мы умножим эту высоту на интервал квинты ($3/2$), то $A4$ станет 432 Герц. Чтобы вычислить $C4$ (ниже D), мы умножаем на интервал $8/9^*$ и получаем $C = 256$ Герц.*

И, как резюмирует подзаголовок этой статьи, современные сторонники 432 герц вступают в «битву тонов» с международным стандартом $A = 440$ герц, которая будет обсуждаться в разделе о научной перспективе.



Рис. 5. Жозеф Совер, отец научного тона

Fig. 5. Joseph Sauveur, the father of Scientific Pitch

ТРИ ИЗОБРЕТЕНИЯ, КОТОРЫЕ ПОМОГЛИ ОПРЕДЕЛИТЬ ВЫСОТУ МУЗЫКАЛЬНОГО ТОНА

Теперь мы переходим к трем изобретениям, которые навсегда изменили ход истории музыки и концертного строя. Первым был скромный камертон,

* Соотношение $9/8$ представляет собой разницу между интервалом квинты ($3/2$) и интервалом кварты ($4/3$). При расчете интервалов ниже $D4$ соотношение инвертируется и становится $8/9$.

изобретенный в 1711 году Джоном Шором (около 1662 – 1752). Он был младшим трубачом и лютнистом у английского композитора Генри Перселле и у немецкого композитора эпохи барокко Георга Фридриха Генделя. Шор подарил Генделю камертон в виде вилки с высотой звука Ля = 422,5 Герц, которая до сих пор существует и находится в детском фонде Томаса Корама в Лондоне* [11].

Помимо обеспечения точного способа настройки музыкальных инструментов (до этого трубы служили плохим и непостоянным источником информации), камертон стал самостоятельным музыкальным инструментом и в течение ряда лет пользовался успехом по всей Европе. Измерение частоты камертона обычно достигалось путем прикрепления небольшой щеточки к одному из его зубцов (рис. 6). Кисть была установлена так, чтобы слегка касаться вращающегося цилиндра или другого метода механического перемещения поверхности для рисования, которая была покрыта сажей свечи. Вибрирующая вилка рисовала синусоидальную кривую на поверхности для рисования, а расстояние между пиками кривых использовалось для расчета частоты звука камертона, с учетом скорости движущейся поверхности для рисования, измеренной с помощью часов. При необходимости камертон можно было поднять по высоте, немного укоротив его два зубца, а затем снова перепроверяя его на приборе*.

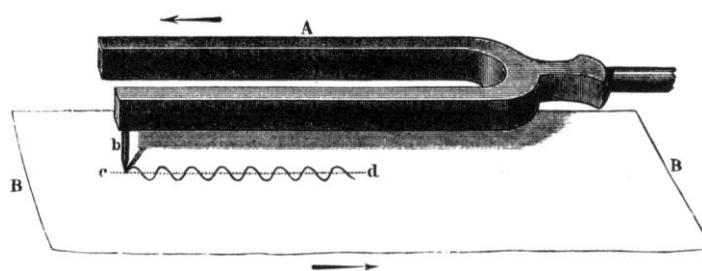


Рис. 6. Ранний камертон с прикрепленной щеткой

Fig. 6. An early Tuning Fork with attached brush

* Фонд Томаса Корама - благотворительная организация для детей-подкидышей, важным и влиятельным покровителем которой был Гендель. В 1835 году Джон Браунлоу, секретарь Фонда, подарил камертон Генделя Ричарду Кларку из Вестминстерского аббатства, «как добродушный дурак», согласно примечанию в письмах Фонда. Вполне вероятно, что именно так, на частоту $A = 422,5$ Герц, изначально был настроен орган Вестминстерского аббатства. Когда Ричард Кларк умер в 1856 году, его имущество было продано на аукционе, а камертон с частотой 422,5 Герц, а также другой камертон с частотой 419,9 Гц, также созданный Джоном Шором, [12] были приобретены преподобным Дж.Т. Дрифилдом. В конечном итоге оба камертона вернулись в Фонд Томаса Корама. (По странной иронии судьбы история о том, как камертоны Джона Шора вернулись в Фонд Томаса Корама, связана с моим тезкой, мистером Джоном Ридом, в то время партнером в Компании Broadwood Piano).

Более чем через сто лет после Шора появилось второе изобретение, оказавшее большое влияние на развитие музыкальных инструментов и сыгравшее важную роль в истории измерения высоты звука; оно было известно как «Зубчатое колесо Савара» (рис. 7). Феликс Савар, французский физик, в 1830 году сконструировал зубчатое колесо, которое вращалось с помощью ручки; когда игральную карту прикладывали к движущимся зубьям, раздавался звук. Частота создаваемого таким образом звука была пропорциональна скорости вращения колеса, и точную высоту звука можно было определить простым расчетом, включающим расстояние между зубьями и скорость вращения колеса. Качество звука, очевидно, было не из приятных, но основной принцип позволил впервые в истории получить непрерывные звуки в широком диапазоне частот. Благодаря колесам с различным расстоянием между зубьями можно было получить значительную часть слышимого диапазона звуковых частот. Он даже добавил к колесу счетчик оборотов, чтобы можно было считывать точное число оборотов для количественной оценки скорости вращения [13].

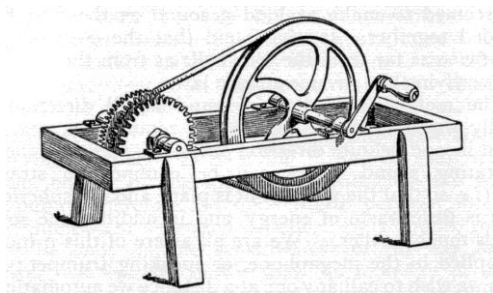


Рис. 7. *Зубчатое колесо Савара*

Fig. 7. *Savart's Toothed Wheel*

Еще одним интересным фактом в истории Савара является то, что в 1836 году он стал профессором Коллеж де Франс и продолжил изучать музыкальные интервалы; один из старых единиц, используемых для выражения частей музыкального интервала, назван в его честь: «савар». В настоящее время он используется редко, поскольку разделен на 1000 частей, что делает его довольно громоздким. Вместо этого «цент» в настоящее время является распространенной и более управляемой единицей музыкального интервала и основан на одной сотой полутона в двенадцатитоновом равномерно темперированном строе.

Третье значительное изобретение появилось на свет всего через четыре

года после того, как Савар создал свое зубчатое колесо. Это был камертон под названием «Der Tonmesser» (тонометр), созданный немецким физиком Иоганном Генрихом Шайблером в 1834 году (рис. 8). Он представлял собой набор из 54 камертонов с диапазоном частот от 220 до 440 Гц с интервалом в 4 Гц, которые он описал в своей брошюре 1834 года «Физический и музыкальный тонометр» [14]. Если музыкальный звук, который нужно было измерить, соответствовал точной частоте одного из камертонов, тогда резонировала только эта вилка. Если частота звука определенного камертона была слегка резкой или плоской, то резонировали две соседние вилки, и частоты биений проявлялись в результате интерференции между двумя вилками (биения - отчетливо слышимые звуковые импульсы). Количество ударов в секунду представляло собой разницу в частоте между двумя звуками, и поэтому точное определение частоты данного музыкального звука было делом простой арифметики. Неизвестно, почему Шайблер выбрал числа 220 и 440, возможно, это было из-за их аккуратности с круглыми числами, но, какой бы ни была его причина, вероятно, можно с уверенностью сказать, что Шайблер является отцом $A = 440$ Герц.



Рис. 8. Иоганн Генрих Шайблер, отец частоты $A = 440$ Герц

Fig. 8. Johann Heinrich Scheibler, the father of $A = 440$ Hertz

Тонометр Шайблера получил широкое признание в Европе и США, и его принципу подражали многие другие специалисты, но никто так дерзко, как немецкий физик Рудольф Кениг. В 1876 году он изготовил тонометр с 670 камертонами, охватывающими весь диапазон человеческого слуха. Тонометр Кенига (рис. 9) был представлен на выставке в Филадельфии в 1876 году и многими американскими учеными рассматривался как самый важный научный прибор на выставке.

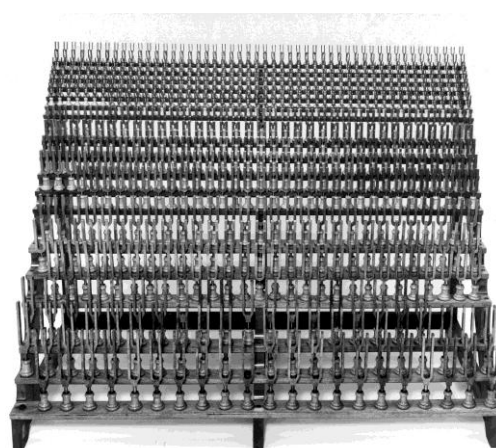


Рис. 9. Тонометр Кенига

Fig. 9. A Koenig Tonometer

ДИКИЙ МИР НАСТРОЙКИ МУЗЫКАЛЬНОГО ТОНА

Несмотря на то, что в 1834 году немецкая Ассоциация естественных философов прислушалась к совету Шайблера и приняла для камертона частоту равную $A = 440$ Герц, в то время международного стандарта для концертного строя не существовало. Высота тона, используемых производителями фортепиано и органов, а также оркестрами, сильно различались по всему миру. Существует замечательная книга немецкого физика Германа фон Гельмгольца «Об ощущениях звука», впервые опубликованная в 1877 году. Она включает в себя полный список настройки тонов фортепиано, органов и труб, используемых в Германии, Франции, Англии, Венгрии, Голландии, Италии, Испании, России и США [15]. Самая ранняя запись в списке датируется 1619 годом и относится к тону органа в церкви на севере Германии, называемому «камерный тон», который измерялся как $A = 424,2$ Герц. Последние записи в списке фон Гельмгольца датируются более поздним периодом, чем дата первоначальной публикации книги, и, предположительно, были добавлены в более позднее издание, датированное 1879 годом. Они включают орган в соборе Святого Павла в Лондоне, частота настройки которого соответствовала $A = 444,6$ Герц. Сторонники 444 Герц, без сомнения, будут рады узнать этот факт.

Интересная запись в списке, несомненно, будет хорошо воспринята сторонниками $A = 432$ Герц: орган в Лилле, Франция, построенный в 1854 году, имел высоту настройки звука $A = 432$ Герц, как и старый камертон, принадлежавший английскому органному мастеру, датированный 1846 годом.

Еще одна примечательная запись заключается в том, что только один

оркестр в списке фон Гельмгольца использовал высоту звука в 440 Герц, а именно оркестр Парижской оперы в 1829 году. Если быть точным, то четыре другие записи в списке отражают частоту, близкую к 440 Гц, и варьируются от 440,2 до 440,9 Гц в Штутгартской, Венской, Лондонской и Парижской консерваториях соответственно.

СРЕДНЯЯ ВЫСОТА ТОНА

Несмотря на отсутствие стандартов для камертона до и во времена фон Гельмгольца, было несколько ранних попыток создать стандарт, которые оказались весьма успешными. Например, в Европе появилась «средняя высота тона» в диапазоне $A = 421\text{--}425$ Герц, которая, возможно, началась с мистера Стайна, создавшего фортепиано Моцарта, который использовал частоту $A = 421,6$ Герц. Возможно, на эту тенденцию повлияла известность Моцарта, но в Англии в 1813 году было основано Лондонское филармоническое общество, которое выбрало частоту $A = 423,7$ Герц. Эта частота или множество очень близких к ней частот получили распространение по всему континенту. На сценических площадках Лондона, Вены, Вероны и Гранд-опера в Париже, использовалась так называемая средняя высота тона, и список композиторов, которые пользовались ее, представляет собой список выдающихся музыкантов, в который входят И.С. Бах, Бетховен, Гендель, Мендельсон, Моцарт, Перселл и Россини., и это лишь некоторые из них. По словам Александра Джона Эллиса, который написал Историю настройки музыкального тона, «...герои музыки, основатели и те, кто совершенствовал современное музыкальное искусство, все использовали среднюю высоту тона, все продумывали свою музыку и аранжировали свои вокальные партии так, чтобы они исполнялись в этой высоте тона. Таким образом, это, безусловно, классический тон музыки» [12].

ОРКЕСТРОВЫЙ СТРОЙ

Удивительно, казалось бы, то, что было практически высечено на камне в какой-то период истории, было отброшено в сторону, о чем свидетельствует тот факт, что вслед за тенденцией средней высоты тона появилась новая тенденция, в рамках которой высота тона заметно увеличилась по всей Европе, известная как повышение высоты тона для оркестра. И снова мы обращаемся к Эллису: «Как церковный, так и камерный тон были основаны исключительно на возможностях человеческого голоса, а инструменты были

дополнением. Но образование больших оркестров, для которых писалась особая музыка, придало инструментам чрезмерную мощь, которые могли развивать свои возможности независимо от голоса...» [12].

Эта новая тенденция, возможно, зародилась в 1814 году на Венском конгрессе, когда русский царь Александр подарил полку австрийской армии новый набор музыкальных инструментов, настроенных примерно на 440 Гц. Эти инструменты обладали более ярким звучанием благодаря более высокой настройке (подробнее об этом позже). Было ли это инициативой царя или каким-то другим влиянием, но несомненно то, что в 1834 году на конференции, проведенной немецкой Ассоциацией естественных философов (die Deutsche Naturforscherversammlung) в Штутгарте, прозвучал призыв принять значение $A = 440$ Герц. Иоганн Генрих Шайблер, как упоминалось ранее, консультировал конференцию по поводу этого нового камертона, основываясь на результатах своих исследований с использованием тонометра, которые показали, что более высокий тон полезен. (Некоторые люди до сих пор называют частоту $A = 440$ Гц «штутгартской» или «шайблеровской».)

В Англии в 1845 году тон в британской филармонии поднялся до ошеломляюще высокой частоты $A = 455$ Герц, которая, возможно, и давала более яркие гармоникки, но вызывала жалобы у оперных и хоровых певцов на то, что она вызывала напряжение их голосовых связок. (Интересным моментом является то, что на самом деле история повторилась. В начале 17 века немецкий композитор и органист Михаэль Преториус (Michael Praetorius) в своей энциклопедической книге «Syntagma Musicum» сообщал, что уровень звука стал настолько высоким, что певцы испытывали сильное напряжение в горле, а лютнисты и виолончелисты жаловались на треск струн!) [16].

ЧАСТОТА НОРМАЛЬНОГО КАМЕРТОНА ВО ФРАНЦИИ

В 1859 году французское правительство под руководством Джоаккино Россини (рис. 10) призвало к стандартизации высоты тона, что привело к принятию закона, в котором была установлена частота Нормального Камертона (Diapason Normal*) $A = 435$ Герц, предположительно выбранная в

* Слово «Diapason» - существительное с несколькими музыкальными определениями, но французы использовали его для обозначения им камертона для инструмента или голоса; в частности, многие

качестве компромисса между более низкой высотой тона времен Моцарта и некоторыми более высокими частотами (например, упомянутой выше частотой $A = 455$ Гц). Чтобы установить этот стандарт в Парижской Консерватории была установлена точная частота камертона - 435 Герц.



Рис. 10. Джоаккино Россини

Fig. 10. Gioachino Rossini

РОЖДЕНИЕ $A = 444$ ГЕРЦ

В 1859 году также впервые упоминается частота $A = 444$ Герц в качестве возможного концертного строя. В том же году Британское общество искусств назначило влиятельный комитет из 50 членов, по итогам которого был составлен отчет, который был зачитан на заседании 8 июня 1860 года, в ходе которого обсуждались два критерия: $C = 512$ Гц (из которого следует $A = 430,54$ Гц) и $C = 528$ Герц (из чего получается значение $A = 444$ Герц). Сэр Джон Гершель (рис. 11), сын знаменитого сэра Уильяма Гершеля (открывшего планету Уран), выбрал частоту $C = 512$ Герц, которая позже стала известна как философская или научная частота тона. Одним из талантов сэра Джона Гершеля была математика, поэтому представляется вероятным, что его предпочтение $C = 512$ Герц было проистекало элегантностью математики. (Математическая точность была впервые замечена Джозефом Совером в 1713 году, о чем упоминается в разделе «От Пифагора до эпохи Возрождения»). Ссылаясь на решение комитета Общества искусств, Эллис утверждает: «Его склонность к $C = 512$... кажется, возникла скорее из арифметических соображений, чем из музыкальных

французские вокалисты очень «громко» заявляли о проблеме перенапряжения голоса из-за высокого концертного строя).

ощущений. Действительно, в ходе последующих дебатов сэр Джон Гершель особенно придерживался арифметической точки зрения на $C = 512$ » [12].



Рис. 11. *Сэр Джон Гершель*

Fig. 11. *Sir John Herschel*

РОЖДЕНИЕ $A = 432$ ГЕРЦ

Александр Джон Эллис также упоминает статью м. Эли Риттера, прочитанную Чарльзом Миртенсом в Женевском институте в 1876 году, в которой в качестве стандартной высоты для камертона была предложена нота Ля = 432 Герц, основанная на том, что она кратна 2 и 3. Статья называлась «Память над камертоном» («Mémoire sur le Diapason»). Эллис далее упоминает испытанный им камертон с частотой 432 Герца, принадлежавший английскому ученому Майклу Фарадею [12].

Испания приняла Нормальный Камертон (Diapason Normal) в 1879 году. Тем временем в Италии Джузеппе Верди, который изначально поддерживал французскую высоту тона в 435 герц, оказался под влиянием взглядов Риттера и Мееренса, которые были поддержаны конгрессом ученых и музыкантов 1881 года, состоявшимся в Милане, которые выступали за международный стандарт высоты тона $A = 432$ герц [17]. Верди предпринял попытки институционализировать $A = 432$ герц, оказывая давление на итальянское правительство. Он написал письмо в правительственную Музыкальную комиссию, в котором он жаловался на распространенные в его стране более высокие тона заявив, что абсурдно, что «нота, называемая «ля» в Париже... должна быть си-бемоль в Риме». Однако конференция в Вене, на которой доминировали британцы, в 1885 году вынесла решение против Верди, и он в конечном итоге изменил свою точку зрения, отказавшись от 432 герц.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ НОРМАЛЬНОГО КАМЕРТОНА ЗА ПРЕДЕЛАМИ ФРАНЦИИ

Королева Виктория в конце концов дала разрешение на использование французского Нормального Камертона с частотой $A = 435$ Герц для своего частного оркестра, решив в 1885 году, что этот тон должен использоваться на всех государственных концертах. В июне того же года в Сент-Джеймс-Холле в Лондоне под председательством композитора и музыковеда, профессора сэра Джорджа Макфаррена была проведена «Конференция по музыкальному тону», на которой обсуждался вопрос о желательности стандартного музыкального тона для Соединенного Королевства.

Также в 1885 году Нормальный Камертон был принят Италией, Австрией, Пруссией и Россией.

Стоит учесть, что принятие определенного концертного строя вместо какого-либо предыдущего строя может оказаться дорогостоящим делом. Например, духовые инструменты приходилось модифицировать, а в некоторых случаях и полностью заменять, поэтому неудивительно, что предложение изменить тон настройки иногда встречало сопротивление. Хотя оно часто возникало по причине дороговизны, некоторые эксперты были обеспокоены возможным вредным воздействием высоких частот на дорогие инструменты, такие как самые современные скрипки и альты.

НАЦИСТСКИЙ ЗАГОВОР?

Возвращаясь к теме $A = 444$ Герц, из которой следует $C = 528$ Герц, Эллис прокомментировал: «... арифметическое значение $C = 528$, благодаря его представлению естественных интервалов гаммы целыми числами, зависит исключительно от использования Птолемея, или Просто Интонации, для мажорной гаммы C и никакой другой» [12].

Некоторые оркестры, особенно в Германии, теперь настраиваются на $A = 444$ Герц, что наверняка порадует сторонников 444 Герц. К оркестрам относятся: Бах-коллегиум Мюнхен, Бамбергский симфонический оркестр, Гамбургская государственная опера, оркестр Немецкой оперы Берлина и Симфонический оркестр радио Берлина (Bach Collegium München, Bamberger Symphoniker, Hamburgische Staatsoper, Orchester der Deutschen Oper Berlin и Rundfunk-Sinfonieorchester Berlin), и это лишь некоторые из них. Это весьма интересный факт, учитывая, что несколько статей о заговорах в Интернете ссылаются на Йозефа Геббельса, министра пропаганды нацистской партии,

как на организатора заговора с целью введения в мире частоты 440 Герц, в статьях утверждается, что эта высота тона заставляет людей быть агрессивными и в крайних случаях может спровоцировать беспорядки. Возникает уместный вопрос: если предположить, что настройка на 440 Герц может спровоцировать беспорядки, как бы применение такого «оружия» способствовало достижению целей нацистской партии? Разве не имело бы преимуществ противоположное воздействие, при котором люди подавляются и успокаиваются музыкой? Каким бы ни был ответ на этот вопрос, вопреки мнению о том, что нацисты были причастны к созданию такого метода контроля населения, многие немецкие оркестры сегодня настраиваются на 444 Герца. (Другой аспект предполагаемого нацистского заговора упоминается в разделе под названием «Установление международного стандарта $A = 440$ Герц».)

БРИТАНСКИЙ СТАНДАРТ $A = 439$ ГЕРЦ

До того, как был достигнут международный стандарт $A = 440$ Герц, существовал более ранний британский стандарт $A = 439$ Герц, установленный британскими производителями фортепиано в 1899 году и принятый филармоническим обществом, Королевским филармоническим оркестром и несколькими другими британскими оркестрами. Этот странный стандарт был основан на частоте французском Нормального Камертона $A = 435$ Герц, но скорректирован в сторону повышения в расчетах, включающих более высокую температуру в помещении, чем та, которую, как считалось, использовали французы. В этом вопросе они могли обратиться за руководством в Общество искусств. Александр Джон Эллис, писавший в журнале Общества искусств в 1880 году, упоминает, что [камертон] «очень слабо меняется в зависимости от температуры... сглаживается под воздействием тепла и обостряется под воздействием холода примерно до 1 к 21 000 на каждый градус Фаренгейта» [12]. Таким образом, британцы увеличили высоту тона с французских 435 до 439 Герц, полагая, что более высокая температура в британских концертных залах приведет к тому, что 439 сгладятся до 435 Герц. Похоже, что кто-то допустил серьезную ошибку, даже повышение температуры в помещении на 30 градусов по Фаренгейту приведет к тому, что высота камертона для оркестра, составляющая 439 Герц, снизится на ничтожную долю одного Герца.

ВЗГЛЯД НА НАСТРОЙКУ ТОНА РУДОЛЬФА ШТАЙНЕРА

В 1924 году австрийский философ Рудольф Штайнер, убежденный сторонник $A = 432$ Герц и глубоко духовный человек, прочитал лекцию в Торки, Англия, в которой он сказал: «... «аллилуйя» Христа может звучать вне этой музыкальной конфигурации, чисто как музыка, чисто вне конфигурации тонов. Затем, придавая этой форме нечто непосредственно сверхчувственное, человек будет вызывать в воображении конфигурацию звуков и разместит их там для чувственного музыкального восприятия» [10]. Также цитируются слова Штайнера о том, что $C = 128$ Герц (из чего следует высота звука $A = 430,54$ Герц) является правильной высотой для современного человеческого разума и духа. Также сообщается, что он сказал, что [$C = 128$ Герц] всегда является простым числом. Мы можем только предположить, что он не имел в виду этот тон/число как буквальное простое число, а использовал слово «Простое» для обозначения первостепенной важности.

УСТАНОВЛЕНИЕ МЕЖДУНАРОДНОГО СТАНДАРТА $A = 440$ ГЕРЦ

В США в 1926 году американская музыкальная индустрия неофициально установила стандарт $A = 440$ Герц, что привело к производству некоторых музыкальных инструментов, настроенных на эту частоту, хотя только в 1936 году Американская ассоциация стандартов подтвердила этот стандарт, возможно, это основано на работе тонометра Шайблера.

Затем, 11 мая 1938 года, Международная ассоциация стандартизации провела в Лондоне важную международную конференцию, на которой был установлен нынешний стандарт $A = 440$ Герц. Конференция проходила в Британском телерадиовещательном центре и была организована Британским институтом стандартов под руководством его директора г-на Ле Местра. Помимо британского контингента, на ней присутствовали делегаты из Франции, Германии, Голландии и Италии, а мнения США и Швейцарии были представлены до начала конференции [18]. Впоследствии Би-би-си передала по радиосигнал частотой 440 Герц, сгенерировав его электронным способом, чтобы у оркестров и музыкантов был эталонный звук, на который они могли настраивать свои инструменты.

Для полноты картины следует упомянуть, что некоторые из упомянутых выше конспирологических статей в Интернете ссылаются на французского музыканта Роберта Дюссо, который, по-видимому, придерживался мнения,

что лондонская конференция 1938 года была организована по приказу Акустического комитета Берлинского радио, и рассматривал предпочитаемую немцами $A = 440$ как агрессивную частоту. Он также пожаловался, что ни один французский музыкант не был приглашен на конференцию. Однако мы должны помнить, что голос Германии был лишь одним из стран, представленных на Лондонской конференции, и поскольку это был только один голос, представляется маловероятным, что он мог повлиять на исход. Известно также, что в действительности на конференции французы были представлены, что подтверждается статьей доктора Дж.В.К. Кея (G.W.C. Kaye), опубликованной в 1939 году в журнале *Nature*, «Международный Стандарт Концертного строя», о которой говорилось выше.

Стандарт 440 Гц был принят в ноябре 1955 года Международной организацией по стандартизации (обычно сокращенно ISO) и подтвержден ей в январе 1975 года с присвоением классификации ISO16. Несмотря на это, некоторые оркестры продолжают использовать вариации, такие как Нью-Йоркский филармонический оркестр и Бостонский симфонический оркестр, которые используют частоту $A = 442$ Герц. Эта несколько более высокая частота также часто используется в Дании, Франции, Венгрии, Италии, Норвегии и Швейцарии, в то время как почти все современные симфонические оркестры в Германии, Австрии и ряде других континентальных стран, включая Россию, Швецию и Испанию, используют тон $A = 443$ Герц. Читатели, желающие ознакомиться с частотами, используемыми современными оркестрами, получают удовольствие, заглянув на сайт Франца Нистля «Klaviermachermeister» (Настройка фортепиано), где на главной странице в настоящее время есть юмористическая заметка, в которой говорится: «Мы знакомы с настройкой пианино вверх или вниз. Ничто не помогает» [19].

Прежде чем обсуждать научные аспекты 432, 440 и 444 Герц, есть еще один необычный поворот в любопытном конфликте концертного строя, который также начался в 1938 году. Это касается Фонда Рокфеллера, организации, которая упоминается в нескольких сенсационных интернет-статьях в связи с их предполагаемым опасным интересом к музыкальному контролю эмоций, причем статьи иногда затрагивают тему 440 Герц. Статья, которая предлагает то, что кажется обоснованным и фактическим отчетом по этой теме, была написана профессором Джеймсом Тобиасом и озаглавлена:

«Сочинение для СМИ: проекты Ханнса Эйслера и Фонда Рокфеллера в области киномузыки, радиослушания и театрального звукового дизайна». Тобиас упоминает Гарольда Берриса-Майера, звукорежиссера и преподавателя драмы в Технологическом институте Стивенса в Нью-Джерси. В 1938 году Беррис-Майер работал над внедрением систем оповещения, которые крепились к крыльям самолетов и транслировали на поле боя сообщения о сдаче вражеским комбатантам. По словам Тобиаса, «[Он] был убежден, что аудиоконтроль человеческих эмоций возможен для достаточно большой части аудитории, чтобы обеспечить эффективное управление толпой... звуковая война и музыкальный бихевиоризм, поскольку Беррис-Майер сменил свою раннюю деятельность, поддерживаемую Рокфеллером, на работу в Министерство обороны и Muzak Corporation в начале 1940-х годов...» [20]. Однако из следующего заявления становится ясно, что Фонд Рокфеллера в конечном итоге прекратил поддержку работы Берриса-Майера. Тобиас сообщает: «Его переход от проектирования аудиосред для драматического театра к проектированию аудиосред для театров военных действий подразумевает то, что можно было бы назвать лишь слабо связным музыкальным бихевиоризмом. Фактически, похоже, что именно этот опасно непоследовательный аспект работы Берриса-Майера, по-видимому, положил конец финансированию Фонда Рокфеллера после нескольких успешных результатов, достигнутых ранее благодаря поддержке Рокфеллера» [20].

Научная точка зрения на «битву тонов» доступна во 2-й части этой статьи.

ДОПОЛНИТЕЛЬНО

Информация об авторах:

Рид Джон Стюарт, электроник, магистр инженерных наук, Sonic Age Ltd, Кесвик, Камбрия, Великобритания, технический директор (акустическая физика), область научных интересов: химика, водоведение, биохимия крови, звукотерапия, музыкальная медицина, e-mail: john@sonic-age.com, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-6939-7451>

Вклад автора:

Автор подтверждает соответствие своего авторства, согласно международным критериям ICMJE.

Конфликт интересов:

Автор декларирует отсутствие других явных и потенциальных конфликтов

интересов, связанных с публикацией настоящей статьи

Источник финансирования:

Данное исследование не было поддержано никакими внешними источниками финансирования.

Этические утверждения:

Не применимо.

Согласие на публикацию:

Не применимо.

ADDITIONAL

Information about the authors:

John Stuart Reid - Electronics, Master of Engineering, Sonic Age Ltd, Keswick, Cumbria, UK. Technical Director (acoustic-physics). Area of scientific interests: Cymatics, Water Science, Blood biochemistry, Sound Therapy, Music Medicine. e-mail: john@sonic-age.com ORCID number: <https://orcid.org/0000-0002-6939-7451>

Author's contribution:

The author confirms his authorship according to the ICMJE criteria.

Source of funding:

This study was not supported by any external sources of funding.

Disclosure:

The authors declare no apparent or potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Ethics Approval:

Not applicable.

Consent for Publication:

Not applicable.

Список литературы / References

1. Bone Flute is Oldest Instrument, Study Says. National Geographic News. June 24, 2009. Available on: <http://news.nationalgeographic.com/news/2009/06/090624-bone-flute-oldest-instrument.html>
2. Inman A.C. I am Music. Available on: <https://www.bluebookofpianos.com/music.html>
3. Yellow Emperor. In: The Columbia Encyclopedia. Sixth Edition / ed. P.

- Lagassé. New York, Columbia University Press. 2000. XV, 3156 p.
4. Sachs C. The Rise of Music in the Ancient World. East and West. New York, W.W. Norton & Co. 1943. 324 p.
5. Manniche L. Music and Musicians in Ancient Egypt. London, British Museum Press. 1991. 142 p.
6. Iamblichus' Life of Pythagoras / trans. from the Greek by T. Taylor. Rochester, Inner Traditions. 1986. 272 p.
7. Galilei G. Two New Sciences: Including Centres of Gravity and Force of Percussion / trans. by D. Stillman. Wall & Thompson. 1989. 360 p.
8. Pierce J.R. The Science of Musical Sound. New York, W.H. Freeman & Co. 1992. 270 p.
9. Kurtzman J. The Montiverdi Vespers of 1610: Music, Context, Performance. Oxford, Clarendon Press. 2000. 624 p.
10. Renold M. Intervals, Scales, Tones and the Concert Pitch C = 128 Hertz. Sussex, Temple Lodge Publishing. 2004. 198 p.
11. Feldmann H. Die Geschichte der Stimmgabel Teil 1: Die Erfindung der Stimmgabel, ihr Weg in der Musik und den Naturwissenschaften. Laryngorhinootologie. 1997; 76(2): 116-122. DOI: [https:// doi.org/10.1055/s-2007-997398](https://doi.org/10.1055/s-2007-997398) [Feldmann H. The History of the tuning fork Part 1: The invention of the tuning fork, its path in music and the natural sciences. In: Laryngorhinootologie. 1997; 76(2): 116-122. DOI: [https:// doi.org/10.1055/s-2007-997398](https://doi.org/10.1055/s-2007-997398)]. (In German).
12. Ellis A.J. The History of Musical Pitch. Amsterdam, Fritz A. M. Knuf, 1963. 404 p.
13. Shackel R.G. Heat Light and Sound. London, Longmans, Green and Co. Ltd. 1953. 472 p.
14. Scheibler J.H. Der physikalische und musikalische Tonmesser. Essen, G.D. Badeker, 1834. 80, 7 s. [Scheibler J.H. The physical and musical sound meter. Essen, G.D. Badeker, 1834. 80, 7 p.]. (In German).
15. Helmholtz H. Die Lehre von den Tonempfindungen als physiologische Grundlage für die Theorie der Musik. Braunschweig, Vieweg. 1863. XII, 600 s. [Helmholtz H. The doctrine of the sensations of sound as a physiological basis for the theory of music. Braunschweig, Vieweg. 1863. XII, 600 p.]. (In German).
16. Praetorius M. Syntagma Musicum II De Organographia: Parts I and II / trans. and ed. by D.Z. Crookes. Clarendon Press. 1991. 124 p.

17. Fanini M. Giuseppe Verdi: A=432 only scientific tuning. In: Executive Intelligence Review. 1989; 16(9): 26-27. Available on: http://www.larouchepub.com/eiw/public/1989/eirv16n09-19890224/eirv16n09-19890224_026-giuseppe_verdi_a432_only_scienti.pdf
18. Kaye G.W.C., O.B.E., F.R.S. International Standard of Concert Pitch. In: Nature. 1939; 3630: 905-906.
19. Nistl F. Klaviermachermeister. Available on: <http://www.nistl.com>
20. Tobias J. Composing for the Media: Hanns Eisler and Rockefeller Foundation Projects in Film Music, Radio Listening, and Theatrical Sound Design. Rockefeller Archive Center Research Reports Online, 2009. Available on: <https://www.yumpu.com/en/document/read/25818367/composing-for-the-media-the-rockefeller-archive-center>