

# Схемотехника радиопередатчика первого советского спутника.

Комаров Сергей Николаевич, МТУСИ, старший преподаватель,  
город Москва, Россия. E-mail: [komarov@radiostation.ru](mailto:komarov@radiostation.ru)

## Аннотация.

В статье подробно рассмотрены: исходное техническое задание на передатчик первого в мире советского спутника ПС-1, структурная схема, критерии и выбор элементной базы, схемные решения, включая также модулятор и источник электропитания. Подтверждена расчетами верность их выбора. Обращено особое внимание на существующее на то время многообразие выбора радиоламп и не точное соответствие окончательного выбора оговоренным параметрам. Рассмотрены возможные факторы, повлиявшие на выбор, устаревшей на тот момент, радиолампы 2П19Б, впоследствии очень быстро снятой с производства. Приведена существовавшая на то время альтернатива – стержневые радиолампы, по странным причинам, не принявшие участия в рассмотрении. Приведены обоснования в полтора раза более длительной работы передатчика, три недели вместо двух, чем полагалось по ТЗ. Предложена гипотеза, объясняющая нештатную работу модулятора в передатчиках первого и второго спутников.

## Ключевые слова.

Передатчик, спутник, ПС-1, 2П19Б, прибор Д-200, «бип-бип», Королёв, Рязанский, Лаппо.

## Введение.



По прошествии более 60 лет с момента запуска первого в мире внеземного объекта – советского искусственного спутника Земли, хочется уделить должное внимание и уважение разработчикам его радиопередатчика. В 1957 году при многих неизвестных на то время исходных данных, это было, по историческому факту, верное, красивое и изящное инженерное решение, заслуживающее подробного рассмотрения и в наши дни.

«Целью разработки являлось создание бортовой радиостанции первого простейшего искусственного спутника Земли, предназначенной для получения сведений о существовании спутника, для грубой радиопеленгации его, для организации массовых радиолюбительских наблюдений и для изучения распространения радиоволн в ионосфере»[1].

Рассмотрение вопросов распространения радиоволн и выбора основных параметров радиостанции проведено Константином Иосифовичем Грингаузом и Вячеславом Ивановичем Лаппо. Сигнал спутника «бип–бип» придумал Михаил Сергеевич Рязанский.

В. И. Лаппо в январе-марте 1957 года. На фото (рис. 1): Вячеслав Лаппо. Снимок тех лет.

## Основная часть.

### Техническое задание на передатчик первого советского спутника:

- дублированный телеметрический радиопередатчик.
- дублирование канала связи на разных частотах.
- автоматическое включение дублирования по аппаратуре и по каналам передачи сигнала.
- выход из строя одного полуконспекта не должен ухудшать условия работы другого.
- частоты передатчиков КВ - 20 МГц и УКВ - 40 МГц.
- кварцевая стабилизация частоты.
- выходная мощность передатчика каждого полуконспекта не менее 1 Вт.
- антенны передатчика: угловые симметричные диполи с углом раствора от 48 до 70 градусов.
- длина вибраторов диполей УКВ –  $2 \times 0,32 \lambda$  (2,4 м); КВ –  $2 \times 0,193 \lambda$  (2,9 м).
- передаваемая телеметрия: 4 параметра ( $t^\circ < 0^\circ\text{C}$ ;  $t^\circ > 50^\circ\text{C}$ ;  $p < 250$  мм.рт.ст.; падение  $E_p$  на 6%).
- датчики телеметрии: 4 группы контактов (две на замыкание и две на размыкание).
- сигнал предназначен для слухового радиоприема на связные и радиолюбительские приемники.

- сигнал передатчика в эфире должен быть узнаваем на слух в условиях радиопомех.
  - при записи сигнала с приемника на магнитофон телеметрия не должна искажаться.
  - устойчивость против радиации (уровень радиации неизвестен).
  - диапазон рабочих температур от минус 40 до плюс 60°C (на самом деле – неизвестен).
  - атмосфера в гермоконтейнере – сухой азот.
  - давление в гермоконтейнере от 100 до 912 мм рт. ст. Снижение давления из-за утечки газа.
  - постоянные ускорения до 20g, вибрация до 4g в диапазоне частот 20 – 100 Гц.
  - продолжительность работы не менее 14 суток.
  - полный КПД передатчика со всеми вспомогательными цепями и модулятором не менее 14%.
  - источник питания – химические элементы.
- Можно добавить еще пожелание: выходной каскад надо сделать двухтактным, поскольку работает он на симметричные угловые диполи и симметрирование антенн получится автоматически.

### Структурная схема.

В конструкции имеются два радиопередатчика, манипулятор, контакты датчиков телеметрии и источник электропитания. Помимо этого, в контейнере спутника имелся вентилятор, который обеспечивал перемешивание газовой среды, поскольку в невесомости конвекция отсутствует, и передатчик бы перегрелся. За счет движения газа внутри гермоконтейнера тепло от передатчика передается на корпус спутника, откуда излучается в пространство.

Структурные схемы обоих передатчиков похожи. В обоих применены задающие генераторы на 20 МГц, затем буферная защита от влияния нестабильности параметров антенны и усилителя мощности на работу задающего генератора. Далее, в УКВ передатчике удвоитель частоты, в КВ передатчике предварительный усилитель. Затем, окончательный усилитель мощности и схема согласования антенны с выходной колебательной системой передатчика (рис. 2).

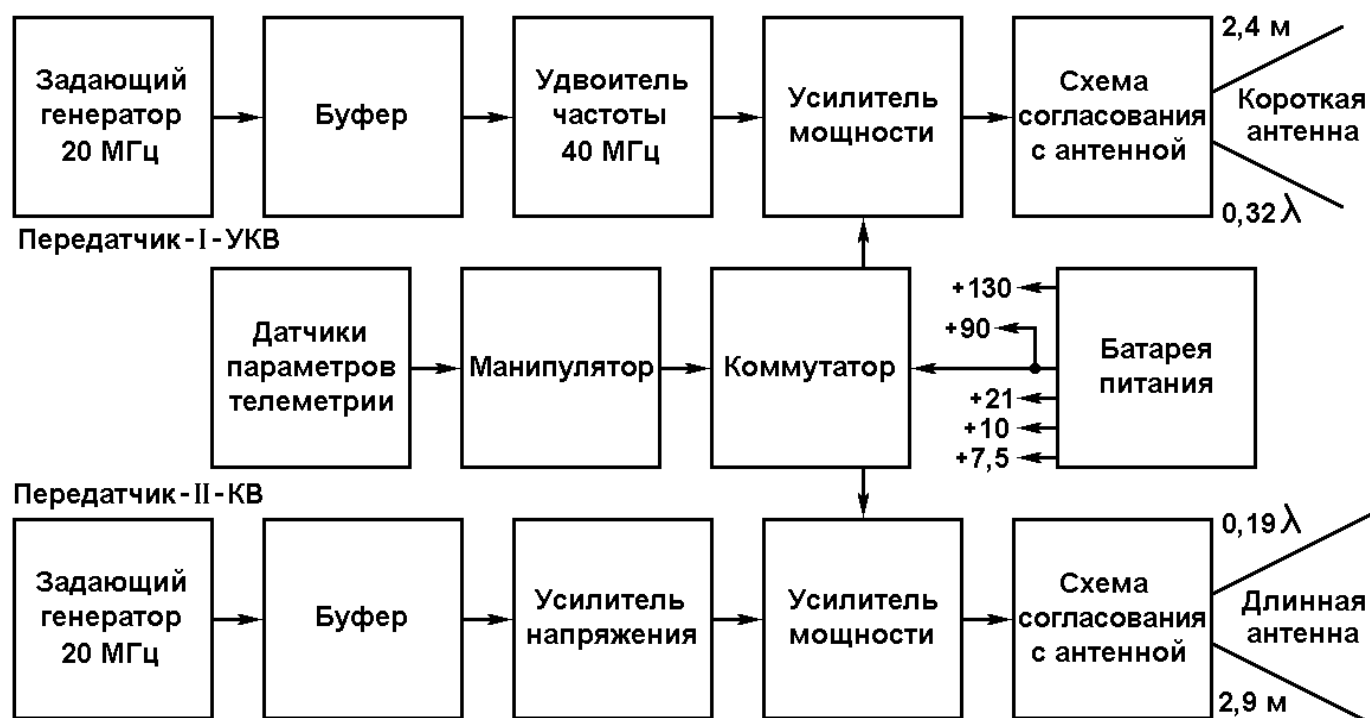


Рис. 2. Структурная схема передатчика.

**Элементная база.** Радиолампы, электромагнитные реле.

Поскольку выпускавшиеся в то время в СССР германиевые кристаллические триоды не могли работать при температуре выше 50°C, а температура внутри спутника была заранее неизвестна, то возможность применения любых полупроводниковых элементов была исключена.

В процессе выбора радиоламп рассматривались несколько вариантов.

- задающий генератор с кварцем и двухтактный усилитель мощности на лампах 6Ж1Б.
- задающий генератор с кварцем и двухтактный усилитель мощности на лампах 2П19Б.
- одноламповая схема с электронной связью с кварцем в цепи экранирующей сетки 6Ж5П.

Радиолампа	2П19Б	6Ж1Б	6Ж5П
Мощность потребл. в цепи накала, Вт	1,44	7,5	5,7
Мощность потребл. в цепи анода, Вт	5 - 6	5 - 6	4
Общее потребление, Вт	7	13	9,7
Мощность в антенне, Вт	1	1	1
Полный КПД, %	14	7 - 8	9 - 10
Относит. мощн. потребл. на накал	21	57	60

При приблизительно одинаковой энергетике по цепи анода, решающее значение имеет потребление по цепи накала. Наиболее экономичными оказались радиолампы 2П19Б (рис. 3, 4).

МАЛОМОЩНЫЙ ГЕНЕРАТОРНЫЙ ПЕНТОД	<b>2П19Б</b>	<b>2П19Б</b>	МАЛОМОЩНЫЙ ГЕНЕРАТОРНЫЙ ПЕНТОД																																																												
<p><i>В новых разработках не применять</i></p> <p>По техническим условиям Вр. ЧТУ 01.328.57</p> <p>Основное назначение — усиление мощности и генерирование колебаний высокой частоты.</p> <p>ОБЩИЕ ДАННЫЕ</p> <p>Катод — оксидный прямого накала. Оформление — стеклянное сверхминиатюрное. Вес наибольший . . . . . 5 г</p> <p>СХЕМА СОЕДИНЕНИЯ ЭЛЕКТРОДОВ С ВЫВОДАМИ</p> <div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="margin-right: 20px;"> <p>1 — катод (нить накала) 2 — сетка третья 3 — обрезан или отсутствует 4 — сетка первая 5 — обрезан или отсутствует</p> </div> <div style="margin-left: 20px;"> <p>6 — сетка вторая 7 — катод (нить накала) А — верхний вывод-колпачок — анод</p> </div> </div> <p>ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ДАННЫЕ</p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>Напряжение накала (=)</td><td>2,2 в</td></tr> <tr><td>Ток накала</td><td>не более 70 ма</td></tr> <tr><td>Напряжение анода (=)</td><td>120 в</td></tr> <tr><td>Напряжение сетки:</td><td></td></tr> <tr><td>  второй (=)</td><td>90 в</td></tr> <tr><td>  первой (=)</td><td>минус 5 в</td></tr> <tr><td>  третьей (=)</td><td>0</td></tr> <tr><td>Ток анода</td><td>7,6 ± 2,2 ма</td></tr> <tr><td>Ток сетки второй</td><td>не более 3,5 ма</td></tr> <tr><td>Крутизна характеристики</td><td>не менее 1,7 ма/в</td></tr> <tr><td>Крутизна характеристики при напряжении накала 2 в</td><td>не менее 1,45 ма/в</td></tr> </table>		Напряжение накала (=)	2,2 в	Ток накала	не более 70 ма	Напряжение анода (=)	120 в	Напряжение сетки:		второй (=)	90 в	первой (=)	минус 5 в	третьей (=)	0	Ток анода	7,6 ± 2,2 ма	Ток сетки второй	не более 3,5 ма	Крутизна характеристики	не менее 1,7 ма/в	Крутизна характеристики при напряжении накала 2 в	не менее 1,45 ма/в	<p>Напряжение запирающего анодного тока (отрицательное) ○ (=) . . . . . не более 25 в</p> <p>Напряжение виброшумов * . . . . . не более 500 мв (эфф.)</p> <p>Долговечность (при годности 90%) . . . . . 1000 ч</p> <p>Критерий долговечности:</p> <p>  крутизна характеристики . . . . . не менее 1,45 ма/в</p> <p>○ При токе анода 100 мка. * На сопротивлении в цепи анода 10 ком, при вибрации с частотой 50 гц и ускорением 6 г.</p> <p>МЕЖДУЭЛЕКТРОДНЫЕ ЕМКОСТИ</p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>Входная</td><td>не более 4,5 пф</td></tr> <tr><td>Выходная</td><td>не более 7 пф</td></tr> <tr><td>Проходная</td><td>не более 0,03 пф</td></tr> <tr><td>Анод-катод</td><td>не более 0,05 пф</td></tr> </table> <p>ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ДАННЫЕ</p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>Напряжение накала (=):</td><td></td></tr> <tr><td>  наибольшее</td><td>2,5 в</td></tr> <tr><td>  наименьшее</td><td>1,8 в</td></tr> <tr><td>Наибольшее напряжение анода (=)</td><td>200 в</td></tr> <tr><td>Наибольшее напряжение сетки второй (=)</td><td>130 в</td></tr> <tr><td>Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом</td><td>1 вт</td></tr> <tr><td>Наибольшая мощность, рассеиваемая сеткой второй</td><td>0,35 вт</td></tr> <tr><td>Наибольший ток катода</td><td>15 ма</td></tr> <tr><td>Наибольшее время эксплуатации при напряжении накала 1,8—2 в</td><td>300 ч</td></tr> <tr><td>Наибольшее время эксплуатации при напряжении накала 2,4—2,5 в</td><td>200 ч</td></tr> </table> <p>УСТОЙЧИВОСТЬ ПРОТИВ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ</p> <table style="width: 100%;"> <tr><td>Температура окружающей среды:</td><td></td></tr> <tr><td>  наибольшая</td><td>плюс 70° С</td></tr> <tr><td>  наименьшая</td><td>минус 60° С</td></tr> <tr><td>Относительная влажность при температуре 20° С</td><td>95—98%</td></tr> <tr><td>Виброустойчивость</td><td>6 г</td></tr> </table> <p>Гарантийный срок хранения в складских условиях . . . . . 4 года</p>		Входная	не более 4,5 пф	Выходная	не более 7 пф	Проходная	не более 0,03 пф	Анод-катод	не более 0,05 пф	Напряжение накала (=):		наибольшее	2,5 в	наименьшее	1,8 в	Наибольшее напряжение анода (=)	200 в	Наибольшее напряжение сетки второй (=)	130 в	Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом	1 вт	Наибольшая мощность, рассеиваемая сеткой второй	0,35 вт	Наибольший ток катода	15 ма	Наибольшее время эксплуатации при напряжении накала 1,8—2 в	300 ч	Наибольшее время эксплуатации при напряжении накала 2,4—2,5 в	200 ч	Температура окружающей среды:		наибольшая	плюс 70° С	наименьшая	минус 60° С	Относительная влажность при температуре 20° С	95—98%	Виброустойчивость	6 г
Напряжение накала (=)	2,2 в																																																														
Ток накала	не более 70 ма																																																														
Напряжение анода (=)	120 в																																																														
Напряжение сетки:																																																															
второй (=)	90 в																																																														
первой (=)	минус 5 в																																																														
третьей (=)	0																																																														
Ток анода	7,6 ± 2,2 ма																																																														
Ток сетки второй	не более 3,5 ма																																																														
Крутизна характеристики	не менее 1,7 ма/в																																																														
Крутизна характеристики при напряжении накала 2 в	не менее 1,45 ма/в																																																														
Входная	не более 4,5 пф																																																														
Выходная	не более 7 пф																																																														
Проходная	не более 0,03 пф																																																														
Анод-катод	не более 0,05 пф																																																														
Напряжение накала (=):																																																															
наибольшее	2,5 в																																																														
наименьшее	1,8 в																																																														
Наибольшее напряжение анода (=)	200 в																																																														
Наибольшее напряжение сетки второй (=)	130 в																																																														
Наибольшая мощность, рассеиваемая анодом	1 вт																																																														
Наибольшая мощность, рассеиваемая сеткой второй	0,35 вт																																																														
Наибольший ток катода	15 ма																																																														
Наибольшее время эксплуатации при напряжении накала 1,8—2 в	300 ч																																																														
Наибольшее время эксплуатации при напряжении накала 2,4—2,5 в	200 ч																																																														
Температура окружающей среды:																																																															
наибольшая	плюс 70° С																																																														
наименьшая	минус 60° С																																																														
Относительная влажность при температуре 20° С	95—98%																																																														
Виброустойчивость	6 г																																																														
Январь 1967	НИИ	Лист 1 Январь 1967	НИИ																																																												

Рис. 3. Параметры радиолампы 2П19Б.

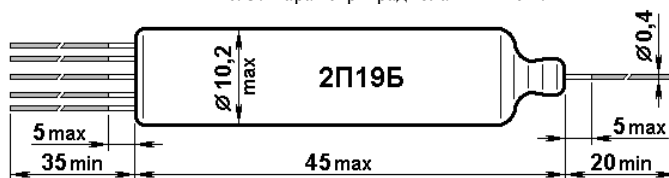


Рис. 4. Установочные размеры радиолампы 2П19Б.

Однако, если пересчитать мощности накала ламп передатчика, то совпадают не все числа:

Для 6Ж5П:  $6,3 \times 0,45 \times 2 = 5,67$  Вт. — Совпадает с числом в таблице 5,7.

Для 6Ж1Б:  $6,3 \times 0,2 \times 6 = 7,56$  Вт. — Совпадает с числом в таблице 7,5.

Для 2П19Б:  $2,2 \times 0,07 \times 6 = 0,924$  Вт. **Не совпадает!** Вопрос: зачем заложили в таблицу увеличенное значение мощности накала в 1,56 раза? — Похоже, этот «спрятанный» запас, может быть

рассчитан, под более мощную радиолампу. Номенклатура выпускавшихся в то время миниатюрных и сверхминиатюрных радиоламп не велика и, имея справочники тех лет [12, 13] пересмотреть все радиолампы не сложно. Число 1,44, указанное в таблице, будучи поделенным на 6 радиоламп дает значение 0,24 Вт. Если предположить, что напряжение накала радиолампы 2,4 вольта (стандартное напряжение для многих радиоламп 2-х вольтовой серии, ориентированных на питание от

двух банок щелочных кадмиево-никелевых аккумуляторов), тогда ток накала составит 100 мА. Просмотр справочников указывает на стержневую радиолампу 2П5Б. У неё разброс тока накала 80 – 105 мА. Совпадает со значением, указанным в таблице для радиолампы 2П19Б.

В лаборатории, где разрабатывался передатчик, в то время имелись стержневые радиолампы (разработка Валентина Николаевича Авдеева начала 50-х годов), и эксперименты с ними проводились. По своей экономичности (ток экранной сетки в 12 – 15 раз меньше тока анода), ударопрочности, долговечности, технологичности, серийнопригодности и дешевизне они сильно превосходили лампы 2П19Б с классическими витыми сетками. Даже имелись опытные стержневые радиолампы (еще не получившие обозначения) с выходной мощностью более 4 Вт и стержневой структурой, аналогичной 1П24Б, но в полтора раза больших размеров (были найдены в 1986 г. в старой лабораторной кассе устаревших радиодеталей того времени) – см. рис. 5, внизу. По какой причине стержневые радиолампы не приняли участия в разработке этого передатчика, неизвестно. А вот теперь, как бы выглядела табличка выбора, если бы в ней присутствовали стержневые радиолампы.

Радиолампа	2П19Б	<b>1П5Б</b>	2П5Б	<b>1Ж29Б</b>	<b>1П22Б</b>	1П24Б 2т	1П24Б 1т
Макс. мощность, рассеиваемая анодом	1,2	<b>1,7</b>	2,3	<b>1,2</b>	<b>2</b>	2,5	2,5
Мощность потребл. в цепи накала, Вт	0,924	<b>0,864</b>	1,332	<b>0,446</b>	<b>0,792</b>	1,836	1,224
Мощность потребл. в цепи анода, Вт	5 - 6	<b>4 - 5</b>	4 - 5	<b>4 - 5</b>	<b>4 - 5</b>	4 - 5	4 - 4,5
Общее потребление, Вт	6,5	<b>5,4</b>	6	<b>5</b>	<b>5,3</b>	6,3	5,5
Мощность в антенне, Вт	1	<b>1</b>	1	<b>1</b>	<b>1</b>	1	1
Полный КПД, %	15,4	<b>18,5</b>	16,7	<b>20</b>	<b>18,9</b>	15,9	18,2
Относит. мощн. потребл. на накал, %	14,2	<b>16</b>	22,2	<b>8,9</b>	<b>14,9</b>	29,1	22,3
Максимальный ток катода, мА	15	<b>18</b>	25	<b>8</b>	<b>10</b>	25	25
Эффективность катода $I_k/P_{H1}$ , мА/Вт	97,4	<b>125</b>	112,6	<b>107,6</b>	<b>75,7</b>	81,7	81,7

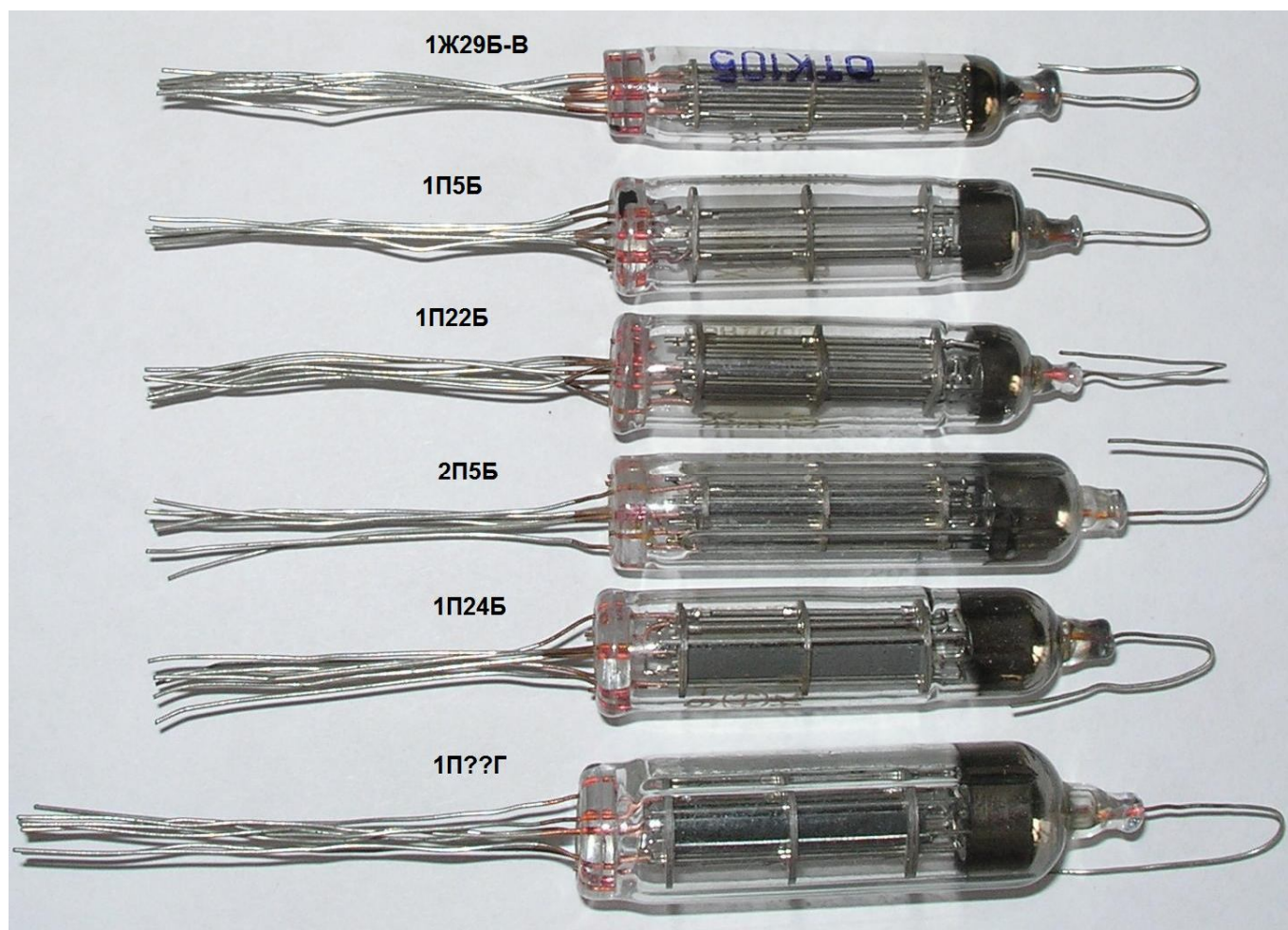


Рис. 5. Внешний вид стержневых радиоламп, предназначенных для радиопередатчиков.

Поскольку мощность радиолампы 1П24Б для двухтактной схемы под эту задачу явно избыточна, то во второй колонке (1т) рассмотрен вариант использования её в одноконтурной схеме

усилителя мощности и, таким образом в передатчике число радиоламп сократилось с 6-и до 4-х. Соответственно, улучшилась и энергетика.

Из приведенной таблицы следует, что абсолютным лидером в выборе по приведенным критериям является 1Ж29Б. Вслед за ней следуют более мощные лампы 1П22Б и 1П5Б. Если по поводу радиоламп двадцатой серии есть вопрос, выпускались ли они в конце 1956 года, то 1П5Б и 2П5Б выпускались точно. И 2П19Б сильно проигрывает стержневой 1П5Б и по накалу, и по цепи высокого напряжения, если учесть токи экранных сеток.

Создается впечатление, что радиолампа 2П19Б была выпущена малой партией специально под передатчики первых спутников. Похоже, что таким образом какое-то ламповое предприятие «перехватило» финансирование, а после проведения ОКР и сдачи опытных образцов закрыло тему. На эту мысль наталкивают такие факты. 1. По схемам передатчиков видно, что лампа 2П19Б под данную задачу слабовата (впритык), и из неё буквально «выжимают» требуемый 1 ватт, - даже на защитную сетку в выходном каскаде подают положительное напряжение 10 вольт, когда обычно она соединяется в катодом. – «Ну, милая, ну, голубушка, ну, еще немного увеличь амплитуду импульса анодного тока!» И всё равно, по протоколам испытаний мощность некоторых экземпляров передатчиков достигает лишь 0,7 Вт. 2. В многотомном обновляемом справочнике для НИИ от января 1967 года на титульном листе радиолампы написано: «В новых разработках не применять». Такие записи лишь через десять лет после выпуска радиоламп, в СССР никогда не украшали титульную страницу справочных данных. Разработали, потратились и сразу сняли с производства? В СССР так не делали. Хотя, есть один нюанс. Дело в том, что в 1965 году в оборонной промышленности было принято решение о запрете перспективных разработок на радиолампах. И под него попали почти все приемно-усилительные лампы. Однако, в справочных данных на радиолампы 1П5Б и 2П5Б такой надписи на титульном листе нет, даже от ноября 1970 года. 3. В справочнике не приводятся характеристики 2П19Б. – А зачем, если это ОКР – отдали миллиметровки с характеристиками каждого образца напрямую разработчикам, и нечего морочиться с подготовкой к публикации. Вот только зачем тогда официальное «имя» 2П19Б для радиолампы получали? 4. В том же справочнике указано, что радиолампа изготовлена «По техническим условиям Вр. ЧТУ 01.328.57». Если начало разработки передатчика – январь 1957 года, то, похоже, что Временные частные технические условия 57 года были утверждены тютелька в тютельку сразу после нового 1957 года. И «пирожки» 2П19Б, с пылу, с жару, испекли прям под нужную разработку. Такое в «оборонке» бывает часто. 5. Использование 2П19Б в передатчике было безальтернативным. Состав альтернативных предложений (радиолампы 6Ж1Б и 6Ж5П, приведённые в отчете) явно проигрышный, - и рассматривать не надо, поскольку говорить об экономичности ламп с косвенным накалом по сравнению с прямонакальными, не корректно. 6. В то время существовали прямонакальные радиолампы, на которых делались батарейные радиоприемники, в том числе и специального назначения: 2ПП, к примеру, и первые мощные стержневые радиолампы тоже никто не отменял: 1П5Б, 2П5Б. Судя по их номерам, это были более ранние разработки. 7. А, может быть, директору какого-то вакуумного НИИ нужно было отодвинуть Авдеевские стержневые радиолампы и выставить свое предприятие, «благо» Авдеев далеко – в Новосибирске.... В те времена подобная борьба шла очень жестокая... Если такое допустить, то «нестыковки» стыкуются....

Увеличение потребляемой мощности в цепи накала в таблице сравнения радиоламп с 0,924 до 1,44 Вт, которое повлияло на выбор минимального КПД передатчика – 14% в окончательном ТЗ, может быть объяснено, например, так: Столкнувшись с тем, что выходной каскад на 2П19Б еле-еле дотягивает до нужной выходной мощности, на всякий случай заложили запас мощности накала для того, чтобы в случае неудачи применить более мощную 2П5Б, мощность накала у шести штук которых лежит в пределах от  $2,4 \times 0,08 \times 6 = 1,152 \text{ Вт}$  до  $2,4 \times 0,105 \times 6 = 1,512 \text{ Вт}$  (из-за разброса тока накала). При типовом токе накала 0,1 А, как раз получается число 1,44 Вт. Так, может быть, тогда же и было написано ТЗ на более экономичную 1П5Б, сделать которую из 2П5Б большого труда не составляло, и номер разработки оставить тот же, поменяв лишь цифру напряжения накала - ??? Но почему-то разработчики спрятали эту «закладку» от постороннего (иешнженерного) взгляда..... А 1П5Б, всё-таки родилась и пошла в серию, но, не будучи ложкой, почему-то не успела «к обеду»... Ну, и, приведённые расчёты развеивают миф, что якобы, на первом спутнике летала и работала радиолампа 1П24Б. Не могло этого быть. Накал у неё излишне мощный. Энергии аккумулятора на неё не хватило бы. Избыточна она под такую задачу.

А, может быть, стержневые радиолампы все-таки летали на первом спутнике (2П5Б или 1П5Б)? Не знаю. Скорей всего – всё-таки, нет. Достоверность отчёта трудно ставить под сомнение. Но что-то тут точно не так... Очень похоже, что к инженерным решениям было подмешано что-то ещё...

### Принципиальная схема.

Поскольку статья историческая, при начертании принципиальных схем применена реконструированная графика конца 50-х, начала 60-х годов (по ГОСТ 7624-55 и ГОСТ 7624-62).

Ссылка на источник графических обозначений: <http://www.radiostation.ru/home/usilitel-gfx.html>

### УКВ передатчик.

Построен по классической схеме того времени (рис. 6).

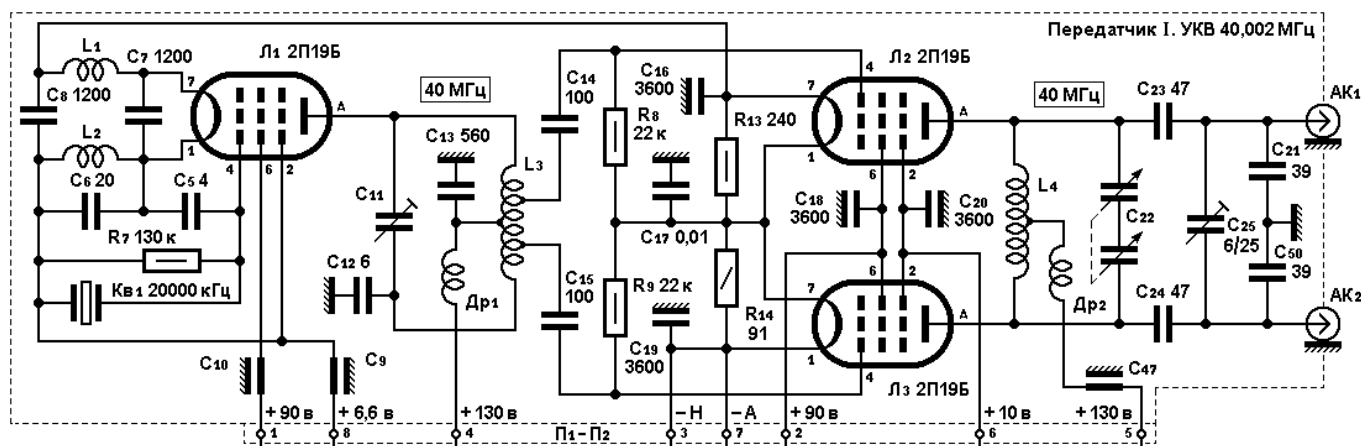


Рис. 6. УКВ передатчик. Схема электрическая принципиальная.

Первый каскад собран по схеме Шембеля, где на одном пентоде реализуются три функциональных узла: задающий генератор, буфер и удвоитель частоты. Задающий генератор собран по схеме емкостной трёхточки в сеточной цепи лампы, с кварцем в контуре, и с заземленным анодом. Схема, в которой кварц выполняет функцию контурной индуктивности, позволяет подстраивать частоту генерации с помощью подборного конденсатора  $C_5$ ; и, несмотря на то, что частота кварца точно равна 20 000 кГц, частота УКВ передатчика (вторая гармоника) установлена 40 002 кГц. Роль анода автогенератора выполняет экранирующая сетка. Буферная развязка осуществляется за счет связи автогенератора с анодной цепью через электронный поток. В анодной цепи пентода установлен симметричный параллельный колебательный контур  $L_3$ ,  $C_{11}$  с заземленной средней точкой (средний отвод катушки  $L_3$ ). Анодное питание лампы подается в среднюю точку катушки через дроссель  $Др_1$ . Симметрия колебательного контура достигается с помощью конденсатора  $C_{12}$ , установленного в противовес выходной емкости лампы. Таким образом, в противоположных точках контура получаются противофазные напряжения, для возбуждения двухтактного выходного каскада. Связь контура с сеточными цепями выходного каскада осуществляется через боковые отводы катушки  $L_3$  и разделительные конденсаторы  $C_{14}$  и  $C_{15}$ . Точная установка амплитуды возбуждающих напряжений и постоянство нагрузки колебательного контура достигается подбором номиналов сопротивлений автосмещения за счет сеточного тока выходных радиоламп  $R_8$  и  $R_9$ .

Двухтактный выходной каскад усиления мощности. Классическая схема. Для более полного использования радиоламп по импульсу ВЧ тока, на их третьей сетке подается положительный потенциал 10 вольт, меньший, чем  $e_{a-min}$ , чтобы сетка могла успешно выполнять свою защитную антидинактронную функцию. Ослабление тормозящего поля для электронов между экранной и защитной сетками генераторного пентода изменением потенциала защитной сетки с 0 до +10 вольт оказывает небольшое влияние на анодный ток, и может использоваться как крайняя мера, когда выбранная радиолампа не дотягивает по амплитуде импульса анодного тока и надо чуть-чуть его увеличить. Ну, когда уже ничего иного не остается.

В анодной цепи выходного каскада установлен симметричный параллельный колебательный контур  $L_4$ ,  $C_{22}$ . Для исключения скользящего контакта в цепи контурного тока, применён дифференциальной переменной конденсатор  $C_{22}$  с неподключенным ротором. Питание в цепь анодов выходных ламп подается в среднюю точку катушки  $L_4$ , через дроссель  $Др_2$ .

Через конденсаторы связи  $C_{23}$  и  $C_{24}$  к контуру подключена схема согласования с антенной. Она представляет собой симметричный регулируемый емкостной делитель напряжения. Для ан-

тенны  $AK_1$  делитель состоит из конденсаторов  $C_{23}$  и  $C_{21}$ , для  $AK_2$  – из конденсаторов  $C_{24}$  и  $C_{50}$ . Подстроечный конденсатор  $C_{25}$  регулирует точную степень связи контура с симметричной антенной. Для колебательного контура емкостной делитель представляет собой дополнительную емкость, и резонанс в контуре настраивается итерационно, попеременно с регулировкой связи с антенной. Замыкание обратной цепи анодного тока на «землю» происходит в средней точке выходных конденсаторов  $C_{21}$  и  $C_{50}$ .

Выбор емкостной схемы согласования на выходе УКВ передатчика обусловлен входным сопротивлением антенны  $AK$ , имеющей электрическую длину на рабочей частоте  $0,32\lambda$  (длиннее  $\lambda/4$ ) и, соответственно реактивную часть входного сопротивления индуктивного характера. Таким образом, емкостная цепь согласования не только обеспечивает трансформацию активной части входного сопротивления антенны в цепь анода к оптимальному значению анодной нагрузки, но и компенсирует реактивность антенны.

### КВ передатчик.

Выполнен по аналогичной схеме (рис. 7).

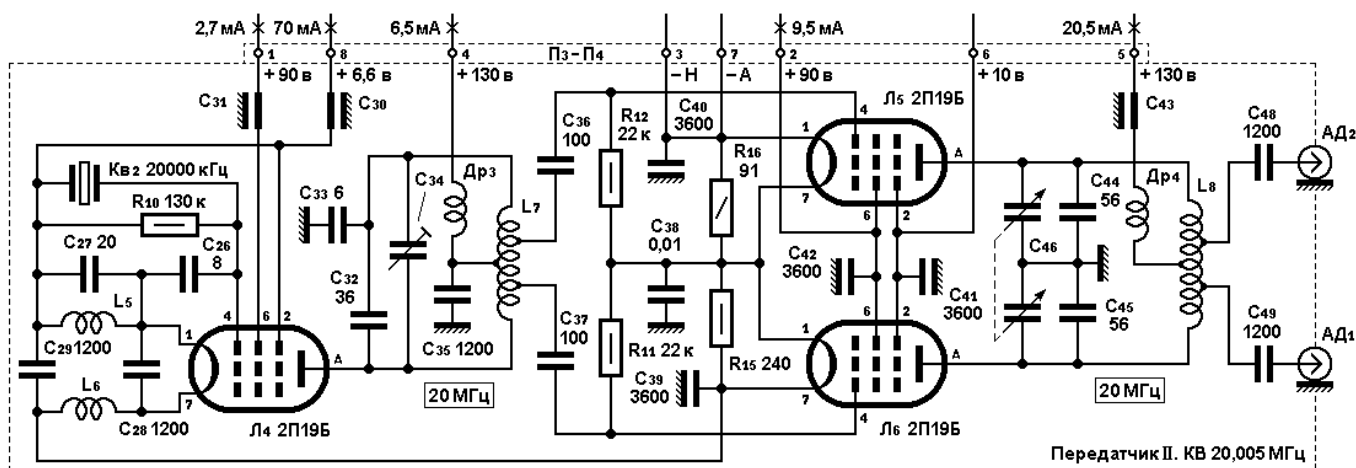


Рис.7. КВ передатчик. Схема электрическая принципиальная.

Различия: Подборным конденсатором  $C_{26}$  частота работы автогенератора выставлена 20 005 кГц. Анодный контур первого каскада  $L_7$ ,  $C_{34}$ ,  $C_{32}$  настроен на первую гармонику кварца. Поскольку для в два раза более низкой частоты, необходима большая емкость контура, параллельно подстроечному конденсатору  $C_{34}$  включён дополнительный  $C_{32}$ . Аналогично, в выходном контуре  $L_8$ ,  $C_{46}$ ,  $C_{44}$ ,  $C_{45}$ , параллельно секциям переменного конденсатора  $C_{46}$  включены дополнительные  $C_{44}$  и  $C_{45}$ . Ротор переменного конденсатора «заземлён» и замыкание обратной цепи анодного тока происходит непосредственно в средней точке емкостной ветви контура.

Схема согласования с антенной выполнена иначе. Это обусловлено её электрической длиной  $0,193\lambda$  (короче  $\lambda/4$ ) и, соответственно, емкостным характером реактивности. Трансформация активного сопротивления антенны в анодную цепь для достижения оптимальной нагрузки передатчика обеспечивают боковые отводы на контурной катушке  $L_8$ . Перепаивая их положение по виткам можно точно подобрать оптимальную связь с антенной. Компенсация реактивной составляющей антенны осуществляется расстройкой контура (совместной настройкой контура вместе с антенной). Такое схемное решение, ввиду сложности регулировки, неприемлемо для серийных обслуживаемых вещательных и связных передатчиков гражданского назначения, однако широко используется в военной и необслуживаемой космической технике, где настройка производится один раз при изготовлении.

Как видно из схемы, в обоих передатчиках активно применяются в качестве блокировочных проходные и опорные конденсаторы КТПС и КО.

И, пожалуй, последнее по схемам передатчиков. В обоих не используются фильтры гармоник. Это типично для военной и космической техники связи того времени. Выполняется важная государственная задача, а по сему, никому помешать она не может. Все остальное менее важно.

### Цепь накала радиоламп.

В каждом передатчике накалы радиоламп включены последовательно. А цепи накала двух передатчиков – параллельно, и каждая - к источнику питания 7,5 вольт через гасящие резисторы  $R_1$  и  $R_2$ . При такой схеме (рис. 8), при перегорании нити накала любой радиолампы в одном пере-

датчике, отключаются все его радиолампы (все равно этот передатчик вышел из строя), и энергия питания достается полностью другому передатчику.

Поскольку лампы прямоточные, то по выводам накала (катода) протекает не только ток накала, но и ток анода и ток экранной сетки. Соответственно, если не принять схемотехнических мер, то при последовательном соединении накалов, лампы, расположенные в цепи ближе к отрицательному полюсу источника напряжения анода будут работать с перекалом.

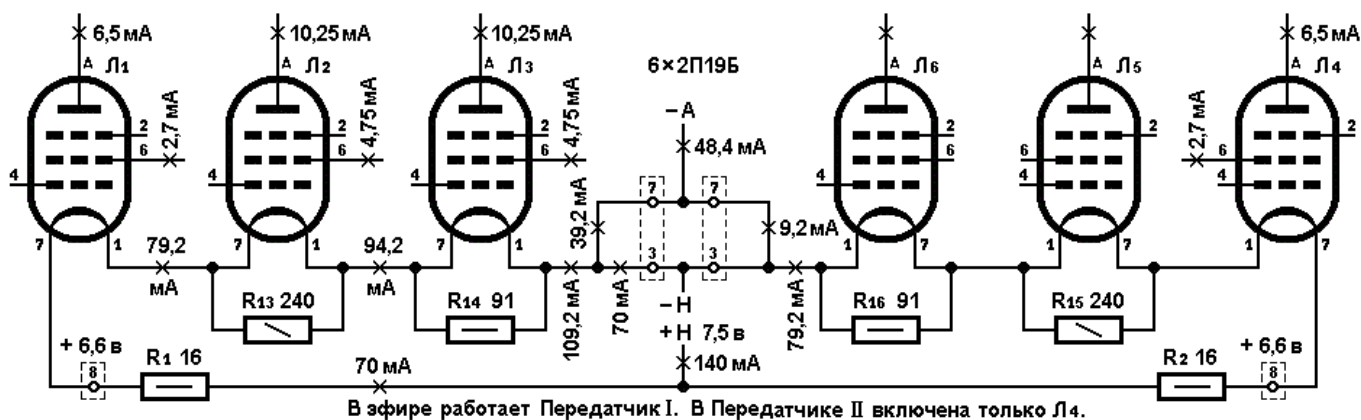


Рис. 8. Цепь накала радиоламп. Схема электрическая принципиальная.

С этой целью в схеме установлены токоотводящие резисторы  $R_{13} - R_{16}$ . Через резисторы  $R_{13}$  и  $R_{15}$  отводятся токи анодных и сеточных цепей ламп  $L_1$  и  $L_4$ . Не трудно проверить, что ток катода  $6,5 + 2,7 = 9,2$  мА отводясь через резистор 240 создает на нем то же самое напряжение накала, то есть  $9,2 \times 0,24 = 2,2$  в. Через резисторы  $R_{14}$  и  $R_{16}$  необходимо отвести токи двух радиоламп  $L_1$  и  $L_2$  через резистор  $R_{14}$  и  $L_4$  и  $L_5$  через резистор  $R_{16}$ . Анодные и сеточные токи ламп  $L_2$  и  $L_5$  составят  $20,5 / 2 + 9,5 / 2 = 15$  мА. И общий ток составит  $9,2 + 15 = 24,2$  мА. Проверяем:  $24,2 \times 0,091 = 2,2$  в. Все правильно. Излишек напряжения питания  $1,55 \times 5 - 6,6 = 1,15$  вольта гасится на резисторах  $R_1$  и  $R_2$ , сопротивлением 16,4  $\Omega$ . Точность номинала этих резисторов определяет номинал напряжения накала радиоламп, от которого зависит их ресурс. По техническим условиям на радиолампы 2П19Б снижение напряжения накала до 1,8 вольта при номинале 2,2 вольта (на 0,4 вольта) приводит к снижению ресурса до 300 часов с гарантированных 1000 часов. Повышение напряжения накала до 2,5 вольт (на 0,3 вольта) приводит к снижению ресурса до 200 часов. По техническому заданию, передатчик должен отработать на орбите две недели, то есть,  $14 \times 24 = 336$  часов. И соблюдение номинального напряжения накала критично для выполнения ТЗ. Поэтому, номиналы резисторов необходимо выдержать точно. И именно поэтому эти резисторы применены собственного производства, что отражено в документации.

Напряжение накала подается на все лампы постоянно через переключки «боевой заглушки» ШЗ-1. Боевая заглушка устанавливается в разъем ШД-2 при отделении спутника от ракеты-носителя.

### Модулятор.

Включает в себя манипулятор, коммутатор и сигнализаторы (контакты датчиков). Манипулятор (рис. 9) представляет собой автоколебательный мультивибратор на поляризованном двухпозиционном, нейтральном реле РПС-4. Времязадающие RC цепи состоят из конденсаторов  $C_1 - C_4$ , сопротивлений обмоток реле  $R_1$  и резисторов  $R_3 - R_6$ ,  $R_{17}$ ,  $R_{18}$ . Ток срабатывания реле 87 - 174 мкА, ток отпускания не нормируется (в районе 22 - 44 мкА), рабочий ток обмотки 1,2 мА, сопротивление каждой обмотки 6500  $\Omega$ . Если на борту все нормально и ни один сигнализатор не сработал, то мультивибратор формирует меандр с длительностью каждого полупериода по 400 мс.

При срабатывании сигнализатора  $t < 0^\circ\text{C}$ , последовательно с резистором  $R_4$  включается  $R_3$ , их общее сопротивление становится 91 к $\Omega$ , постоянная времени RC цепи становится 0,728 с, а длительность полупериода 0,485 с. На слух это воспринимается, как будто «бип» стал немного длиннее, а пауза между «бипами» осталась той же. На другой частоте передатчика – наоборот.

При срабатывании сигнализатора  $t > 50^\circ\text{C}$ , параллельно резистору  $R_4$  включается  $R_{17}$ , их общее сопротивление становится 14,5 к $\Omega$ , постоянная времени RC цепи становится 0,116 с, а длительность полупериода 0,077 с. На слух это будет восприниматься, как будто «бип» стал в пять раз короче, а пауза между «бипами» осталась той же.



Аналогично работают сигнализаторы второго плеча. Поскольку они управляют разными полупериодами, то не влияют друг на друга. Варианты срабатывания двух датчиков одновременно и соответствующие им последовательности импульсов приведены на рисунке.

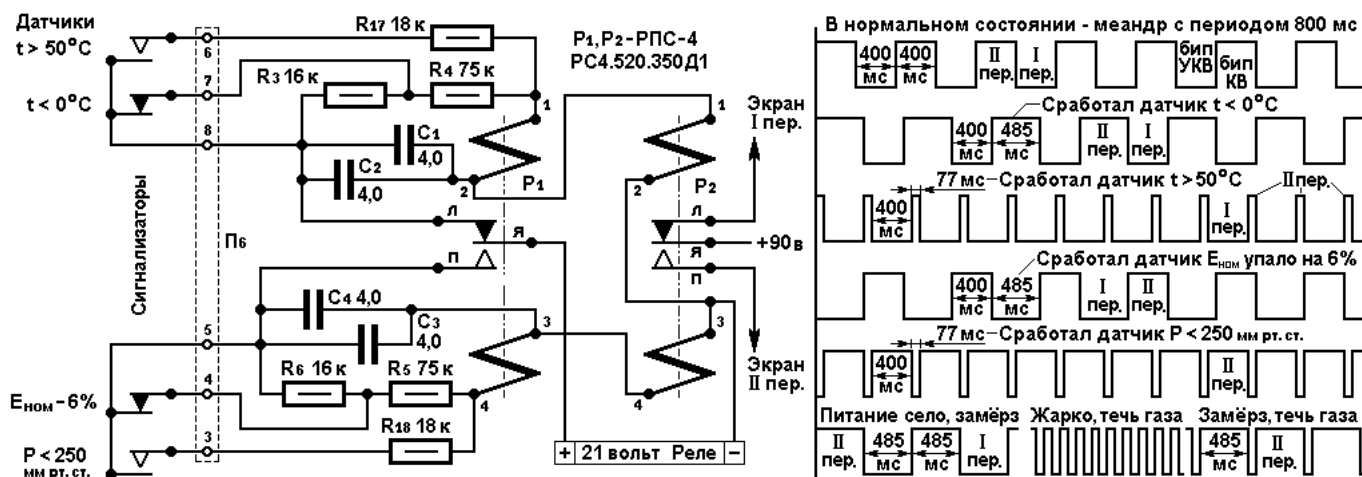


Рис. 9. Модулятор. Схема электрическая принципиальная и временные диаграммы его работы.

Коммутатор представляет собой второе реле РПС-4, соответствующие обмотки которого включены последовательно с конденсаторами мультивибратора, а контактная группа коммутирует питание + 90 вольт цепи экранных сеток выходных каскадов передатчиков. Передатчики работают поочередно, и в эфир на обеих частотах излучается то самое легендарное «бип-бип».

Работа модулятора. В исходном состоянии полагаем, что конденсаторы разряжены (схема Пульс-реле, рис. 10). При подаче напряжения плюс 21 вольт на схему через контакты Я-Л реле Р<sub>1</sub>, импульсным током заряда конденсатора С<sub>1,2</sub> срабатывает верхняя обмотка реле Р<sub>2</sub> и включает в работу II передатчик. По мере заряда конденсаторов ток будет спадать по экспоненте с  $\tau_{зар} = 6,5 \text{ к}\Omega \times 8 \text{ мкФ} = 52 \text{ мс}$ , от значения  $21/6,5 = 3,23 \text{ мА}$ . Когда конденсатор С<sub>1,2</sub> зарядится настолько, что ток через резистор R<sub>4</sub> = 75 кΩ достигнет значения 0,13 мА - срабатывания верхней обмотки реле Р<sub>1</sub> (напряжение на конденсаторе С<sub>1,2</sub> составит  $0,13 \times (75 + 6,5) = 10,6 \text{ В}$  – ровно 50% от 21 В), оно сработает, и своими контактами опрокинет мультивибратор, сняв питание с верхней половины схемы и включив нижнюю половину, через контакты Я-П. Вслед за этим, импульсным током заряда конденсаторов С<sub>3,4</sub> срабатывает нижняя обмотка реле Р<sub>2</sub> и включает в работу I передатчик. При этом начинается заряд конденсатора С<sub>3,4</sub> через нижнюю обмотку реле Р<sub>2</sub> с постоянной времени заряда  $\tau_{зар} = 52 \text{ мс}$ , и одновременно с этим – разряд конденсатора С<sub>1,2</sub> через резистор R<sub>4</sub> и верхнюю обмотку реле Р<sub>1</sub> с постоянной времени  $\tau_p = (75 + 6,5 \text{ к}\Omega) \times 8 \text{ мкФ} = 652 \text{ мс}$ . Когда разница токов обмоток реле Р<sub>1</sub> достигнет 130 мкА, реле вернется в исходное состояние. В установившемся режиме, это произойдет приблизительно через 400 мс (за время, меньшее, чем  $\tau_p$  потому, что конденсатор разряжается не на 63%, а от напряжения 10,6 вольта до  $0,044 \times (75 + 6,5) = 3,6 \text{ вольта}$ , что составляет  $(10,6 - 3,6) / 21 = 33\%$ . При следующих переключениях напряжение заряда конденсаторов будет стремиться к напряжению делителя, образованного резистором R<sub>4</sub> и суммы сопротивлений двух верхних обмоток реле Р<sub>1</sub> и Р<sub>2</sub> (аналогично, в нижней половине схемы).

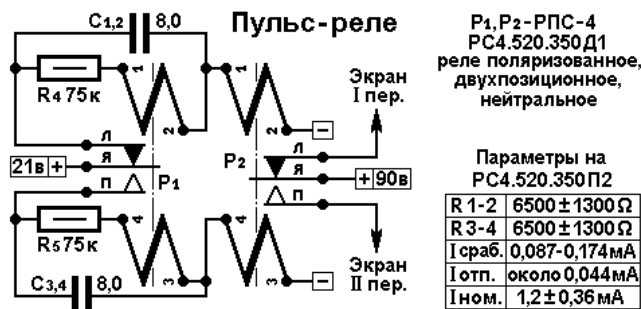


Рис. 10. Принцип работы Пульс-реле.

На схеме видно, что они включены последовательно. Таким образом,  $U_d = 21 \times (75 + 6,5) / (75 + 6,5 + 6,5) = 19,4 \text{ вольта}$ . При этом ток через обмотку реле составит  $19,4 / (75 + 6,5) = 238 \text{ мкА}$ , а ток отпускания (срабатывания в обратную сторону) будет на 130 мкА меньше, то есть,  $238 - 130 = 138 \text{ мкА}$ . И напряжение разряда составит  $138 \times (75 + 6,5) = 11,2 \text{ вольта}$ . Разница между напряжениями  $19,4 - 11,2 = 8,2 \text{ В}$ , что составляет  $8,2 / 21 = 39\%$ , на что должно уйти как раз около 400 мс.

Таким образом, потребление тока от источника питания складывается из двух составляющих: постоянного потребляемого тока через делитель  $21 / (75 + 6,5 + 6,5) = 0,239$  мА, плюс ток переадреса конденсаторов от 11,2 до 19,4 вольта, и происходит коротким трапецеидальным импульсом с амплитудой на фронте  $(21 - 11,2) / 6,5 = 1,51$  мА, на спаде  $(21 - 19,4) / 6,5 = 0,246$  мА, и длительностью  $0,66 \tau_{зар} = 34,3$  мс. Заряд составит  $34,3 \times (1,51 + 0,246) / 2 = 30,1$  мкК. Соотнеся этот заряд к полупериоду колебаний, получим потребление тока на перезаряд конденсаторов  $34,3 / 0,4 = 86$  мкА. Итого, потребление модулятора составит:  $0,239 + 0,086 = 0,325$  мА. Если учесть разброс токов срабатывания реле (в 2 раза) и сопротивления обмоток в  $(6,5 + 1,3) / (6,5 - 1,3) = 1,5$  раза, то ток потребления для наихудшего случая может увеличиться в 3 раза и составить  $0,325 \times 3 = 0,975$  мА. В реальных образцах модуляторов, которые полетели в космос в составе передатчика первого спутника (на основании официального отчёта) мощность потребления модулятора составляла менее 20 мВт при напряжении питания 21 вольт, или  $20 / 21 = 0,95$  мА. Неплохое совпадение расчетов с практикой.

Вроде, совершенно «прозрачная» схема и никаких сюрпризов в ней быть не может. Однако: «В процессе наблюдения за радиосигналами спутника были замечены явления нарушений нормальной работы манипулятора передатчика, заключающиеся в плавном прогрессирующем повышении частоты коммутации передатчиков, закончившемся переходами одного или одновременно обоих передатчиков в режим непрерывной посылки. Повышение частоты коммутации началось с момента выхода спутника на орбиту и за первые 4,5 суток полета достигло 30 – 40%. Совокупность указанных явлений не может быть объяснена какими-либо повреждениями элементов манипулятора радиостанции и до сих пор не нашла достоверного объяснения.

На втором искусственном спутнике Земли ... так же наблюдались явления нарушения нормальной работы схемы коммутации посылок передатчиков, по характеру аналогичные явлениям, отмеченным во время полета первого спутника»[1].

А это либо действительно настоящая загадка, либо составители отчета решили пошутить, заложив очередную «закладку» для размышления потомков! Впрочем, период колебаний такого мультивибратора довольно сильно зависит от тока отпускания реле. А он, в свою очередь, зависит от намагниченности постоянного поляризованного магнита. В 50-е годы XX века еще не было открыто магнитомягких сплавов с сильной остаточной намагниченностью и вращение спутника вокруг постоянного магнита – Земли с удалением и приближением к нему (апогей-перигей) могло вполне спровоцировать его размагничивание, поскольку магнитных экранов у спутника не было. Корпус – из алюминиевого сплава, окружающий передатчик аккумулятор – из пластин серебра и цинка. Корпус передатчика тоже из алюминиевого сплава. Ослабить влияние магнитного поля Земли, нечему.

**Источник электропитания** состоит из двух батарей аккумуляторов (рис. 11) и обеспечивает необходимые напряжения для работы передатчика:

- + 7,5 вольт при токе 140 мА – для питания цепей накала радиоламп.
- + 10,5 вольт при практически нулевом токе для питания цепей защитных сеток.
- + 21 вольт при токе потребления не более 1 мА – для питания релейного модулятора.
- + 90 вольт при токе потребления 14,9 мА – для питания цепей экранных сеток.
- + 130 вольт при токе потребления 33,5 мА – для питания анодных цепей.

Для получения этих напряжений аккумуляторы соединены в две батареи – Батарея Накала и Батарея Анода.

Батарея накала набрана из пяти щелочных, серебряно-цинковых аккумуляторов длительного разряда СЦД-70 емкостью по маркировке 70 ампер-часов (реально – почти в два раза больше), соединенных последовательно, и имеет номинальное напряжение 7,5 вольт. При токе накала 0,14 А она могла бы обеспечить питание передатчика в течение 500 часов. Однако, первоначальная «полка» в кривой разряда с напряжением 1,85 вольт на банку (общее напряжение 9,25 в вместо 7,5), очень быстро выведет из строя радиолампы (что и произошло на испытаниях с одним передатчиком). Поэтому, в батарее применён заведомо более мощный аккумулятор, который перед установкой в спутник подзаряжается на 25% емкости, чтобы напряжение на каждой банке снизилось бы до 1,7 вольт. Оставшихся 75% емкости  $70 \times 0,75 = 52,5$  А\*ч. при разрядном токе 0,14 А будет достаточно для работы передатчика в течение  $52,5 / 0,14 = 375$  часов или 15,6 суток.

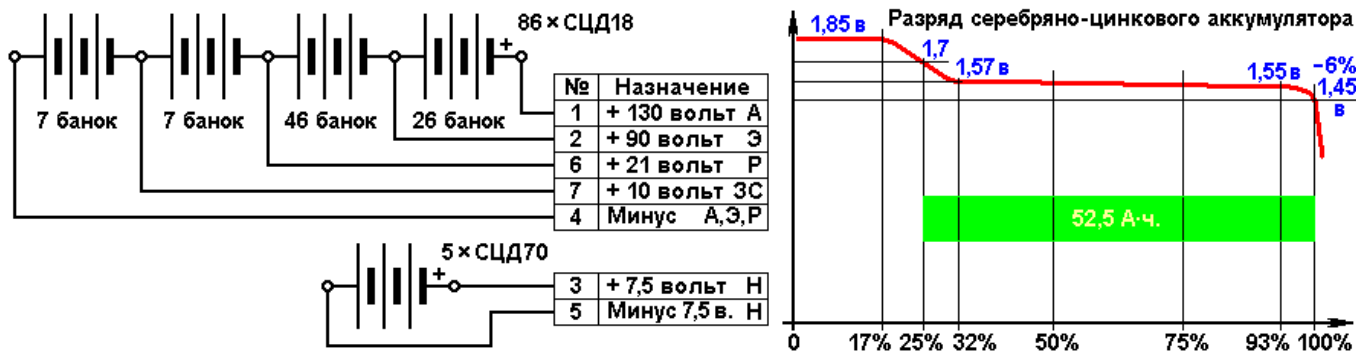


Рис. 11. Источник электропитания. Схема электрическая принципиальная. График разряда серебряно-цинкового аккумулятора.

Батарея Анода и остальных напряжений набрана из 86 аккумуляторов СЦД-18, также соединенных последовательно. Для получения нужных напряжений в батарее имеются отводы: от 7 банок (10,5 вольт); от 14 банок (21 вольт); от 60 банок (90 вольт). Всего в батарее 86 банок и полное номинальное напряжение составляет  $86 \times 1,55 = 133$  вольт. В первые 17% времени работы передатчика питающие напряжения составят: 13; 26; 110; и 160 вольт. Пропорциональное увеличение этих питающих напряжений на 23% не критично для анодных и сеточных цепей радиоламп, ну, разве, что, в эфир будет излучаться в 1,5 раза большая мощность.

Поскольку передатчики I и II (УКВ и КВ) работают поочередно, во время работы передатчика I, в передатчике II работает только лампа задающего генератора Л<sub>4</sub>. Соответственно, лампы Л<sub>5</sub> и Л<sub>6</sub> по цепям анода и экранной сетки ничего не потребляют. Общий потребляемый ток по цепи анода и экранных сеток обоими передатчиками равен сумме токов двух задающих генераторов (Л<sub>1</sub> и Л<sub>4</sub>) и одного выходного каскада (лампы Л<sub>2</sub> и Л<sub>3</sub> или Л<sub>5</sub> и Л<sub>6</sub>). Просуммируем:  $2 \times (6,5 + 2,7) + 20,5 + 9,5 = 48,4$  мА. В следующий такт, между «бип»-ами, - передатчики меняются местами. Напряжение накала подается на радиолампы постоянно с помощью перемычек на «боевой заглушке» ШЗ-1.

При токе разряда  $48,4 + 0,95 = 49,35$  мА время разряда анодной батареи (в расчете на самую разряжаемую группу аккумуляторов) составит:  $18000 / 49,35 = 364,7$  часа или 15,2 суток.

Следует отметить, что фактическая емкость примененных на спутнике аккумуляторов СЦД-18 была не 18, а 30 ампер часов, а у СЦД-70 не 70, а 140, то есть, разработчики аккумуляторов смогли в тот же вес и объем впихнуть двойную емкость! Потому и передатчики проработали в эфире 21 день вместо 14-и по техзаданию. В начале проектирования передатчика разработчики этого еще не знали, и сделали передатчик точно по ТЗ! А аккумуляторщики преподнесли шикарный подарок!

К чести конструкторов, за всё время работы спутника на орбите не было зафиксировано ни одного срабатывания сигнализаторов  $t < 0^\circ\text{C}$ ,  $t > 50^\circ\text{C}$  и  $p < 250$  мм.рт.ст. Спутник не перегрелся, не замерз, и его корпус не разгерметизировался за три недели пребывания в абсолютном вакууме.

## Выводы:

- В результате проведенного исследования развеян бытующий на форумах, в некоторых статьях в интернете и даже в журнале «Радио» [14] миф о том, что стержневые радиолампы, в частности 1П24Б, летали в космос на первом спутнике. Этого не было. Если и могла летать, то лишь радиолампа 1П5Б. Но она тогда по каким-то причинам не успела к данной разработке.

- Исследование возможности применения новой отечественной разработки - стержневых радиоламп в космических передатчиках проводилось и даже эта возможность была заложена в ТЗ на передатчик первого спутника, однако, по неизвестным причинам была применена классическая сверхминиатюрная радиолампа с навитыми сетками 2П19Б. Можно предположить, что, поскольку, тогда шла гонка между СССР и США, за первенство в космосе, то разработчики приняли решение не рисковать, и отправили в космос традиционную радиолампу. Как поведут себя в космосе новые на тот момент, стержневые радиолампы, никто предположить не мог. Соответственно, и взять на себя ответственность, понимая политические последствия, никто не захотел.

- В стержневых радиолампах 20-ой серии, благодаря их высокой экономичности по току экранной сетки, появилась возможность снизить эффективность катода  $I_k/P_{H1}$ , до значения 70 – 80 мА/Вт, против значений 100 – 120 мА/Вт, используемой у радиоламп первого этапа разработки. Благодаря этому удалось увеличить гарантированную долговечность стержневых радиоламп до 5000 часов.

- Радиолампа 2П19Б удовлетворяла разработчиков впритык, без запаса. По таблицам испытаний нескольких экземпляров передатчиков [1] видно, что в процессе испытаний мощность некоторых образцов передатчиков снижалась до 0,7 Вт, что нарушало норму по ТЗ – 1 Вт.

- Положительное напряжение на защитной сетке ламп выходного каскада передатчика указывает на то, что лампы использовались максимально по току катода, что требуется, когда ресурсов радиолампы не достаточно или они находятся на пределе.

- Передатчик первого советского спутника был выполнен высокопрофессионально по классической схемотехнике, типичной для пентодов прямого накала.

- Схемотехническое решение манипулятора передатчиков, формирующего сигнал «бип-бип» выполненное на поляризованных реле, и на сегодняшний день может конкурировать по потребляемой мощности с электронными схемами на логических элементах К-МОП. Ток потребления около 300 микроампер при напряжении питания 21 вольт с учетом тока срабатывания механических реле – это и на сегодняшний день очень высокие параметры.

- Гарантированная (по факту) работа электромагнитных реле в течение более 3-х миллионов срабатываний указывает на высокое качество советской элементной базы.

- Предложена версия решения загадки самопроизвольного увеличения частоты сигналов «бип-бип», наблюдавшейся на первом и на втором спутниках.

- Проведены расчеты и показана оптимальность выбора емкости аккумуляторов по цепям анода и накала и объяснено, почему первый спутник работал в эфире 21 день против 15 дней по расчетам разработчиков.

- Данная статья может быть рекомендована студентам и инженерам, изучающим ламповую схемотехнику. А для некоторых применений ламповая схемотехника по-прежнему актуальна.

- Поскольку на момент разработки передатчика «молодой инженер» В. И. Лаппо был практически ровесником нынешних выпускников бакалавров и магистров, легко сравнить уровень нынешних курсовых и дипломных проектов с уровнем данной разработки, разумеется, переложив её на современную элементную базу. Сравнение явно не в пользу нынешнего образования.

## **Заключение.**

### **4 октября 1957 года вошло в мировую историю, как начало космической эры!**

Время работы в эфире передатчика первого советского спутника с 4 по 25 октября – это знаменательное время, когда можно было бы (символично) проводить мероприятия, посвященные памяти этого события: выставки инженерных и радиолюбительских разработок маломощных радиопередатчиков диапазонов КВ и УКВ, конкурсы по радиоконструированию, семинары и конференции по космической радиосвязи, исторические конференции, посвященные знаменательным датам в развитии радиотехники.

На сегодняшний день подобная теоретическая разработка с использованием современной элементной базы может быть прекрасной курсовой работой по курсу РПДУ, а при самостоятельном изготовлении рабочего образца, хорошим бакалаврским и даже инженерным дипломным проектом для студента радиотехнического ВУЗ-а.

## **Литература.**

1. Отчет о разработке бортовой радиостанции первого советского искусственного спутника Земли /прибор Д-200/. Репринтное издание. © ОАО «Российская корпорация ракетно-космического приборостроения и информационных систем», 2012.
2. Ярослав Голованов. «Королев: Факты и мифы». Издательство "Наука" 1991.
3. В. Петров (В. П. Глушко). Использование искусственного спутника Земли для всемирного телевизионного вещания. «Радио» 1956, № 6, с. 28 - 31.
4. В. Вахнин. Искусственные спутники Земли. «Радио» 1957, № 6, с. 14 – 17.
5. А. Казанцев. Наблюдение за радиосигналами с искусственного спутника Земли и их научное значение. «Радио» 1957, № 6, с. 17 – 19.
6. О. Ржига, А Шаховской. Наблюдение за сигналами искусственных спутников Земли. УКВ приемник. «Радио» 1957, № 7, с. 17 – 20.
7. В. Дубровин. Пеленгационная приставка. «Радио» 1957, № 7, с. 21 – 23.

8. Искусственные спутники, запускаемые в США. «Радио» 1957, № 7, с. 24 - 25.
9. О. Ржига, А Шаховской. Наблюдение за сигналами искусственных спутников Земли. Методика наблюдений. «Радио» 1957, № 8, с. 17 – 19.
10. В. Дубровин. Работа с пеленгационной приставкой. «Радио» 1957, № 8, с. 19 – 20.
11. С. Комаров. Старая добрая графика принципиальных схем. База графических обозначений в двух масштабах. Методика применения. <http://www.radiostation.ru/home/usitel-gfx.html>
12. Д. С. Гурлев. Справочник по электронным приборам. Издание четвёртое, переработанное и дополненное. «Техніка» Киев. 1966.
13. Электровакuumные приборы. Справочник. Научно исследовательский институт. МЭП СССР. Рассылка от января 1967 г.
14. Б. Г. Степанов (RU3AX). Передатчик первого ИСЗ. «Радио» 2013, № 4. стр. 55 – 56.

Полная схема передатчика первого советского спутника (рис 12):

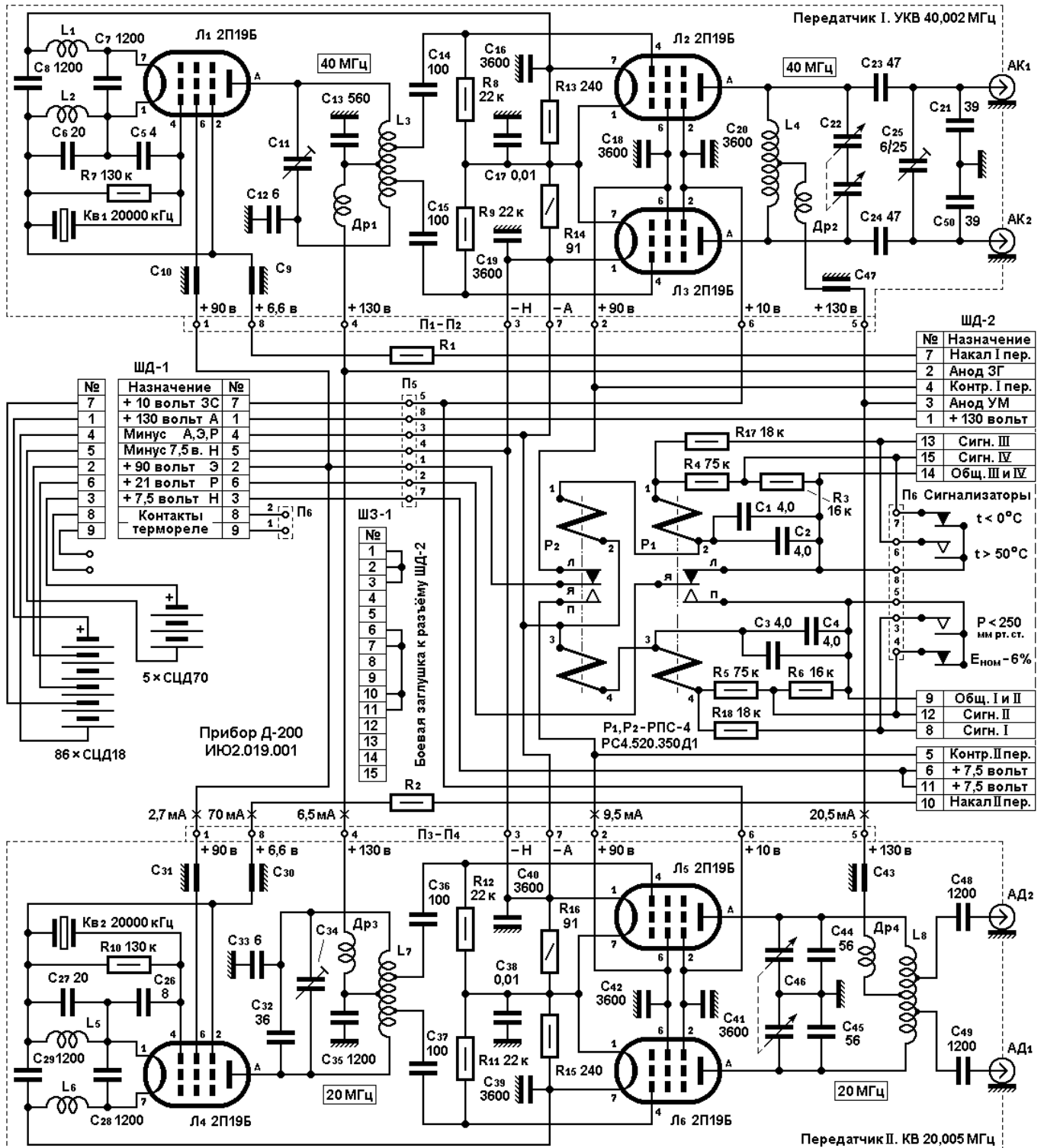


Рис. 12. Прибор Д-200. Схема электрическая принципиальная.

### Дополнение.

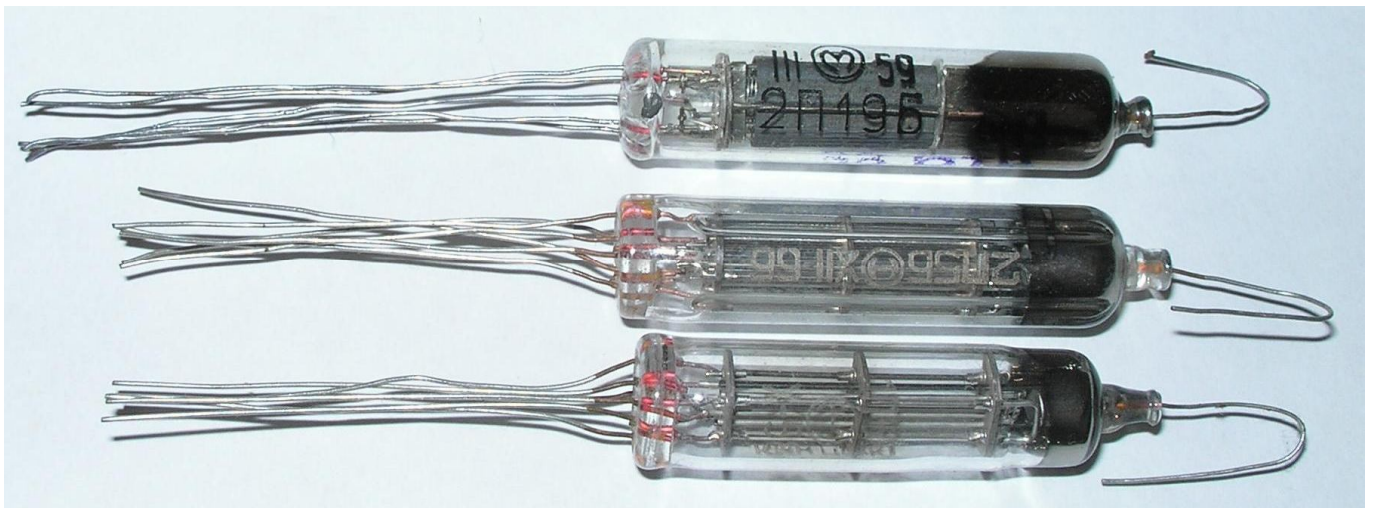
В декабре 2020 года мне удалось найти и приобрести две радиолампы 2П19Б. С хранения, непаяные, совершенно новые и вполне исправные. Изготовленные в марте 1959 года на заводе МЭЛЗ, в Москве. Вот фотография одной из них.



Значит, к запуску спутника делалась не лишь опытная партия, а серийный выпуск этих радиоламп всё-таки был. На снимке чётко видно, что это не стержневая радиолампа, а с навитыми сетками. Вот более крупный план:



Достал из своего заглазника стержневые, Авдеевские, радиолампы тех же времён 2П5Б и 1П5Б и сфотографировал их вместе. Эмблемы МЭЛЗ и Новосибирского завода хорошо видны.



Поскольку МЭЛЗ уже уничтожен и разграблен «эффективными менеджерами», то, вероятно, не удастся найти Временные частные технические условия Вр. ЧТУ 01.328.57, по которым была изготовлена эта радиолампа, и увидеть её типовые характеристики. Впрочем, два экземпляра у меня есть, и можно будет в качестве лабораторной работы по курсу РПДУ поручить какому-нибудь толковому студенту (очень мало таких стало) эти характеристики снять. Практической ценности эта работа уже не будет иметь никакой, а вот, исторически, для радиоинженеров разработчиков будет интересно сравнить характеристики отечественной эксклюзивной 2П19Б, разработанной под конкретную государственную задачу, с серийными радиолампами того времени.