DOI: 10.58168/PBHT2026_207-212
УДК 621

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАДИОПРИЕМНЫХ УСТРОЙСТВ НА ЛАМПАХ И SDR-УСТРОЙСТВ

COMPARATIVE ANALYSIS OF TUBE-BASED AND SDR-BASED RADIO RECEIVERS

Максимова А.А., курсант 3 курса инженерно-технического факультета, Федеральное казенное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский институт Федеральной службы исполнения наказаний России», Воронеж, Россия

Maksimova A.A., 3rd-year cadet of the Engineering and Technology Faculty, Federal Treasury Educational Institution of Higher Education "Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia", Voronezh, Russia

Лубенцов А.В., кандидат географических наук, доцент, профессор кафедры основ радиотехники и электроники, Федеральное казенное образовательное учреждение высшего образования «Воронежский институт Федеральной службы исполнения наказаний России», Воронеж, Россия

Lubentsov A.V., PhD in Geographical Sciences, Docent, Professor of the Radio Engineering and Electronics Fundamentals Department, Federal Treasury Educational Institution of Higher Education "Voronezh Institute of the Federal Penitentiary Service of Russia", Voronezh, Russia

Аннотация. В статье проводится сравнительный анализ двух технологий радиоприема, разделенных более чем столетием: классических ламповых приемников и современных программно-определяемых радиосистем (SDR). Рассмотрены история создания, принципы работы, преимущества и недостатки каждой технологии. Радиолампы, основанные на термоэлектронной эмиссии, сохраняют актуальность в оборонной, космической и музыкальной отраслях благодаря надежности, устойчивости к перегрузкам и особому «теплому» звучанию. SDR-устройства, использующие аналого-цифровое преобразование и программную обработку сигнала, востребованы в радиолюбительстве, телекоммуникациях и научных исследованиях благодаря гибкости, широкому диапазону частот и масштабируемости. Автор приходит к выводу, что технологии не конкурируют, а взаимодополняют друг друга, а выбор определяется конкретными задачами пользователя.

Ключевые слова: радиолампы, SDR, программно-определяемое радиосистемы, сравнительный анализ, радиоприемники, электровакуумные приборы.

Abstract. The paper compares two radio reception technologies separated by more than a century: classical tube receivers and modern software-defined radio (SDR) systems. The history of creation, principles of operation, advantages and disadvantages of each technology are considered. Radio tubes based on thermionic emission remain relevant in the defense, space and music industries due to reliability, resistance to overloads and a special "warm" sound. SDR devices using analog-to-digital conversion and software signal processing are in demand in amateur radio, telecommunications and scientific research due to their flexibility, wide frequency range and

© Максимова А. А., Лубенцов А. В., 2026

scalability. The author comes to the conclusion that technologies do not compete, but complement each other, and the choice is determined by the specific tasks of the user.

Keywords: radios, SDR, software-defined radios, benchmarking, radios, vacuum cleaners.

История радиоприемостроения насчитывает более века, и за это время техническая мысль прошла путь от громоздких детекторных приемников до изящных микросхем, умещающихся на кончике пальца. Однако сегодня на пике интереса радиолюбителей и ценителей качественного звука оказались две технологии, разделенные десятками лет эволюции: классические ламповые приемники эпохи расцвета аналоговой схемотехники и современные программно-определяемые радиосистемы (SDR, Software Defined Radio).

На первый взгляд, эти два подхода представляют собой антиподы. Ламповый тракт — это олицетворение аналоговой непрерывности, теплоты сигнала и философии «прямого» эфира, где каждый каскад можно «почувствовать» физически. SDR же – это торжество цифровой математики, где функции усиления, фильтрации и детектирования выполняются не привычными радиодеталями, а мощными процессорами и сложными алгоритмами.

Актуальность сравнительного анализа этих двух технологий обусловлена не только техническим любопытством. На данный момент мы наблюдаем неповторимый случай, когда ламповые приемники переживают возрождение в сфере Hi-Fi, в то время как SDR стремительно вытесняет традиционные трансиверы в профессиональной и любительской связи, радиомониторинге благодаря своей гибкости и чувствительности.

Цель данной статьи – провести общий сравнительный анализ ламповых радиоприемников и SDR-устройств. Мы рассмотрим их принципиальные архитектурные различия, сравним основные параметры, такие как чувствительность, избирательность, динамический диапазон, а также оценим субъективные факторы восприятия сигнала и удобство эксплуатации. Это позволит не только выявить сильные и слабые стороны каждой технологии, но и понять, насколько верным был выбор в пользу «лампы» или «программного радио» в зависимости от стоящих перед радиолюбителем или слушателем задач.

Радиолампы – электронные приборы, предназначенные для выпрямления тока и усиления. Они представляют собой электроды, размещенные в вакуумных стеклянных емкостях, между которыми интенсивно двигаются электроды [1]. Первое упоминание о развитии электронных ламп в радиотехнике начинается с 1883 года. Томас Эдисон обнаружил явление, которое впоследствии получило название «эффект Эдисона». Суть этого эффекта заключалось в испускании электронов раскаленной нитью накаливания лампочки. Открытие ламп и усовершенствование их другими учеными является важным шагом в развитии радиотехники [2]. Но, не смотря на долгое и массовое использование электровакуумных приборов, со временем ученые и инженеры продолжали развиваться: изучали новые технологии, добивались сделать технику проще и практичнее, ведь применение старого оборудования усложняло работу новых приборов, которые с каждым годом развивались и становились оптимизированными. Даже с появлением транзисторов вытеснить ламповые технологии не получилось, а все из-за того, что в ламповом звуке, как отмечают фанаты, более «теплая», «мягкая» характеристика, нежели у транзисторных усилителей. Преимущества электронных ламп заключается в том, что они более устойчивы к перегрузкам при

превышении расчетного уровня звука и выдают более приятные для слуха гармоники [3]. Как и у любого оборудования, у радиоламп есть ряд плюсов и минусов, которые будут приведены ниже.

Плюсы ламповых усилителей:

- простая и долговечная конструкция;
- устойчивость к высоким температурам;
- устойчивость к перегрузкам;
- приятное и насыщенное звучание;
- красота и стиль.

Минусы:

- требуется прогрев лампы;
- шум при работе;
- высокий расход энергии;
- большие размеры и вес;
- чувствительность к помехам.

Таким образом, можно сказать, что в современном мире люди не смогут отказаться от использования радиоламп, ведь данные технологии являются важной частью во многих приборах, в которых полупроводники не смогут справиться с такими задачами как: работать в экстремальных условиях и выдавать максимальную мощность на высоких частотах. Несмотря на то, что электровакуумные приборы были открыты в 19 веке, они до сих пор показывают отличные результаты во многих сферах, которые важны для развития современного мира. Использование радиоламп в таких областях как: защитная промышленность, авиация и космос доказывает, что данная технология важна нашему миру не меньше, чем другие современные открытия. Электронные лампы ценятся не только за работу в тяжелой технике, но и за приятное звучание в музыкальных приборах. У многих слушателей пользуется спросом не только «мягкое» и «теплое» звучание, но и внешний вид аудиотехники, который признано называть «ретро». Радиолампы показывают, что они смогли справиться со всеми условиям жизни, начиная с работы в экстремальных условиях и заканчивая музыкой.

Следующий момент, который мы рассмотрим в данной статье – SDR-устройства. Данные технологии появились около 20 лет назад и представляли собой радиопередатчик с минималистичным интерфейсом, на котором программа умела воспроизводить AM, FM, USB и LSB, и показывать спектр сигнала [4]. Но что же на самом деле такое SDR-устройство? С английского SDR – это программно-определяемая радиосистема, которая является радиопередатчиком и (или) радиоприёмником, использующим технологию, позволяющую с помощью программного обеспечения устанавливать или изменять рабочие радиочастотные параметры, включая, в частности, диапазон частот, тип модуляции или выходную мощность [5]. Важный аспект данного устройства заключается в том, что оно работает и выполняет обработку цифрового сигнала благодаря обычному персональному компьютеру. Если капнуть глубже и узнать более подробно, как работают такие устройства, то узнаем, что нам потребуется не только компьютер, а еще антенна и специальная микросхема. Суть данной

модели заключается в том, что антенна ловит радиоволны, аналогово-цифровой преобразователь превращает волны в поток чисел, а компьютер из этих чисел выделяет нужную частоту математическим фильтром, определяет тип модуляции по форме сигнала, убирает помехи алгоритмами шумоподавления. Есть еще один важный параметр – это тип подключения SDR. Большинство устройств подключается через USB, но есть модели и с LAN-портом. Данное подключение может быть удобно для удаленного приема или передачи. Но, как и у всех технологий у программно-определяемой радиосистемы есть свои преимущества и свои недостатки.

Первым делом мы рассмотрим преимущества данной модели:

- гибкость и многозадачность;
- поддержка открытых инструментов;
- широкий диапазон частот и полос пропускания;
- масштабируемость;
- экономическая эффективность;
- упрощённое обслуживание и обновления.

Следующими пунктами мы рассмотрим отрицательные факторы данной системы:

- ограниченный динамический диапазон;
- сложность написания программного обеспечения;
- проблемы с взаимодействием между аналоговыми и цифровыми модулями;
- ограничения АЦП;
- стоимость;
- стационарная работа.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что SDR – это устройства, которые объединяют в себе цифровые технологии и радиотехнику. Программно-определяемые радиосистемы стали явным этапом эволюции в радиосвязи. Данные устройства помогли упростить работу, для получения результата не требуется огромная сумма денег, понадобится обычный персональный компьютер, на котором мы сможем написать код. Все это дает огромные возможности, ведь всего одно устройство может слушать авиадиспетчеров, ловить спутники или анализировать сигналы с датчиков. Несмотря на недостатки этой модели, SDR всё-равно является востребованным инструментом в радиолюбительстве, телекоммуникациях и исследованиях.

Несмотря на то, что технологии радиоламп и SDR-устройств были открыты в разные эпохи, с разницей более 100 лет, эти приборы не утратили своей актуальности, ими продолжают пользоваться в различных сферах деятельности. Сравнивая эти технологии, можем увидеть, что радиолампы являются аналоговыми приборами, а SDR-цифровыми. Это первое и самое важное отличие между ними, ведь нам придется сравнить разные типы сигналов. Принцип работы электронных ламп заключается в управлении потоком электронов в вакууме, в то время как программно-определяемые радиосистемы преобразовывают аналоговый сигнал в цифровой. Продолжая наше исследование, можно заметить, что даже области применения сильно различаются, начиная с тяжелой промышленности и заканчивая телекоммуникациями и научными исследованиями. SDR-устройства являются гибкими системами, для них не требуется время для прогревания в отличии от радиоламп. Но и у

электровакуумных ламп есть свои плюсы, они устойчивы к высоким температурам и перегрузкам, способны генерировать сигналы огромной мощности на сверхвысоких частотах. Сравнивая две технологии, можно сказать, что это разные технологические модели, которые не конкурируют между собой, а дополняют друг друга. Если совместить радиолампы и SDR-устройства можно добиться огромных вершин в открытии новых изобретений.

Подводя итог данной статьи, можно сделать вывод, что выбор между ламповыми технологиями и SDR-устройствами определяется конкретными целями и задачами, которые мы ставим перед собой. Радиотехника развивается так, чтобы не дать вытеснить старые технологии, а наоборот соединить их с новыми и раскрыть лучшие стороны каждой из них. Радиолампы показывают нам надежность, мощность, все то, что дает нам уверенность в данной системе; SDR – это эталон гибкости, точности и универсальности, то, чего не хватает нам в ламповых усилителях. Выбрать что-то из этого и сказать, что оно лучше, будет не правильным решением, ведь правильный выбор зависит от поставленных целей и задач, так же от того, что мы хотим увидеть в конечном итоге. Технологии не стоят на месте, они развиваются, становятся практичнее и проще в использовании, помогая нам самим пользоваться ими и изобретать что-то новое.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Калистратов, Д.С. Методы определения отношения сигнал-шум в системах радиосвязи / Д.С. Калистратов, Д.Г. Митрофанов // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2025. – Т. 13, № 3(50). – DOI 10.26102/2310-6018/2025.50.3.023.

2. Осипенко, В. Источник питания от ПАО «НПО «Алмаз» для СВЧ-электроники / В. Осипенко, В. Строков, А. Шершнев // Силовая электроника. – 2024. – № 3(107). – С. 30-33.

3. Медведев, А.Э. Сравнительный анализ классического и интеллектуального методов шумоподавления речи на основе метрик PESQ, STOI и SDR / А.Э. Медведев, Ю.Г. Чашин // Современные методы и инновации в науке : Сборник статей всероссийской (национальной) научной конференции, Санкт-Петербург, 12 мая 2025 года. – Санкт-Петербург: Гуманитарный национальный исследовательский институт НАЦРАЗВИТИЕ, 2025. – С. 40-47.

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2025695723 Российская Федерация. Модуль вычислительных операций имитационной модели приемного устройства : заявл. 01.12.2025 : опубл. 12.12.2025 / Ю.А. Плахотнюк, В.В. Погожев, А.П. Солодовников ; заявитель Акционерное общество "Концерн "Созвездие".

REFERENCES

1. Kalistratov, D.S. Methods for Determining the Signal-to-Noise Ratio in Radio Communication Systems / D.S. Kalistratov, D.G. Mitrofanov // Modeling, Optimization and Information Technology. – 2025. – Vol. 13, No. 3 (50). – DOI 10.26102 / 2310-6018 / 2025.50.3.023.

2. Osipenko, V. Power Supply from PJSC NPO Almaz for Microwave Electronics / V. Osipenko, V. Strokov, A. Shershnev // Power Electronics. – 2024. – No. 3 (107). – P. 30-33.

3. Medvedev, A.E. Comparative analysis of classical and intelligent methods of speech noise reduction based on the PESQ, STOI and SDR metrics / A.E. Medvedev, Yu.G. Chashin // Modern methods and innovations in science: Collection of articles of the All-Russian (national) scientific conference, St. Petersburg, May 12, 2025. –- St. Petersburg: National Humanitarian Research Institute NATSRAVZVITIE, 2025. – P. 40-47.

4. Certificate of state registration of computer program No. 2025695723 Russian Federation. Module of computing operations of the simulation model of the receiving device: declared. 01.12.2025 : published. 12.12.2025 / Yu.A. Plakhotnyuk, V.V. Pogozhev, A.P. Solodovnikov ; applicant Joint-Stock Company "Concern "Sozvezdie".