

Цена 85 коп.

Приложение  
к журналу  
**НУТ**  
ЕХНИК

ЦЕНТРАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ЮНЫХ ТЕХНИКОВ

*по ступеням*



Выпуск I

Издательство  
«ДЕТСКИЙ МИР»  
1961

*Для умелых рук*

Москва ✻ 1961

11  
(101)

# ЭЛЕКТРОФОН

Ю. Н. Ситнов

Музыкальные инструменты известны с глубокой древности. Еще первобытные люди создали первые ударные инструменты — колотушки, барабаны. Тетива лука явилась основой древних струнных инструментов. А в бронзовом веке появились первые металлические инструменты — простейшие колокольчики.

Проходили века. С развитием техники появились и музыкальные инструменты. В XV—XVI веках усовершенствована скрипка, ранее бывшая примитивным инструментом; появилось целое семейство новых смычковых инструментов. Тогда же возникли первые клавишные инструменты — клавесин и клавикорд, предки фортепьяно, созданного и усовершенствованного в XVIII—XIX веках. В это же время значительно улучшены духовые инструменты и созданы новые (например, саксофон, изобретенный в 1845 году).

Создание машин переменного тока (генераторов), телеграфа и телефона, а позже радио дали в руки людей технические средства для создания принципиально новых музыкальных инструментов — электрических, то есть таких, на которых музыка исполняется при помощи электрической энергии. Звук в них получается при помощи различных электрических устройств и громкоговорителей.

Одним из первых таких инструментов был электрический орган (телармониум), построенный в 1897 году Т. Кахиллом. Его изобретатель решил использовать явление, знакомое каждому, кто пользуется телефоном. Когда абонент снимает трубку с рычажка и подносит ее к уху, то он слышит гудение мембраны телефонной трубки. Частота колебаний мембраны телефона зависит от частоты переменного тока, который вырабатывается генератором, питающим телефонную сеть. Кахилл объединил в своем электрооргане несколько таких генераторов. Каждый из них возбуждал ток разной частоты; значит, и гудок, создаваемый этим током, отличался по высоте от другого. Поочередно включая генераторы, можно было исполнять мелодию и передавать ее по проводам. Но электротехника того времени была еще очень несовершенна, и электроорган весил... двести тонн! Понятно, что такой сложный и громоздкий инструмент не получил практического применения.

Первый одноголосный электромузыкальный инструмент, получивший не только практическое применение, но и широкую известность во всем мире, создан советским инженером Львом Сергеевичем Терменом. По имени изобретателя инструмент называли терменвоксом (по-латински «вокс» — голос). Впервые терменвокс был продемонстрирован в 1921 году на VIII Электротехническом съезде. В нем использовалась работа двух высокочастотных генераторов.



Действие такого генератора понятно каждому радиолюбителю, когда-нибудь строившему один из простейших радиоприемников — одноклампный, с обратной связью (такие приемники иногда называют регенеративными). В контуре этого приемника возникают собственные колебания высокой частоты. При этом в телефоне появляется звук; высота его изменяется в зависимости от величины обратной связи. Понятно, кроме собственных колебаний, в колебательном контуре такого приемника одновременно существуют и колебания с частотой принимаемой радиостанции. Складываясь вместе, эти колебания образуют так называемые биения. Так, например, если приемник принимает радиостанцию, работающую на частоте 1000 кГц, а собственные колебания в контуре имеют частоту 1002 кГц, то в результате детектирования биений получаются колебания с частотой  $1002 - 1000 = 2$  кГц или 2000 гц. Другими словами, частота биений равна разности двух частот, существующих в контуре.

Эти-то биения и проявляют себя в приемнике непрерывным звуком, гудением, переходящим в резкий и неприятный для слуха свист. Генерирующий приемник создает по сути другим приемникам, работающим нормально, но находящимся поблизости. Пользоваться приемником с обратной связью надо очень аккуратно, не доводя его до генерации.

В терменвоксе звуковая частота, необходимая для исполнения музыки, также возникает как разность высоких частот, возбуждаемых двумя генераторами. Исполнитель регулирует высоту звука, поднося руку к штырю антенны терменвокса. При движении руки возле антенного стержня меняется емкость колебательного контура, а вместе с этим — и частота колебаний одного из генераторов. Интересующихся подробным описанием и схемой терменвокса мы отсылаем к книге С. Г. Корсунского и И. Д. Симонова «Электромузыкальные инструменты», выпущенной Госэнергоиздатом в 1957 году.

В тридцатых годах появляется целый ряд советских электромузыкальных инструментов — ильстон, сонар, виолена, эквонин, компанола и другие.

В послевоенные годы сконструированы новые электромузыкальные инструменты — уже серьезные соперники инструментов обычного типа. Это эмиртон, компанола-2, «В-9», электронный гармониум, электронные рояли. На некоторых современных электромузыкальных инструментах можно получать звучание, приближающееся к оркестровому.

Электромузыкальные инструменты делятся на два основных вида. В чисто электромузыкальных инструментах звуковые колебания создают электронные лампы, электрически возбуждаемые камертоны или электромашинные генераторы. В адаптерных электромузыкальных инструментах колебания получаются как обычно от колебания струн или язычков и так далее. Эти колебания воспринимаются затем электрическими звукоснимателями (адаптерами), усиливаются обычным радиоприемником, имеющим гнезда для включения адаптера, или специальным усилителем низкой частоты и передаются громкоговорителем.

Тембр («окраска» или «характер» звука) электромузыкальных инструментов своеобразен, но они могут также имитировать струнные, духовые и другие инструменты. Исполнитель играет на них так же, как и на обычных инструментах — посредством клавиатуры, грифа, педалей, придавая звуку нужную высоту, громкость, тембр, выразительность.

«Сердцем» электромузыкальных инструментов является генератор тона, похожий на генератор радиопередатчика. Чаще всего он работает на электронных лампах (то есть радиолампах) и возбуждает электрические колебания очень сложной формы.

Почему же нужно генерировать именно такие колебания? Потому что состав музыкальных звуков также очень сложен. Они складываются из колебаний различной частоты и силы (вернее, интенсивности). Из нескольких составляющих колебаний создается суммарное

колебание. Одна из его составляющих имеет самую низкую частоту и называется основным тоном. Остальные составляющие, более высокой частоты, называются обертонами. Если частоты обертонов строго кратны частоте основного тона, то обертоны называются гармоническими (слово «гармония» можно перевести как связь, стройность, соразмерность). Состав обертонов сложного звука определяет его качественную окраску или тембр.

Входящие в состав звука тоны, возникающие от колебаний всего звучащего тела и одно-

временно от колебаний частей этого тела (половины, трети и т. д.), называются гармониками. Звук, бедный гармониками, кажется неярким, маловыразительным, а если гармоник нет совсем, то он производит на слух простейшее впечатление и поэтому называется простым или чистым тоном. Следовательно, тембр инструмента зависит прежде всего от гармоник. Например в создании тембра кларнета участвует 11 гармоник.

Сложные электрические колебания, возбуждаемые генератором тона, обычно содержат большое число гармоник. Поэтому на электромузыкальном инструменте можно легко получить самые разнообразные тембры, и такие, которые приближаются к тембрам существующих инструментов, и совершенно новые, необычные. Это открывает широкие просторы музыкальному творчеству. Имея достаточно

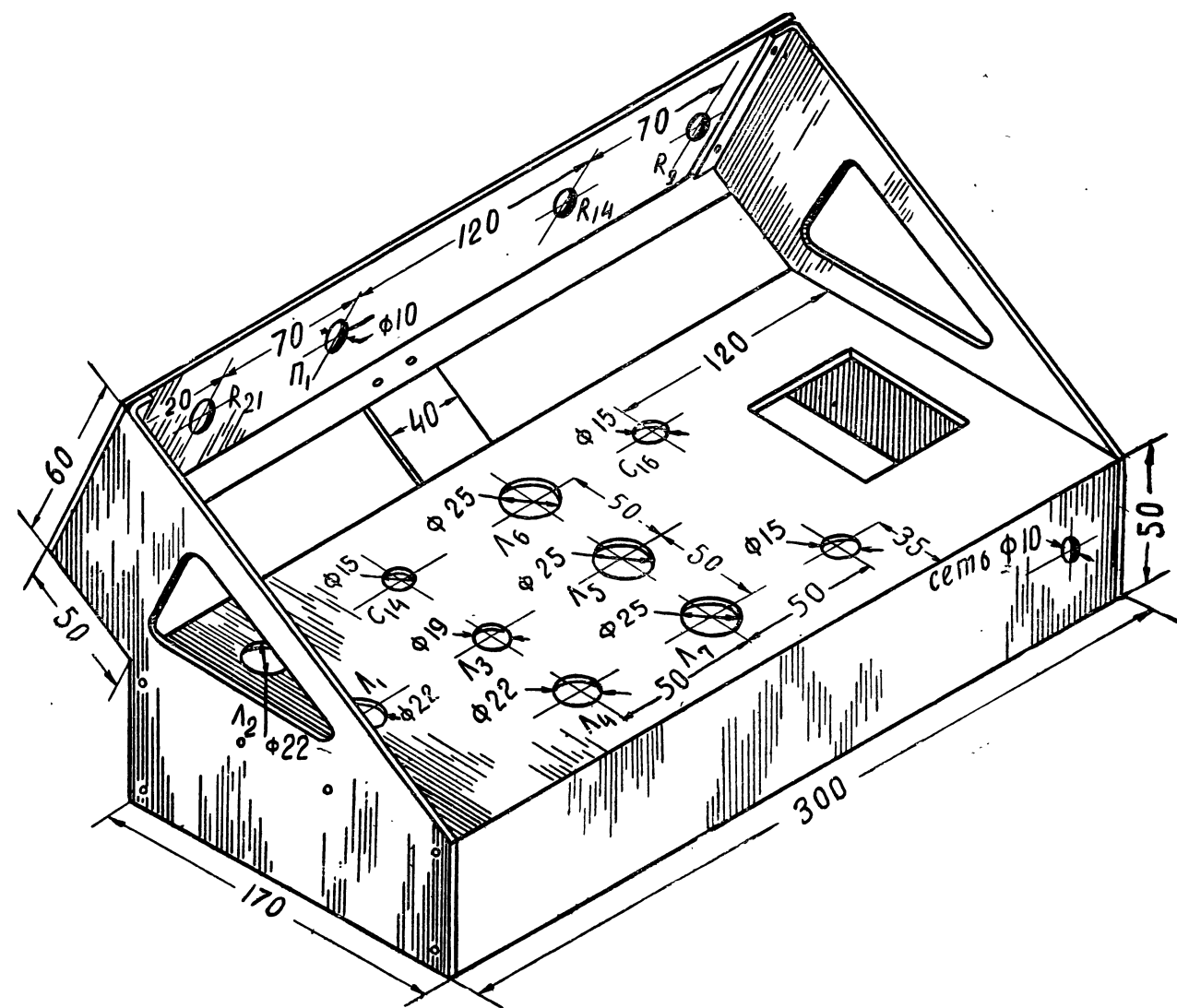


Рис. 3. Шасси электрофона

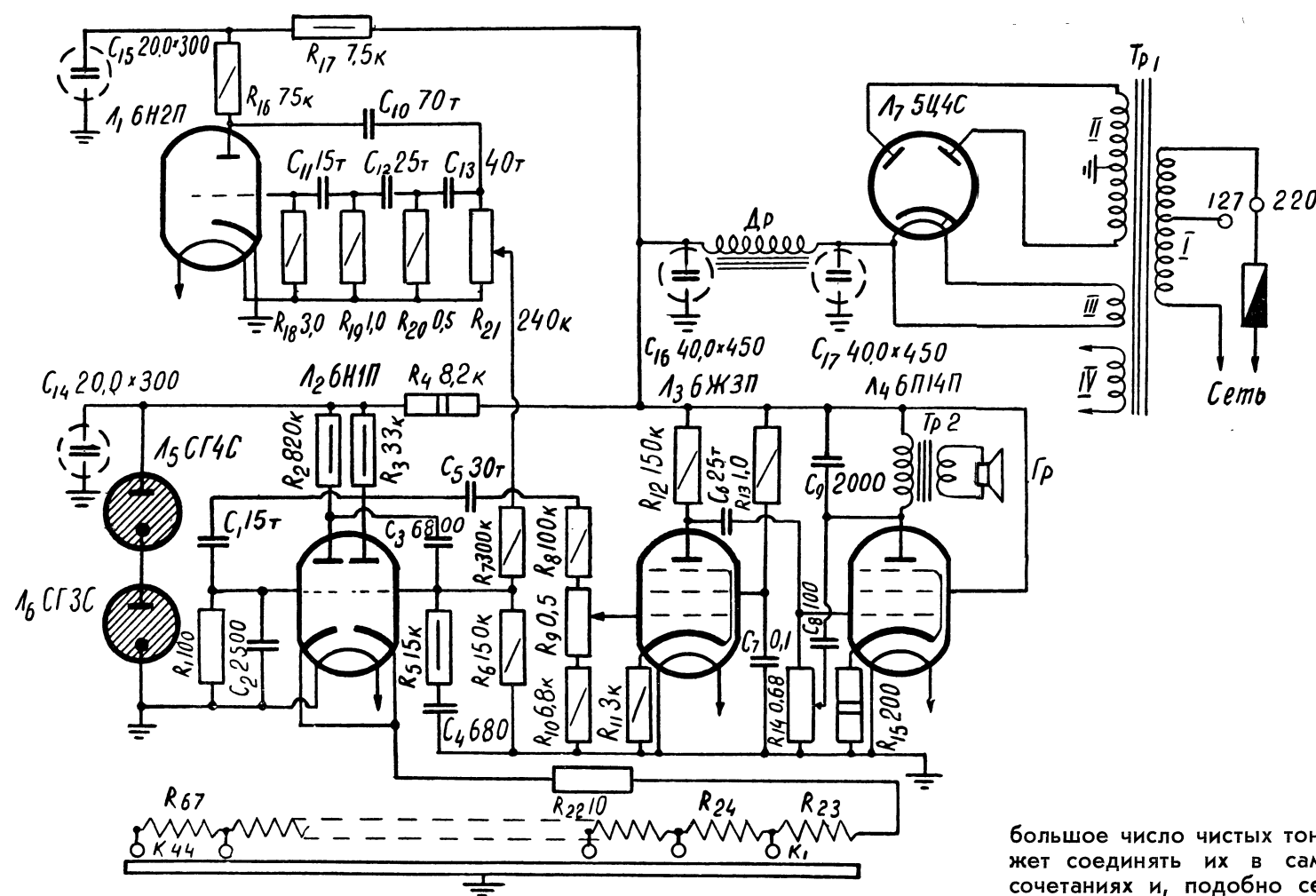


Рис. 2. Принципиальная схема электрофона

большое число чистых тонов, композитор может соединять их в самых разнообразных сочетаниях и, подобно селекционеру, создавать неслыханные до сих пор звуковые плоды-гибриды, даже такие, получение которых совершенно недостижимо для обычных оркестров.

Обычно клавиши электромузыкальных инструментов снабжают контактами, которые включают в цепи генератора электрические сопротивления различной величины (такие сопротивления есть и у электрофона). Благодаря этому возможно получать звуки, самые различные по высоте. Другие приспособления дают возможность преобразовать тембр, изменять силу звука в максимально широких пределах, при желании — постепенно наращивать или ослаблять ее.

Большим преимуществом электромузыкальных инструментов является и то обстоятельство, что исполнителю почти не приходится тратить мускульную энергию на создание звуковых колебаний.

С развитием радиотехники, особенно полупроводниковой техники, станет возможным осуществление самых смелых замыслов. Легкие, портативные, удобные электромузыкальные инструменты станут доступными для всех любителей музыки. Музыка будет сочетаться с меняющимся цветным изображением (так называемая светомузыка); эффект звучания станет пространственным. А инструменты типа терменвокса позволят создавать «танцующую музыку»; она будет возникать от движения танцора. Одним словом, радиоэлектроника позволит осуществить много таких «музыкальных чудес», которые сейчас трудно даже предвидеть.

## ЭЛЕКТРОФОН

Электрофон — простой одноголосный электромузыкальный инструмент. Постройка его доступна любому кружку юных радиолюбителей. Описываемый инструмент построен кружковцами Чусовской городской станции юных техников под руководством инструктора Юрия Николаевича Ситнова и при активном участии директора станции Н. С. Молчанова и инструктора В. П. Тиссена.

Работе над электрофоном предшествовала постройка обычного звукового генератора с подключенной к нему одной клавишей. На этом инструменте можно было исполнять самые несложные мелодии (вроде всем известного «чижика»). Затем кружковцы решили

построить на конкурс «Юные техники — Родине» более совершенный электромузыкальный инструмент. В основу его конструкции положена схема электрофона, описанного в № 10 журнала «Юный техник» за 1959 год, но в нее внесены ряд серьезных изменений. Инструмент, описанный в журнале, имеет только одну октаву, а электрофон чусовских юных техников — три с половиной. Селеновый выпрямитель заменен кенотронным; применен более простой усилитель низкой частоты. Значительно усовершенствована схема включения клавиатуры, позволяющая получать легато — исполнение, при котором один звук как бы переходит в другой мягко, без щелчков. Некоторые изменения внесены и в схему регулятора подстройки.

Инструмент помещен в красивый деревянный полированный корпус. На боковых сторонах установлены два динамических громкоговорителя. Белые клавиши сделаны из березы, оклеенной карболитом, черные — из эбонита.

В таком виде электрофон демонстрировался на выставке в дни первого Всероссийского слета юных техников, происходившего в августе 1960 года в Казани. На нем исполнились легкие песенные и танцевальные мелодии. Инструмент пользовался большим успехом у посетителей и был отмечен жюри в числе самых лучших работ.

Внешний вид электрофона показан на рис. 1, а принципиальная его схема — на рис. 2.

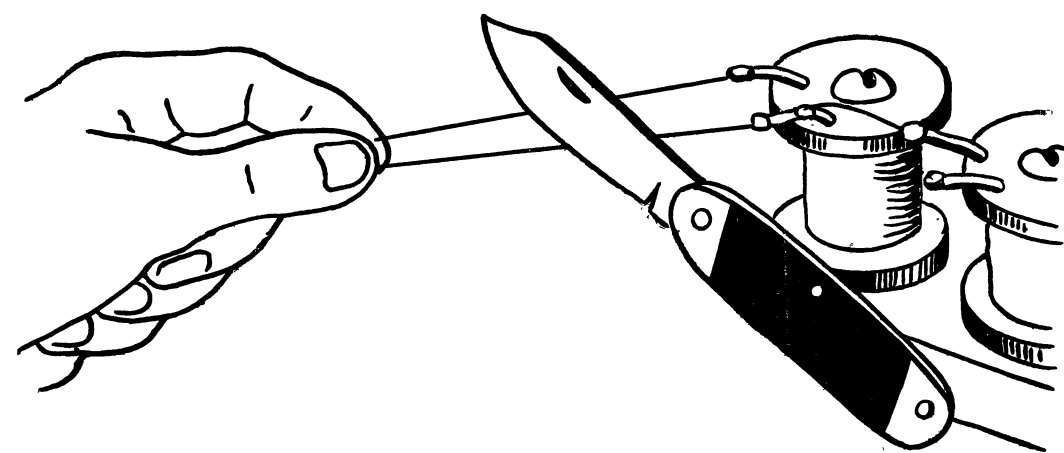


Рис. 4. Подгонка клавишных сопротивлений

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ ИНСТРУМЕНТА

Электрическая часть инструмента состоит из четырех основных узлов: генератора тона, вибраторгенератора, усилителя и блока питания.

Генератор тона представляет собой несимметричный мультивибратор на лампе 6Н1П (Л2). Частота генерируемых им колебаний лежит в пределах от 98 гц (нота «соль» большой октавы) до 1175 гц (нота «ре» третьей октавы) и определяется величиной сопротивления в цепи катода лампы Л2.

Для управления частотой звука в инструменте применена клавиатура, под которой расположены контакты. Когда нажимают на клавишу, замыкается контакт, включающий в цепь катода лампы Л2 одно из сопротивлений  $R_{23}—R_{67}$ . Частота колебаний при этом тем выше, чем меньше сопротивление, включенное клавишей.

Для постоянного строя инструмента анодное напряжение генератора тона поддерживается постоянным при помощи стабилитронов СГ4С (Л5) и СГ3С (Л6), которые включены последовательно.

Для создания вибрирующего звука в электрофоне применен вибраторгенератор, в качестве которого служит RC — генератор на одном триоде лампы 6Н2П (Л1). Фазовый сдвиг между анодной и сеточной цепями, необходимый для самовозбуждения вибраторгенератора, осуществляется с помощью четырехплюсника обратной связи, состоящего из сопротивлений  $R_{18}, R_{19}, R_{20}, R_{21}$  и конденсаторов  $C_{10}, C_{11}, C_{12}$  и  $C_{13}$ . Сопротивление  $R_{21}$  взято переменным. Положение ползунка этого сопротивления определяет глубину вибрации. Вибраторгенератор может изменять частоту генератора тона в пределах 5—8 гц.

Усилитель электрофона предназначен для усиления колебаний, генерируемых генератором тона.

Усилитель собран на лампах 6Ж3П (Л3) и 6П14П (Л4). Сопротивление  $R_9$  является регулятором громкости, а сопротивление  $R_{14}$  — регулятором тембра.

В блоке питания применен двухполупериодный выпрямитель на лампе 5Ц4С (Л7) и сглаживающий фильтр, состоящий из конденсаторов  $C_{16}, C_{17}$  и дросселя.

## КОНСТРУКЦИЯ И ДЕТАЛИ

Монтаж электрофона выполнен на алюминиевом шасси, форма и размеры которого приведены на рис. 3.

Все регуляторы (громкости, тембра, глубины вибратора) расположены на наклонной передней стенке шасси. На шасси располагаются: силовой трансформатор, лампы, электролитические конденсаторы, дроссель фильтра выпрямителя и выходной трансформатор.

Силовой трансформатор выполнен на сердечнике из трансформаторной стали Ш-32, толщина пакета 40 мм. Обмотка I содержит 550 витков провода ПЭЛ-0,45. Для включения в сеть напряжением 127 в обмотка I имеет отвод от 320-го витка. Обмотка II содержит 750 витков провода ПЭЛ-0,18, с отводом от середины. Обмотка III содержит 13 витков провода ПЭЛ-1,0, а обмотка IV — 16 витков того же провода.

Можно применить готовый силовой трансформатор от радиовещательного приемника. Необходимо, чтобы мощность его была не менее 70 вт, а повышающая обмотка рассчитана на подключение двухполупериодного выпрямителя и давала бы напряжение не менее 300 в. Последнее условие необходимо для нормальной работы стабилитронов Л5 и Л6.

Выходной трансформатор применен от радиоприемника «Октава».

Дроссель фильтра выполнен на сердечнике из трансформаторного железа Ш-20, толщина пакета 30 мм.

Его катушка наматывается проводом ПЭЛ-0,15 до заполнения каркаса.

Два громкоговорителя 1ГД-9 включаются параллельно и укрепляются на боковых стенках ящика.

Клавишные сопротивления наматываются манганиновым или константановым проводом диаметром 0,1—0,15 мм на круглых деревянных или пластмассовых каркасах (рис. 4), причем сопротивления, соответствующие высоким тонам, можно наматывать более толстым проводом.

## НАЛАЖИВАНИЕ ЭЛЕКТРОФОНА

Налаживание электрофона следует начинать с проверки усилителя. Если монтаж усилителя выполнен правильно и номиналы деталей со-

ответствуют указанным в схеме, то усилитель будет работать сразу и наладки не потребует. Его работу можно проверить, прикоснувшись пальцем к управляющей сетке лампы Л3 (6Ж3П). При этом должен появиться громкий фон переменного тока.

Затем приступают к проверке генератора тона. Для этого вместо клавишных сопротивлений  $R_{23}—R_{67}$  нужно включить в цепь катода лампы Л2 переменное сопротивление порядка 1—2 ком. При этом в громкоговорителях должен появиться звук определенного тона. Меняя положение ползунка переменного сопротивления, мы можем менять частоту звука в пределах 1,5—2 октав.

Настройка заключается в подгонке величины сопротивления, включаемого клавишей. Для этого берется кусок манганинового провода длиной 150—200 мм и припаяется концами к металлическим выводам катушки, на которую он должен быть намотан. Если высота тона получится значительно ниже требуемой, то сопротивление  $R_{22}$  можно исключить из схемы. Для точной подгонки сопротивления замыкают провод ножом в разных участках, как показано на рис. 4. В участке, соответствующем точной настройке, провод зачищается и сплавляется, после чего наматывается на катушку. После настройки ноты «ре» переходят к настройке ноты «до диез», затем к ноте

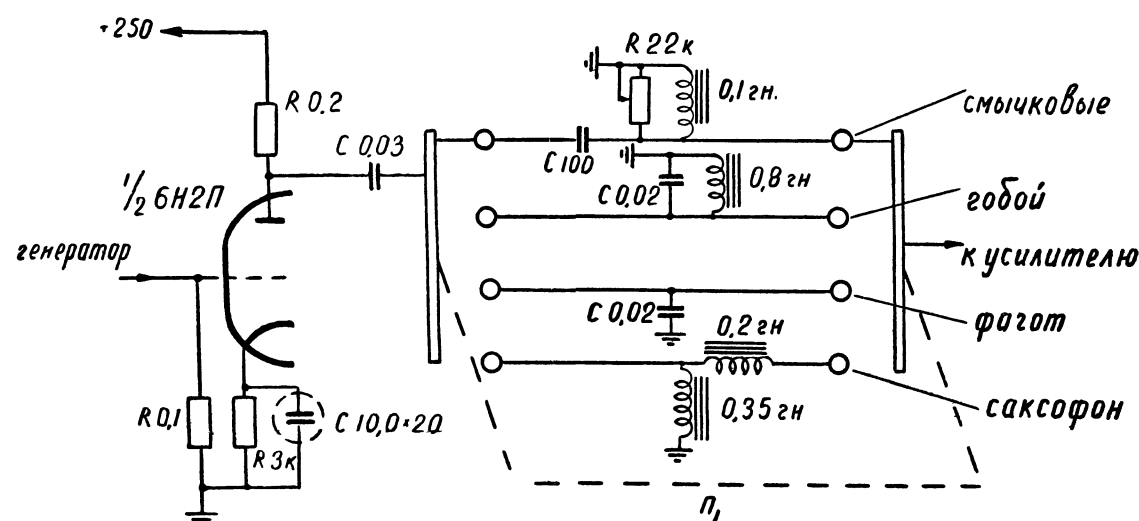


Рис. 5. Принципиальная схема темброблока

Вибраторгенератор можно проверить, включив в цепь анода лампы Л1 миллиамперметр со шкалой 5—10 миллиампер. Движок сопротивления  $R_{21}$  нужно поставить в среднее положение. При нормальной работе вибраторгенератора стрелка прибора будет непрерывно качаться с частотой 5—8 гц. При разных положениях ползунка сопротивления  $R_{21}$  амплитуда качания стрелки будет различна.

Убедившись в нормальной работе схемы, можно приступить к настройке инструмента по баяну или пианино.

Начинать настройку следует с самой высокой в инструменте ноты «ре» третьей октавы.

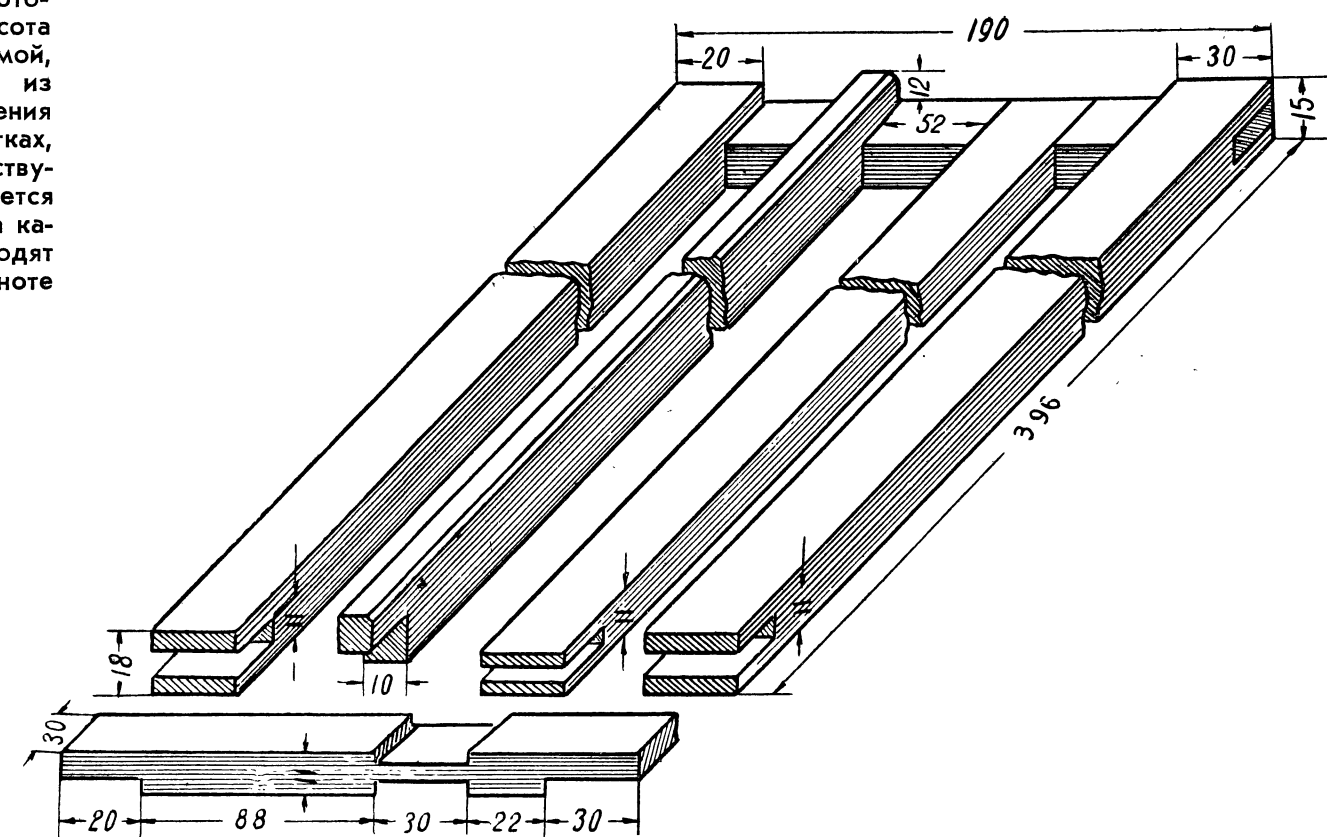


Рис. 6. Чертежи заготовок для рамы

## ИЗГОТОВЛЕНИЕ РАМЫ

В первую очередь нужно изготовить раму для установки клавиатуры, клавишных сопротивлений и контактов.

Для изготовления рамы нужно использовать березовые брусочки, выпиленные из прямослойного полена или доски. Размеры и форма всех заготовок для рамы показаны на рис. 6.

Рама является основанием крепления и размещения клавиатуры и поэтому особенно тщательно нужно отнестись к ее изготовлению, чтобы после всех выполненных соединений, склейки и окончательной обработки она не была перекошена. Все углы должны быть прямыми, а поверхности сторон ровными в своей плоскости. Очень важно выдерживать все размеры, так как компоновка деталей на раме довольно тесная.

При изготовлении и разметке соединений рамы за контрольную сторону берут основание рамы. Все размеры при разметке рейсмусом откладываются от помеченной контрольной стороны основания. Готовую раму нужно обязательно покрыть несколько раз нитролаком или политурой, чтобы при разметке и монтаже клавиатуры с контактами она меньше пачкалась и сохраняла светлый тон.

На опорные бруски клавишей наклеивают смягчающие прокладки из тонкого сукна или замши. Предварительно бруски очищают от нитролака или политуры, сняв рубанком одну стружку. Смягчающие прокладки нужно наклеивать на брусок, смазанный густым столярным клеем.

(Продолжение в следующем выпуске)

Под общей редакцией А. Е. Стахурского  
Редактор издательства О. Н. Новосельцева  
Художественный редактор А. С. Купринов  
Технический редактор Е. В. Соколова

---

Л 103491	Подписано к печати 17/VI—1961 г.	Бумага 70 × 108 <sup>1</sup> / <sub>16</sub>	Печ. л. 1
Уч.-изд. л. 1,37	Тираж 100 000	Заказ № 0281	Изд. № 785

---

Московская типография № 4 Управления полиграфической промышленности  
Мосгорсовнархоза, Москва, ул. Баумана, Гарднеровский пер., д. 1а.