

Раскрывая завесу над КОЛОКОЛЬНЫМ ЗВОНОМ



Армянский научно-исследовательский институт
научно-технической информации и технико-
экономических исследований
(АрмНИИНТИ)

**Автор: В. Мелоян
Научный руководитель:
к.т.н. Р. В. Арутюнян**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ИЗДАНИЯ АРМНИИНТИ, РНТБ	
N	Наименование издания
1.	Инвестируйте в экономику Армении. Справочник (англ.)
2.	Объективные факторы для инвестирования в экономику РА. Справочник (русск., англ.)
3.	Информация о предприятиях, приватизированных в виде акционерных обществ открытого типа. 1995, 1996, 1997 гг. (арм., русск., англ.)
4.	Арутюнова Э. Д., Арутюнян Р. В. Бытовые фильтры для доочистки питьевой воды. Аналитический обзор
5.	Геворкян Р. Г. Прогнозная оценка офиолитовой ассоциации на алмаз. Аналитический обзор
6.	Арутюнян Р. В., Саркисян А. П. Основные тенденции в развитии мирового энергетического хозяйства. Аналитический обзор
7.	Лалаян Ж. Е. Утилизация, переработка и хранение радиоактивных отходов. Обзор
8.	Арутюнова Э. Д., Арутюнян Р. В. Пастеризация молока в условиях мелкого хозяйственника-фермера. Информационный обзор
9.	Хачатрян Н. Л., Арутюнян Р. В. XX век в зеркале geopolитики. Аналитический обзор
10.	Мелоян В., Арутюнян Р. В. Раскрывая завесу над колокольным звоном. Обзор
11.	Арутюнян Р. В. Российские производства черных и цветных металлов. Информационный обзор
12.	Арутюнян Р. В. Индустрия гражданской авиации. Обзор
13.	Рак можно победить, но нужно обязатель но верить в победу
14.	Հայ գինվորի գրադարան. Մատենաշար, թողարկումներ թիվ 1-12 Թիվ 1 - Հոգեբանությունը և գինվորը Թիվ 2 - Տարածաշրջանի հարեւանների մուս Թիվ 3 - Գիտության և տեխնիկայի նորույթներ. Լրատվական գենքը XXI դարի գենքն է: Միջուկային վառելիքի վերամշակումը ֆրանսիական եղանակով Թիվ 4 - Մարտական ուղղաթիռներ Թիվ 5 - Աշխարհաքաղաքական ուազմավարություն Թիվ 6 - Ռուսաստանի ուազմաարդյունաբերական համալիրը Թիվ 7 - Իրական է, արդյոք, ՉԹՕ-ների ֆենոմենը Թիվ 8 - Արդյունաբերության պաշտպանական ձյուղերը Թիվ 1(9) - Ճրե գմբեթ: «Շիլկա» Թիվ 2(10) - Ռուսաստանի ինքնազնաց հրետանային կայանքները Թիվ 3(11) - Դինամիկ պաշտպանությամբ սարքավորված տանկերի դեմ պայքարի եղանակները Թիվ 4(12) - Ես հավատում եմ մեր հայրենիքի նոր թոփչին: Պատերազմի և արդի միջազգային հակամարտությունը
15.	Иванова Е. А., Арутюнян Р. В. Технология и оборудование первичной обработки шерсти. Информационный обзор
16.	Бутейко В. К., Бутейко М. М. Дыхание по Бутейко. Методическое пособие для обучающихся методу волевой ликвидации глубокого дыхания

Посвящается 1700-летию Пинятия Аменем ханства

Авторский коллектив

В В Е Д Е Н И Е

Литье - один из самых древних видов обработки металлов. Более 5000 лет люди используют его для изготовления орудий, предметов быта, произведений искусства.

В многовековой истории литейного производства литье колоколов составляет целую эпоху. Сохранились шедевры литейного искусства в виде колоколов различной массы и художественно-музыкальных достоинств.

В России изготавляли множество колоколов, лучшие экземпляры которых экспонировались на Всемирных выставках в Париже и Филадельфии, им присуждались медали.

На протяжении многих веков колокола сопровождали своим звоном жизнь народа. Они оповещали о грозящем стихийном бедствии и о приближении врага, они созывали народ для борьбы с неприятелем и встречали торжественным звоном победителей, собирали граждан для обсуждения важных дел и призывали народ к восстанию в годы тирании... Звон колокола был голосом родины.

Он воспевал ее силу и красоту, он напоминал о долге перед ней.

А если колокол умолкал-это значило, что родину постигло несчастье.

В старину при эпидемиях и страшных морах, неурожаях и других бедствиях предписывалось звонить в церковные колокола. Долгое время это считалось обычным предрассудком, но исследования показали, что тембр и частота колокольного звона влияет на весь живой окружающий мир. Было замечено, что его боятся мыши, крысы, ряд насекомых. Не вынося этого звука, многие переносчики болезней убегают подальше от колокольни. Очистительный звук благовеста и перезвона оказывает благое воздействие и на людей.

ИЗ ИСТОРИИ ЛИТЬЯ КОЛОКОЛОВ

Колокола известны с давних пор, применялись в разных странах, о чем свидетельствуют многочисленные археологические находки. Практически во всех странах колокола и колокольчики использовались в различных ритуальных и церемониальных обрядах. Исключение составляют страны ислама, где колокола запрещены, так как их звон по исламскому вероисповеданию, тревожит, возмущает души умерших. В ГДР в городе Апольде находится единственный в мире музей колоколов, где собраны образцы начиная с I тысячелетия до н.э. и до наших дней. Среди наиболее древних экспонатов музея - глиняные и бронзовые колокольчики, обнаруженные при раскопках переднеазиатских, египетских и средиземноморских культур. С 7 века колокола становятся неотъемлемой деталью обстановки европейского города, с 9 века - и европейского села.

Упоминание о колоколах впервые появилось в старинных европейских хрониках 9 столетия. В 865 году венецианский дож Орсо I прислал в Константинополь в подарок византийскому царю Михаилу III дюжину медных с серебряной примесью колоколов. Подаренные колокола повесили на башне, выстроенной специально для них, рядом с величественным Софийским собором. До сих пор Византия колоколов не знала. Из Византии потомки итальянских колоколов стали продвигаться в соседние православные страны - и дальше на север, в русские княжества... Но сюда, по-видимому, еще раньше проложили дорогу колокола с Запада, от которых, пожалуй, и следует вести родословную наших колоколов.

Отметка о прибытии колоколов на Русь в летописи датирована 988 годом.

В Киеве, в развалинах Десятиной церкви, разрушенной татарами в 1240 году, были найдены два полуметровых колокола.

Но только в 12 веке летопись рассказывает о первых колоколах, отлитых русскими мастерами. Колокола-подарок католического Запада. С первой встречи не признала колоколов православная Русь, дивилась им, дичилась их. Однако к началу XIV века техника литья и мастерство русских литейщиков достигли большого совершенства. При Иване Грозном осваивается литье чугунных колоколов. К XVI веку в Москве насчитывалось не меньше 5000 колоколов, причем иностранцы отмечали, что такой красоты колокола не отливали нигде в мире. Русские колокольных дел мастера своими произведениями прославили родину далеко за ее пределами. Достаточно сказать, что "вифлеемские колокола" Иерусалима, которые слушает в рождество весь христианский мир, отлиты в 1874 году московскими мастерами. Никто не смог превзойти русские колокола по весу, хотя уникальных колоколов в мире насчитывается несколько. Нигде колокола не достигли такого совершенства и разнообразия, как в России.

Русские колокола - самые лучшие в мире не только по своей форме и искусству исполнения, но и по интересным решениям. С появлением христианства на Руси церковь взяла колокола на свое вооружение. Церковные колокола делили на несколько групп: бденные (будничные) или праздничные, воскресные, зазвонные и т.д. Эти колокола специально отливали с соответствующим звоном и каждый из них имел определенные размеры. Это требовало от древних литейщиков незаурядного искусства, больших знаний и опыта. Первым умельцем колокольных дел в летописях упоминается московский мастер Борис (1342г.). С особым почетом и благоговением относились на Руси к искусству литья колоколов и к умельцам. Пожалуй, только им дано было право увековечивать в бронзе свое имя наряду с именами царей и сановников, при которых или на средства которых был отлит колокол. Рождение колокола-

великое таинство. Повсюду отливка колокола была большим праздником для жителей городов и сел. Ведь колокол - это рупор средневекового города, придающий жизни его звонкий ритм. К голосу колокола прислушивается народ, откликается на его зов, верит каждому его сообщению, верит в его чудесную силу предсказывать или отводить несчастье.

К колоколу относились как к живому существу и даже наделяли его "душой".

С XIII века введено крещение колоколов, проходившее необычайно торжественно и по всем правилам. Иногда колоколам назначались и наказания. Их сбрасывали с колоколен, били кнутами, вырывали языки. Разные и сложные судьбы у колоколов. Колокола покоренного города были желанным трофеем для победителя. Их срывали с колоколен, переплавляли на пушки и монеты. Бывало их брали в плен. Но пленивший колокол, как гласит легенда, отказывался петь на потеху поработителям-он умолкал в неволе, на чужбине.

Колокола преимущественно применялись для культовых потребностей, но одновременно выполняли гражданские и военные функции.

Большей кары, чем лишение колокола, не было для опального города. Не было и большего унижения для города, потерявшего независимость.

Церковные звона устоялись с незапамятных времен. Каждый колокол возвещает свое время-время бодрствовать и время спать, время молитвам и время жителейской суете, время трудиться и отдыхать, время веселью и время скорби.

Так, обретая все новых почитателей и новых врагов, новую силу и красоту, плыл над землей колокольный звон-от столетия к столетию, от страны к стране... Торжественный, строгий звон-войска уходят на битву. Звон радостный, яркий -воины возвращаются домой с победой. Ликующий оглушительный трезвон-народный праздник.

Случались с колоколами и чудеса: они начинали звонить сами собой. Этот внезапный роковой звон был пророчеством грядущих бед.

Разумеется, не на каждый колокол сходил дар пророчества. Тем громче была слава таких бронзовых оракулов, как колокол церкви Святого Николая в небольшом испанском городке Велилья: в 1527 году он предсказал очередную войну с Францией, в 1558-смерть Карла V, в 1564-эпидемию чумы, в 1568-гибель дон Карлоса, в 1598-кончину Филипа II...

Звуки колокола считались священными и использовались в борьбе с нечистой силой и вражескими кознями.

Колокольный звон влияет и на атмосферные явления. Этой научной проблемой занимались такие умы, как Бэкон, Декарт. Возможно, полагали они, что сотрясения воздуха, вызванные звоном, рассеивают облачность. К помощи колоколов прибегали, если хотели защититься от ударов молний, нападений громов, и от сокрушительной силы града.

Шло время, колокола росли, полнели телом, хорошили голосом. Сначала они скромно лепились у церковных стен, но постепенно занимали все более высокие и видные места. Специально для них строились колокольни, под стать возвышенному и торжественному голосу. Каждый колокол имел свое имя, которое ему дал народ.

По мере развития техники литья быстро увеличивались размеры и вес колоколов. Многие страны стремились получить самый большой "первый в мире" колокол. Это является своеобразной демонстрацией мощи, так как большой колокол требовал не только расхода огромного количества всегда дефицитной бронзы, но и мастерства литейщиков, высокого технического уровня страны-кто умел лить колокола мог лить и пушки.

В 1735 году был отлит знаменитый "Царь-колокол".



Рис. 1. Царь-колокол

Уникальна не только сама отливка колокола, интересна история и технология его создания, отразившая богатейший опыт, накопленный талантливыми русскими мастерами-литейщиками. Созданием "Царь-колокола" завершается длительный цикл развития древнего русского колокололитейного искусства, подытоживается постепенное развитие технологических и художественных приемов древних русских умельцев, от знаменитого мастера Древней Руси Андрея Чохова до Ивана Моторина.

Родословную самого "Царь-колокола" можно начать с колокола весом в 2 тысячи сто пудов, который был изготовлен в 1599 году по указу Бориса Годунова знаменитым литейщиком Андреем Чоховым. Во время одного из кремлевских пожаров "прадед" "Царь-колокола" упал и

разбился. По указу царя Алексея Михайловича был отлит в 1654 году новый колокол. Мастер Емельян Данилов употребил в дело лом разбитого и закончил литье за один год. Для этого нужно было обладать огромным мастерством. "Дед" Царь-колокола звучал лишь несколько месяцев. Он разбился от неловкого удара в 1654г. Его заново отлил умелец Григорьев в 1668г. Но в 1701 году он стал жертвой нового московского пожара. Его осколки долго лежали посреди Кремля. В 1730 году российская императрица Анна Иоановна, повелела "тот колокол перелить с пополнением, чтобы в нем было 10 тыс. пудов". Сначала предполагалось поручить отливку иноземному мастеру, члену Парижской Академии наук, Жерменю, но тот, услыхав о весе будущего колокола, счел, что его разыгрывают. Тогда за дело взялись Иван Федорович Моторин с сыном Михаилом. Вес колокола по их проекту составлял 12 тыс. пудов. Трудно дался им колокол. Когда началось литье, случилась беда: в трех из четырех печей произошла авария. Вскоре мастер умер, не завершив дело.

В 1735 году исполинский колокол отлил его сын Михаил Моторин с помощниками. Стали сооружать леса для подъема колокола-тигана, но в 1737 году в Москве опять случился пожар; боясь, что колокол расплавится, сбежавшийся народ стал заливать его водой, раскаленный металл треснул и от колокола отвалился кусок. Царь-колокол пребывал в земле почти 100 лет. Не раз его пытались поднять из литьевой ямы, но лишь в 1836г. Царь-колокол был поднят и установлен на гранитном пьедестале. Он весит около 202 тонн; его высота составляет 6,14 метров, диаметр основания - 6,60 метров. Вес отколовшегося осколка - 11,5 тонн.

Анализ сплава, проведенный в лаборатории НИИ "Гипроцветметобработка", показал, что Царь-колокол изготовлен из оловянистой бронзы следующего состава, %: 81,94Cu; 17,21 Sn; 0,36 Pb; 0,1 Ni; 0,05 Al; 0,25 Zn; 0,026 Ag; 0,0028 Au; 0,03 Fe; 0,012 Bi; 0,19 As; 0,087 Sb; 0,035 S. У многих колоколов-гигантов судьба складывалась трагично. Так, "Годуновский колокол", отлитый Андреем Чоховым, который долго красовался на Ивановской площади в Кремле, также упал и разбился во время пожара, весил он 8000 пудов, а звон его распространялся на 14 верст. Также был отлит заново.

Прошло несколько столетий, русские мастера наладили свое собственное колокольное производство.

Гости с запада глядели на русские колокола, как на восточную диковинку, удивлялись их обилию, их огромным размерам, весу, их красивым и звучным голосам. Запад уже не узнавал своего подарка. Русским колоколам были присущи свои неповторимые качества.

РАЗНЫЕ СТРАНЫ - РАЗЛИЧНЫЕ КОЛОКОЛА

В процессе развития менялась и форма колоколов. Вырабатывался определенный для разных стран стиль.

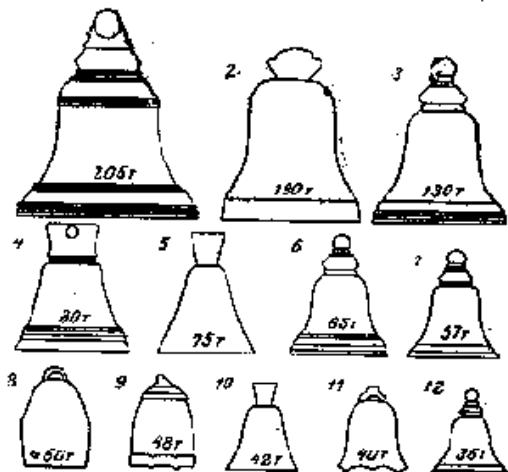


Рис. 2. Сравнительная схема веса колоколов:

- 1 - Московский царь-колокол;
- 2 - Успенский; 3 - Алексеевский;
- 4 - Бирманский; 5 - Японский;
- 6 - Успенский 1817 г.;
- 7 - Святой Иван; 8 - Корейский;
- 9 - Корейский (силла); 10 - Маха Ганда;
- 11 - Пекинский; 12 - Годуновский

Европейские колокола приобрели заметно расширяющуюся нижнюю часть, что сохранилось до наших дней. Для них характерна тщательная обработка внутренней и, особенно, наружной поверхности (для повышения чистоты звука), которую часто украшали рисунками и надписями.

Восточные колокола во многом отличаются от европейских. Китайские, к примеру, по форме часто напоминают цветы колокольчика, особенно фигурным нижним краем.

Для буддийских колоколов характерна камерность. Он никого не зовет и не спасает, он средство общения с богами. На боковой стороне буддийских колоколов имеется литое пятно, в которое ударяют бревном, подвешенным на веревках или цепях. Звук получается мягкий, приглушенный.

Как правило, на колоколах выполнялись всевозможные надписи. Первоначально литые надписи содержали данные о времени изготовления колоколов, религиозные тексты. Позже содержание и форма надписей усложнились: сообщались не только сведения о создателях, но и посвящение историческим событиям, государям и т.д. На русских колоколах надписи иногда выполнялись тайнописью, стихами, криптограммами, на древнеславянском и латинском языках. Особенно часто надписи встречаются на восточных колоколах. Обычно это религиозные тексты.

МУЗЕЙ КОЛОКОЛОВ В ПЕКИНЕ

Колокола, как истинные произведения искусства, занимали свои места в музеях.

Уникальный музей древних бронзовых колоколов открыт в 1985 году в Пекине в Великом колокольном храме, построенном в 1733 году. Этот храм площадью более 30 тыс.м. имеет прямоугольную форму. Это было одно из мест моления дождю.

В 1986 году храм внесен в список наиболее живописных и интересных сооружений Новой эпохи. В пяти залах музея представлена уникальная коллекция из нескольких сот бронзовых литых колоколов, изготовленных в разные периоды истории, начиная с глубокой древности и до 1949 года.

Наименьший колокол музея размером с винную чашу отлит еще до н.э., наибольший колокол имеет высоту двухэтажного дома. Экспонируется в музее и уменьшенная копия нашего "Царь-колокола". Здесь находится большая коллекция музыкальных колоколов, целая серия колокольчиков для получения необходимого звона.

Известно, что бронзовое литье в Китае было развито еще во II тыс. до н.э. Древние китайские колокола были более простой формы по сравнению с европейскими, не имели внутри язычка, для звона по колоколу ударяли бревном. Почти вся поверхность колоколов покрыта литыми иероглифами, особенно это характерно для буддийских колоколов. Их поверхность представляет собой "священную книгу".

Ушки колоколов, в отличие от европейских, обычно сложной формы, чаще всего в виде священного дракона, т.к. древние китайцы обожествляли силы природы, птиц, зверей.

Колокола обычно отливали по восковым моделям, на которых легче всего было выполнять сложный орнамент. В зале музея Гуаньин на стенах и в виде макетов воссоздана технология литья колоколов.

Самым уникальным и большим экспонатом музея является колокол, изготовленный по приказу императора Чженцзы (1403-1424гг.) и известный как царь колоколов в Китае. Его масса 46,5 тонн, высота 6,75 м, наружный диаметр 3,3 м. Звон его был слышен за 40-50 км. Он установлен в специальном храме музея и подвешен на деревянных балках - стропилах. На его поверхности отлит текст с более чем 100 буддийскими священными писаниями (более 230 тыс. иероглифов, в том числе и на внутренней поверхности). По традиции звон Великого колокола раздавался на Новый год. На 15-день первого месяца по лунному китайскому календарю люди обращались за помощью к Великому колоколу: они просили благополучия, удачи и успехов в Новом году и в верхнее отверстие колокола бросали монеты.

ЛИТЬЕ КОЛОКОЛОВ. СОСТАВ ЛИТЬЯ.

Литье колоколов-единство труда и искусства, опыта и удачи, воли и счастливого случая. Иногда при заливке формы колокола горожанам запрещалось работать в мастерских и передвигаться по городу, чтобы сотрясение почвы не повлияло на вид и голос "новорожденного".

Так боялись тогдашние мастера случайно утерять случайно найденную форму благозвучного колокола-непостижимую и чудесную, как божий дар.

Колокола изготавливали из различных материалов - металла (бронзы, латуни, чугуна, стали, сплавов алюминия, серебра), стекла, глины, дерева.

В Швеции в начале прошлого века были изготовлены колокола из материала, на первый взгляд совсем не подходящего для колокольного дела-из стекла. В Абиссинии делали своеобразные глиняные колокола (по форме напоминающие тазы). В 1929 году керамисты города Мейссена, к его тысячелетию выполнили набор из 37 гармонически настроенных фарфоровых колоколов.

Каждый материал имеет свое звучание. Латунный колокол не спутаешь по звучанию с медным, алюминиевый звучит иначе, чем стальной-и каждый из них не сравнится по благозвучию с бронзовым.

Для изготовления колокола использовали сплав нескольких металлов, каждый из которых вносил свое качество (присущее ему). Алюминий, малоуглеродистая сталь и особенно чугун не способны к протяжному звучанию. У стали высок модуль упругости, а в жестком материале трудно возбудить

колебания. Звон стального и чугунного колоколов справедливо осуждается как "лающий". Всех этих упреков не заслуживает лишь бронза. Бронзе не так страшна коррозия, и вибрация не вызывает в ней существенных структурных изменений. Словом, лучший материал для изготовления колоколов найти трудно. Из бронзы колокола в Европе начинают изготавливать примерно с 6 века.

Упругость и плотность колокольного металла величины постоянные на протяжении вот уже пяти веков. Рецепт сплава, из которого отливаются колокола, пожалуй, еще более традиционен, чем их форма: четыре части меди (Cu), и одна часть олова (Sn).

Внешне колокольная бронза - это обычная оловянистая бронза, отличающаяся высоким содержанием Sn. В то же время колокольная бронза исторически представляется одним из загадочных материалов со своими мифами и легендами. И колокола, и пушки отливались почти из одного и того же сплава. Как стратегическое сырье колокольный металл запрещалось экспортировать. В трудные военные годы за это угрожали смертной казнью.

Можно рассказать о золотых колоколах, которые дарили церквям богатые сибирские купцы, но в действительности они были позолоченными.

О серебре в колоколах напоминает выражение "серебряный звон колокола". Серебро добавляли в сплав для большей звучности.

Серебро для колоколов принимали у пожертвователей с особой благодарностью, иногда они сами бросали серебро в огонь плавильной печи. В составе материала благозвучных колоколов тщательный химический анализ обнаруживал совсем незначительные следы серебра, либо не обнаруживал его вовсе. А когда колокола специально изготавливались из сплава, богатого серебром, ценители признавали их звон "жидким, бессильным, неполновесным". Колокол звучит тем хуже, чем больше в нем благородного металла.

В Руане находится колокол, долгое время считавшийся серебряным. Жирарден, анализировавший его, пишет, что "присутствие серебра в колоколе сомнительно.

Необычайный колокол был отлит Андреем Нефедовым в середине XIX века на Валдае. Долгое время его называли серебряным, т.к. он отличался от других колоколов серебряным цветом и звучанием. На самом же деле, мастер переложил олово по отношению к меди. Однако имелось в истории единственное достоверное сообщение о применении серебра как материала для колокола.

В 1887 году семья императора Александра III чудом спаслась при крушении поезда. Духовенство Харьковской епархии решило увековечить это чудо литьем невиданного колокола массой 160 кг из серебра. Пожертвованные деньги и серебряные предметы превзошли все ожидания и массу колокола увеличили до 293 кг. В 1890 г. в Харькове на заводе П. П. Рыжова был отлит этот колокол. Металл колокола содержал небольшое количество меди и олова для придания ему надлежащих литейных свойств. Колокол имел высоту 890 мм. с красивым декором. По его окружности изображены вензеля императорских величеств. Этот колокол, названный Царским, звонил ежедневно в 13 ч. Но так как о качестве звона ничего не сообщалось, очевидно, звучание его ничего особенного не представляло.

Исследованиями доказано, что наилучшие акустические свойства имеет колокольная бронза с большим содержанием олова (32... 33%).

Микроструктура такого сплава представляет собой интерметаллическое соединение Cu31 Sn8-фазу. При высоком содержании олова такой сплав имеет белый цвет с отчетливым серебряным оттенком и называется "зеркальным сплавом". Высокие акустические свойства и сходство по внешнему виду с серебром послужили причиной называть подобные колокола серебряными.

Классическая колокольная бронза содержит 20-22% Sn, остальное-медь с минимальным содержанием примесей. При повышении содержания Sn до 32,5% сплав приобретает отличные акустические свойства, но становится слишком хрупким.

Раньше колокола принимали после испытания на ударную вязкость, во время которого колокол должен был выдерживать интенсивный звон в течение суток.

В колокольной бронзе не желательны примеси (Al, P, Mg, Bi, Fe, Co, Ni), которые ухудшают акустические характеристики, причем Al, Bi и, особенно, мышьяк вредны уже в количестве сотых долей процента.

ТЕХНИКА ЛИТЬЯ КОЛОКОЛОВ

Техника литья колоколов развивалась тысячелетиями, постоянно совершенствовалась и улучшалась. Но всегда была (да и остается даже для современного уровня литейного производства) чрезвычайно сложной, требующей не только мастерства литейщиков но и подлинного искусства. Необходимо отметить несомненные достоинства технологии, которой пользовались наши предки-высокую точность изготовления формы и практически полное отсутствие разностенности колоколов. Это чрезвычайно важное условие, т.к. даже небольшое отклонение в размерах приводит к искажению основного тона колокола.

В качестве базовой схемы литья колоколов принята следующая схема.

При помощи шаблона вращения из песчано-глинистой смеси (ПГС) с различными добавками изготавливается болван-стержень. Формовка ведется послойно с просушкой каждого слоя при помощи костра, разведенного внутри полого стержня. Просушенный стержень покрывают разделительным слоем сала, и вокруг него вновь с помощью другого шаблона вращения наносится слой ПГС с наружным профилем колокола. Толщина этого слоя равна толщине будущей отливки. Наружная поверхность слоя облицовывается тонким слоем смеси из сала и воска. На эту поверхность крепят такие же легкоплавкие украшения и надписи. На наружный легкоплавкий слой наносят ПГС с тонко размолотыми составляющими. После высыхания нанесенного слоя наносится следующий и т.д. Формы необходимо просушивать, чтобы пузырьки водного пара не создавали в отливке раковины. Изготавливается кожух, каждый последующий слой толще предыдущего, в нем укрупняется зернистость формовочных составляющих и уменьшается содержание глины. По достижении необходимой толщины (условие прочности) в формуемый кожух заделывают подъемные крючья, которые стягиваются хомутами. По окончании формовки кожуха форму нагревают, при этом оплавляется облицовочный слой и украшения на нем, что позволяет снять кожух. В дальнейшем внутренний слой разрезают и удаляют. На поверхности формы устраняются повреждения, в оставшееся в нем сквозное вертикальное отверстие (от оси шаблонов) заформовывают петлю для подвески языка колокола. Снятый кожух прокаливают для выгорания остатков модельной массы (облицовочного слоя). В нем также устраняют повреждения. Стержень и кожух окончательно просушивают и собирают. В верхнее отверстие кожуха, специально изготовленное в процессе его формовки, устанавливают форму "коронки" колокола, которая выполняется отдельно литьем по выплавляемым моделям (ЛВМ). Все разъемы собранной формы промазывают глиной. Форму засыпают сухой ПГС, которую плотно утрамбовывают. При заливке расплав подают в форму сверху, через "коронку".

Базовая схема оказалась универсальной-практически безболезненно можно

изменять профиль и размеры колокола, для чего просто меняют шаблоны. Для изготовления форм используется природная глина и речной кварцевый песок. Не представляет сложности и исправление возникающих в форме дефектов.

Недостатком же описанной технологии является ее трудоемкость, а именно необходимость приготавлять различные составы ПГС почти для каждого слоя стержня, тела колокола и кожуха.

Однако, способ формовки по шаблону самый оптимальный, если во главу угла ставить качество звучания. Для литья церковных колоколов, начиная с 8 кг, формы изготавливают только по шаблону. Точное изготовление формы является необходимым условием, но не менее важное влияние на звон колокола оказывают его профиль, состав и качество колокольной бронзы.

Обычно крупные колокола формовали в ямах недалеко от печей, чтобы металл из них можно было заливать непосредственно в форму самотеком.

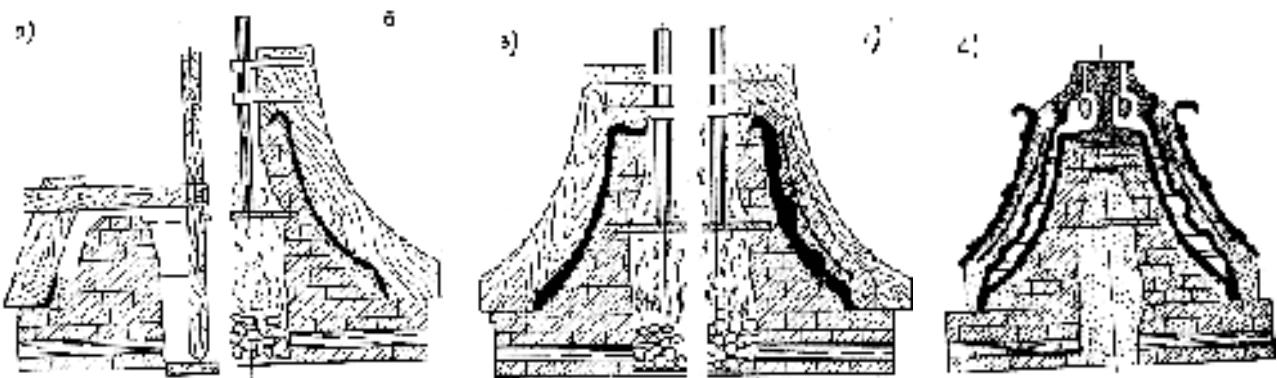


Рис. 3. Схема изготовления формы колокола: а - изготовление основы болвана; б - заточка болвана; в - заточка рубашки; г - готовая форма

Для разведения огня рекомендовали обязательно сосновые дрова. От сухих сосновых дров пламя поднимается выше. Для литейщиков важна именно высота, протяженность пламени. Оно должно дотянуться до металла, загруженного в рабочее пространство, соседнее с топкой.

Готовую под заливку колокола форму заливали бронзой, расплавленной в расположенной рядом печи. После затвердевания металла форму разрушали, извлекали отливку, очищали ее и отделявали-чеканили, шлифовали. Несмотря на тщательную и длительную подготовку, нередко в формах, изготовленных даже видными мастерами, во время заливки происходили разрушения и огромный труд и денежные затраты гибли. Приобретение опыта литья таких уникальных изделий обходилось дорогой ценой.

Теперь о порядке приготовления бронзового сплава. Температура плавления у меди выше, чем у олова: если вначале расплавить олово, его придется греть слишком долго, прежде чем брошенные в него слитки меди расплавятся полностью, много олова за это время окислится, "выгорит", пропадет зря. Поэтому олово добавляют в сплав лишь за 5-10 минут до литья.

Куски меди, заготовленные для плавки, всегда покрыты пленкой окиси-она будет препятствовать слиянию капелек расплавленного металла. Поэтому в сплав добавляют поташ (карбонат кальция CaCO_3). Поташ разъедает окиси меди и всплывает на поверхность жидкого металла вместе с прочими примесями, образуя густую, как сметана пену. Ее необходимо тщательно удалить. Затем нужно определить "поспела ли смесь". Для этого мастер опускает стержень в струю жидкого металла. Вынув стержень, мастер наблюдает, как на нем образуется корка

сплава: чем толще она, чем быстрее твердеет, тем, очевидно, ниже температура жидкого металла. Именно ею определяют время приступать к литью.

Температура сплава в момент литья должна быть заведомо выше точки затвердевания, но и не быть слишком высокой. Не в меру холодный сплав затвердевает слишком быстро, не успевая полностью и равномерно заполнить форму; в отливке возникают мелкие пустоты, а это искажает звук колокола. Но недопустима и высокая температура расплава, чем она выше, тем подвижнее молекулы металлов; покуда перегретый сплав остывает, тяжелая медь понемногу оседает книзу, легкое олово вслыхивает вверх. В застывшем сплаве разделение металлов также вызовет искажение звука. Для того, чтобы точно определить время заливки сплава, мастер берет ковшом пробную порцию сплава и выливают в углубление на камне, ждет пока раскаленный сгусток остывает, превратится в твердую лепешку, затем разламывает образец. По излому образца он судит о качестве сплава и времени литья. Знаком качества сплава служат зазубрины на изломе (вернее, волокнистый его характер).

Чрезмерная хрупкость-это непрочность колокола, нестойкость к ударам. Чрезмерная мягкость-неспособность к звонкому звучанию.

Разумное соотношение обоих качеств определяется принятой пропорцией двух составных частей бронзового сплава: 76-80% меди и 20-24% олова. Каждое отклонение от оптимальной пропорции отражается на характере излома и позволяет быстро внести поправки в состав сплава: если излом темный и грубозернистый-в сплаве не хватает олова, если излом гладкий, стекловидный, светлый-в расплав следует добавить меди. Излом хорошей колокольной бронзы должен быть в меру блестящим и светлым, с достаточно мелкими и в то же время отчетливо заметными зернами.

Если кипящий металл шумит и "фыркает", как кипящий чайник, это не добрый признак (наличие пузырьков газа, которые отрицательно влияют на качество литья). Напротив, если металл наполняет форму спокойно, без шума, можно надеяться на успех.

В середине XIV века на колоколах стали делать выпуклые надписи. В настоящее время эта традиция утрачена. Сохранившиеся на старинных колоколах имена и фамилии мастеров позволяют составить список наиболее искусных литейщиков.

Для большинства российских колоколов характерен определенный стандарт художественного оформления наружной, лицевой поверхности колокола. На нее наносили изящный орнамент (простой или сложный). Далее следовал текст, включающий список царствующих особ и духовных сановников, в бытность которых отливался колокол.

Часто поминались лица, дарившие или завещавшие деньги на постройку колокола.

Возможно, что литейные мастера, усложняя работу за счет нанесения на поверхность форм литья текстов, преследовали и чисто технические цели. Известно, что получение качественных литьих изделий с гладкими поверхностями затруднено из-за опасности появления поверхностных дефектов. Если же на поверхности присутствует какой-либо рельеф, обеспечивающий незатрудненное расширение фрагментов поверхностей формы при ее сушке или резком нагреве во время заполнения полостей формы расплавленным металлом, то образование поверхностных дефектов отливки исключается. Однако наиболее опытные мастера знали, что нанесение на поверхность колоколов излишних художественных фактур могло оказаться отрицательное влияние на акустические характеристики. Любые надписи и украшения в той или иной степени нарушают осевую симметрию колокола. Колебания его

стенки уже не отличаются строго постоянной частотой, от этого могут возникнуть вполне ощутимые биения звука-звон потеряет благозвучность. На малых колоколах старались не делать надписей вовсе, так как они "затемняли звук". Колокола, наиболее известные своими акустическими достоинствами, не обязательно были совершенством в художественном оформлении наружных форм. Рельеф на колоколе не превышал 3...5 мм и располагался сверху, не опускаясь до боевой части. Если в начале своей истории место отливки колокола находилось непосредственно рядом с местом его установки (обычно рядом с монастырем), то с XIX века колокола стали отливать на заводах. К началу XX века в России существовало 25-30 колокольных заводов. Но ни один из них, к сожалению, не сохранился до наших дней. Можно предполагать, что "централизованное" литье колоколов на заводах с устойчивой технологией позволяло получать колокола более высокого качества. Особыми достоинствами отличались колокола, которые отливали по Государственному указу. Однако массовое производство уничтожило традицию упоминания на колоколах мастеров, отливших колокол. В лучшем случае указывался лишь завод, на котором он был отлит.

Среди московских колокольных заводов были известны заводы Ясона Струговщика; Григория Иванова; Данилы Тюленева и др.

ЗАГАДКИ ЗВУЧАЩЕГО МЕТАЛЛА

Нигде в мире колокола не достигли такого совершенства и разнообразия, как в России. Русские колокола-самые лучшие не только по своей форме и искусству исполнения, но и по интересным решениям: их части соразмеримы так, чтобы давать три тона; первый-в месте удара, на середине колокола-полутон верхнего, а вверху - на целую октаву ниже. Старые мастера, опираясь лишь на знания, полученные по наследству от отцов и дедов, и на собственный опыт, отточенный многолетней практикой, верным чутьем определяли и необходимый вес колокола, и распределение металла по телу колокола для получения нужной высоты тона и тембра. Они умели правильно подобрать форму будущего колокола, единственно возможную из бесконечного разнообразия профилей колоколов, совпадающих по высоте основного тона. Не располагая приборами, мастера умели строго назначить тон будущего колокола и оценить точность, с которой новоотлитый колокол его воспроизводил. Литейщикам вручали органную трубку, издающую звук желаемой высоты. Изготовленный колокол должен был "откликаться на голос" этой трубки. Роль контролера играл резонанс.

Гармоническая слаженность колоколов, которая так ценилась раньше в колоколах, со временем отошла на задний план. Главными стали ритмические достоинства колокола. Русский колокольный звон выработал свою собственную, ставшую традиционной, музыку, не мелодическую, а ритмическую, в которой не мелодия, а ритмический рисунок составляет содержание. Это повлекло за собой и своеобразную технологию, еще больше отдаляя форму русских колоколов и технические приемы их литья от европейских.

Звон колокола представляет собой вовсе не простое звуковое колебание строго определенной частоты. Можно говорить о некотором основном тоне колокола, по которому оценивается высота его звучания: к этому основному тону всегда приложен богатый и характерный набор добавочных чистых тонов, более низких и более высоких. Отсюда-богатство оттенков, разнообразие тембров, которые позволяют различать голоса колоколов.

Вероятно, физические истоки богатства звука в том, что дрожание упругой стенки бронзовой чаши-это сумма многих колебаний различных форм. Очень важное влияние на звон колокола оказывает его профиль (конфигурация).

Многовековая практика оставила несколько основных вариантов построения профиля колокола, хотя принципиальной разницы в них нет. В музыкальной акустике известны основные требования к звучащему материалу. Эти требования достижимы при наличии хороших упругих свойств (модуля Юнга); низкого затухания звука, высокой плотности материала (минимальной пористости) и достаточной скорости распространения звука.

До 1917г. в России отливалось много колоколов, затем их изготовление практически прекратилось. Сегодня можно говорить об утраченных традициях русской колокольной школы. В последнее время, в связи со строительством новых церквей и храмов возрастает потребность в колоколах. В России возрождается колокольное литье.

Общество древнерусской музыкальной культуры (ОДМК) совместно с АМО "ЗИЛ" отливает колокола для церковного звона, а также для часов с курантами.

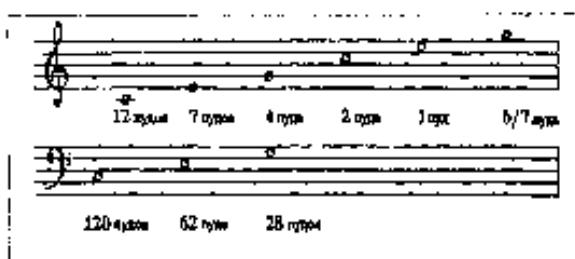
Организованная в Обществе лаборатория колокольной акустики провела фундаментальные исследования колоколов лучших звонниц России (колокольни Ивана Великого московского Кремля, звонницы Ростовского Кремля, колокольни села Левашово Ярославской епархии и многих других). Результаты исследований позволили построить модели, по которым были рассчитаны профили колоколов в соответствии с традицией русской православной церкви и теорией церковной музыки.

Отлитые колокола проверяются и настраиваются в натуральном строе акустиками Общества.

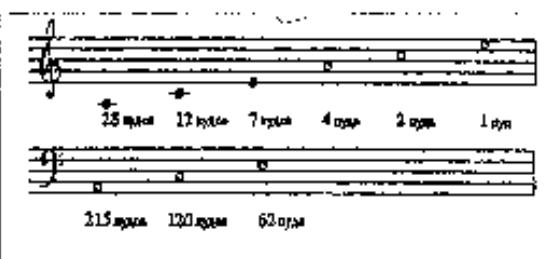
Производственные возможности АМО "ЗИЛ" позволяют отливать колокола массой от 0,5 до 1000 пудов. На каждый колокол выдается паспорт, гарантирующий его соответствие требованиям звона.

В настоящее время выпускается два набора колоколов для целого звона в мажорной и минорной тональности.

*Рис.4 Набор из девяти колоколов.
Тональность до-мажор*



*Набор из девяти колоколов.
Тональность ля-минор*



По просьбе заказчика на колоколах могут быть изготовлены надписи на церковнославянском языке.

В 1995 году ОДМК и АМО "ЗИЛ" приняли участие в конкурсе на право изготовления колоколов для храма Христа Спасителя в Москве, организованном московской Патриархией и московским правительством. Набор из 10 колоколов для этого конкурса, отлитый на АМО "ЗИЛ" по чертежам ОДМК, в ля-минорной тональности был признан лучшим.

В ОДМК в результате исследований выявлены две колоколитейные технологии-западноевропейская и восточноевропейская (русская). Обе сложились и существуют в течение многих веков как системы проектирования литейной

формы- " Модульный метод колокололитейного ремесла". Такие системы основываются на базовом элементе построения модуля, то есть определении (графически или аналитически) толщины стенки колокола в ударной части и последующей разработки литейно-металлургической технологии, обеспечивающей их музыкально-акустические свойства.

Акустический спектр колокола описывается уравнением немецкого акустика Хладни:

$$V_i = C_i \frac{\delta}{D} \sqrt{\frac{E}{\rho}}, \quad (1)$$

где V_i - частота одного из тонов, издаваемых колоколом, занимающим 1-е место в ряду на звоннице Храма;

C_i - коэффициент пропорциональности;

δ - толщина стенки колокола, главным образом в ударной его части;

D - наибольший диаметр колокола (его размер);

E - модуль упругости сплава;

ρ - плотность сплава.

Из этого равенства при $\delta = kD$, где k -постоянная;

$$\sqrt{\frac{E}{\rho}} = const \text{ имеем}$$

$$V_i D = C_i \quad (2), \text{ где } C_i \text{ - постоянная}$$

Приняв по формуле (2) за 1 диаметр колокола с тоном d , Ю. В. Пухначев нашел соотношения между условной высотой основного тона колокола H_d и его диаметром D_y (таблица).

H_d	D_y в виде дроби	H_d	D_y в виде дроби		
До	1	1,00000	Соль	2/3	0,66667
До-диез	24/25	0,96000	Ля-бемоль	5/8	0,62500
Ре	8/9	0,88889	Ля	3/5	0,60000
Ми-бемоль	5/6	0,83333	Си-бемоль	5/9	0,55555
Ми	4/5	0,80000	Си	8/15	0,53333
Фа	3/4	0,75000	До	1/2	0,50000
Фа-диез	18/25	0,72000			

Данные таблицы позволяют рассчитать музыкально-акустические свойства и размеры проектируемого колокола на основе аналога с учетом, что масса геометрически подобных и отлитых колоколов пропорциональна кубу их размера.

Конфигурация (профиль) колокола, основу которого составляет его стенка, достигается, по данным Ю. В. Пухначева, следующим:

1) у нижнего своего ребра колокол имеет max. диаметр, а в ударном поясе - max толщину стенок,

2) max диаметр колокола в основании равен 14-кратной толщине ударного пояса при теноровом звуке колокола и 12,5-кратной толщине для триоли;

3) высота колокола составляет от 9- до 10-кратной толщины его стенок в ударном поясе;

4) max толщина стенок в ударном поясе кверху и книзу постепенно убывает. В верхней части (своде) колокола она составляет 1/3 max ее размера, а книзу - убывает до min., образуя нижний острый борт;

5) диаметр верхней части колокола составляет 1/2 его max диаметра. Установлено, что при $C_i = const$ уравнение (1) можно представить функцией:

$$V_i = f(\delta, D, E, \rho), \quad (3)$$

вид которой находят, используя ортогональные композиционные планы, где все параметры колокола варьируются на пяти уровнях: $-\sqrt{2}$, -1 , 0 , $+1$, $+\sqrt{2}$ в условном масштабе, переход к которому осуществляется по формуле:

$$\Pi_{i \text{ усл.}} = (\Pi_i - \Pi_{icp.}) / \Pi_i, \quad (4)$$

где Π_i - параметр колокола (δ, D, E, ρ).

Найдение коэффициентов квадратичной модели колокола осуществляется на языке Турбо Паскаль. Реализуемая на компьютере программа рассчитывает коэффициенты квадратичной модели колокола, проверяет их значимость и адекватность модели, определяет значение функции V_i в заданных диапазонах параметров колокола, позволяет для заданных значений V_i находить значения Π_i , при которых V_i стремится к оптимуму.

От формы колокола, от профиля его стенки зависит, сложатся ли все его тона в благозвучный аккорд или дадут беспорядочную смесь не гармонирующих между собой звуков. При любом изменении профиля набор звуков так или иначе перестраивается. Высота основного тона существенно зависит от толщины ударной части.

Мастера настойчиво пытались угадать то единственное, совершенное "телосложение" колокола, при котором все его тона образовали бы гармоничный аккорд. Дошедшие до нас средневековые колокола богатством своих очертаний свидетельствуют, каким длительным был этот поиск. Гармоничная форма колокольного профиля была найдена в 13 веке. В большом разнообразии колоколов, следует особо отметить колокола Ростова Великого. Литье их организовал мастер Федор Терентьев в 1689 году. Этот комплект колоколов отличается исключительными музыкальными достоинствами.

Священник Ростовского Рождественского монастыря, Аристарх Александрович Израилев, по призванию-ученый-акустик, глубоко исследовал ростовские звонны. Он восстановил их нотную запись, подробно описал движения звонарей при исполнении каждого звона, воспроизвел их звучание на камертонах. За свои работы по акустике, в частности за создание прибора, позволяющего определить частоту основного тона колокола, А. А. Израилев в 1882 году был избран действительным членом Российского общества любителей естествознания.

Несмотря на размеры и различные формы колокола, имеются общие закономерности: звук колокола разносится тем дальше, чем ниже его тон; ночью звуки слышатся лучше, чем днем; на больших расстояниях звук теряет прежде всего высокие обертоны.

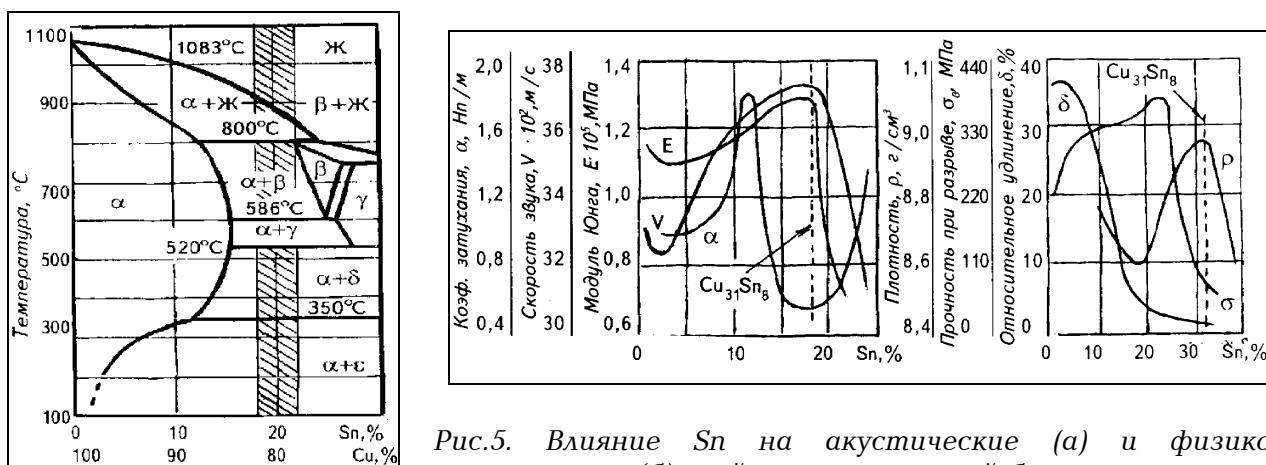


Рис.5. Влияние Sn на акустические (а) и физико-механические (б) свойства колокольной бронзы

Рис. 6. Диаграмма состояния системы Cu - Sn (содержание Sn до 30 %)

Чем ниже тон колокола, тем больше его вес, тем больше и вес его языка (обычно он составляет 1/25 от веса колокола). Чем тяжелее язык, тем труднее его раскачать (поэтому самые большие колокола звучат только в праздничных звонах). В настоящее время считается, что качество звучания колоколов, их акустические характеристики обусловлены микроструктурой литой бронзы, а именно, количеством $(\alpha + \delta)$ -эвтектоида, т.е. структурной составляющей бронзы, обогащенной оловом. Количество α -фазы определяет пластичность сплава. Наибольший интерес для колокольной бронзы представляет δ -фаза. Особые свойства колокольной бронзы, как акустического сплава, связаны именно с δ -фазой. В ее основе лежит интерметаллическое соединение Cu_{31}, Sn_8 . Эта фаза кристаллизуется в очень узком интервале и при $350^{\circ}C$ распадается на другие фазы. Из-за малой скорости этого процесса, в большинстве случаев метастабильная δ -фаза сохраняется при нормальных условиях. Исследование нескольких известных колоколов показало, что α -фаза состоит из 84,7...88,9% Cu и 11,1...15,3% Sn; δ -фаза - из 66,8...67,6% Cu и 32,4...33,2% Sn. Относительное количество δ -фазы 14...49%. Большой разброс содержания δ -фазы объясняется различными температурными параметрами при заливке бронзы, ее кристаллизации и охлаждения.

Учитывая большое разнообразие толщины колоколов различных размеров, а также режимов заливки бронзы (температура металла, формы и др.), можно полагать, что при одном и том же количестве Sn в бронзе могло формироваться различное количество эвтектоида в литом металле. Опытные мастера могли знать эти закономерности и корректировать состав сплава и технологические параметры заливки, чтобы добиться наилучшего звучания колоколов.

Зная химический состав колоколов, их физические параметры и технологию, даже сейчас можно сказать, что акустический процесс в колоколах до конца еще не изучен.

МАСТЕР ВОЛШЕБНОГО ЗВОНА

Многие талантливые музыканты пытались открыть новые пути в музыке XX века. Среди них особенно выделялся К. К. Сараджев, который, обладая незаурядными музыкальными способностями, старался художественно осмысливать возможности тех звуковых средств, которые раньше вовсе не признавались допустимыми, либо имели сравнительно ограниченную область применения.

Человек с такой непостижимой одаренностью, с таким уникальным, обостренным слухом, каким обладал К. К. Сараджев, не мог не влюбиться в колокольный звон. Исключительной силой своего природного дара он выделялся среди миллионов людей и вызывал пристальное внимание, даже особый род любопытства. Он являлся художником-новатором, создавшим новый, неслыханный ранее род музыки. В своей работе К. К. Сараджев не руководствовался всецело установками этнографа-музыканта, который стремился сохранить для будущего колокольный звон - уникальный пласт русской культуры, уходящий в глубину веков. Его тянуло к чему-то более значительному - к новому роду

музыки, к новой музыкальной гармонии, где русские колокола служили лишь средством достижения далеко идущих художественных целей.

Его привлекала не только окраска колокольного звучания, то слышимое лишь им одним древообразное разветвление звуковых нитей, их сплетение, подобное изысканному кружеву, но и тот специфический ритм, который проистекал из ударной природы колоколов. Ему удалось открыть, что частота ударов по колоколам разного размера и разных по высоте основного тона существенно влияет на конечный звуковой эффект, - более того, неодинаковая сила удара (резкого, умеренного, либо нежного) и разные градации в распределении усилия звонаря по тем или иным колоколам звонницы открывают для музыканта возможности управлять сменой оттенков звуковых сплетений, регулировать степень их напряжения. Тем самым достигалось не только мягкое, гармоничное совместное звучание множества колоколов, но и рождалось ощущение скрытого в нем выразительного смысла, доносимого чисто физическими колебаниями воздуха.

К. К. Сааджев родился в 1900 году в Москве. В это время его отец - Константин Соломонович Сааджев был преподавателем Синодального училища по классу скрипки, затем стал профессором Московской консерватории по классу дирижерства. Он был выдающимся дирижером, педагогом, музыкантом-просветителем и сделал многое для величия отечественной культуры.

Мать - Наталия Ниловна Сааджева - дочь знаменитого профессора, создателя отечественной педиатрии Нила Федоровича Филатова. Она также окончила консерваторию и в свое время была незаурядной пианисткой.

Работоспособность и целеустремленность К. К. Сааджева, в сочетании с уникальным слухом - это счастливое сочетание лучших свойств его предков - Сааджевых и Филатовых.

Необычайные музыкальные способности он, безусловно, унаследовал от отца.

Конечно, имея таких одаренных родителей, и живя в мире музыки, нельзя оставаться равнодушным к ней. По семейной традиции все дети семьи получали музыкальное образование.

Еще в 2-3 года мальчик почувствовал влечение к музыке. Рояль, скрипка, виолончель, духовые инструменты - все это останавливало на себе его внимание. Но более всего на него влияли колокола. Он был еще на руках у няни, когда стал реагировать на звуки колоколов. Он плакал, когда его уносили от колокольни, любил прогулки около нее и слушал внимательно колокольный звон. Игрушкам он предпочитал колокольчики. При первых их звуках он чувствовал особое возбуждение, как ни от какого другого инструмента, он упивался их звуками, испытывал величайшее музыкальное наслаждение и целый день ходил очарованный. Слушая игру на фортепиано, на скрипке, он сейчас же сопоставлял эти звуки с колоколами, переводил их на язык колоколов и очень расстраивался, если такой перевод почему-то не удавался.

С шести лет действие этих впечатлений еще более усилилось. Однажды, он даже потерял сознание при ударе колокола. Ему тогда было 7 лет. Настолько сильно было воздействие на него звука колокола. Колокола с ярко выраженной индивидуальностью вызывали у него музыкальные мысли, образы. Он воплощал их игрой на рояле. Слушая эти импровизации отец или бабушка (матери тогда уже не было) записывали их на ноты. В десятилетнем возрасте у него в альбоме было уже двадцать две композиции, записанных родными. Сохранился альбом и двенадцатилетнего Кости. Тут заметен шаг из детства во взросłość. В нескольких композициях явная колокольность. Она бьется о рояль, вырывается из него, мечется с тоскою о колоколах. С четырнадцати лет он уже бывал на колокольне

и впервые начал звонить сам. С пятнадцати лет он перешел к трезвону, то есть к звону во все колокола, испытывая, по его словам, великое наслаждение. Сараджев не только играл самозабвенно на колоколах, а еще и писал о них.

Он стремился стать понятным и понятым, жаждал вовлечь в свой круг талантливых музыкантов. Склоняясь над музыкальными записями Сараджева, над его схемами будущих колокольных звонниц и чертежами, погружаешься в мир преодолеваемых им сложностей, трудностей. Видишь его четкую целеустремленность и отдачу любимому делу, колоссальную трудоспособность. К. Сараджев считал, что слушанию колокола надо уделять время, и делать это нужно не раз, чтобы глубоко вникнуть в свойства этой музыки, колокольной, совершенно еще неизведанной.

Однажды он читал доклад о колоколах. Во время доклада он говорил: "Теория музыки колокола не имеет ничего общего с теорией и правилами обычной музыки. В колокольной музыке все основано на колокольных атмосферах, которые все индивидуальны.

"Индивидуальность" колокола в воспроизведении музыкальных произведений на колоколах играет колоссальную роль. В теории колокольной музыки вообще нет нот. Колокол имеет на своем фоне свою индивидуальную звуковую картину - сплетение звуковых атмосфер. Колокол может дать нам все: звук, характер, гармонию, ритм, - все то, чем он обладает. Ведь колокол - такой музыкальный инструмент, в который входит наивысшая сложность. Это звуковая атмосфера на фоне определенного основного тона.

Такие звуковые сочетания, такие гармонии и мелодии извлекаются из колокольной музыки, какие немыслимо осуществить на каком-либо другом инструменте. Колокол дает нам весь музыкальный абсолют: посвящает нас в наивысшую теорию Музыки с большой буквы. Исполнение музыкального произведения на колоколах зависит от слияния звучания колоколов различных "индивидуальностей".

К. Сараджев составил три списка колокольных звучаний: 1) внутреннее созвучие колокола, 2) внешнее созвучие колокола, 3) список "индивидуальностей" колоколов.

А вот как описывал сам К. К. Сараджев игру на колоколах в своем докладе:

"На колокольне отдельно от всех - Большой колокол - фон или основа. Звонит в него один человек, но могут звонить и два (не больше). Затем - педальные колокола, в них звонят ногой, нажимая на доску, связанную с языками колоколов. Педальных колоколов должно быть всегда два: первый- большой и второй-малый; вместе они дают то, чего не может дать один, - обе "индивидуальности" их сливаются.

После крупных двух больших колоколов следуют колокола средней величины - колокола клавиатуры. Их развешивают в арках колокольни в порядке уменьшения веса. Основой клавиатуры служит невысокая цилиндрическая деревянная тумба, к которой накрепко прикрепляют одним концом короткие (сантиметров 15-20) металлические цепи - "клавиши". К ним привязывают веревки, идущие от языков клавиатурных колоколов. Чтобы колокол был соединен со своей клавишей, веревку его языка с помощью двух шнурков оттягивают к столбам, образующим арки колокольни. Двух оттяжек соответствующей длины вполне достаточно, чтобы язык любого колокола мог быть соединен со своей клавишей. С помощью этих оттяжек достигается также и нужное исходное положение языка колокола; он должен быть приближен к ударному участку колокола. Благодаря этому, удар языка о колокол получается без сильного смещения клавиш. Для предохранения руки звонаря от травмы,

цепи обшивают плотной материей (сукном). Играют на клавиатуре либо кистью, либо кулаком левой руки. После клавиатурных колоколов следуют более мелкие - колокола-трели. Их бывает две группы: крупная трель - из трех колоколов и мелкая трель из четырех. Ударяют в эти колокола правой рукой с помощью деревянного устройства в виде буквы "Н", к боковым линиям которого привязаны шнурсы, идущие от колокольных языков. Каждая группа колоколов - трелей прикреплена отдельно. Трель играет большую роль в мелодическом звучании колоколов.

Колокола подразделяются на группы: в одну группу включаются колокола, близкие друг другу по величине, виду и высоте звука. Каждая группа имеет определенный, соответствующий по силе звук. Разумеется, чем больше колокол, тем громче и продолжительнее его гул. Такты могут быть самого разнообразного числа долей, но между собой все такты равны, по метроному Большого колокола. Тakt или часть такта можно дробить на любое число долей. Педальные колокола часто ударяют вместе с Большим колоколом.

Колосальную роль играет ритм. И эта ритмическая картина должна преобладать в течение всего данного музыкального произведения. Когда Большой колокол и оба педальных колокола ударяются одновременно, то потрясающим моментом их звучания для слушателей является совершенное слияние "индивидуальностей" этих колоколов. Удар в колокол может быть сделан различной силы, начиная от слабейшей, еле заметной, до предельной силы удара. Весь возможный для данного колокола диапазон изменений силы удара называют термином "шкала", а мельчайшие, тончайшие доли изменений силы удара - термином "гран". "Шкала" представляется образно в виде цепи, состоящей из отдельных звеньев, из "гран".

Чтобы получить фон какого-то тона нужно согласоваться с фоном-колоколом, с данным регистром его звука, а также с тоном и с силой удара в него. На его фоне ударить во второй колокол, а уже на этом фоне дать само произведение. Колокол вмещает в себя определенное число звуковых нитей. Это звуковой нерв, в который заключено начало звука. Он бесподобно чист и светел, ясен, прозрачен и неимоверно тонок; при том он беспрерывно, с неуловимой скоростью дрожит - вибрирует.

Воспроизвести музыкальное произведение на колоколах, значит прежде всего дать его фон. Этот фон создается индивидуальностью колоколов и сплетением их голосов.

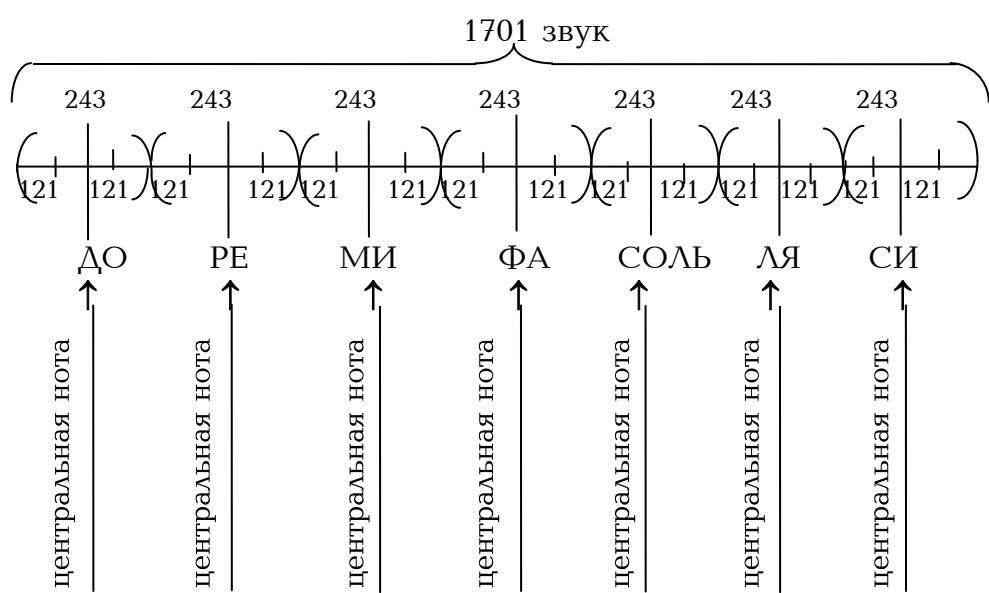
Обычно в колоколах различают три основных тона - трезвучие; из них два, нижний и верхний, звучат в октаву, а средний - в терцию к ним. Чтобы правильно подобрать колокола, берут сперва Большой колокол и к нему подбирают остальные - второй Большой, затем два педальных, а к педальным, именно к их слиянию подбираются колокола клавиатуры по их "индивидуальностям". Тон колокола - это не одна нота, а целая звуковая атмосфера определенных тонов. Число колоколов клавиатуры может быть всякое - до шестнадцати, какое именно - зависит от совокупности "индивидуальностей" колоколов педали. Но самое малое их число - пять, потому что в них должен быть центр (третий колокол), по бокам - два исхода от него: Бемольный (второй колокол) и диезный (четвертый колокол). И затем - отражение центра в бемоле (первый) и отражение центра в диезе (пятый колокол).

В "трели" подбираются колокола сообразно с клавиатурой.

Формы колоколов бывают двух видов: один более высокий и низкий, другой более низкий и широкий, что дает звук в первом случае глуховатый, во втором открытый и яркий. Но в обоих случаях у колокола может быть один из трех тембров: резкий, умеренный, нежный".

К. К. Сараджев смотрел на колокол с чисто музыкальной, художественно-музыкальной точки зрения. Сам он очень любил играть на колоколах. Чаще всего он звонил на четырех колокольнях: на Бережковской, Кадашевской, Песковской и Никитской. Он считал, что эти колокола обладают замечательным подбором колоколов, разных характеров звука и притом с приятными тембрами. Он предлагал слушать звон внизу, на некотором расстоянии от колокольни, а еще лучше на самой колокольне. Для того, чтобы приучить себя к слушанию на колокольне, нужно воспринимать все колокольные тонкости, а для этого нужно обладать исключительно тонким музыкальным слухом, или иметь хотя бы абсолютный слух. Чтобы наслаждаться звоном, нужно воспринимать "индивидуальность" каждого колокола. Но даже люди, не имеющие такой слух, а более или менее компетентные в музыке, не могут не питать интерес к колокольной музыке.

Сам Сараджев слышал все оттенки звуков колокола. В октаве он четко различал 1701 звук.



Если в колоколе обычно различают три основных тона, то он различал восемнадцать основных тонов, свойственных данному колоколу и без труда выражал их с помощью нотной системы. Каждый тон в колоколе имеет свое определенное сотрясение воздуха, оно многорядное. Сараджев называл его "кружевом". Именно в виде кружева, в виде сплетений нитей ему зримо представлялась колокольная музыка. Одно сплетение ниже, другое выше, но между ними есть одна общая нить, образующая из них единое целое, независимо от звуковой разницы, от объема звуковых волн. Самый низкий звук, который воспринимал Сараджев как тон, - это соль бемоль субконтрклава. Колокол - это его любовь, специальность, его музыкальное творчество. Он записал "индивидуальности" всех больших колоколов г. Москвы и ее окрестностей. Он создал 116 произведений, которые по своим исключительно тонким различиям звуковых высот приемлемы для воспроизведения только на колоколах.

Он сделал нотную запись 317 звуковых спектров (обертоновых рядов) наиболее крупных колоколов всех московских церквей, монастырей и соборов (всего 295 колоколен и звонниц).

Чтобы понять колокол, чтобы уметь воссоздать на нем музыку, нужно обладать не просто абсолютным слухом в смысле звуковой высоты и различия

тонов, а исключительно тонким, в наивысшей степени абсолютным. Благодаря именно тонкому слуху, он мог играть на колоколах, как никто другой.

Все слушавшие его игру были потрясены ею. Его игра была похожа на игру целого оркестра, на симфонию.

А. И. Цветаева в своей книге о Сараджеве так описывала его во время игры на колокольне: "Он летел бы, если бы не привязи языков колокольных, которыми он правил в самозабвенном движении, как бы обняв распостертыми руками всю колокольню, увшанную множеством колоколов - гигантских птиц, испускавших медные гулкие звонь, золотистые крики, бившиеся о синее серебро, ласточкиных голосов, наполнявших ночь небывалым костром мелодий. Вырываясь из гущи звуков, они загорались отдельными созвучиями, взлетали птичьими стаями все выше и выше, наполняли небо, переполняли его..."

Дух захватило! Стоим, потерявшиесь в рухнувшей на нас красоте упоенно пьем ее, не захлебнуться бы! Да что же это такое?! Это мы поднялись! Летим... Да разве же это звон церковный! Всех звонарей бы сюда, чтобы слушали!"

Как динамичен был этот человек во время звона. Правой рукой он управлял клавиатурой мелких колоколов, а локтем той же руки он еще ударял по натянутой веревке от дальнего колокола. левой же управлял несколькими более тяжелыми колоколами.

Хмеляя от счастья, он откидывался назад всем телом, насколько позволяли веревки, и сливался с колоколами в одно целое.

Заслышиав его звон - звон необычайной красоты и мастерства, жители соседних улиц и переулков бежали слушать, и восхищению не было конца. Люди восхищались его игрой, музыканты спорили о его музыкальном образовании и его будущем, а сам он жил в мире звуков, этот мир был беспределен. Центром его мира был колокольный звон.

Слухи о его неповторимой игре дошли и до других государств. В 1930 году ему предложили поехать в Соединенные Штаты, по контракту. Специально для него построили в Гарвардском университете звонницу, закупив нужные колокола в СССР. Он сам отбирал для этого колокола. Но оказалось, что не весь набор был закуплен, а также один из колоколов не принадлежит к нужному набору. Отсутствовало еще 17 отобранных им колоколов. Несмотря на это, он взялся настраивать колокола. Для точности тона он проделывал углубления в краях колоколов, однако ему запретили это делать. Это его сильно расстроило. Разочарованный в своей поездке, не получивший удовлетворения, он заболел и был вынужден вернуться на родину. Его затея не осуществилась. Но он оставил американцам схему устройства колокольни с клавиатурой, педалью и тягами, где предусматривались места и для семнадцати недостающих колоколов. Позже колокола повесили по схеме, оставленной Сараджевым. И именно эти колокола до сих пор существуют и используются по особым случаям.

У К. Сараджева был поразительный слух, но этот дар одновременно являлся и источником его страданий - он слышал малейшую фальшь. Одним из его любимых занятий была настройка роялей. Как настройщика его очень ценили и добивались. Равного ему в этой роли также не было.

Еще одной особенностью его было то, что он "видел" звук в цвете. Людей тоже "видел" и разделял по цвету и по тональности. Знакомясь с человеком он тут же определял его тональность. Все люди звучали ему определенными нотами. Себя он называл Ре. Звуки для него были окрашены в разные цвета. Каждый звук имел свой цвет.

В 1921 году композитор В. Дешевов на основании его высказываний составил таблицу связей между тональностями и световой гаммой. Необычные его способности интересовали многих ученых и врачей, его современников.

Таблица 1

Тон	Числа	Тона, выражающие числа и цвета		Цвета	
		мужск. женск.	Оптимизм мажор	Пессимизм минор	Мажор
М	1	Do	La	Черный	Черный с сероватым оттенком
М	2	Sol	Mi	Темно-синий	Синий-серовато- темный
Ж	3	Mi	Do	Розовато-лиловый	Розовато-лиловый с сероватым оттенком
М	4	Sol	Mi	Серебристо-белый	Серебристо-белый с сероватым оттенком
Ж	5	Mi	Do	Ярко-голубой	Ярко-голубой с сероватым оттенком
М	6	Re	Si	Темно-бордо	Темно-бордо с сероватым оттенком
М	7	Si	Sol	Ярко-фиолетовый	Ярко-фиолетовый с сероватым оттенком
Ж	8	Re	Si	Темно-красновато- оранжевый	Темно-красновато-оранжевый с сероватым оттенком
Ж	9	Fa	Re	Ярко-желтый	Ярко-желтый с сероватым оттенком
Ж	10	La	Fa #	Ярко-зеленый	Ярко-зеленый с сероватым оттенком
М	11	Do #	La #	Серый	Серый с серым оттенком
М	12	Sol #	Mi #	Светло-синий	Светло-синий с сероватым оттенком
Ж	13	La #	Fa x	Бледно-зеленый	Бледно-зеленый с сероватым оттенком
М	14	Si #	Sol	Ярко-красный	Ярко-красный с сероватым оттенком
Ж	15	Mi #	Do x	Бледно-голубой	Бледно-голубой с сероватым оттенком
М	16	Do b	La b	Темно-малиновый	Темно-малиновый с сероватым оттенком
М	17	Si #	Sol x	Светло-фиолетовый	Светло-фиолетовый с сероватым оттенком
М	18	Re #	Si #	Оранжевый	Оранжевый с сероватым оттенком
Ж	19	Fa #	Re #	Бледно-желтый	Бледно-желтый с сероватым оттенком
Ж	20	La b	Fa	Темно-коричневый	Темно-коричневый с сероватым оттенком
М	21	Fa b	Re b	Темно-оливковый	Темно-оливковый с сероватым оттенком

Многие люди его окружавшие отмечали его способности к различным наукам, его феноменальную память. Но он, впитывая в себя все чему его учили, бежал к своим колоколам. Сараджев мог один и тот же колокол заставить звучать совершенно по-разному. Улавливая бесконечное множество звуков в октаве он соединял их по собственным законам и создавал гармонию нового типа. Его колокола звучали мягко, гармонично.

Во время концертов он создавал новую форму, конструкцию, очень сильно эмоционально действующую. Иногда его звон выражал печаль, иногда это был мирный звон, иногда - торжественный.

Игра на колоколах преображала его. В своей одержимости он доходил до самозабвения.

Он создавал клавиатуру на многих колокольнях Москвы. К. Сараджев не принимал примитивную игру на колоколах. Он находил новые способы звукоизвлечения (удара в колокол), дававшие поразительные художественно-музыкальные сочетания. Для этого ему необходима была новая развеска колоколов, мобильное, буквально мгновенное управление ими с помощью клавиатуры. В архивах имеется множество вариантов его чертежей размещения колоколов на звоннице и устройства клавиатуры.

Использование клавиатуры для управления колоколами давало ему возможность создавать необычайное звучание, новую гармонию. Обычно же звонари просто собирали колокольные веревки в один узел, повторяя церковный стандарт звона. Этой новизной технологии, созданной им, можно частично объяснить несравненное впечатление от его игры. Технологию колокольного звона он поставил на высшую ступень.

Многие годы своей жизни К. К. Сараджев посвятил колоколам. Своими скучными средствами, преодолевая различные препятствия и недостаток в колоколах, он улучшил и организовал клавиатуру для колоколов на одной из московских колоколен. Он неоднократно обращался к правительству с различными предложениями и просьбами. В этом ему помогали видные деятели искусства того времени: Р. Глиэр, Александров, А. Шеншин, Н. Гарбузов и др.

К. К. Сараджев мечтал о создании концертной звонницы, но мечта эта не осуществилась. В 1930 году колокола смолкли (церковный звон был отменен). Перед страной стояли в те годы другие проблемы. А потом грянула война. Оставшись без колоколов он стал писать о них. Свои наблюдения и переживания он перенес в книгу, которую назвал "Музыка-колокол".

Позже эта книга попала в руки людей, не оценивших ее, и, к сожалению, не сохранилась, за исключением нескольких листков.

Вот о чем писал он в своей книге:

" Я пишу музыку для колоколов, но записи мои ничего общего не имеют с нотной системой, хотя у меня и имеется запись колокольных звучаний по пятибалльной нотной системе.

Я часто употребляю слово "гармонизация". Гармонизация - это вполне определенная последовательность аккордов и сочетаний звуков. Гармонизация является совокупностью того, что в области экзотерической теории музыки называется ритмом, темпом, оттенками, гармонией, контрапунктом и инструментовкой.

Гармония - это последовательность совокупности тонов, следующих по параллельным, вертикальным линиям.

Гармонизация - это тот же закон бытия, по которому созданы все музыкальные формы, - это непоколебимая истина. Динамика гармонизации выражает рельеф музыки, подчеркивает подъем, упадок, сосредоточение напряжения либо ее созерцательность. Так как гармонизаций бесконечное число, то и форм бесконечное число. Видимо, колокол всего ближе способен

передавать звуки, имеющиеся в природе, благодаря своим обертонам и богатству звучания сложных сплавов входящих в него металлов, а также искусству колокольного литья.

Фортепиано не имеет тех звуков, которые существуют в природе. Предела звукам нет, как нет предела числам и формам. Звуков бесчисленное множество. В природе нет энгармонизма.

До-диез звучит выше, чем ре-бемоль. Диез и бемоль перекрещиваются Энгармонизм существует по причине несовершенства и неполноты общепринятого музыкального строя. Клавишные музыкальные инструменты (рояль, пианино, орган) диезных звуков, в сущности, не имеют. Они имеют только бемольные звуки. Бемольные тона мужественнее диезных. Звуки бекарные, диезные и бемольные одного и того же тона составляют группу из трех, причем диезный звук тесно связан со своим бекарным звуком, а его бемольный звук отличен от своего бекарного звука. Родство и связь диезов со своими бекарными звуками мне ясно заметны в их цветах. Диезный звук имеет цвет тот же, что и его бекарный тон, но всегда гораздо бледнее, тогда как бемольные звуки отличны от цвета своего бемольного тона. Существуют мужские и женские тона. Каждый тон имеет свои формы, цвет, число.

Форма тона прозрачна, как бы в стекле. Испускает лучик соответственного цвета - как бы радуги.

И купается в собственных лучах.

Колокольная музыка основана на созвучиях различного тембра и звукового сплетения.

Вызывающая их сила удара играет огромную роль. Если ударить не в один колокол, а сразу в два или несколько, то он или они будут при своем звучании издавать еще иное, дополнительное звучание, чего не будет, если в них ударить в отдельности. Если данный колокол не будет изменять степень силы удара, а совместный с ним колокол будет изменять, а также если совместных несколько, то тут произойдет то же самое, а именно - при каждом ударе данный колокол будет изменять свое добавочное звучание.

Всякая совместность колоколов во время удара издает определенное созвучие их "индивидуальностей", каждая из которых образует свое особое дополнительное созвучие.

Всю сложность звуковых сочетаний колоколов я отчетливо слышу и различаю все их свойства, изображая их на схеме в виде чертежа "звукового дерева". Это изображение дерева со всеми сучками и ветвями одновременно является и нотами. Такого тончайшего различия в звуках нот нет ни на одном музыкальном инструменте - только на колоколах.

Кроме абсолютного слуха существует выше его-истинный слух. Это способность слышать всем своим существом - звук, издаваемый не только предметом колеблющимся, но вообще всякой вещью. Звук кристаллов, камней, металлов.

Каждый драгоценный камень имеет свою индивидуальную тональность и имеет как раз такой цвет, какой соответствует данному строю. Каждая вещь, каждое живое существо Земли и Космоса звучит и имеет определенный, свой собственный тон. Тон человека постигается вовсе не по тону его голоса, человек может не произнести ни одного слова в присутствии человека, владеющего истинным слухом; однако им будет сразу определен тон данного человека, его полная индивидуальная гармонизация.

Колокол представляет собой нечто совершенно новое и малопонятное. Если и найдутся лица, серьезно, искренне интересующиеся колокольной Музой и относящиеся к ней как к искусству, - то ведь оно еще почти не открыто.

Я же, могу смело сказать, первый воспринял это искусство. До меня никто

другой не отдал все свои усилия и внимание колоколу, не воспринял его так - его живую, мощную, величественную красоту звучания.

Музыка его как бесконечно прекрасна, так и неимоверно сложна, в высшей степени трудна, когда пытаешься ее объяснить. Но все изучение того, что входит сюда, в мое колокольное дело, все, что касается колокола, почему-то далось мне чрезвычайно легко, без малейшего затруднения.

С самого раннего детства я слишком сильно, остро воспринимал музыкальные произведения, сочетания тонов, порядки последовательностей этих сочетаний и гармонии. Я различал в природе значительно, несравненно больше звучаний, чем другие: как море сравнительно с несколькими каплями. И сила этих звучаний в их сложнейших сочетаниях не сравнима ни в какой мере ни с одним из инструментов - только колокол в своей звуковой атмосфере может выразить хотя бы часть величественности и мощи, которая будет доступна человеческому слуху в "Будущем". На этом кончалась его рукопись.

В 1942 году смолкла жизнь звонаря, а вместе с ней и его колокольный звон. Но какой звон! Когда звонил К. К. Сааджев, в ближайших домах открывались окна, люди бросали свои дела и слушали, как завороженные.

Среди звонарей он был на особом положении. Его называли не "звонарем", а "колоколистом". Работы К. К. Сааджева стали признанным памятником культуры. Они были расценены в научном мире, в частности Научным советом по истории мировой культуры Академии наук СССР, как "наиболее значительный фактический материал по московским колоколам, по акустике колокола вообще."

Его колокольный звон не был похож ни на один ранее слышанный колокольный звон! К. К. Сааджев был уникумом - второго такого нет!

КУРАНТЫ

Под низким облачным небом Бельгии и Голландии, где из-за частых туманов трудно разглядеть циферблат башенных часов, было решено дополнить часовой механизм часовым колоколом, а чтобы от слуха не ускользали его первые удары, было принято предварять их звонким перебором молоточков по колоколам поменьше. Так возникли куранты. С годами все шире становился диапазон их голосов (две, три октавы и более), все слаженнее звучание (в мелодиях появились аккорды), все богаче набор напевов. Куранты отличали не только часы, но и получасы, четверти, а то и каждые семь с половиной минут. Мотивы часто менялись. Еще при Петре I были установлены куранты в Петропавловской крепости, позже появляются и кремлевские куранты. Сейчас многие города-Севастополь, Одесса, Новороссийск, Киев, Харьков-имеют свой музыкальный герб, вызывающийся курантами. В Каунасе действует колокольный орган, т.е. набор колоколов, тона которых следуют друг за другом в стройном порядке хроматической гаммы. Каждое воскресенье звучат над городом мелодии, рождающиеся в старой башне. Здесь собраны 36 колоколов разных размеров, отлитые в Мехелен-Малине. В Бельгии, в городе Мехелен-Малине имеется, пока что единственная в мире, школа колокольного звона. От названия города пошло выражение "малиновый звон". Голос курантов-голос легенды. Их перезвон-песня о богатой и славной истории города.

РЕСТАВРАЦИЯ КОЛОКОЛОВ

В процессе эксплуатации колоколов не редки случаи выхода их из строя, вследствие возникновения трещин.

Главной причиной возникновения дефектов в колоколах был состав "классической" колокольной бронзы, содержащей 20% Sn и 80% Cu. Этот сплав имеет сравнительно невысокие свойства, особенно низкое значение пластичности. Прочность же бронзы этого состава сравнительно высока, что, безусловно, отражалось на долговечности колоколов. В настоящее время сложилось представление, что такие колокола надо считать безвозвратно потерянными. Трещины на колоколах не завариваются, несмотря на существующий высокий уровень сварочной техники. Нет гарантии, что после заварки будет восстановлено качество звучания. В специальных мастерских, где изготавливают колокола, литейные дефекты также не исправляют при помощи сварки, а бракованные колокола просто отправляют в переплав.

В литературе, однако, имеются сведения о возможности ремонта колоколов.

О ремонте колоколов писал итальянец Брингуччио (1428г). Он подогревал колокол до температуры 800⁰-900⁰С в литейной яме горячими газами из соседней ямы.

В 1453 году германский мастер Карл Вальтер паял колокола твердыми припоями на основе олова, цинка, висмута.

В конце прошлого века рассматривался вопрос и о восстановлении Царь-колокола. На колоколе обнаружены еще в конце XVIII века десять продольных сквозных трещин, которые в длину достигает 2,3 м и имеют у основания ширину - 5мм. Установлено также, что каменный постамент фундамента оказывает расклинивающее воздействие на рубашку колокола. Сам же фундамент под тяжестью колокола неравномерно оседает и разрушается. Разрушительное воздействие на бронзу также оказывает атмосфера, насыщенная выхлопными газами. Изделия из бронзы требуют специальных защитных мероприятий.

Для реставрации Царь-колокола предлагались три способа: переливанием жидкого металла и дуговой сваркой-плавящимся (Славянова) или угольным электродами (Бернардоса). Первый был сразу отклонен, а вторые два были достаточно глубоко проработаны.

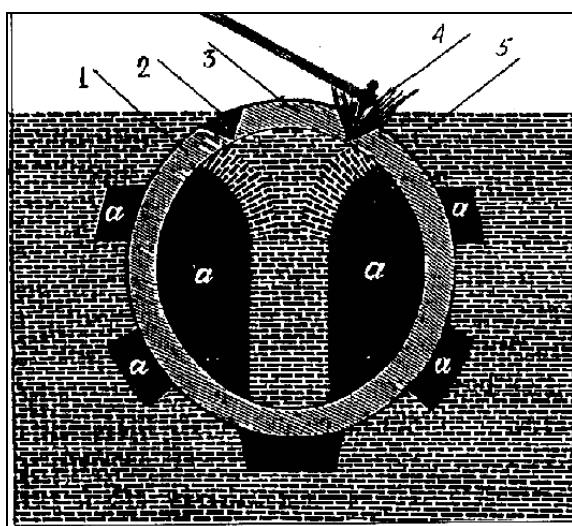


Рис.7. Схема Н. Бернардоса:
1 - сечение колокола, 2 - разделка,
3 - сечение отковавшейся части,
4 - электрод, 5 - кладка печи,
α - каналы для подогрева колокола

Способ (2) Н. Славянова заключался в наливании по каплям расплавленного электрическим током металла на обрабатываемую поверхность; способ (3) Н. Бернардоса - у колокола, нагреветого в специальной печи, вначале должны расплавляться кромки, а затем в образовавшуюся ванну должны подбрасываться куски металла.

В 1978-1982 годах сотрудниками Военной академии им. Ф. Э. Дзержинского и Государственного музея Московского Кремля были проведены некоторые реставрационные работы Царь-колокола. В результате тщательного анализа состава бронзы Царь-колокола было установлено, что причиной хрупкости металла Царь-колокола является наличие таких вредных примесей для бронзы, как Al, Bi, Fe, Ni и особенно As.

В 1893 году было реставрировано несколько колоколов. В частности, восстановлен колокол Уинского завода массой 48 пудов. Была прилита отковавшаяся часть края и залита большая трещина. Качество звука и продолжительность звучания восстановлены прежними. Все это зафиксировано в документах.

Также известен случай ремонта 100- пудового колокола села Култаева. Его трещина была залита. Сила и продолжительность звучания не пострадали.

Во второй половине XX века ремонт колоколов производили в Братиславском институте сварочных процессов. Сотрудник этого института М. Басиста достаточно подробно описал технологию заварки дефектов колоколов.

Одним из основных условий получения качественных результатов при ремонте является медленный и равномерный подогрев колокола перед сваркой. Подогрев осуществляется газовыми горелками или в специальный печи. Пламя горелки должно быть нейтральным. Ремонт трещины возможен, если угол разделки не превышает 30-40°. Прежде поверхность трещины необходимо отшлифовать.

При х-образной разделке процесс заварки начинают снаружи. Сварку производят короткими швами, начиная с конца трещины. После сварки необходимо медленное охлаждение колокола. В конце процесса нужно отшлифовать швы с обеих сторон.

М. Басиста отремонтировал таким образом 45 колоколов. Более 30 лет реставрированные им колокола выполняют свое предназначение. В настоящее время также проводятся ремонты колоколов. Так, в Санкт-Петербурге в АО "Передовая литейная технология" завершается подготовка к ремонту колоколов Мариинского театра.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Бронзовые тела колоколов не ветшают с возрастом, серебряные голоса не стареют с годами, а годы колоколов исчисляются столетиями. Смерть им не страшна, даже распавшись на куски, они вновь воскресают в огне плавильной печи. Они всегда на виду, каждое их слово слышно всем-открытое, громкое, четкое. И к каждому их слову прислушивается народ, их речь понятна людям.

Время обогащало музыку новыми инструментами. Однако новинки не умалили славы колоколов. Напротив легендарным и летописным свидетельствам их величия и красоты добавилось признание видных музыкальных авторитетов.

Сколько композиторов вводили колокольный звон в свои произведения:

Глинка ("Иван Сусанин"), Мусоргский ("Борис Годунов", "Хованщина"), Римский-Корсаков ("Светлый праздник", "Псковитянка" - специально для постановки этой оперы Большой театр приобрел колокол весом в 170 пудов). Колокольный звон можно услышать и в произведениях Вагнера, Чайковского, Мейербера и др.

Музыка выразит то, что не расскажет слово. А то, что не передаст своей песней ни один музыкальный инструмент, донесет до сердца каждого колокольный звон. Жаль, что музыка колоколов почти исчезла из нашей сегодняшней, обыденной жизни.

Сильный и обаятельный колокольный звон способен очаровать людей самых разных вкусов. Голос колокола - не стареющий со временем, громкий, благозвучный, богатый.

А сколько поэтов посвятили колоколу стихотворений и поэм:

Шиллер ("Песнь о колоколе"), Эдгар По ("Колокола"), Гете ("Странствующий колокол"), Козлов ("Вечерний звон") и др. Сколько художников и писателей использовали колокола как символ! Нередко колокола становятся суровыми трибуналами, напоминая людям об ужасах войн. Колокола Хатыни играют торжественную траурную музыку в день памяти жертв войны. Колокол Бухенвальда призывает народы никогда не забывать о зверствах фашизма. Колокол Хиросимы напоминает еще об одном преступлении против человечества. В набатном звоне этих колоколов звучит страстный призыв никогда не забывать павших, сохранить мир и радость на земле. Старые колокола терпеливо ждут своего нового назначения. У них в запасе вечность.

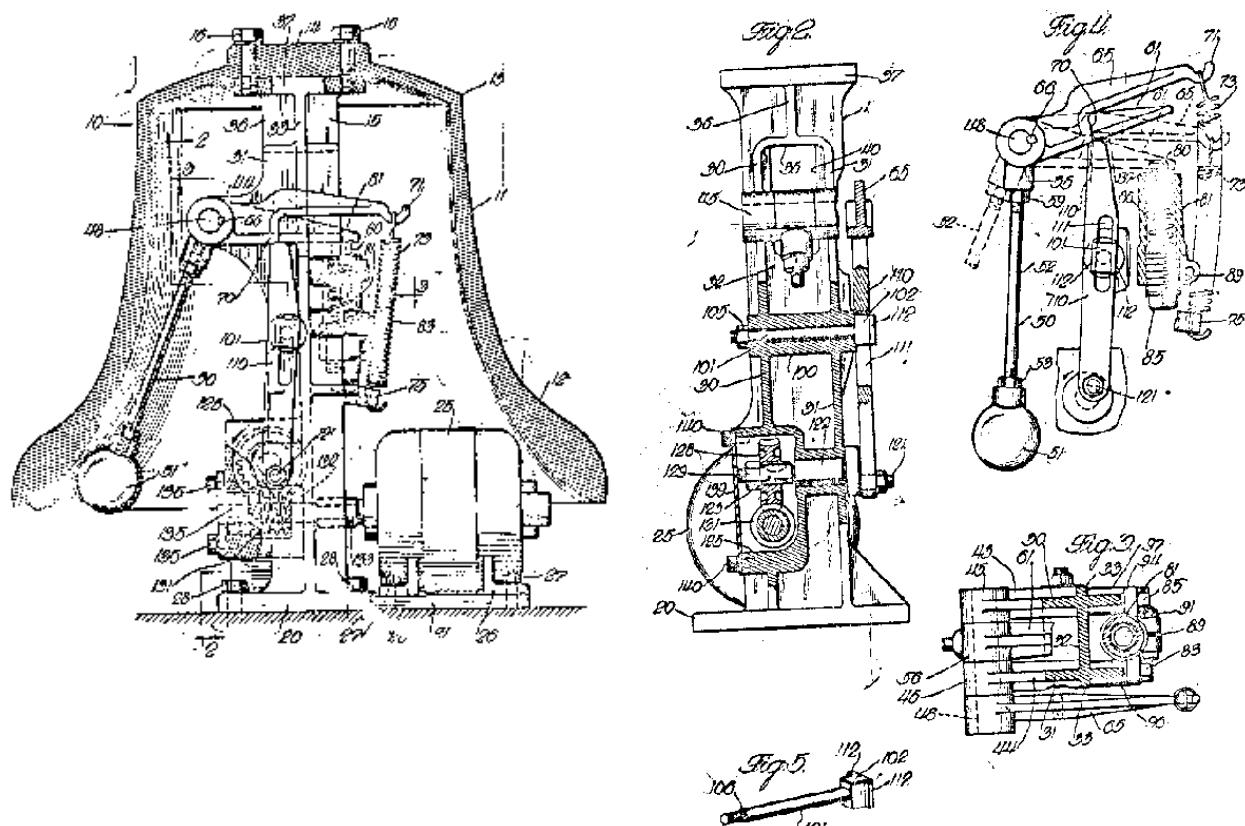
РЕФЕРАТЫ ПАТЕНТНЫХ ОПИСАНИЙ

1). США патент N 2.003.340, кл. 116-167, 1935г.

ЗВОНОК КОЛОКОЛЬЧИКА

Изобретение относится в основном к сигнальным средствам и преследует цель - обеспечение автоматическим сигналом или гудком устройства с непрерывным действием.

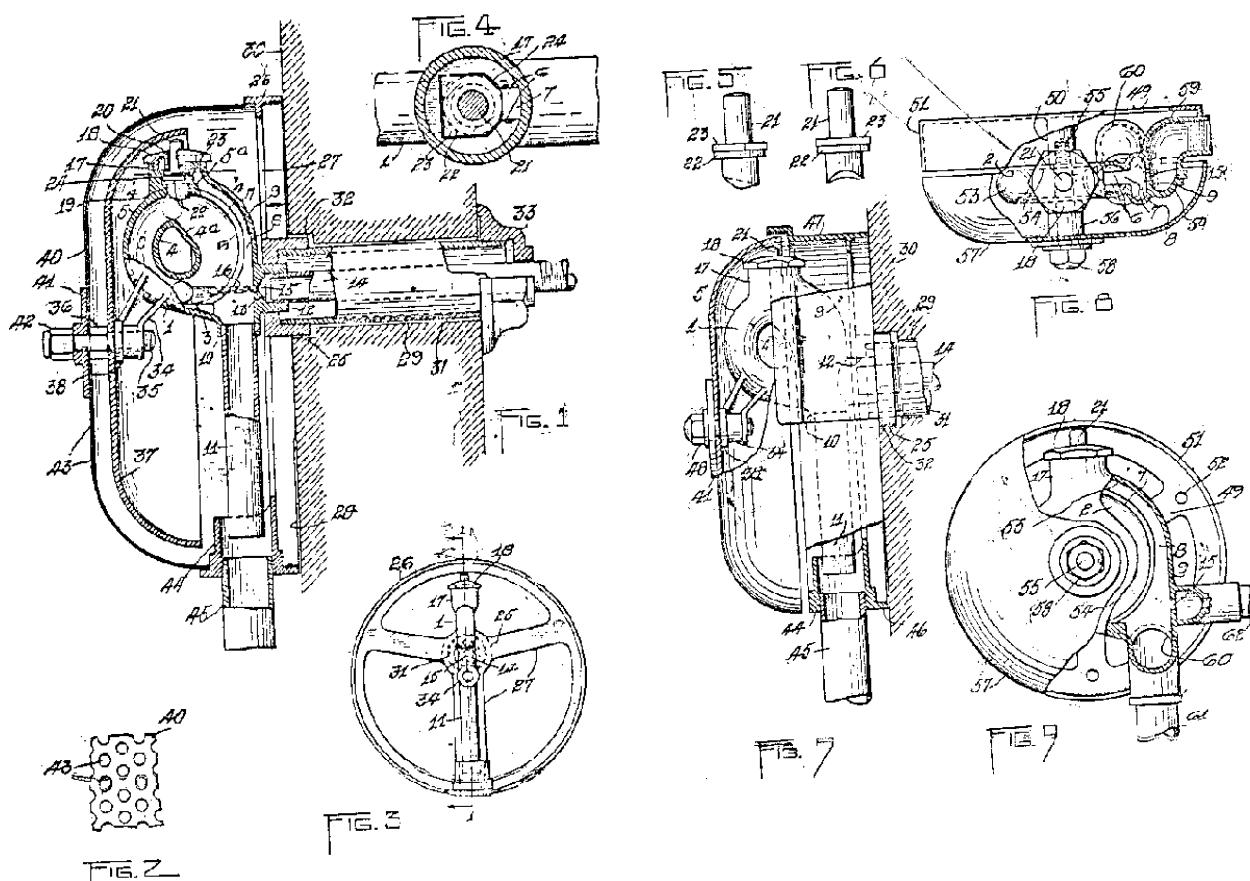
Используется данное изобретение на таких транспортных средствах, как поезда, локомотивы, конки и т.д., где требуются продолжительные сигналы с определенным интервалом, и не требуется пристального внимания со стороны оператора. Такие сигнальные средства просты и эффективны в употреблении, не выходя из строя и действуют при умеренном нажатии на кнопку. Сигнальные средства, имеющие такие характеристики, особенно необходимы для транспортных средств, передвигающихся по рельсам.



2). США патент N 2.291.291, кл. 116-151, 1942г.

СИГНАЛЬНАЯ СИСТЕМА НА ГИДРАВЛИЧЕСКОМ МОТОРЕ

Изобретение относится к тому классу сигнальных систем, в которых жидкость под давлением приводит в действие сигнал, как, например, сигнальная система на гидравлическом двигателе, вместе с автоматической разбрызгивающей системой. Цель изобретения-новые конструкции и усовершенствование работы сигнала, описанного в патенте N1, 501,260 от 15 июля 1924г.

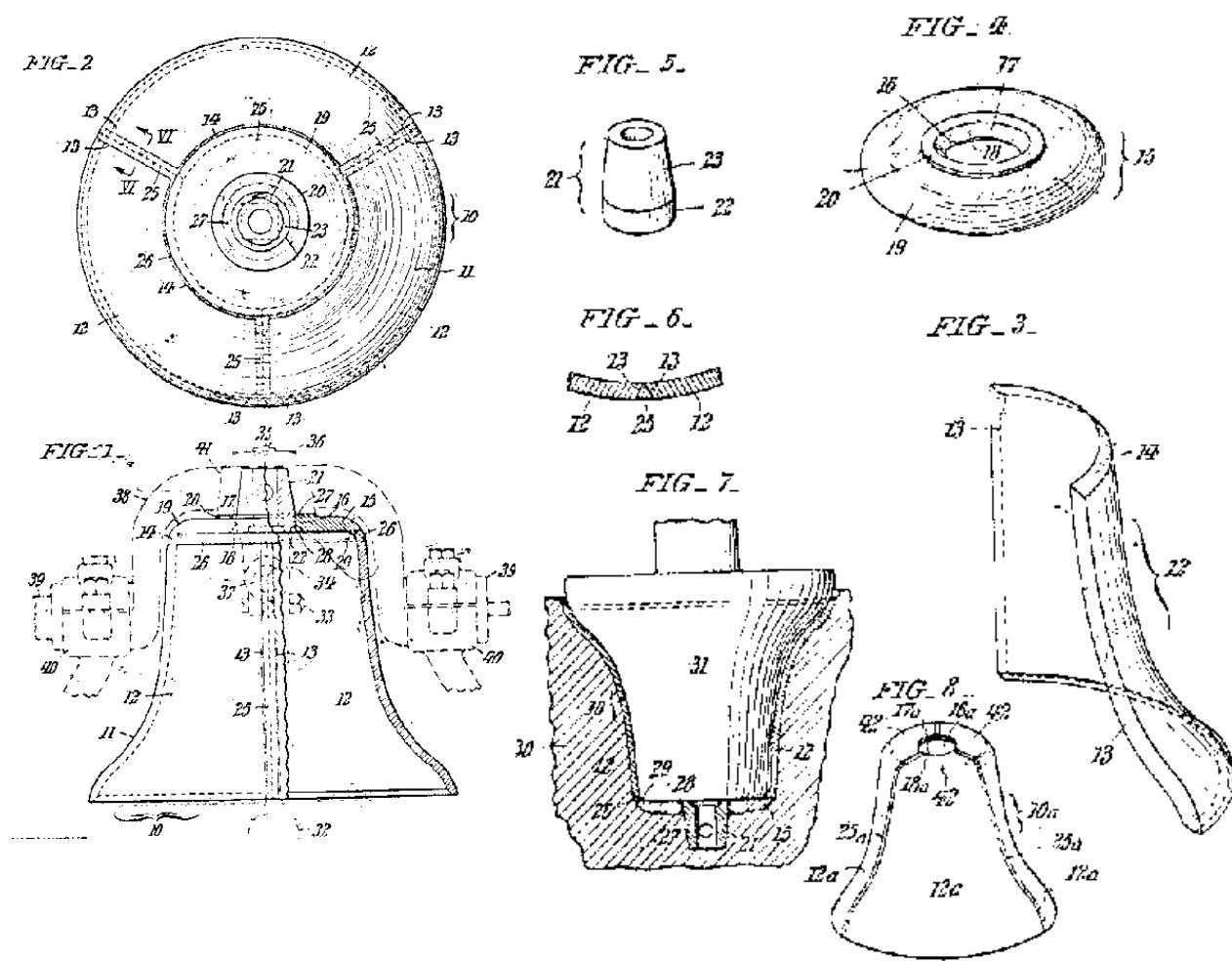


3). США патент № 2.322.021, кл. 116-150, 1943г.

КОЛОКОЛ

Изобретение относится к колоколам с расширением книзу, в частности для использования на локомотивах.

Колокола эти изготавляются из специального металла для колоколов, который стоит дорого ввиду использования бронзы и олова, а также требует машинной обработки, для придания точного контура и нужного качества тональности.



4). США патент N 2.510.569, кл. 116-150, 1950г.

КОЛОКОЛЬЧИК

Изобретение относится к колокольчикам, в частности, имеющим форму "Колокола свободы". Колокольчики эти изготавляются из листового металла.

Важным в изобретении является то, что весь колокольчик состоит из двух компонентов листового металла, соединенных друг с другом без дополнительных деталей для скрепления.

FIG. 1

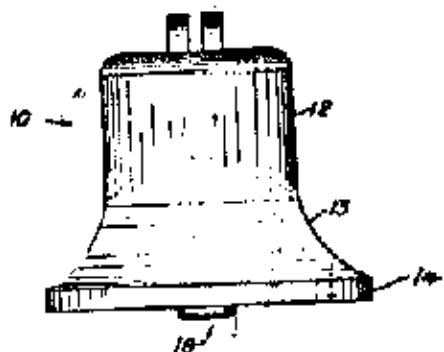


FIG. 2

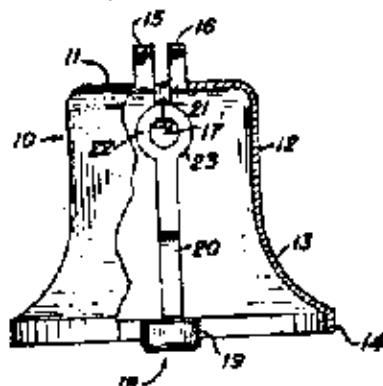


FIG. 3

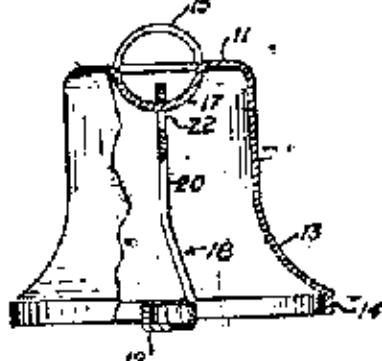


FIG. 4

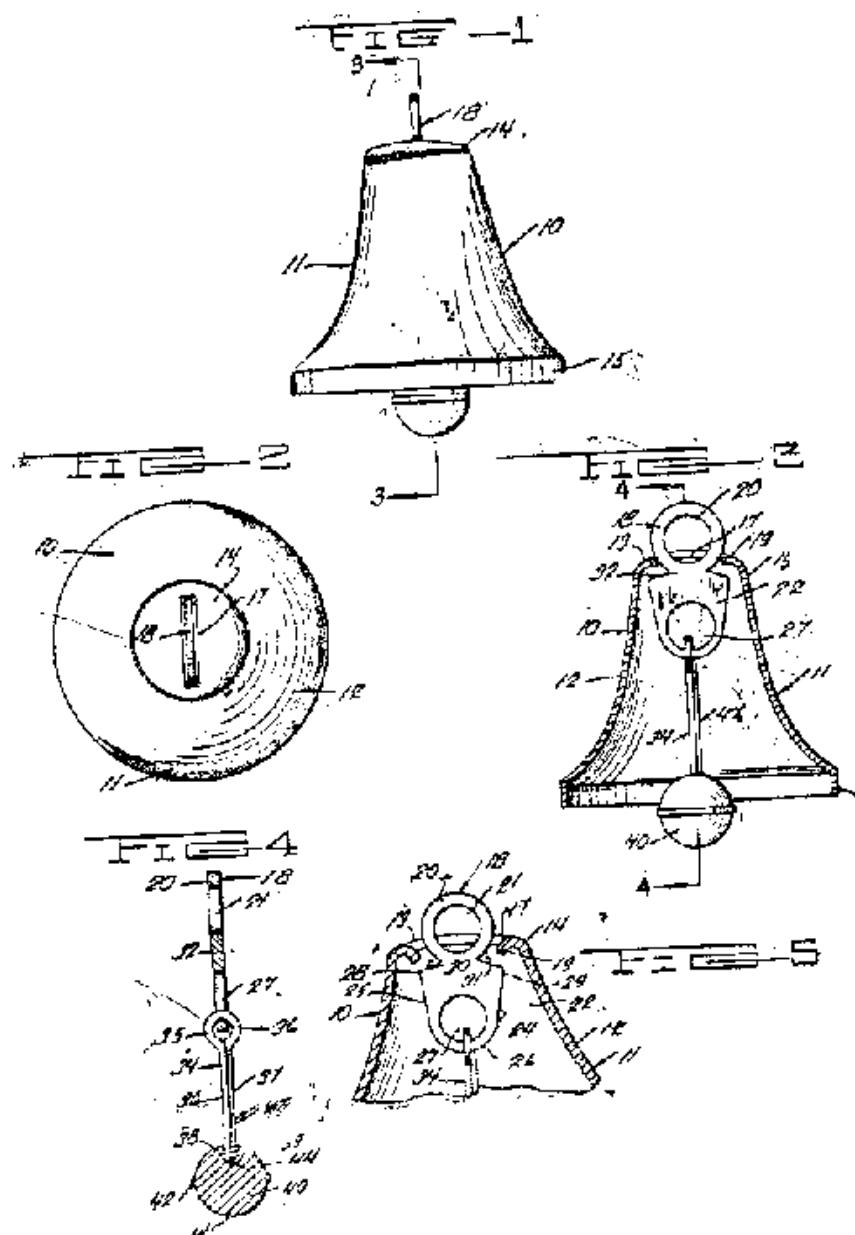


5). США патент N 2.584.223, кл. 116-150, 1952г.

КОЛОКОЛЬЧИК

Изобретение относится к колокольчикам, в частности к созданию нового звука звонка для использования в декоративных целях.

Цель этого изобретения-создание нового вида колокольчиков, которые быстро собираются с минимальной затратой труда и инструментов.



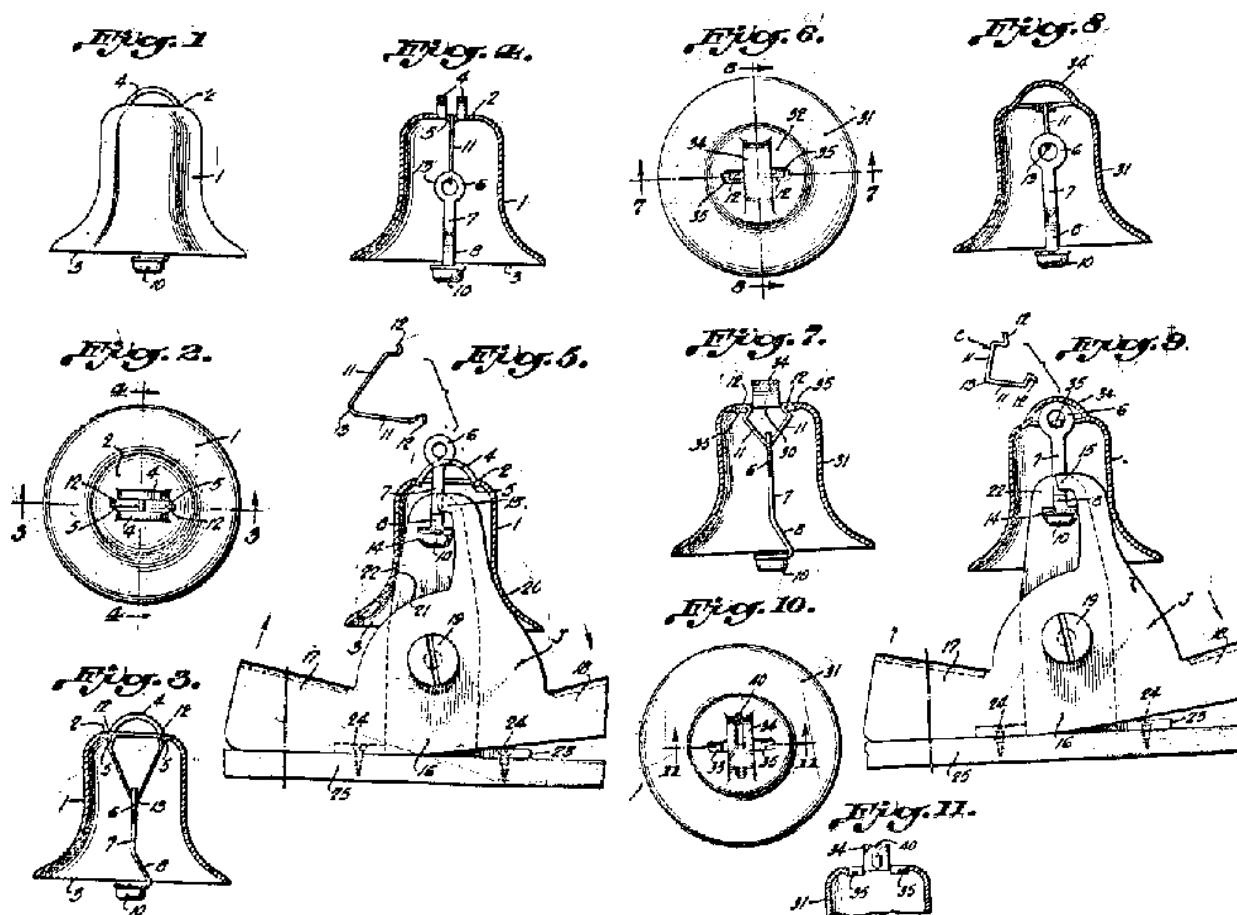
6). США патент N 2.598.169, кл. 116-150, 1952г.

ИГРУШЕЧНЫЙ КОЛОКОЛЬЧИК

Изобретение относится к колокольчикам-игрушкам, которые предпочтительнее штамповать из листового металла.

Используется для разных целей, как, например, для значков, елочных украшений, игрушек.

Отличается экономичной конструкцией и легкой сборкой.

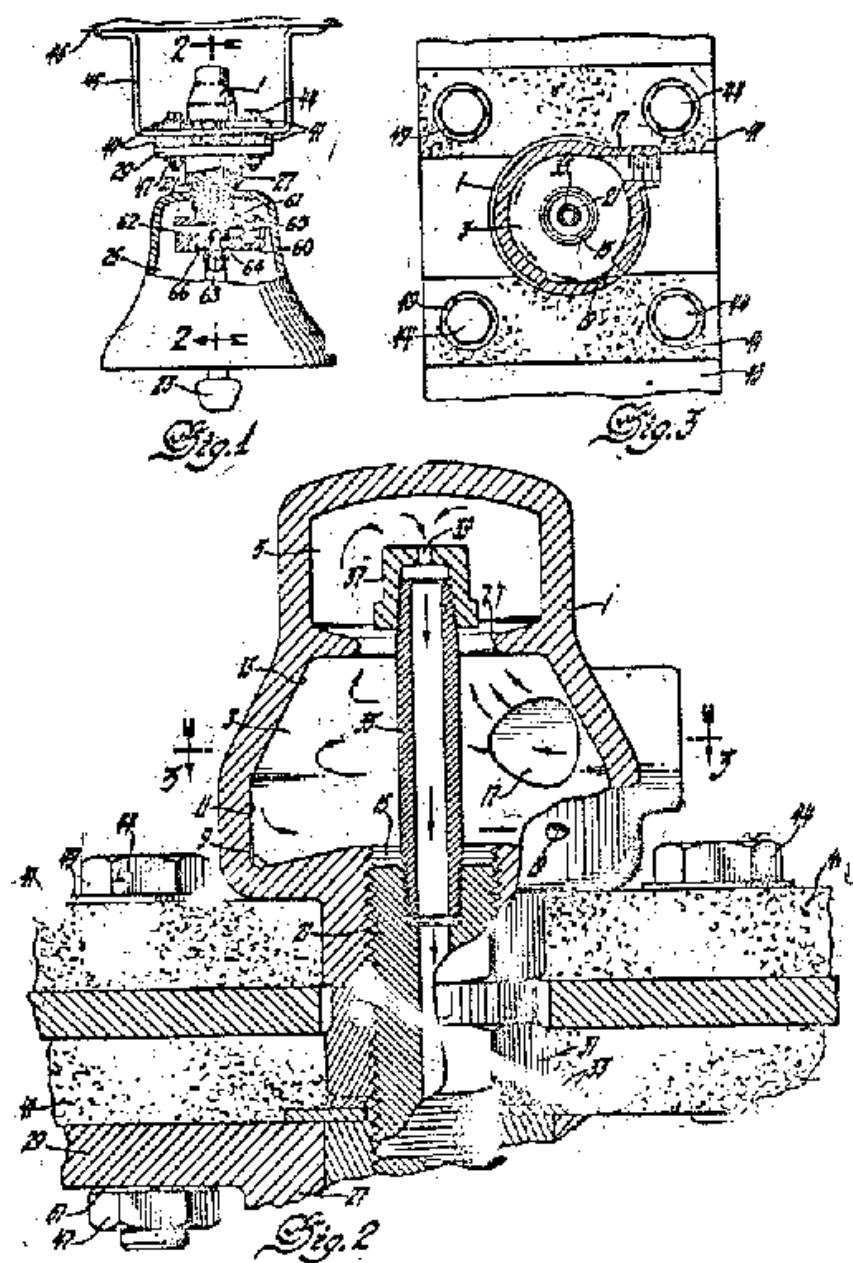


7). США патент N 2.647.487, кл. 116-151, 1953г.

ЗВОНКОВЫЙ АППАРАТ КОЛОКОЛЬЧИКА.

Изобретение относится к пневматическому типу механизмов звонков, предназначенных для локомотивов.

Основной принцип изобретения-создание пневматических звонковых механизмов, а также простых по конструкции устройств для очистки воздуха от пыли и влаги, а также упругого механизма для очистки воздуха на подмоторной раме локомотива для обеспечения непрерывной работы при заморозках и загрязнениях, а также предотвращения вибрации между колокольчиком, язычком и подмоторной рамой локомотива.

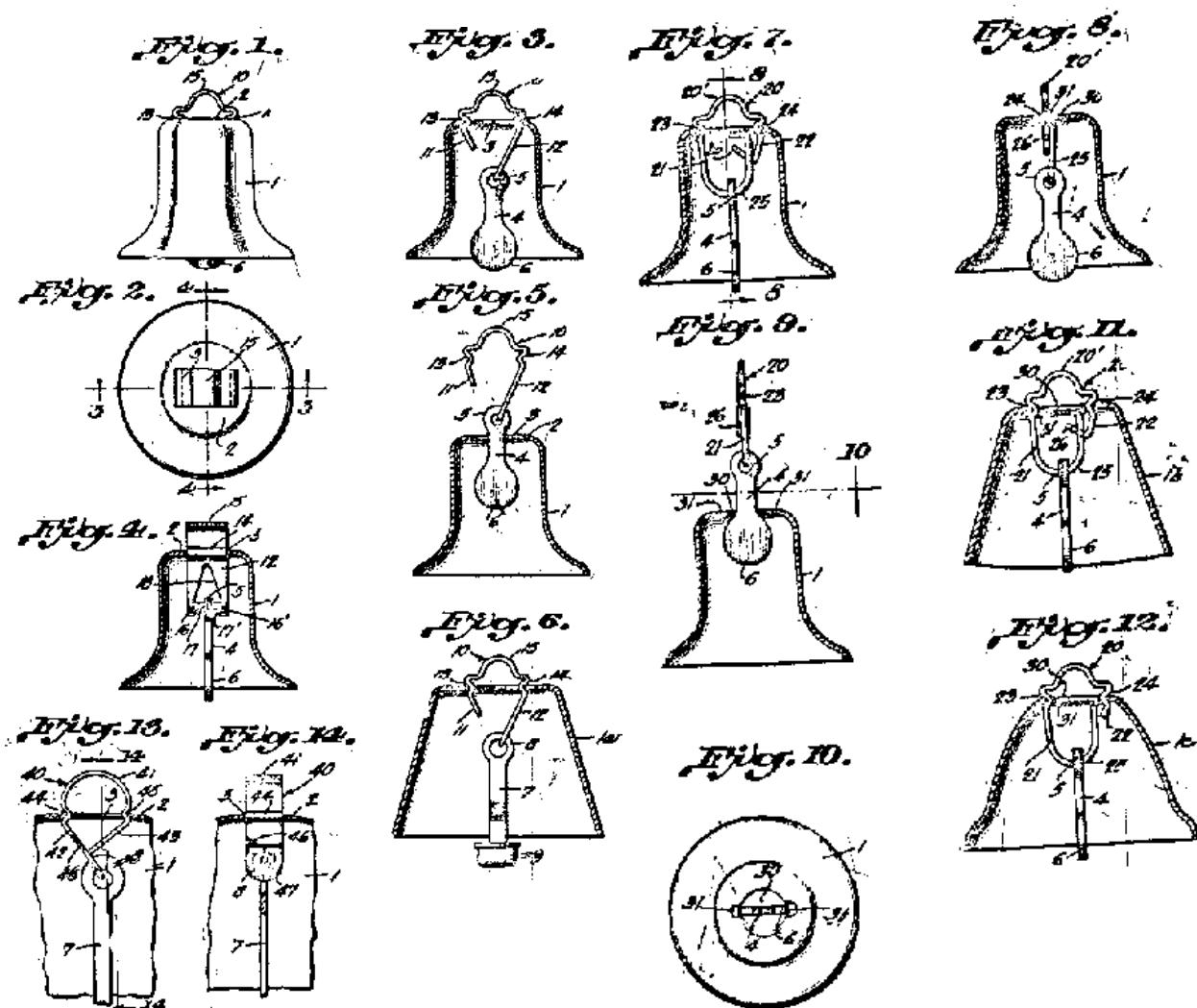


8). США патент N 2.695.589, кл. 116-150, 1954г.

ИГРУШЕЧНЫЙ КОЛОКОЛЬЧИК

Изобретение относится к игрушечным колокольчикам, которые могут иметь различную форму или очертание, как "Колокол свободы", колокольчики для коров и другие формы.

Изготовление данного колокольчика и его сборка очень экономичны. Колокольчик состоит из 3-х частей: корпуса, язычка и скрепляющей детали, каждая из которых может быть изготовлена по низкой цене. Эти колокольчики быстро собираются и не требуют вмешательства квалифицированных операторов и особой ловкости рук.

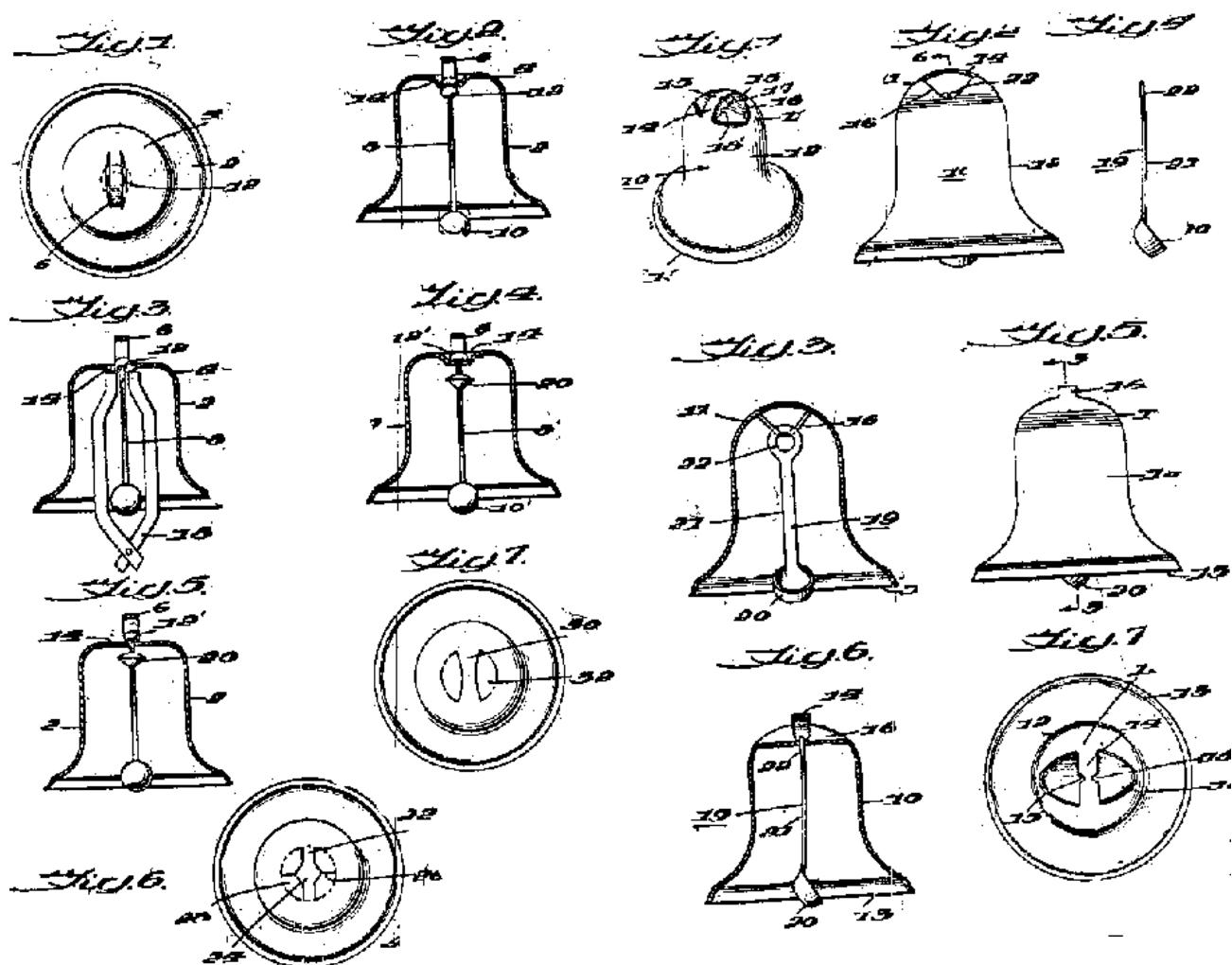


9). США патент N 2.702.521, кл. 116-148, 1955г.

КОЛОКОЛЬЧИК

Изобретение относится к небольшим и недорогим колоколам. Колокол состоит из двух частей: корпуса и язычка, которые легко собираются, и в то же время надежные и прочные.

Большое внимание уделяется тональности звука колокола.



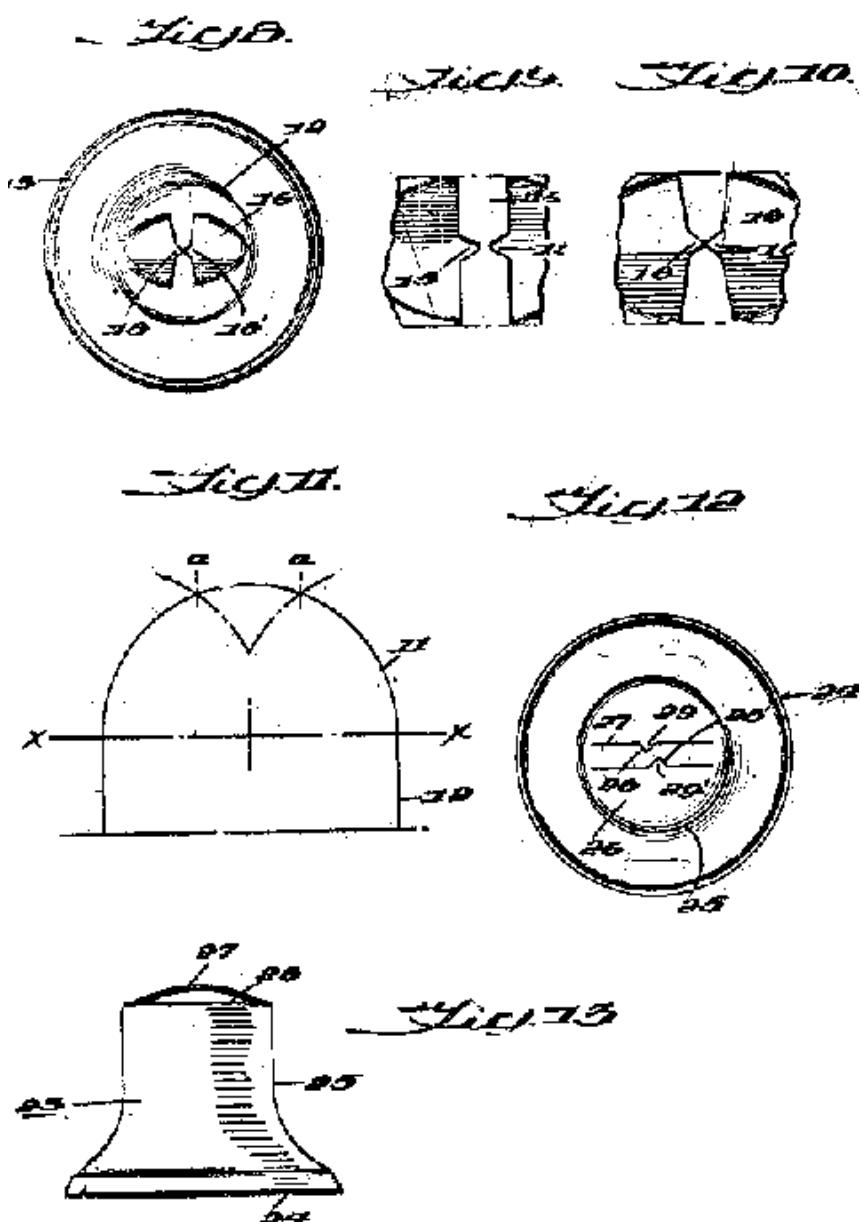
10). США патент N 2.713.319, кл. 116-148, 1955г.

ДЕКОРАТИВНЫЕ КОЛОКОЛЬЧИКИ

Изобретение относится к игрушечным колокольчикам для использования в декоративных целях. Изготавляются из листового металла.

Такие колокольчики в большом количестве распределяются во время рождественских праздников как елочные украшения.

Колокольчик имеет высоту около 2,54 см, легкую конструкцию, состоит из частей, изготовление и сборка которых легки и недороги.

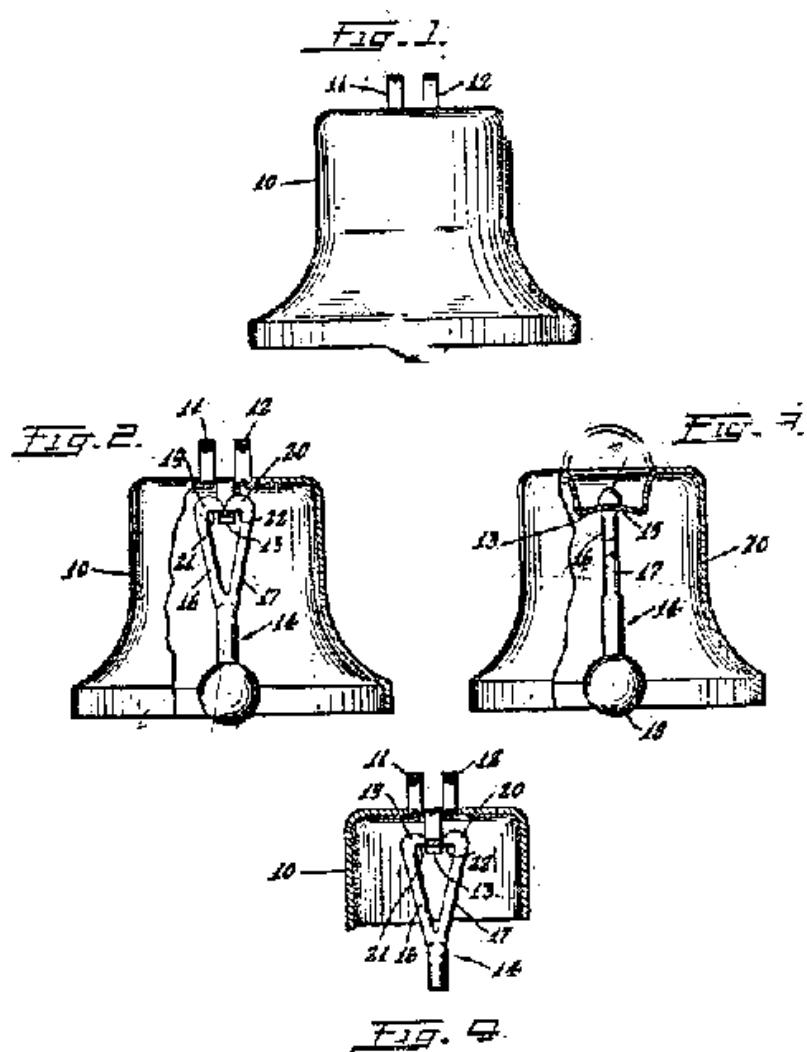


11). США патент N 2.800.870, кл. 116-155, 1957г.

ЯЗЫЧОК КОЛОКОЛЬЧИКА

Изобретение относится к колокольчикам, состоящим из двух частей, которые собираются очень быстро и легко; являются усовершенствованным вариантом колокольчиков по патенту 2,510,569, представленных тем же автором.

Преимуществом данного изобретения является то, что данный колокольчик имеет язычок, состоящий из одной детали с защелкивающимся замочком, при помощи которого язычок скрепляется с колоколом.



ЗВОНКОВЫЕ АГРЕГАТЫ

Изобретение относится к звонковым агрегатам, двигатель которых периодически включается и выключается в соответствии с осцилляцией звонка и подключен к устройству, на котором подвешен колокольчик.

В серийных машинах этого типа двигатель регулируется той частью устройства, которая двигается вместе с колокольчиком и синхронизирует время переключения двигателя с частотой колебания колокольчика. С такой регулировкой возможно нарушение переключения, как результат отклонения тех компонентов, которые служат для передачи хода переключения. Во избежание этого предлагается использовать для регулировки двигателя механический вибратор, который действует независимо от вибрирующей системы колокольчика.

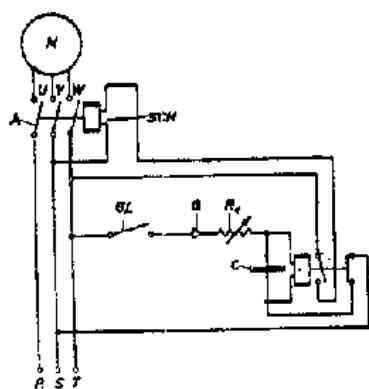


FIG. 1

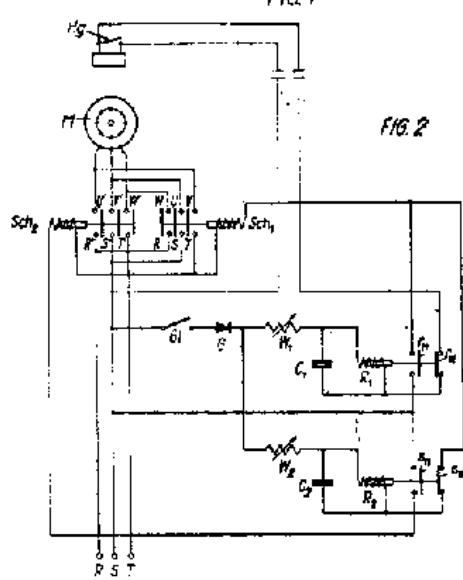
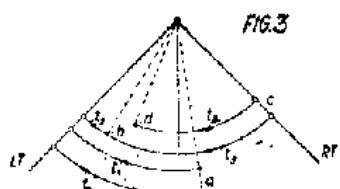


FIG. 2



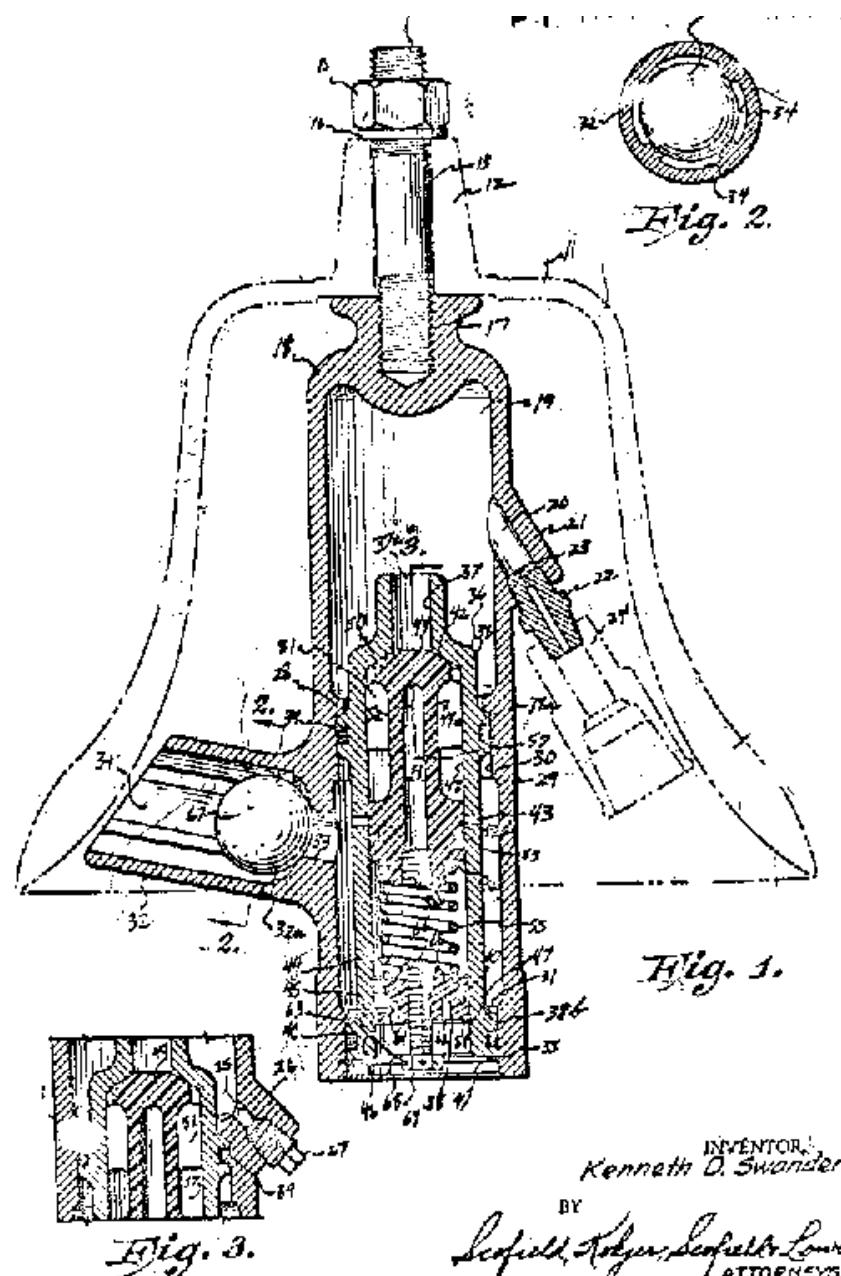
ШАРИКОВЫЙ ЗВОНОК

Кеннет Свандер. Канзас-сити, штат Делавар

1. Изобретение относится к колокольчикам типа шарика, работающего на сжатом воздухе.

Преимуществом этого изобретения является оснащенный пружиной клапан для контроля потока воздуха, действующего при низком давлении; применяемый материал позволяет работать без смазки; полное отсутствие механического сцепления между воздушным мотором или клапаном и язычком исключает проблему износа частей; продолжительность цикличности клапана; возможность ограничения максимальной скорости действия контроля клапана воздушного потока, состоящего из камеры сжатия или повышенного давления, что предотвращает слишком большой поступательно-возвратный ход клапана; возможность выбора желаемой частоты звонка, избегая при этом ослабления звука; минимизация проблем влажности и охлаждения, благодаря возможности обезвоживания зон, где может накапливаться влага, чтобы движущиеся части механизма оставались сухими.

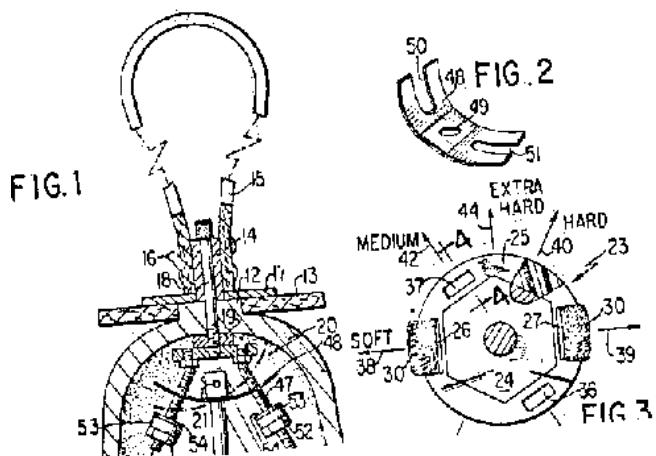
2. Шариковый звонок состоит из колокола и механизма звонка, вставленного внутрь колокола. Механизм звонка содержит удлиненный полый корпус клапана, закрепленный вертикально внутри колокола, и трубопровод, наклоненный кверху относительно нижней части корпуса клапана и прикрепленный к одной из его стенок. Трубопровод связывает нижнюю внутреннюю часть корпуса клапана с каналом, проходящим в основании. В трубопроводе находится шарик, перекатывающийся взад и вперед внутри него и ударяющийся о внутреннюю поверхность колокола. В нижней части полого корпуса клапана установлена удлиненная полая втулка. Втулка расположена ниже верхнего конца корпуса клапана, образуя в корпусе клапана регулируемый объем. Вокруг втулки имеются герметичные прокладки, прижимающиеся к внутренней поверхности корпуса клапана в верхней и нижней ее части и образующие кольцевой зазор. В корпусе клапана выполнен канал для впуска воздуха в регулируемый объем. В нижней части втулки имеется первый канал, по которому воздух поступает из объема в верхнюю полость втулки. Против кольцевого зазора во втулке выполнен второй канал для выпуска воздуха. Во втулке установлен клапанный элемент, перемещающийся возвратно-поступательно внутри нее в вертикальном направлении. Нижняя часть клапанного элемента представляет собой поршень, уплотняющий второй канал во втулке в верхнем положении клапанного элемента и первый канал в верхнем положении втулки. В нижнем положении клапана производится открытие указанных каналов. Имеется устройство для подачи сжатого воздуха в верхнюю часть втулки через выпускной канал, расположенный над втулкой. Внутри втулки помещена пружина, перемещающая клапанный элемент в верхнее положение.

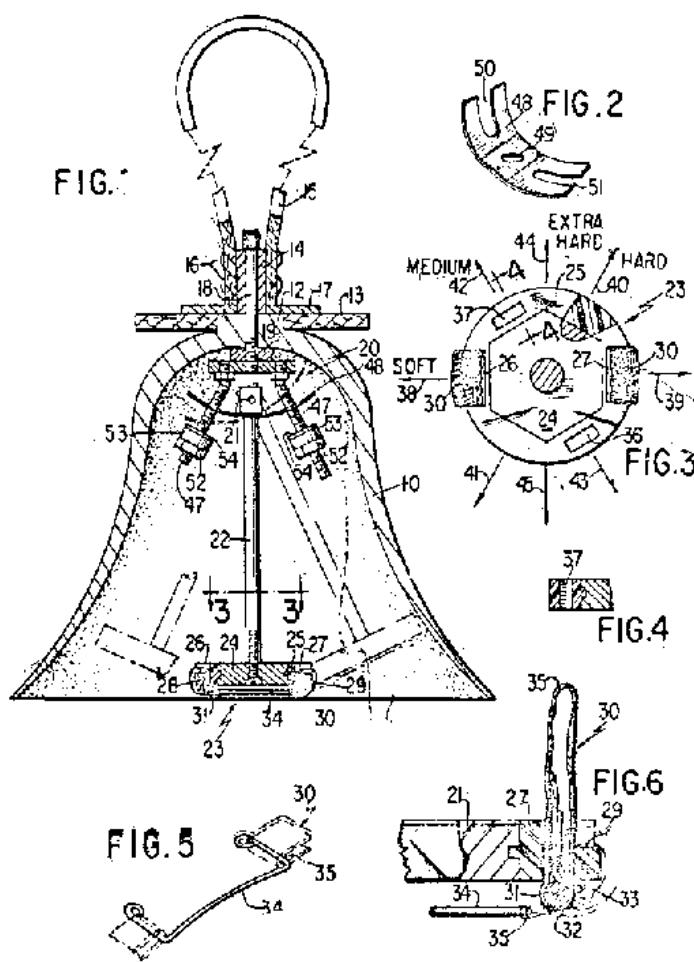


14). США патент N 3.253.574, кл. 116-171, 1966г.

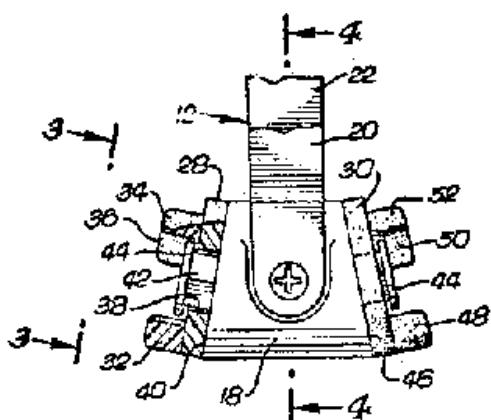
РУЧНОЙ ЗВОНОК

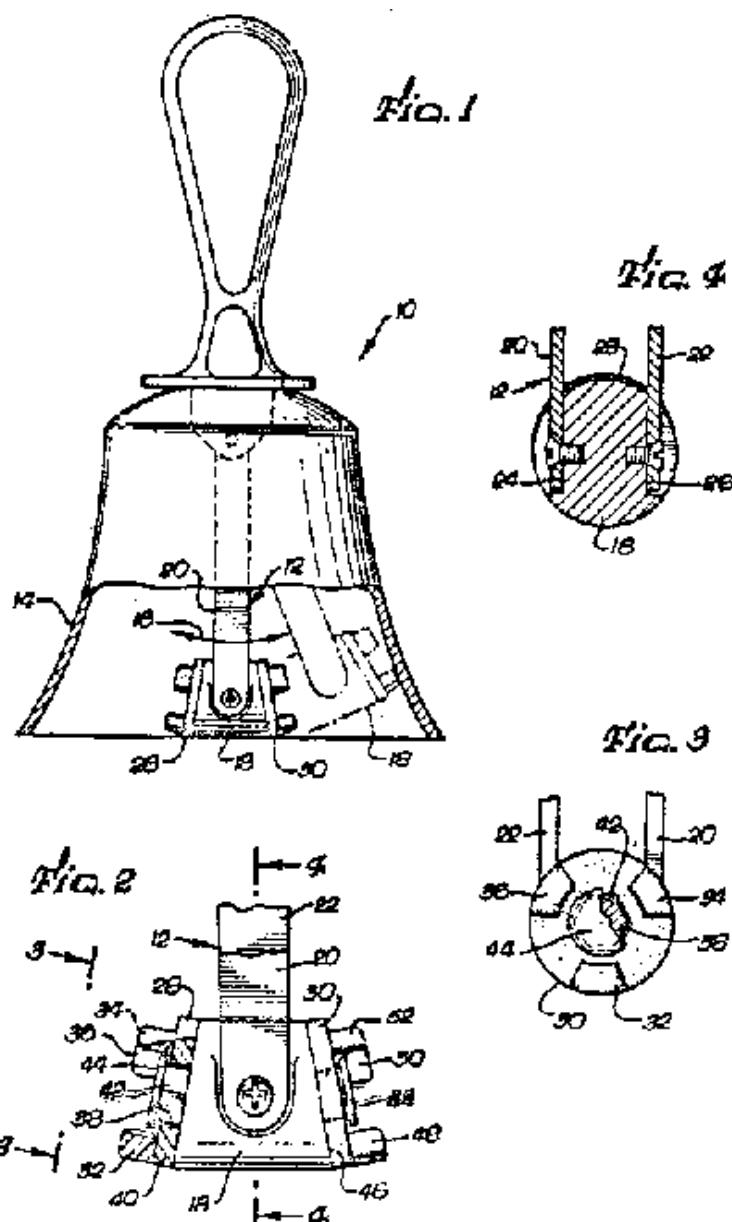
Корпус ручного звонка имеет раструб с хвостовиком. К раструбу прикреплена ручка. К детали, находящейся внутри раструба, шарнирно прикреплен стержень язычка. Эта деталь установлена в раструбе при помощи устройства, проходящего через ручку и хвостовик. Язычок вытянутой формы прикреплен к свободному концу стержня. По периметру язычка расположены несколько выступов, при ударах по раструбу производящих звуки раздельных тонов.





в котором один из ударников находится в рабочем положении, что позволяет независимо устанавливать как прямую, так и обратную ударные характеристики колокольчика. Каждое из устройств крепления турелей имеет некруглый центральный выступ на торцевой поверхности головки язычка и соответствующее некруглое отверстие в турели, в которое заходит указанный выступ, так что турель может быть установлена в одно из ряда угловых положений. Указанные выступ и отверстие имеют форму правильного многоугольника, а турель в зоне отверстия обладает упругостью, вследствие чего устойчивые положения турели определяются в соответствии с рабочими положениями одного из ударников соответствующей турели.

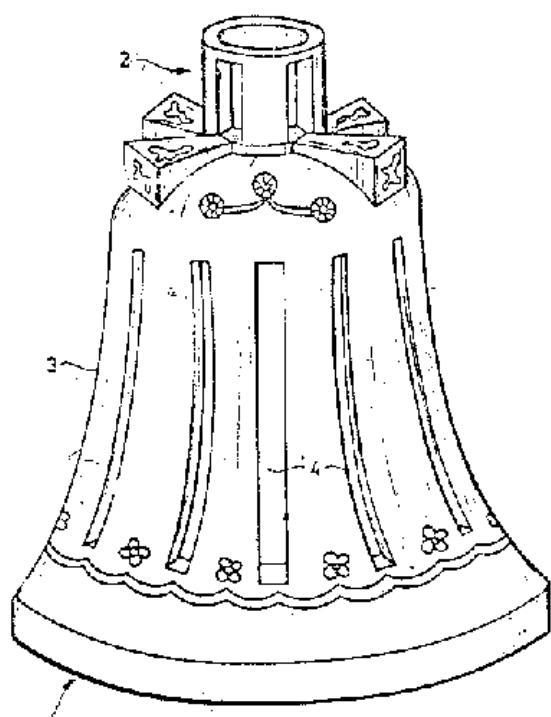




16). США патент N 4.619.846, кл.428-11, 1986г.

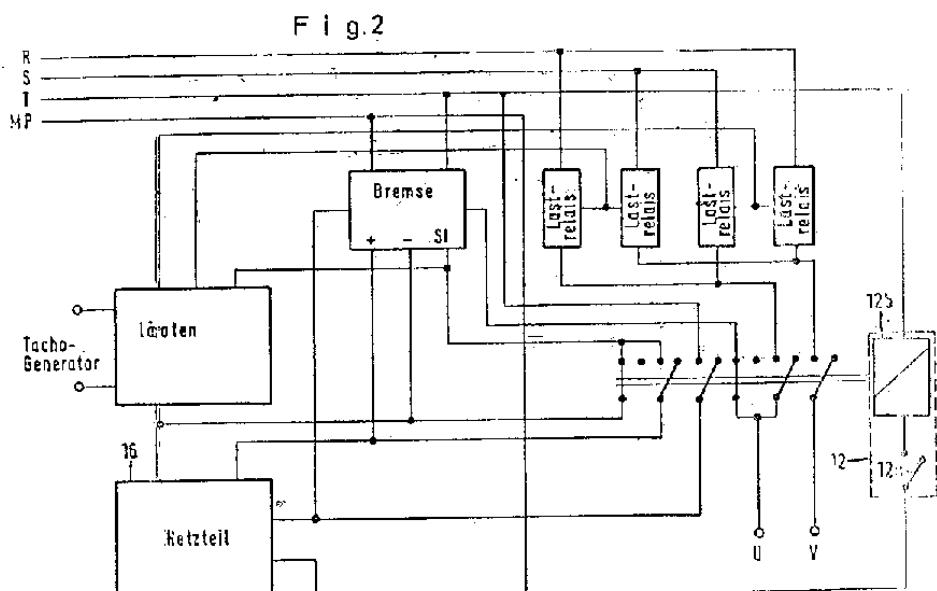
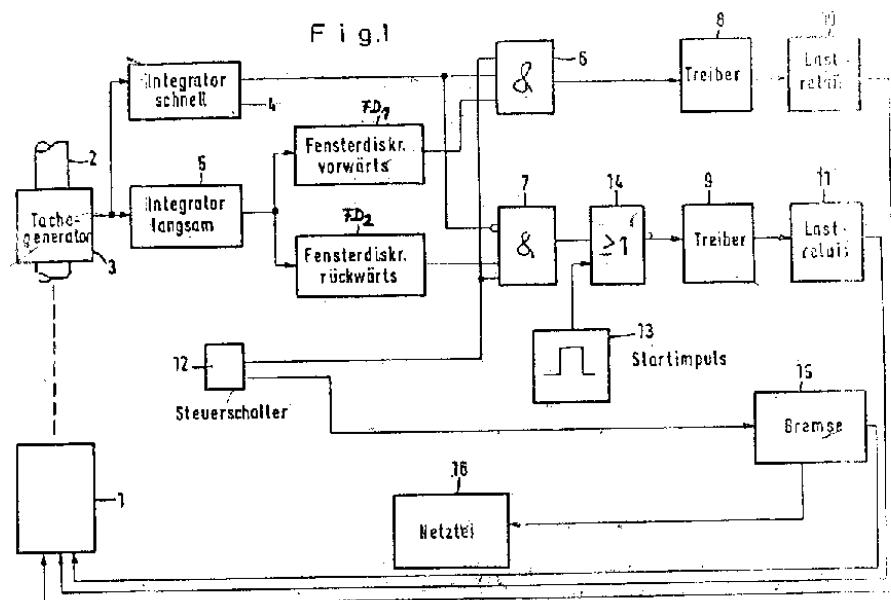
КОЛОКОЛ

Колокол из алюминия или алюминиевого сплава имеет мантию, в которой имеются сквозные вырезы для настройки колокола на определенный частотный тональный диапазон. Вырезы проходят вдоль края мантии и отделены друг от друга зазорами. Зазоры проходят параллельно продольной оси мантии колокола и повторяют форму колокола. Центральные линии зазоров лежат в плоскостях, заключающих в себе продольную ось колокола, так что, если смотреть на зазор из любой точки этой плоскости, зазор имеет прямую или криволинейную форму. Ширина вырезов и расстояние между соседними вырезами имеют различную величину, а вырезы имеют различную длину.



СПОСОБ УПРАВЛЕНИЯ ПРИВОДНЫМ ДВИГАТЕЛЕМ МЕХАНИЗМА КОЛОКОЛЬНОГО ЗВОНА

Способ управления приводным двигателем механизма колокольного звона в зависимости от определенного режима эксплуатации колокола отличается тем, что регистрируется соответствующая угловая скорость колокола и формируется выходной сигнал, характеризующий эту угловую скорость. С помощью указанного выходного сигнала управляют моментом подключения и периодом включения приводного двигателя.



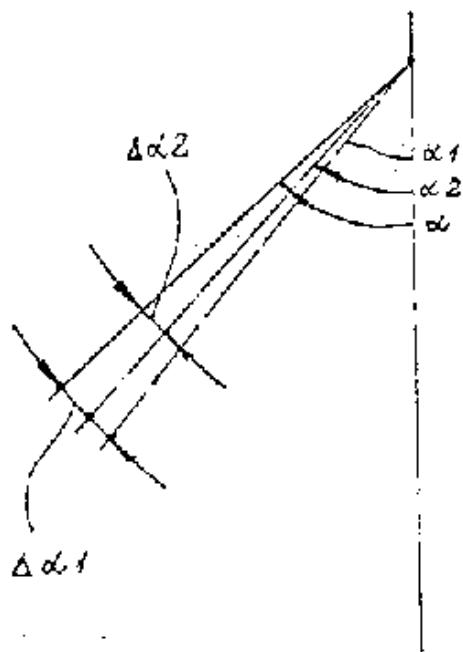
Надписи на рисунке 1: 3-тахогенератор; 4-быстро действующий интегратор; 5-медленно срабатывающий интегратор; 8,9-запускающий орган; 10,11-реле нагрузки; 12-управляющий ключ; 13-управляющий импульс;

5-медленно срабатывающий интегратор; 8,9-запускающий орган; 10,11-реле нагрузки; 12-управляющий ключ; 13-управляющий импульс;

МЕХАНИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОЛОКОЛА

Механическая система колокола оборудована реверсивным приводным двигателем для качающегося колокола и управляемым устройством, осуществляющим подключение и отключение приводного двигателя во время одного или обоих полупериодов качаний колокола на регулируемый интервал времени или регулируемый шаг качания. После достижения максимума звучания установившееся состояние колокола поддерживается путем уменьшения электрической энергии, подводимой к приводному двигателю, в результате сокращения длительности подключения или шага для подключения на каждый период колебания.

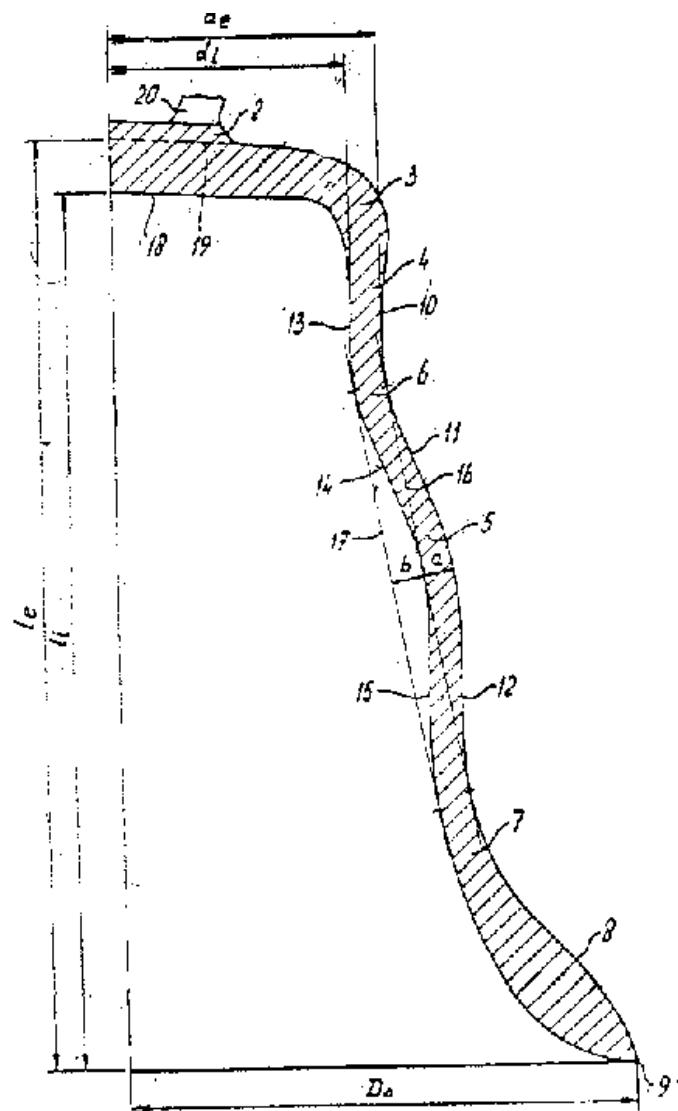
Механическая система колокола отличается тем, что для установившегося состояния задается номинальное значение угла отклонения, при достижении которого определяется потеря энергии, необходимая для поддержания номинального значения угла отклонения. В зависимости от определенной величины требуемой потери регулируют уменьшенную электрическую энергию, подведенную к приводному двигателю.



19). ГДР, патент N 244222, G10K 1/06, 1987г.

ЗВОНКОВЫЙ ИЛИ МЕЛОДИЧНЫЙ КОЛОКОЛ

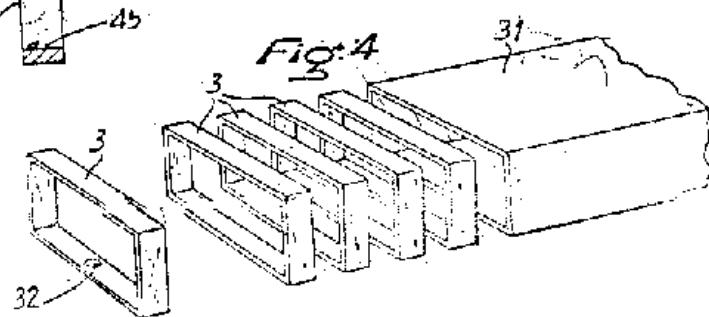
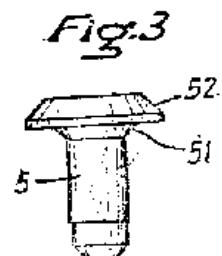
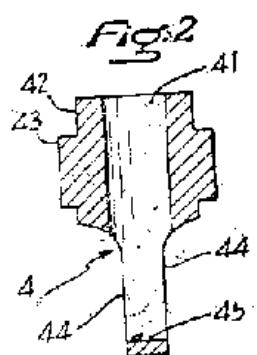
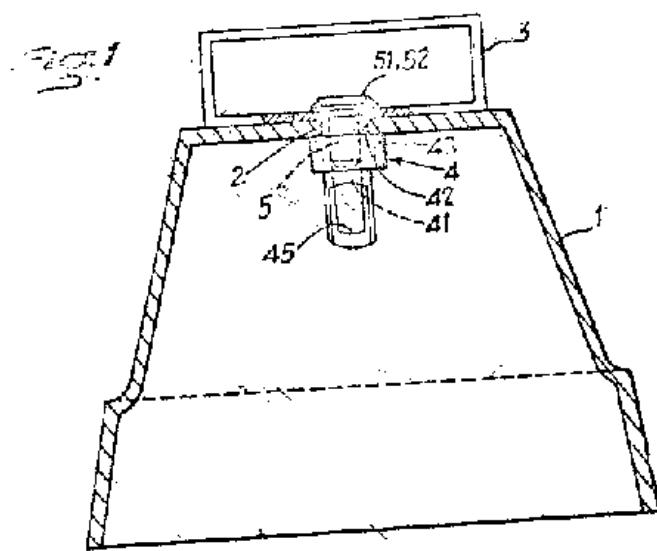
Мажорный колокол с чистым звучанием без помех 1,2,4 и 5 собственных частот при изменениях 3-й собственной частоты имеет закругленный выступ между аксиальными концами в наружной стенке. Выступ направлен наружу. На обоих аксиальных концах выступ изогнут в противоположных направлениях переходами в боковые части в зоне плеч и фаскура колокола. Благодаря этому изгибу соотношение пяти низших частот колокола составляет 1:2:2:, 5:3:3.



20). Франция, заявка N 2.319.951, G10K 1/07, 1977г.

СИГНАЛЬНЫЙ КОЛОКОЛЬЧИК ДЛЯ ЖИВОТНЫХ

Предлагается сигнальный колокольчик, имеющий ручку в виде детали 3, выполненную из гнутого отрезка трубчатого профиля, и держатель язычка 4 с отверстием 41, в которое вставляется на плотной посадке заклепка 5 с фрезерованной выступающей головкой 51.52. Заклепка блокирует петлю 3 и проходит через отверстие 2 в корпусе колокольчика, в котором заделан верхний конец 42 держателя язычка.



ФОРМИРОВАТЕЛЬ ЗВУКОВ КОЛОКОЛА

Формирователь содержит конденсатор С1, заряжающийся при включении ключа 1 и разряжающийся при выключении этого ключа; компаратор 3, формирующий сигнал, когда напряжение на конденсаторе С1 превышает первый заданный уровень; компаратор 4, формирующий сигнал, когда напряжение на конденсаторе С1 превышает второй заданный уровень; вентильную схему, на которую поступают выходные сигналы компараторов 3,4 и которая формирует стробирующие импульсы при замыкании и размыкании ключа 1; конденсатор С2, заряжающийся в период формирования стробирующих импульсов и разряжающийся по истечении этого периода; транзисторную схему, отпираемую /запираемую с помощью напряжения на конденсаторе С2 и отдельного модулирующего сигнала. При включении и при выключении ключа 1 формируются звуки колокола с одинаковой характеристикой затухания.

Рис. 1

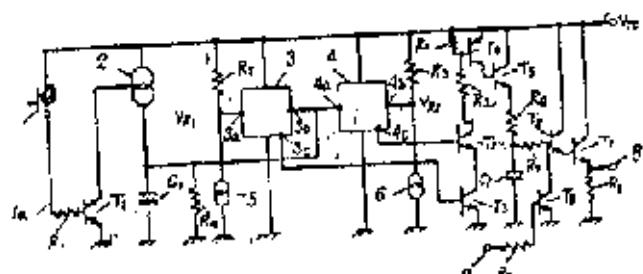
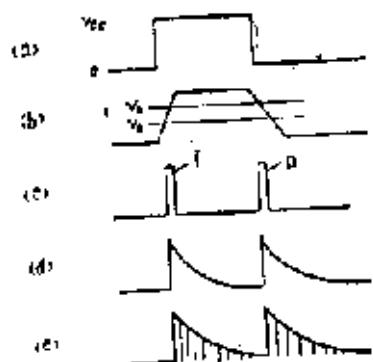
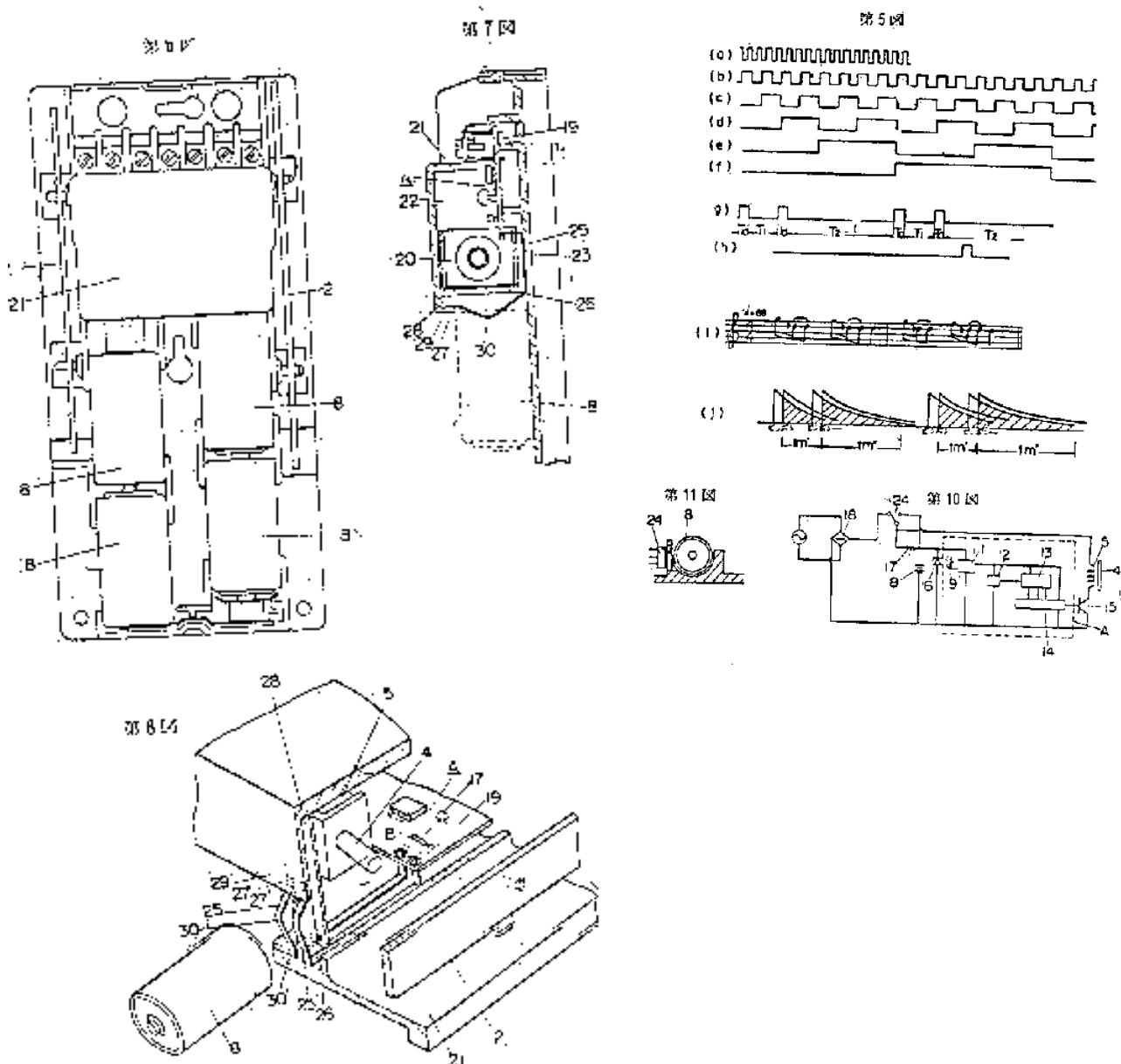


Рис. 2



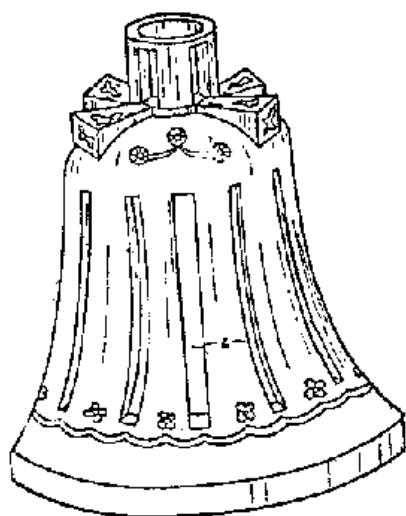
ИСТОЧНИК КОЛОКОЛЬНЫХ ЗВУКОВ

Источник содержит пару звукоизлучающих пластин 1,2, при ударах по которым издаются звуки, образующие аккорд; подвижный сердечник 4, при магнитном возбуждении ударяющий по одной пластине, а при возврате в исходное положение - по другой пластине; механизм 3 возврата сердечника 4; катушку 5 для возбуждения сердечника 4. Катушка 5 несколько раз с разными интервалами возбуждается на определенный промежуток времени.



КОЛОКОЛ

Колокол выполнен в основном из алюминия или сплава на основе алюминия. Колокол имеет определенную высоту звука и определенное время реверберации. На боковой поверхности 3 колокола в его продольном направлении образованы щели 4, расположенные на расстоянии одна от другой в окружном направлении колокола и повторяющие форму его боковой поверхности. Расстояния в окружном направлении между каждыми двумя соседними щелями могут быть одинаковыми или различными.



ЛИТЕРАТУРА

1. Литейное производство, N 4, 1986.
2. Литейное производство, N 2, 1987.
3. Литейное производство, N 5, 1990.
4. Литейное производство, N 8, 1993.
5. Литейное производство, N 3, 1996.
6. Литейное производство, N 6, 1996.
7. Литейное производство, N 11, 1996.
8. Литейное производство, N 5, 1997.
9. Литейное производство, N 11, 1997.
10. Петриченко А. М. Книга о литье - Киев, 1972
11. Пухначев Ю. В. Загадки звучащего металла

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	3
Из истории литья колоколов.....	4
Разные страны-различные колокола.....	7
Музей колоколов в Пекине.....	7
Литье колоколов. Состав литья.....	8
Техника литья колоколов.....	10
Загадки звучащего металла.....	13
Мастер волшебного звона.....	17
Куранты.....	26
Реставрация колоколов.....	27
Заключение.....	29
Рефераты патентных описаний.....	30
Литература.....	56

Редактор-корректор Б. Чубарян

Объем 3,6 уч.-изд. л. Формат 60x84 1/8

Лаборатория офсетной печати.

Ереван, Комитаса, 49/3. АрмНИИНТИ

© "Арату", 1998