

1931

радиофронт

RADIO FRONT

19-20



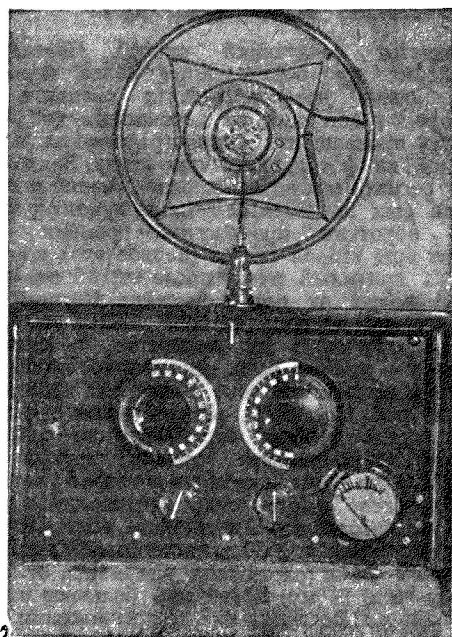
ЖУРНАЛ
ОДР и
ВЦСПС

И. Ак.

ЖУРНАЛЬНО-ГАЗЕТНОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ

САМОДЕЛЬНЫЙ конденсаторный МИКРОФОН

Н. Ф. КУПРЕВИЧ



Из всех систем микрофонов, применяющихся в нашем радиовещании с наилучшей стороны показал себя конденсаторный микрофон.

Конденсаторный микрофон (рис. 1) представляет собой небольшой емкости конденсатор (порядка 50—70 см), состоящей из металлической непод-

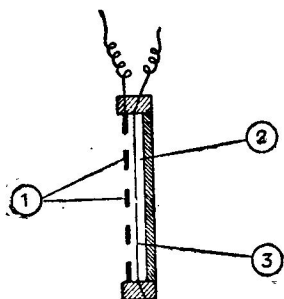


Рис. 1.

вижной решетки (1), против которой на незначительном расстоянии находится тонкая металлическая мембрана (2), являющаяся второй обкладкой конденсатора. Под действием звуковой волны мембрана прогибается, меняется расстояние (3) между решеткой и вследствие этого меняется емкость микрофона.

По качеству воспроизведения музыки, пения, речи конденсаторный микрофон является наиболее совершенным из всех существующих типов.

Впервые конденсаторный микрофон был предложен в 1881 г., но из-за его малой мощности был забыт. С изобретением катодных ламп и усилителей о нем вспомнили снова.

В 1917 г. Е. Венте опубликовал данные о работе, которую он проделал над конденсаторным микрофоном, воспользовавшись ламповым усилителем. Его микрофон имел туго натянутую, стальную тонкую мембрану. Мембрана натягивалась для получения периода собственных колебаний, лежа-

щих выше диапазона звуковых частот. За мембраной находился воздушный зазор. Столб воздуха в зазоре служил для увеличения затухания собственных колебаний мембраны.

Частотная характеристика конденсаторного микрофона сильно зависит от воздушного слоя за мембраной. На рис. 2 изображена частотная характеристика при нормальном атмосферном давлении 760 мм. Как падение, так и повышение воздушного давления искажают частотную характеристику. С увеличением частоты слой воздуха все более и более противодействует колебаниям мембраны, способствуя тем самым уменьшению резонансных пик мембраны.

Позднейшие разработки и усовершенствования свелись к подбору формы и величины воздушного промежутка между мембраной и стенкой, изменению геометрических размеров микрофона. Для увеличения чувствительности его стальная мембрана была заменена дюралюминиевой толщиной от 0,01 до 0,05 мм. Как указывалось, мощность конденсаторного микрофона весьма ничтожна и для увеличения ее он приключается к усилителю. Существуют две основных схемы включения микрофона.

Схема низкочастотная, которой пользовался Венте, которая и до сих пор является более распространенной (рис. 3); M — конденсаторный микрофон, R_1 — нагрузочное сопротивление, R_2 — сопротивление уголки сетки, B_1 — батарея polarization обкладок микрофона.

Схема высокочастотная, разработанная Ригером в 1923/24 г.

Низкочастотный конденсаторный микрофон монтируется обычно с трехкаскадным усилителем на

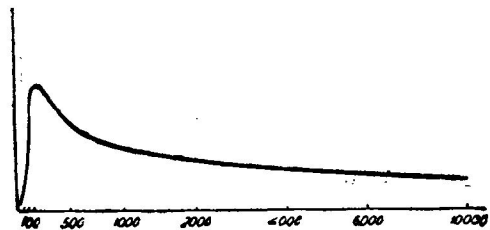


Рис. 2. Частотная характеристика.

сопротивлениях с выходным трансформатором, рассчитанным на включение в микрофонную обмотку следующего усилителя.

Как видно из рис. 3, низкочастотный микрофон включается через высокоомное сопротивление R_1

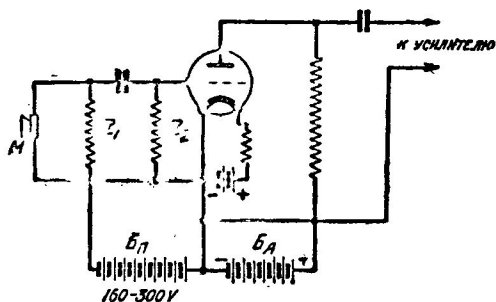


Рис. 3. Схема низкочастотного конденсаторного микрофона Вентца

в цепь поляризующей батареи, напряжение которой лежит в пределах от 160 до 300 В в зависимости от конструкции микрофона¹. Иногда для простоты эксплуатации поляризующая батарея и батарея анода предварительного усилителя бывают общими.

Принцип работы такого микрофона следующий.

В состоянии покоя микрофон имеет некоторую емкость C , он получает от батареи заряд Q , величина которого определяется как $Q = CV$, где V — напряжение батареи, подаваемое через сопротивление. При попадании звука на мембрану микрофона емкость микрофона изменится на очень небольшую величину ΔC . Соответственно этому изменится и заряд на величину равную $\Delta Q = \Delta C \cdot V$.

Так как изменение заряда создает в микрофонной цепи ток, то изменения силы тока будут находиться в соответствии с падающей звуковой волной.

Этот переменный ток звуковой частоты создаст на сопротивлении R соответствующее переменное напряжение, усиляемое затем усилителем.

Для действительного хорошего работы такого устройства необходимо:

1) Тщательное изготовление капсюля микрофона, хорошая изоляция его отдельных частей (порядка 2500 мегомов).

2) Высокого качества сопротивления. При плохой изоляции отдельных частей капсюля и плохих сопротивлениях микрофон сильно шумит.

3) Мембрана хорошо защищенная как от сильных воздуш-

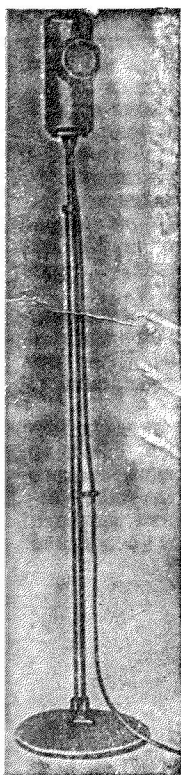


Рис. 4. Американский конденсаторный микрофон фирмы „Радиокорпорейшен“

ных давлений, так и от механических сотрясений. Наличие сильных амплитуд мембраны при сравнительно малом расстоянии обкладок и довольно большого напряжения между ними ведет к пробое микрофона.

На рис. 4 изображен американский конденсаторный микрофон фирмы „Радиокорпорейшен“ типа 1005-A, собранный по низкочастотной схеме. На рис. 5 даны детали его: защитный алюминиевый кожух — экран (1), мягкая прокладка для изоляции усилителя от звука (2), капсюль конденсаторного микрофона (3), 4 и 5 — трехламповый усилитель и выходной трансформатор.

На рис. 6 дан микрофон Вентца в разрезе. Здесь 1 — конус, натягивающий мембрану. 2 — корпус микрофона, 3 — диалюминевая мембрана толщиной 0,05 мм, 4 — задняя стенка оболочки, 5 — резиновая прокладка, 6 — воздушная прослойка между мембраной и стенкой, 7 — слой воздуха между мембраной и стенкой — 0,1 мм, 8 — защитная латунная сетка.

Высокочастотная схема включения конденсаторного микрофона (Ригера) сводится к следующему (рис 7).

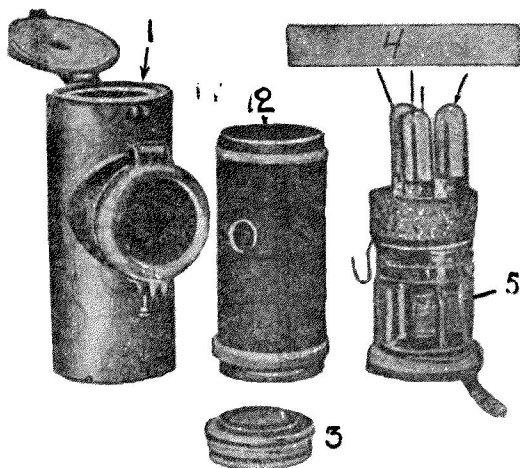


Рис. 5. Детали микрофона „Радиокорпорейшен“

Собирается генератор, который создает в контуре L, L_1, C_1 колебания с частотой f . Индукти но слабо связанный с ним контур L_2, C_2 настраивается с помощью конденсатора C_2 также на частоту f .

Если изобразить графически амплитуды вынужденных колебаний в этом контуре в зависимости от емкости C , то мы получим кривую резонанса, изображенную на рис. 8. Установив C на величину C_0 , мы получим величину тока, равную I_0 и лежащую ниже точки резонанса. Если параллельно C включить конденсаторный микрофон, то при изменении емкости его будет меняться соответственно и сила тока в контуре. Иначе говоря, незатухающие колебания в контуре L, C_2 модулируются в соответствии с звуковыми колебаниями, попадающими на микрофон. Этот колебательный контур, состоящий из самоиндукции, конденсатора и конденсаторного микрофона, присоединен между сеткой и нитью лампового детектора, которому дано такое отрицательное смещение, что он работает на нижнем сгибе характе-

¹ На схеме ошибочно указано соединение B_1 с минусом батареи накала.

ристки. Низкая частота, полученная после детектирования, усиливается обычным порядком.

Рис 9 показывает немецкий высокочастотный конденсаторный микрофон „Ригера“. Капсюль (1), укрепленный на соответствующих амортизаторах (3), соединится с комплектом генератора — детектора (2) шнуром, проходящим через заземленную металлическую трубу (4).

Дав краткий теоретический очерк о работе и принципах устройства конденсаторного микрофона, перейдем к описанию его самодельного изготовления.

Конденсаторный микрофон, описываемый в настоящей статье, включается по схеме рис. 10. Клебания в генераторе осуществляются лампой МТ-1 (1-волосковая УТ-1) при $V_a = 160$ В, $\lambda = 85-95$ м, колебательный контур состоит из катушек самоиндукции L_1, L_2, L_3 , имеющих следующие данные: L_1 — 30 витков пров. ПШД diam. 0,5 мм многослойной намотки. Размеры каркаса даны на рис. 11. L_2 — катушка сетки генератора —

мотан на эбонитовом каркасе (рис. 12). Длина однослойной намотки 5 см, диаметр дросселя $1\frac{1}{2}$ см, провод 0,12, эмалированный. Вольтметр V

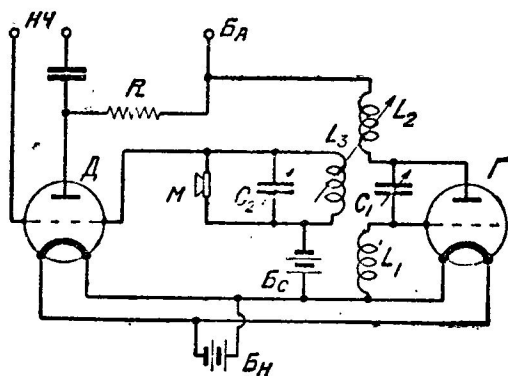


Рис. 7. Принципиальная схема высокочастотного конденсаторного микрофона

контролирует напряжение накала ламп, регулируемое реостатом r 3—4 ома.

Конденсатор C_4 блокировочной слюдяной около 2000 см.

Колебательный контур детектора, настроенный в резонанс с генератором, состоит из катушки самоиндукции L_4 , выполненной как и L_1, L_2 (рис. 11); число витков 2) — 25 меняется в зависимости от устанавливаемой емкости микрофона, зависящей от расстояния между мембраной и решеткой. Катушка L_4 связана индуктивно с L_2 и может плавно изменять связь. Конденсатор C_7 переменной емкости порядка 60—70 см передан из трестовского „золоченого“ в 250 см. Неподвижных пластин — 3, подвижных — 2, расстояние между ними около $3\frac{1}{2}$ мм.

Конденсатор C_5 блокирует батарею смещения сетки детектора. Емкость 16000 см. Конденсатор C_6 — слюдяной, защищает микрофон М от постоянного напряжения батареи смещения, емкость его 3500 см.

Миллиамперметр до 10 мА в цепи анода детектора служит для нахождения рабочей точки на резонансной кривой. Переделан из люительского мнл амперметра. Число витков на катушке увеличено до 1800, пров. 0,05, толщина катушки уменьшена на 4 мм. Карболитовое основание

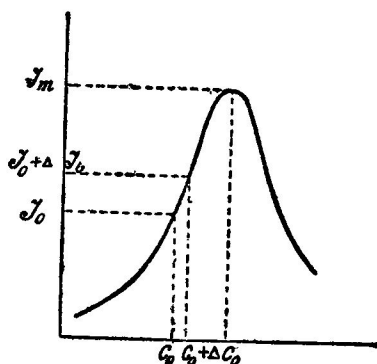


Рис. 8. Резонансная кривая контура высокочастотного конденсаторного микрофона

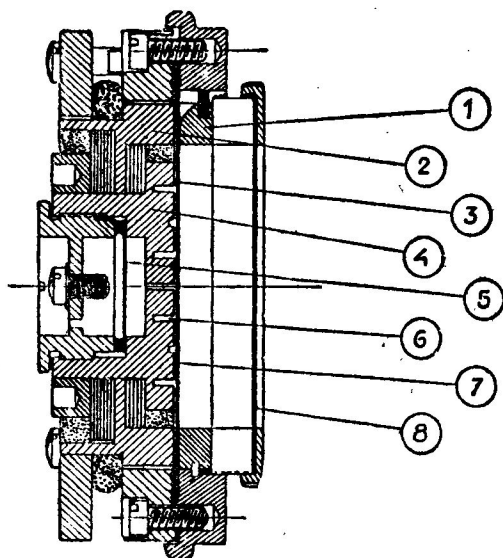


Рис. 6. Разрез микрофона Венте

24 витка, того же провода. L_3 — 7 витков того же провода.

Конденсатор переменной емкости C_1 переделан из „золоченого“ трестовского на 500 см, емкость его порядка 170 см. Неподвижных пластин — 5, подвижных — 4, расстояние между ними около 2,5 — 3 мм. Во избежание тресков и шорохов обязательно необходимо подшипник, закрепленный в изолированном основании конденсатора, соединить изожно с осью конденсатора. Для этого достаточно припаять к втулке тонкую пластинку и зажать ее под упорную пружину, нажимающую на подвижные пластины конденсатора.

Для увеличения надежности изоляции дополнительно с C_1 введен слюдяной конденсатор C_2 емкостью 3500 см.

Грилик имеет следующие данные: металлическое сопротивление бифилярно намотки из изолированного никельна diam. 0,05 мм ПШД соп. обивление порядка 15000 см. Размеры каркаса даны на рис. 12. Конденсатор C_3 грилика емкостью 15000 см. Дроссель высокочастотный на-

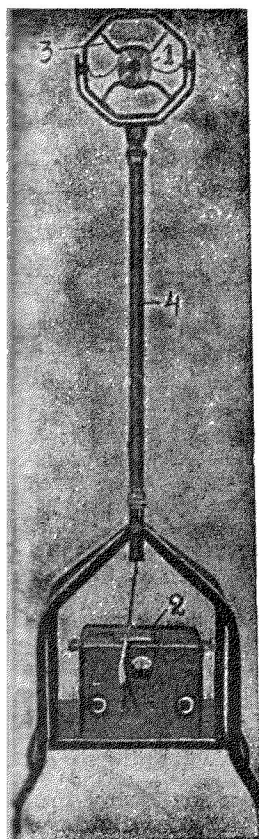


Рис. 9. Немецкий микрофон

ший следующие данные: на сердечник трестовского бронированного трансформатора наматывается первичная обмотка—4 400 витков диам. 0,12 мм, а вторичная—850 витков диам. 0,25 ПШД.

Конструкция капсюля самодельного конденсаторного микрофона показана в разрезе на рис. 14, эскизы отдельных частей капсюля—на рис. 15 и 16.

Обозначения:

1,2—латунные шайбы, между которыми натягивается тонкая алюминиевая мембрана (8), алюми-

нятое, прибор укреплен на эбонитовой панели микрофона. Шкала должна быть заново проградуирована.

Низкочастотный дроссель $Др_2$ и конденсатор 0,2 мкб служат для разгрузки усилителя от постоянной слагающей тока. В качестве дросселя использована вторичная обмотка бронированного трансформатора (14 400 витков). Воздушный зазор в середине катушки равен 0,75 мм, практически осуществляется прокладкой картона толщиной 0,75 мм в стык между половинками сердечника внутри катушки. Трансформатор укрепляется к стенке ящика (см. рис. 21).

Сеточная батарея генератора 8—20 В; B_2 —смещение детектора ок. 50 В. Клеммами В и Ва—Вн схема присоединяется к микрофонному усилителю.

Если у микрофонного усилителя нет специальной входной обмотки для конденсаторного микрофона, то последний можно включать в обычную микрофонную обмотку, через переходной трансформатор, имею-

щую левая фольга толщ. 0,05—0,03 мм. Шайба одна имеет выточку (19)—желоб. Другая соответственно—конический выступ. Мембрана зажимается между желобом и выступом. Шайбы стягиваются зажимными чинтами (5, 4).

Мембрана натягивается конусом (6) до предела натяжения, для получения частоты собственного периода колебаний выше слышимой. Натяжение регулируется натяжным кольцом с нарезкой (10). Конус имеет выемку глубиной в 2 мм (7) для увеличения затухания мембраны. Для того чтобы при вращении натяжного кольца конус не вращался и не оборвал бы мембрану, не доведя ее до наибольшего предела натяжения, на конусе имеется шпонка (17), которая входит в прорез (16) на резьбе одной из шайб.

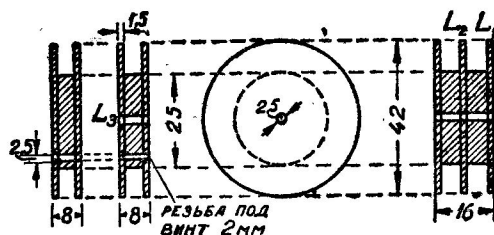


Рис. 11. Каркас катушки сетки

По другую сторону мембраны имеется стенка—решетка (11), которая и служит другой обкладкой конденсаторного микрофона. Во избежание вредного резонанса на слышимых частотах решетка сделана из толстой латуни толщ. 6 мм. Решетка имеет 16 отверстий, расположенных по радиусам. Отверстия сделаны конусом диам. 2½ мм с начальным дном 4,3 мм, расположенным к источнику звука. Решетка эта может вращаться по газовой резьбе внутри эбонитового кольца (14) прилегающего к мембране.

Вращением решетки по резьбе можно точно менять расстояние от края эбонитового кольца и, следовательно, от мембраны микрофона.

Решетка закрепляется в необходимом положении наглухо контршайбой (15). Для подводки тока контршайба имеет винт для крепления проводника (12), эбонитовое кольцо крепится наружной зажимной шайбой (рис. 17) и винтами. Шайба

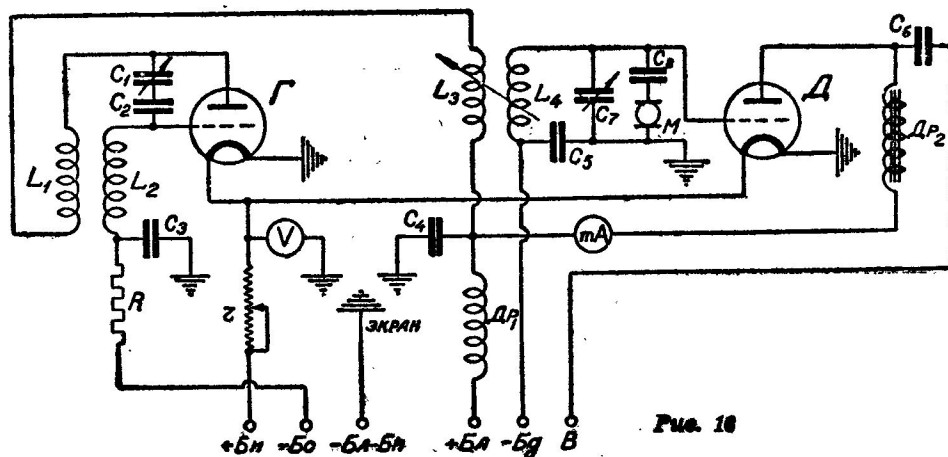


Рис. 16

равномерно давит на эбонитовое кольцо, которое плотно прижимается к поверхности мембраны (которая в свою очередь нажимает на натяжной конус); под натяжную шайбу прокладывается тонкое (1—2 мм) резиновое кольцо. Рабочее расстояние между решеткой и мембраной обычно

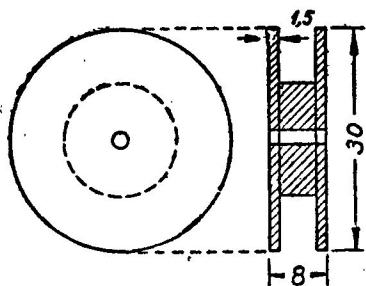


Рис. 12. Каркас гридлика

равно 0,03—0,07 мм (9). При изготовлении эбонитового кольца необходимо следить, чтобы во всех точках решетки расстояние было одинаково, для возможности точно регулировать расстояние между мембраной и решеткой. Степень точности подгонки можно проверять так. Готовую решетку ввертывают в эбонитовое кольцо. Накладывая точный угольник на сторону кольца, приближают вращением решетку до расстояния, равного при-

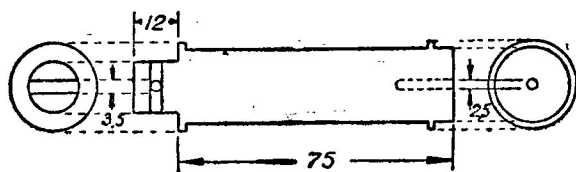


Рис. 13. Каркас дросселя

мерно толщине папиросной бумаги. Наблюдают, одинаково ли расстояние между всеми точками плоскости решетки и линейкой угольника. Если расстояние одинаково, линейку поворачивают на 45—90°. Если во всех положениях расстояние остается одинаковым на глаз, можно считать, что деталь изготовлена удовлетворительно. В случае же разных расстояний на разных точках решетки и угольника, деталь надо переделать.

Для включения мембраны в схему имеется контакт — винт (13), прижимающий проводник к зажимной шайбе.

Если имеется под рукой старый угольный двухсторонний микрофон МВ₃ завода Кулакова, который можно использовать для сборки конденсаторного, то к нему необходимо добавить помимо эбонитового кольца решетки и контршайбы заднюю стенку, которая укрепляется в зажиме для одного из имеющихся там угольных электродов. Разрез того переделанного микрофона показан на рис. 18. Расстояние между стенкой и мембраной устанавливается в 2 мм.

Капсоль для амортизации подвешивается на резиновом кольце, начальный диаметр которого до натяжения — 9 см при диам. 5 мм, резиновое кольцо укрепляется на крючках микрофона, изго-

товленных из велосипедной спицы, и на крючках стойки кольца диаметром 205 мм. Разрез стойки дан на рис. 19. Кольцо-стойка соединяется с экраном тремя болтами (а), проходящими через ящик комплекта микрофона.

Зажимная шайба, следовательно, и мембрана соединяется с кольцом и стойкой гибким проводником.

Изолированная обкладка — решетка микрофона, соединяется со схемой тоже гибким проводником, через изолированный болт (б), к которому винтом присоединяется проводничок.

Болт изолируется от стойки и крепится через две эбонитовые втулки (в) двумя гайками (одна для включения в схему).

Вся схема микрофона монтируется на угловой эбонитовой панели, которая двигается в экранированный латунный или жесткий деревянный ящик 303 × 180 мм и закрепляется сверху — к угольнику ящика болтами, внизу — к горизонтальной панели шурупами. Расположение приборов и деталей видно на фотографиях.

Рис. 20 дает наружный вид капсулы микрофона (все обозначения соответствуют рис. 14).

Рис. 21 дает общий вид микрофона с открытой передней крышкой. На снимке указаны два реостата, которые без ущерба заменены одним.

Рис. 22 показывает монтаж горизонтальной панели.

На что нужно обратить внимание при постройке микрофона, чтобы добиться наилучшей работы устройства?

Начнем с генератора:

1) Необходимо проверить все конденсаторы постоянной емкости как на пробой, так и на степень утечки их.

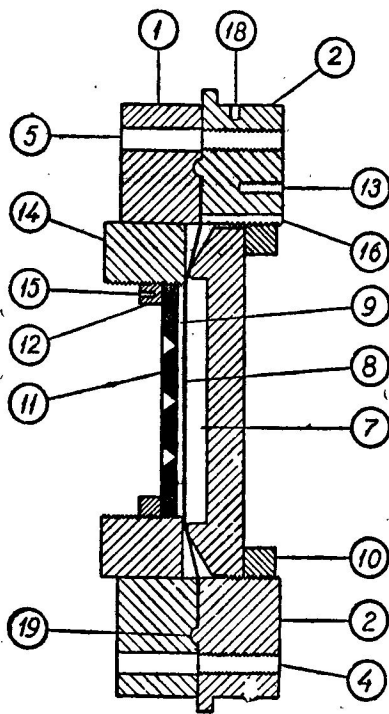


Рис. 14. Капсоль микрофона

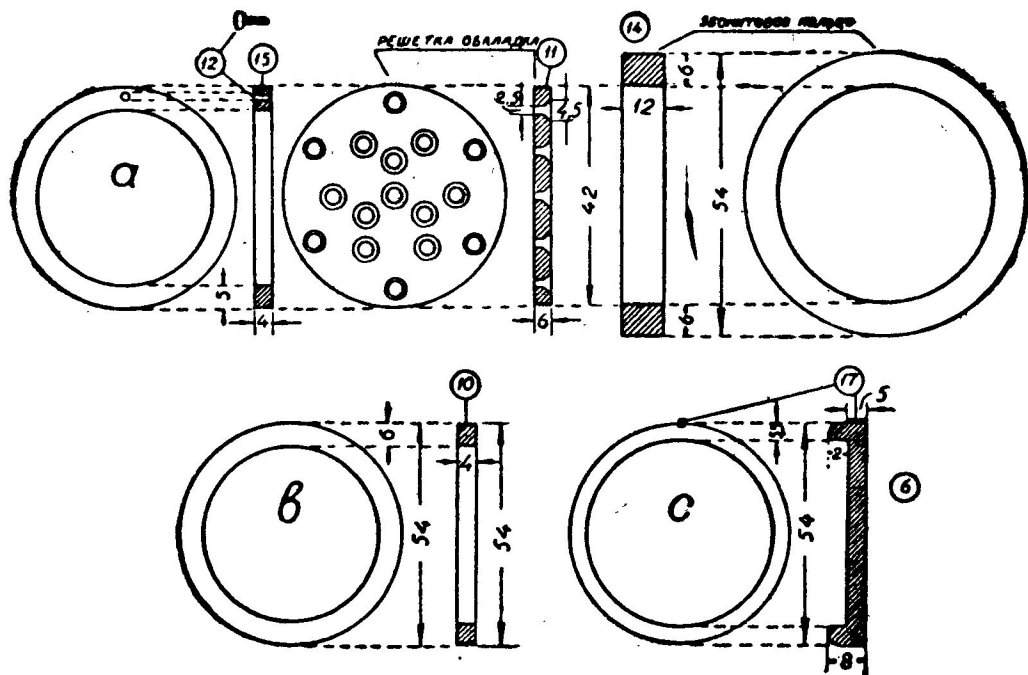


Рис. 15

Разделительный конденсатор C емкостью 3500 см и конденсатор гридника C_g — 15 000 см необходимо ставить с хорошим диэлектриком с малыми потерями. При плохих конденсаторах возможны трески и шорохи.

2) Для получения колебаний в генераторе необходимо следить за соответствующим направлением тока в катушках L_1 — L_2 ; наличие колебаний определяется индикатором, состоящим из 6—7 витков проволоки 0,5 мм. диам. витка 3 см, присоединенного к микролампе.

При изменении емкости контура C_1 (при повороте конденсатора от 0 до 100%) сила тока в контуре не должна резко меняться. (Индикаторная лампа при неизменной связи с контуром не должна резко менять накал).

3) Следует обратить внимание на расстояние между пластинками конденсаторов переменной емкости как контура генератора C_1 , так и контура детектора C_2 . Практически достаточно расстояние между пластинками 2-3 мм, при обычных латунных пластинках.

Ввиду того, что через сопротивление гридника проходит некоторый сеточный ток генератора, необходимо иметь устойчивое сопротивление. Лучшим будет проволочное сопротивление, как наиболее устойчивое и имеющее линейную зависимость между током и напряжением. При плохом сопротивлении микрофон сильно шумит и трещит.

Для правильной работы микрофона необходимо иметь соотношение связей емкостной и индуктивной

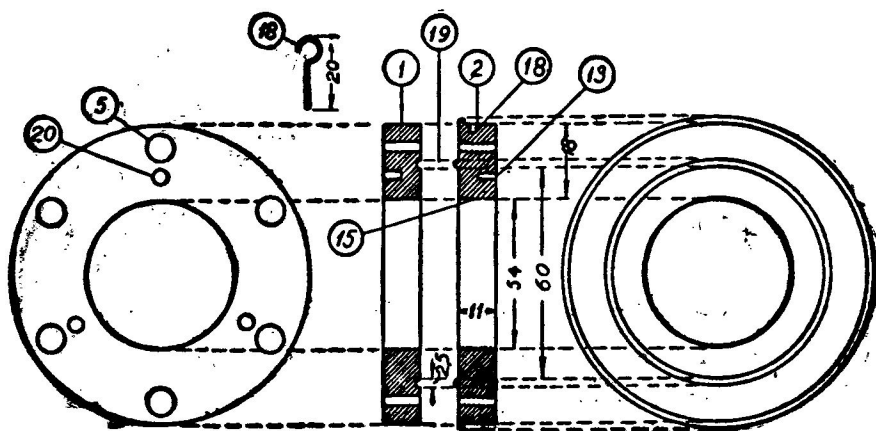


Рис. 16

Technical drawing of a circular mechanical part. The drawing shows a cross-section of a circular component with a central hole. The outer diameter is labeled 57. The inner diameter is labeled 7. The thickness of the material is labeled 5. The drawing includes a section line on the right side, indicating that the part is symmetrical.

Материалом мембраны микрофона служит тонкий алюминиевый толщиной от 0,02—0,04 мм. Алюминий должен быть тщательно прокатан, иметь ровную блестящую поверхность. Если имеется мятый, то можно его выправить, прокатывая резиновыми валиками (фотографическими) на зеркале.

искажения. Вероятный период собственных колебаний мембраны при наличии максимального натяжения, допустимого для данного материала, и наличия воздушного зазора будет иметь некоторую пику в пределах частот 2500—3000 пер/сек.

оставались в полости натяжного конуса (между мембраной и задней стенкой). Наличие таких предметов и перемещение их может быть источником необъяснимых шорохов и тресков.

Для генератора выгодно не всего ставить лампу **МТ-1** (отноволосковую **УТ-1**). Для амортизации ламп нужно или сделать специальные свинцовые колпаки, плотно обхватывающие баллон лампы; или же покрыть лампу толстым слоем резинового клея; ставить нужно вообще лампы с более толстой нитью: хорошо работают лампы **УТ-15**, **УК-30**, которые с значительно большей выходной мощностью микрофона дают меньший микрофонный эффект. Практически же лампа **МТ-1** или **УТ-15**, покрытая резиновым клеем, не дает звона даже при сильных оркестровых исполнениях на расстоянии 5-6 м от микрофона.

тически в пределах от 18 до 20 вольт для МТ-1
и до 10 вольт при УТ-15.

То же надо сказать о детекторной лампе. Напряжение смещения при анодном напряжении в 160 В для лампы УТ-15 равно 40—50 вольт. При $U = 130$ В для МТ-1—40—45 В. Для УТ-15—30—35 В.

1172

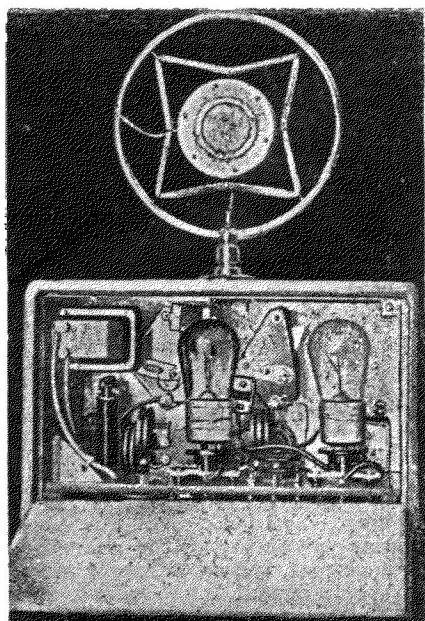


Рис. 21. Микрофонный усилитель, вид сзади

сатора контура C_1 и подбором необходимой связи между контурами генератора и детектора. Контроль резонанса ведут по миллиамперметру в цепи детекторной лампы. Практически рабочая точка устанавливается на половинном значении показания прибора, достигаемого при резонансе. С увеличением связи мощность микрофона возрастает, при уменьшении падает. Кривая рис. 23 показывает изменение напряжения на выходе усилителя от изменения поворота катушки связи в градусах при максимальной мощности микрофона, отрегулированного для каждого градуса поворота катушки связи и при неизменных: частоте 150 пер/сек. $V_a = 160$ В, $V_2 = -13$ В, $V_d = -35$ В, расстоянии до источника звука 2 м.

По кривой видно, насколько сильно увеличивается мощность комплекта микрофона при работе на большой связи между контурами — при работе на срыве колебаний генератора. Работать однако при такой связи нецелесообразно, так как при очень

большой мощности (до 70 раз по напряжению), работа микрофона становится неустойчивой. Мощность его резко меняется от небольших изменений накала и анодного напряжения.

Обычно приходится работать при слабой связи контуров (80—70° на кривой). При такой связи мощность конденсаторного микрофона превосходит мощность угольного микрофона „Рейс“ примерно в 7 и 8 раз по напряжению.

Для уничтожения помех при большом расстоянии от усилителя, все подводящие ток проводники необходимо бронировать, прокладывая их в трубках Бергмана, или же выполняя всю проводку в оцинкованных кабелях.

Проводники, присоединенные к самому микрофону, если длина их не превышает 2 м, могут быть свиты из обычного гибкого шнура без применения специальной брони. Надо лишь следить, чтобы проводник, идущий от зажима низкой частоты, т. е. от разделительного конденсатора детектора, был бы вшит внутри всей системы проводников, которые частично служат защитным экраном от статических воздействий.

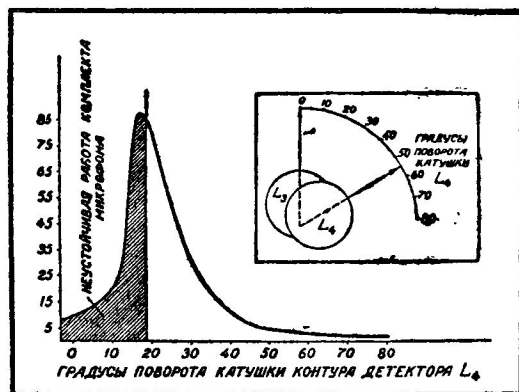


Рис. 23. Кривая зависимости мощности микрофона от угла поворота катушки контура детектора L_4 .

По сравнению с высокочастотным конденсаторным микрофоном Риггера, наличие высокочастотного дросселя-фильтра в описываемой конструкции значительно уменьшает помехи. При подоб-

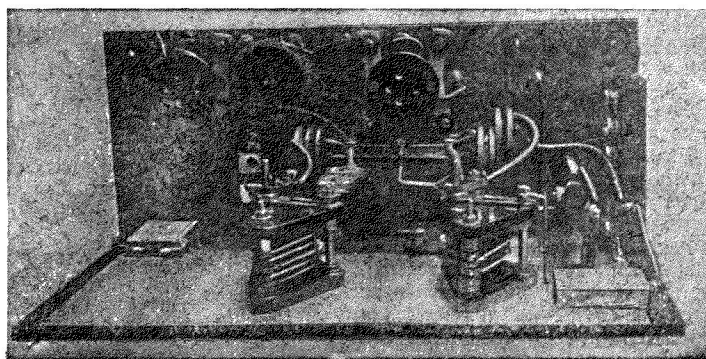


Рис. 22. Монтаж деталей