

ЭЛЕКТРОМУЗЫКАЛЬНЫЙ В-В ИНСТРУМЕНТ

А. А. Володин

Описываемая ниже конструкция электромузыкального инструмента предназначена специально для радиолюбителей. Конструктор его стремился дать такую разработку, которая совмещала бы в себе основные элементы современного электрического музыкального инструмента с максимальной простотой схемы, обеспечивающей возможность ее выполнения в любительских условиях. Упрощение отчасти было достигнуто за счет освобождения современных схем от всего того, что могло быть названо дополнительными приспособлениями. Так например, была сокращена до минимума тембровая часть схемы. Кроме того, был тщательно продуман вопрос о генераторе звуковой частоты, благодаря чему он при высоких электроакустических качествах вполне доступен для самодельного изготовления.

Следует предупредить радиолюбителей об одной существенной особенности постройки электромузыкальных аппаратов. Надо уточнить вопрос о том, что в данном случае следует понимать под «налаживанием» электроинструмента и вообще, что может ожидать радиолюбителя, взявшегося за такую конструкцию.

При налаживании электроинструмента электрическая подгонка схемы в сущности является только «введением» к творческой работе над аппаратом, так как после этого должен пройти некоторый период музыкального исполнительского освоения инструмента, в результате которого конструктор сможет оценить достоинства построенного им прибора и получит творческое удовлетворение.

Это замечание должны особенно учесть радиолюбители, малоискусшенные в музыкальном искусстве. Такие радиолюбители

обычно недооценивают роли систематической работы по приобретению навыков игры и пытаются «сразу» исполнить какую-нибудь мелодию. Естественно, что из этого, как правило, ничего не получается и «виноватым» оказывается инструмент. Во избежание недоразумений такого рода, радиолюбителям рекомендуется привлекать к своей работе в этой области музыкантов. Особенно можно рекомендовать практику совместной работы музыкальных и радиолюбителей.

СХЕМА

Схема инструмента изображена на рис. 1. Лампа Л₁ со своими деталями — генератор звуковой частоты. Для уяснения принципа работы этого генератора на рис. 2 приведена отдельно его схема, в которой отброшены все вспомогательные детали. По внешнему виду схема несколько напоминает обычный генератор с параллельным питанием. Однако, по принципу действия генератор ближе всего подходит к блокинг-генератору.

Для объяснения действия генератора предположим, что в схеме произошло некоторое, хотя бы очень небольшое изменение анодного тока, например этот ток уменьшился. При постоянном режиме схемы такое изменение, достаточное для возникновения генерации, может получиться за счет неравномерности эмиссии катода. Тогда уменьшается и падение напряжения на анодном сопротивлении R₇. В то же время возрастает напряжение на аноде лампы. Но параллельно промежутку анод-катод лампы присоединен конденсатор C₃ через сопротивление R₈ и первичную обмотку трансформатора Тр-1. Напряжение на об-

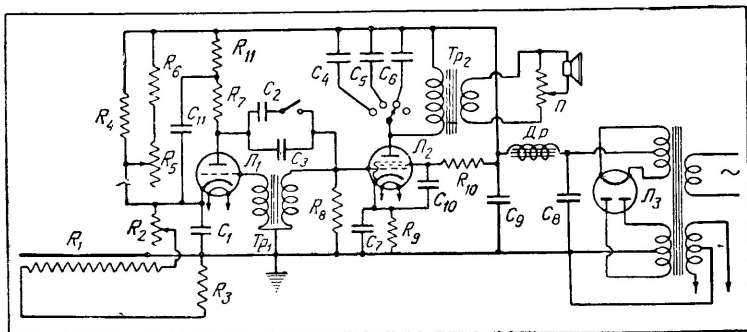


Рис. 1

кладках этого конденсатора следует за напряжением на аноде. Поэтому, если анодное напряжение возрастает, то должно возрасти и напряжение на конденсаторе. При этом возникает зарядный ток, благодаря которому на концах сопротивления R_8 и присоединенной параллельно ему обмотке трансформатора получится некоторое падение напряжения. Это напряжение является переменным; поэтому оно индуцирует напряжение во вторичной обмотке, которое и подается на сетку лампы. Концы обмоток присоединены к сетке так, что зарядный ток конденсатора вызывает отрицательное напряжение на сетке. Это отрицательное напряжение еще более уменьшает анодный ток и, таким образом, процесс спада анодного тока поддерживается до тех пор, пока отрицательное напряжение на сетке не вызовет полного записания лампы. Но прекращение анодного тока одновременно означает и прекращение заряда конденсатора C_3 . В свою очередь исчезновение зарядного тока означает и исчезновение отрицательного смещения на сетке, так как оно, как было показано выше, существует только до тех пор, пока протекает зарядный ток конденсатора. В результате анодный ток вновь возрастает. Возрастание анодного тока вызывает падение напряжения на аноде лампы. В связи с этим конденсатор C_3 разряжается и положительное смещение на сетке лампы возрастает. Увеличение анодного тока поддерживается схемой так же, как и его уменьшение. Однако, уменьшение тока ограничивается нижним загибом ламповой характеристики, а предел увеличения тока ограничивается верхним загибом динамической характеристики лампы. Поэтому рост анодного тока прекращается при достижении некоторой конечной величины. В этой точке процесса схема не может оставаться сколько-нибудь долго, так как достижение анодным током постоянной величины прекращает процесс разряда емкости и вызывает исчезновение «плюса» на сетку. Анодный ток уменьшается и весь процесс повторяется периодически.

Частота установившихся колебаний тем больше, чем скорее заряжается и разряжается конденсатор, т. е. чем меньше его емкость и чем меньше сопротивления, входящее в цепь емкости. Очевидно, частота будет определяться также параметрами лампы и ее режимом. В частности, при практическом исследовании схемы выяснилась большая зависимость частоты генератора от смещения на сетку. Этот последний способ изменения частоты и применен в описываемом электроинструменте. Конденсатор C_2 включается при желании понизить регистр инструмента, например для того, чтобы перевести его звучание из скрипичного диапазона в виолончельный (имеется в виду лишь высотный диапазон, но не тембровое сходство). Группа сопротивлений с R_1 по R_6 образует систему подачи отрицательного смещения на сетку лампы, т. е. систему управления частотой колебаний или соответственно высотой звука. Сопротивление R_1 представляет собой гриф инструмента. Как видно из схемы, он

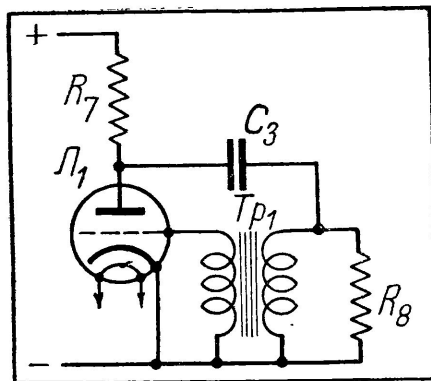


Рис. 2

включен последовательно в цепь анодного тока вместе с сопротивлениями R_2 и R_3 .

Сопротивления R_4 , R_5 и R_6 служат для подачи дополнительного тока в цепь грифа. Это нужно по ряду соображений. Во-первых, ток, протекающий через лампу в рабочем режиме, невелик и для получения от него достаточного смещения на сетку потребовалось бы сделать гриф сравнительно высокого сопротивления, что представляет ряд неудобств и трудностей. Во-вторых, при этом нельзя получить «записания» лампы, так как в этом режиме лампа не пропускает тока и не может создать для себя запирающего смещения на сетку. Наконец, регулируя величину тока, пропускаемого сопротивлениями R_4 , R_5 и R_6 , можно изменять степень влияния грифа на генератор. Действительно, если этот ток велик, то небольшое изменение сопротивления в цепи катода вызывает большое изменение падения напряжения на нем, т. е. и частоты колебаний (высоты звука); наоборот, при слабом токе надо значительно изменить величину сопротивления грифа для получения того же изменения высоты звука. Иначе говоря, в первом случае шкала частот, а, следовательно, и музыкальных тонов на грифе будет более уплотнена, чем во втором. Таким образом, сопротивления R_4 , R_5 и R_6 являются элементами настройки грифа. Сопротивление R_2 также является настроечным. Изменяя его величину, можно сдвигать диапазон звучания «влево» или «вправо». Сопротивление R_3 предназначено для того, чтобы при снятии пальцев с грифа цепь анодного тока не обрывалась совершенно, что предотвращает портящее гриф искрение между обмоткой его и токоснимающей лентой. Величина R_3 должна быть все же достаточно велика для запираения лампы. Конденсатор C_1 служит для пропускания токов звуковой частоты. Смысл его применения очевиден.

Остальная часть схемы обычна и не требует подробных объяснений. Конденсаторы C_4 , C_5 , C_6 в первичной обмотке выходного усилительного трансформатора Tr_2 служат для изменения тембра. Такое устройство, конечно, примитивно, но на первое время оправдывается своей простотой. Применение скачкообразного изме-

нения емкости в данном случае более удобно и эффективно, чем использование общепринятого для приемников регулятора тембра с переменным сопротивлением. Потенциометр П служит для изменения громкости звука.

ДАнные ДЕТАЛЕЙ

Сопротивления и емкости, входящие в схему, имеют следующие величины: R_1 — гриф, R_2 — до 500 Ω , R_3 — 5000 Ω , R_4 — 80 000 Ω , R_5 — 100 000 Ω .

R_6 = 40 000 Ω , R_7 = 36 000 Ω , R_8 = 12 000 Ω , R_9 = 400 Ω , R_{10} = 10 000 Ω (для пентода СО-122); R_{11} = 100 000 Ω . C_1 = 5 μF , C_2 = 45 μF , C_3 = 10 000 μF , C_4 = 30 000 μF , C_5 = 10 000 μF , C_6 = 3 000 μF , C_7 = 10 μF , C_8 = 2 — 4 μF , C_9 = 10 μF , C_{10} = 0,5 μF , C_{11} = 0,5 — 1 μF .

T_p — трансформатор от выпрямителя ЛВ-2, используется повышающая обмотка. Средняя точка — на общий минус, концы — к сеткам ламп.

Для самодельного трансформатора можно рекомендовать следующие данные: железо — Ш-10 (сердечник собирается без зазора), сечение железа — 1,5 см². Обмотка из провода ПЭ 0,12—0,2 мм, $V_1 = V_2 = 3000$ витков (в одном направлении). T_2 — трансформатор ТВ-23. Динамик ЛЭМЗО. Лучшие результаты можно получить с динамиками Тульского или Киевского заводов. Лампы: L_1 — СО-118, можно также применять на этом месте ПУ-119 или СО-124 с использованием экранной сетки в качестве анода; L_2 — любой низкочастотный пентод. В данном случае был применен пентод СО-122; L_3 — 2В-400.

Дроссель — ДС-75 Одесского завода. Силовой трансформатор любого типа.

ГРИФ И ПЕДАЛЬ

Гриф и педаль являются деталями совершенно новыми в радиолубительской практике. Качество электромузыкального инструмента в значительной степени определяется этими приспособлениями, поэтому они должны быть выполнены наиболее тщательно. На рис. 3 показана конструкция грифа. Чертеж снят с уже изготовленного экземпляра, в котором проволочная намотка была сделана на круглой эбонитовой

трубке. Как видно из чертежа, часть трубки, обращенная к гибкой контактной ленте, по всей своей длине спилена на плоскость, благодаря чему увеличивается ширина «рабочей» части ленты. Разумеется, применение в качестве основания для намотки тела круглого сечения не является обязательным. Вообще говоря, применение бруска прямоугольной формы даже более удобно. Однако, на круглой болванке легче сделать плотную намотку и конструкция получается более жесткой. Следует указать, что применение деревянного бруска наименее желательно, так как на дереве обмотка со временем ослабевает и гриф приходит в негодность. Наилучшими материалами для болванки являются: эбонит, пертинакс, текстолит, а также металлический каркас, обклеенный слоем изоляции (например, плотной бумагой на шеллаке). Наиболее ответственной частью болванки является ее поверхность, обращенная к контактной ленте. Эта поверхность должна быть совершенно ровной, плоской, а намотка на ней должна быть хорошо натянута. В противном случае изменение высоты звука не будет происходить плавно.

Намотку можно производить константаном, никелином и т. д. Можно применять оксидированную, эмалированную или голую проволоку; последнюю следует мотать принудительным шагом. На поверхности обмотки, обращенной к контактной ленте, изоляция (если она есть) должна быть тщательно снята.

При выборе диаметра провода и шага намотки следует исходить из того, что гриф должен иметь сопротивление около 500—700 Ω на одну октаву. Гриф указанной на рисунке длины рассчитан на четыре октавы и имеет сопротивление около 2000 Ω . Намотка произведена голым константаном диаметром 0,15 мм, принудительным шагом в 1 мм. Можно воспользоваться следующей формулой, которая позволяет проверить пригодность имеющегося провода для намотки

$$\frac{R_0 \cdot P}{l} = (3 \div 5) \frac{\Omega}{\text{мм}}$$

Здесь R_0 — сопротивление одного метра провода в омах, P — периметр витка в метрах; l — шаг намотки в мм. Как видно из рисунка, обмотка грифа помещена в деревянную коробку, имеющую форму

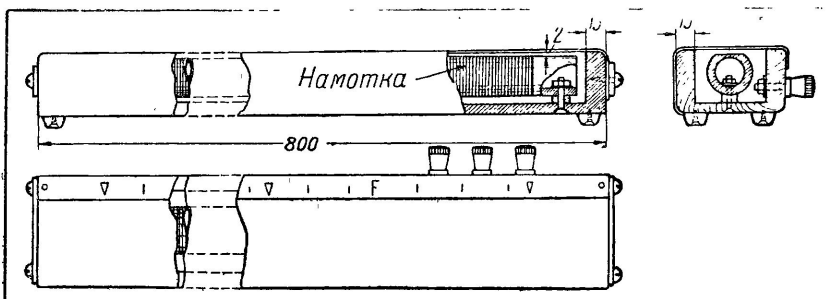


Рис. 3

длинного корытца. Эта коробка не только предохраняет намотку от случайных повреждений, но и приспособлена также для укрепления контактной ленты.

Эта лента может быть изготовлена различными способами. Основные требования — хорошая электропроводность, стойкость против окисления и хорошая гибкость, совмещенная с упругостью. Применение металлической сетки возможно лишь в том случае, если эта сетка очень тонка (из проволоки 0,05—0,1 мм). Такую сетку едва ли удастся приобрести радиолюбителям (тем более, что длина куса должна быть около метра). Поэтому рекомендуется следующий способ: берется легкая хлопчатобумажная ткань, соответствующая по размерам контактной ленте, и прострачивается на швейной машине в продольном направлении «золотыми» (канительными) нитками. При этом канительная нитка наматывается в челнок, а в иглу продевается обыкновенная нитка тонких номеров или же тонкий шелк. Канитель следует брать двойную, сплетенную на подобие электрического шнура, так как одинарная нитка обычно имеет обрывы в металлической оплетке и не проводит ток по всей длине. Укладывать нитки можно на расстоянии 3, 4 мм друг от друга. Хорошие результаты дает также применение парчевой ленты или достаточно гибкого и гладкого галуна. Следует лишь предупредить, что некоторые сорта лент такого типа имеют довольно высокое сопротивление. Поэтому надо выбрать ленту или галун не только по признаку гибкости, но и учитывая ее проводимость. Для использования такой ленты в качестве контактной ее надо аккуратно подшить за края к какой-либо не очень плотной материи, более широкой, чем сама лента.

Изготовленная тем или иным способом лента наклеивается с натяжением своими матерчатыми краями на верхний бортик грифовой коробки горячим столярным клеем. До этого момента в коробке уже должен быть укреплен брусок с обмоткой, так как после наклеивания ленты доступ к обмотке и вообще внутрь коробки будет невозможен.

До наклеивания ленты должны быть сделаны выводы от концов обмотки грифа, для чего на задней стенке коробки укрепляются две клеммы. Рядом помещается еще третья клемма для вывода от ленты. Для подводки тока к ленте рекомендуется подклеивать ее лишь к продольным краям коробки, а концы ленты туго натянуть и поджать под металлические планки, укрепленные на торцовых краях грифа. С одного из концов грифа под планкой вместе с лентой надо зажать полоску тонкой латуни или станиоля так, чтобы проводящие нитки плотно к ней прижались. Эта полоска и присоединяется к третьей клемме.

При установке обмотки внутри коробки следует обратить внимание на то, чтобы предназначенная для контакта поверхность обмотки была по всей своей длине параллельна верхнему срезу коробки и ниже последнего на 2—2,5 мм, а сама обмотка

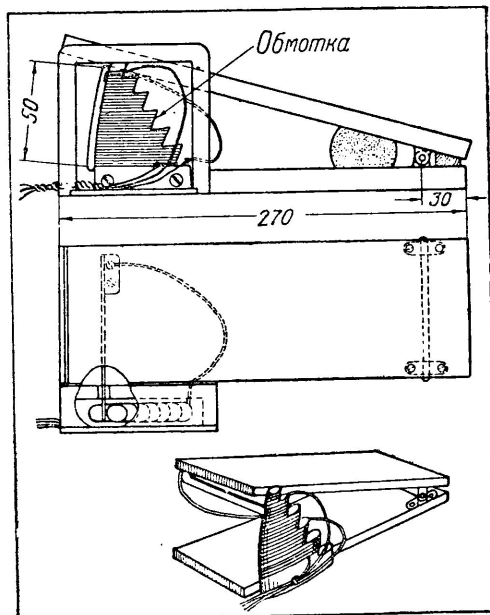


Рис. 4

была прочно укреплена и не качалась. Для укрепления бобинки с обмоткой внутри коробки у бобинки должны быть оставлены концы по 1,5—2 см, свободные от обмотки. После того, как контактная лента будет растянута и наклеена, поверх нее надо натянуть и подклеить к наружным стенкам коробки еще одну защитную ленту, лучше всего шелковую. Эта лента будет служить для предохранения основной контактирующей ленты от загрязнения и преждевременного изнашивания. Наконец, следует укрепить параллельно рабочей ширине бумажную полоску-шкалу, на которой надо нанести деления, соответствующие музыкальным тонам (до, ре, ми и т. д.). Однако, нанесение этих деталей можно сделать только тогда, когда инструмент будет совсем закончен (по роюлю).

Устройство педали П видно из рис. 4. На рисунке не показана коробка, защищающая педаль от пыли и повреждений. Для получения плавного регулирования громкости от максимальной и до нуля, обмотку надо сделать с неравномерно распределенным сопротивлением. На рисунке ясно видно, что верхние витки обмотки имеют значительно меньший периметр, чем нижние. Толщина бобинки, на которой уложена обмотка, везде одинакова, но зато сама бобинка имеет почти треугольную форму. Чтобы обмотка могла прочно держаться на бобинке, одному из ее скосов придана зубчатая форма. Бобинку следует изготовить из эбонита, пертинакса или другого твердого и стойкого материала. Ту часть поверхности, по которой будет ходить ползунок, следует тщательно обработать, придав ей соответствующую кривизну. Намотка потенциометра должна иметь сопротивление раза в три-пять больше, чем сопротивление звуковой катушки громкоговорителя. Для обычных громкоговорителей

с звуковой катушкой в 5—10 Ω можно рекомендовать при указанных на чертеже размерах намотки константановый или никелиновый провод диаметром в 0,3—0,4 мм. Намотку следует делать плотно, виток к витку и для прочности скрепить шеллачным лаком. Изоляция проволоки может быть любая; предпочтительнее эмаль или оксидировка. Ползунок должен быть сделан достаточно жестким и упругим. Лучшим материалом для него будет фосфористая бронза или гартованная латунь толщиной около 1 мм. Конец ползунка, скользящий по обмотке, должен быть выгнут «ложечкой», чтобы не замыкать собою больше двух-трех витков и концентрировать на них все свое упругое давление. Соприкасающиеся поверхности ползунка и обмотки следует тщательно обработать мелкой шкуркой. Если ползунок будет ходить по обмотке со скрежетом, то лучше не ослаблять его давления, а слегка подмазать вазелином.

Под один из шнуров, крепящих ползунок, к подвижной доске поджимается один конец гибкого провода достаточно большого сечения (кусочек осветительного шнура), другой конец пропускается внутрь коробки с намоткой. Внутри коробки вводятся также две пары шнуров: от усилителя и от громкоговорителя. Первые два провода припаиваются к концам обмотки; два другие припаиваются соответственно к верхнему концу обмотки и к гибкому проводу от ползунка. При таком соединении громкость при нажатии на педаль увеличивается. Концы шнуров, выходящие из педали, лучше всего снабдить двухполюсными вилками. Для нормального оперирования педалью необходимо, чтобы последняя оказывала упругое сопротивление нажимающей на нее ноге. С этой целью рекомендуется подкладывать под подвижную доску, поближе к оси, кусок резиновой губки. Можно также поместить на оси пружину, возвращающую подвижную доску в исходное положение. В заключение можно порекомендовать обить листовую резиной верхнюю поверхность подвижной доски для того, чтобы нога на ней не скользила.

КОНСТРУКТИВНОЕ ОФОРМЛЕНИЕ

Конструктивно настоящий инструмент оформлен в виде четырех самостоятельных частей. В первой из них смонтирован генератор с усилителем; во второй — выпрямитель и громкоговоритель; третья и четвертая представляют собой гриф и педаль. С точки зрения удобства эксплуатации было бы рациональнее оформить схему, как одно целое. Однако, описываемый вариант имеет преимущество в смысле стоимости устройства и простоты налаживания, так как легко может быть устранено влияние выпрямительной части на усилитель и генератор, если эти две части не ставить слишком близко друг к другу. Кроме того, при такой конструкции облегчается экспериментирование с отдельными частями.

Размещение деталей и монтаж выпрямителя с громкоговорителем не представляет каких-либо трудностей и особенностей.

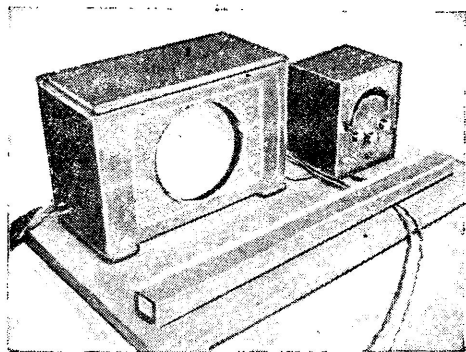


Рис. 5

Выпрямитель должен давать 250—300 V выпрямленного напряжения при хорошей фильтрации. Подмагничивание громкоговорителя следует включить после дросселя. При таком включении отсутствует фон и звучание улучшается. Генератор с усилителем лучше всего смонтировать на металлическом шасси.

Для подводки питания от генератора следует выпустить достаточно длинные шнуры, а на ящике с выпрямителем установить четыре гнезда: два для накала ламп и два для высокого напряжения. Общий вид инструмента дан на рис. 5.

НАЛАЖИВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ ИНСТРУМЕНТОМ

Регулировка генератора преследует следующие цели: получение чистого и устойчивого тона в широком диапазоне (порядка четырех октав, без переключения колебательной емкости); получение хорошей управляемости высотой звука и равномерного распределения музыкальных тонов на грифе; выбор удобных диапазонов и мензуры (плотности шкалы) грифа.

Налаживание генератора надо начинать с подбора лампы (типа и экземпляра). Вполне возможно, что подбора лампы будет достаточно для получения хорошего звучания. Если же результат будет неудовлетворителен, то можно варьировать прочие элементы схемы, руководствуясь следующим.

Сопротивление R_7 : увеличение его расширяет диапазон и повышает управляемость генератора (по частоте). Чрезмерное увеличение приводит к снижению мощности, неустойчивости и срыву генерации.

Сопротивление R_8 : находится в зависимости от R_7 (должно увеличиваться с увеличением R_7), влияет на устойчивость генерации, давая возможность получить непрерывность частотного спектра при управлении частотой с помощью грифа.

Трансформатор Tr_1 : обуславливает непрерывность частотного спектра, мощность и управляемость по частоте.

Остальные элементы: R_2 , R_4 , R_5 , R_6 , C_2 , C_3 , обуславливают границы высотного диапазона грифа. Рекомендуются, как исходные, следующие два высотных диапазона ин-

струмента, удобные для игры при данных размерах грифа:

1-й диапазон (без дополнительной емкости) от соль малой октавы до ми четвертой октавы;

2-й диапазон (с дополнительной емкостью) от до большой октавы до до третьей октавы.

Для настройки на какой-либо диапазон надо придерживаться следующего правила: сначала производить настройку верхней границы; для этого следует нажать гриф у правого конца и подбирать колебательную емкость; так как в этой точке влияние грифовой тока мало (только падение на R_2), то величина R_4 , R_5 , R_6 не оказывает заметного действия. Затем следует нажать гриф у левого конца и, регулируя сопротивление R_1 , R_5 и R_6 , установить тон, соответствующий нижней границе диапазона.

После того как границы диапазонов установлены, можно разметить шкалу грифа. В соответствии с двумя диапазонами инструмента, на бумажной ленте наносятся два ряда делений. В дальнейшем, приступая к игре, следует проверять, соответствует ли нанесенные деления шкалы действительным высотам звука. Если это соответствие не получается (что может произойти при значительном изменении напряжения сети), то следует, оперируя сопротивлениями R_2 и R_5 , подстроить гриф так, чтобы размещенный на нем диапазон соответствовал шкале. Разумеется, нет необходимости проверять все деления шкалы; достаточно проверить крайние границы и, например, октавные деления.

**

*

Описание приемов игры на построенном инструменте не входит в задачу настоящей статьи. Однако, следует дать хотя бы элементарные указания по этому вопросу.

Так как гриф ставится перед его исполнителем на столе в горизонтальном положении, то естественно расположить руки примерно так же, как это делается при игре на рояле. Однако, на этом аналогия с клавишными инструментами и кончается, так как сам гриф по своим возможностям и выполняемым функциям больше всего приближается к грифу смычковых инструментов. Практика показывает, что при первом знакомстве с инструментом играющий обычно избегает четкой перестановки пальцев и «боится» отрывать пальцы от грифа. При этом «исполнение» получается «воющим» и вибрирующим. Возможно, впрочем, что эти дефекты являются элементом поверхностного подражания квалифицированному исполнителю. Во всяком случае на эту сторону следует обратить внимание. Одновременно следует обратить внимание на работу педали, главным образом, на взаимное оперирование педалью и пальцами на грифе для получения музыкальной подачи звука.

Дело в том, что данный генератор, как и всякий релаксационный генератор, при включении дает колебания сразу большой (конечной) амплитуды. Если при этом усиление велико, т. е. педаль нажата, то мгновенно приведенный в действие громкоговоритель дает характерный щелчок в начале звука. Такое же явление наблюдается и при выключении. Этот щелчок особенно заметен и неприятен на высоких нотах. В сложных схемах современных инструментов применяются автоматические устройства для уничтожения щелчков. В данном же инструменте единственным, но впрочем достаточно эффективным средством является педаль. Именно, чтобы избежать щелчка, следует ставить палец на гриф при ненажатой педали, т. е. на минимальной громкости, а затем быстро ввести нужное усиление. Следует тут же отметить, что эта манипуляция нужна только при получении звуков, разделенных паузами. В тех случаях, когда пальцы перемещаются по грифу без разрыва в цепи контактирующей ленты (хотя бы и скачкообразно), указанное выше оперирование педалью излишне.

Список возможных к исполнению произведений весьма обширен. При достаточной квалификации может быть в большей своей части использован скрипичный и виолончельный репертуар, но на первое время, разумеется, следует ограничиться несложными произведениями.

Список возможных к исполнению произведений весьма обширен.

При достаточной квалификации может быть в большей своей части использован скрипичный и виолончельный репертуар, но на первое время, разумеется, следует ограничиться несложными произведениями.