

Научная статья
УДК 621.38:004(09)"199"=470
doi: 10.17223/15617793/519/13

Технологическая трансформация отечественной радиоэлектроники в 1990-е гг. – от лампы к транзистору, от «аналога» к «цифре» (по материалам журнала «Радио»)

Владимир Викторович Миркин¹

¹ *Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск, Россия, vvmvcv@gmail.com*

Аннотация. Рассматриваются вопросы технологической трансформации отечественной радиоэлектроники в 1990-е гг. на фоне геополитических и экономических изменений. Анализируется переход от ламповой к полупроводниковой элементной базе и от аналоговых к цифровым методам обработки сигналов. На материалах специализированного журнала показана его роль в адаптации инженеров и радиолюбителей к новой реальности, популяризации цифровых технологий и развитии самостоятельного конструирования в условиях рыночной экономики.

Ключевые слова: радиоэлектроника, радиолюбительство, журнал «Радио», транзисторы, интегральные схемы, цифровая техника

Источник финансирования: результаты были получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России, проект № FSWM-2024-0008.

Для цитирования: Миркин В.В. Технологическая трансформация отечественной радиоэлектроники в 1990-е гг. – от лампы к транзистору, от «аналога» к «цифре» (по материалам журнала «Радио») // Вестник Томского государственного университета. 2025. № 519. С. 101–110. doi: 10.17223/15617793/519/13

Original article
doi: 10.17223/15617793/519/13

Technological transformation of Russian radio electronics in the 1990s: From vacuum tubes to transistors, from analog to digital (based on materials from the magazine "Radio")

Vladimir V. Mirkin¹

¹ *National Research Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation, vvmvcv@gmail.com*

Abstract. This study provides a comprehensive analysis of the significant technological transformations in Russian radio electronics during the 1990s, a period marked by profound geopolitical and economic upheaval. The central focus is on examining the industry's adaptation, particularly the shift in component base from vacuum tubes to semiconductor components (transistors and integrated circuits) and the widespread adoption of digital technologies for signal processing and control. The research draws on publications from the *Radio* magazine (1990–1999), Russia's premier technical periodical. This timeframe was selected as it corresponds to the post-Soviet transition, during which the journal served as a primary information source and platform for technical exchange, reflecting both professional and amateur activities and the integration of new technologies. The methodology combines historical-technical analysis with content analysis. Publications were selected and examined thematically across categories including vacuum tubes, transistors, integrated circuits, and digital electronics. Information regarding new components, circuit designs, specifications, advantages, and limitations was systematically coded and interpreted within the socioeconomic context of the 1990s, taking into account market transformations, component availability, and the adaptive responses of the radio amateur community. The research reveals that while publications initially demonstrated interest in vacuum tubes, this attention rapidly diminished with the advancement of semiconductor technology. A significant finding concerns the detailed coverage of the transition to transistors and integrated circuits. The magazine introduced readers to various transistor types and domestic IC series (such as K174, K155, KR1021, K561), elucidating their operational principles, characteristics, and integration into diverse devices while emphasizing enhanced performance and reliability. The analysis demonstrates the pervasive penetration of digital technologies across multiple domains. "Radio" magazine played a crucial role in popularizing this shift by featuring affordable domestic personal computers (such as the Orion-128), digital measuring instruments (multimeters, frequency counters), signal generators, and the application of digital principles in communication systems (GSM, data networks) and home automation. Publications contained detailed schematics and practical guidelines, thereby fostering technical creativity and facilitating adaptation to both domestic and increasingly accessible imported components. In conclusion, the 1990s witnessed a fundamental digital and component transformation in Russian radio electronics. The *Radio* magazine proved indispensable, serving as a vital catalyst and informational bridge. It disseminated knowledge about emerging components and digital methodologies, facilitated technical adaptation, sustained the radio amateur community, and stimulated domestic technical innovation amidst challenging socioeconomic circumstances.

Keywords: radio electronics, amateur radio, "Radio" magazine, transistors, integrated circuits, digital technology

Financial support: This research was supported by the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Project No. FSWM-2024-0008.

For citation: Mirkin, V.V. (2025) Technological transformation of Russian radio electronics in the 1990s: From vacuum tubes to transistors, from analog to digital (based on materials from the magazine "Radio"). *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta – Tomsk State University Journal*. 519. pp. 101–110. (In Russian). doi: 10.17223/15617793/519/13

Отечественная радиоэлектроника в 1990-е гг. оказалась в трудной ситуации, обусловленной геополитическими и экономическими трансформациями в стране. Распад СССР и переход к рыночной экономике привели к системным изменениям, создав как новые возможности, так и беспрецедентные вызовы для отрасли, унаследовавшей значительный научно-технический потенциал советского периода. Необходимость модернизации отечественной радиоэлектроники была обусловлена существовавшим технологическим разрывом с ведущими мировыми державами. Одновременно с этим открытие границ позволило отрасли влиться в мировой рынок радиоэлектронных компонентов, что создало как дополнительный импульс для развития, так и обострило конкуренцию в отношении отечественных производителей. Журнал «Радио», будучи одним из ведущих отраслевых изданий, сыграл в этот период важную роль, отражая не только технологические сдвиги в сфере радиосвязи, электроники и смежных отраслей, но и социально-экономический контекст развития радиоэлектроники на протяжении всего десятилетия.

Корпус исторических, историко-технических исследований отечественной радиоэлектроники конца XX в. невелик. Это обусловлено помимо прочего малой исторической дистанцией по отношению к рассматриваемому предмету. Большая часть исследований представляет собой биографические работы, отражающие жизнь и деятельность крупных учёных и инженеров, либо публикации об отдельных направлениях радиотехники и радиотехнологий. Среди авторов, занимавшихся изучением исторической проблематики в сфере отечественной электроники, радиотехники и телекоммуникаций, стоит отметить М.А. Быховского [1–3], Л.И. Шарыгину [4, 5], В.П. Борисова [6], Я.А. Шнейберга [7] и др. Отдельные исторические факты об отечественной радиоэлектронике можно почерпнуть из многочисленных учебников и пособий по истории науки и техники (см., например: [8]), а также из публикаций тематических юбилейных сборников, посвящённых радиосвязи и телекоммуникациям [9].

В настоящей статье предпринята попытка реконструкции технологической трансформации отечественной гражданской радиоэлектроники в 1990-е гг. – её эволюции и влияния на различные сферы жизни общества, включая быт, культуру и экономику. Журнал «Радио», являясь источником информации и площадкой для формирования и трансляции технической мысли, практического обмена опытом для тысяч инженеров, техников, энтузиастов, как раз позволяет воссоздать картину технологических сдвигов не как ретроспективную последовательность свершений, а как живой, противоречивый процесс, зафиксированный «в реальном времени». Главным редактором журнала (с 1973 г.) был известный советский радиолобитель, журналист, специалист в области телерадиовещания Анатолий Владимирович Гороховский; в 1998 г. его сменил более молодой специалист – Юрий Игнатьевич Крылов.

Последний руководил коллективом до апреля 2010 г., сделав многое для сохранения облика журнала, его выживания и развития в трудных экономических условиях. Редакционная коллегия традиционно включала в себя авторитетных специалистов из ведущих профильных научных институтов и промышленных предприятий, что гарантировало высокий профессиональный уровень публикаций.

Несмотря на то что тираж издания с 1990 г. постоянно сокращался (1990 г. – 1,47 млн экз., 1992 г. – 1 млн экз., 1993 г. – 390 тыс. экз., конец 1994 г. – 83 тыс. экз. и далее до момента, когда информация о тираже перестала публиковаться), журнал сохранял ежемесячную периодичность выпусков, варьируя при этом их объём – от 100 страниц в 1990 г. к 40–50 страницам в 1992–1994 гг. до 70–80 страниц в конце 1990-х гг. Специфика издания заключалась в том, что журнал фиксировал эволюцию инженерных подходов, смену приоритетов и появление новых конструкторских практик, которые не всегда находили отражение в научной периодике или монографиях. Таким образом, «Радио» позволяет исследовать не просто историю технологий, а историю технологической культуры переходного периода, проследить, как менялись компетенции, ценности и сама идентичность профессионала в сфере радиоэлектроники, радиолобителя и инженера-практика. Именно этот фокус на «низовом», практическом и дискурсивном, уровне технологической трансформации определяет выбор данного издания в качестве объекта исследования.

Методология анализа публикаций журнала «Радио» в процесс подготовки данной статьи строилась на основе сочетания историко-технического и контент-аналитического подходов. В первую очередь был проведён целенаправленный отбор выпусков журнала за указанный период с учётом тематической релевантности публикаций, отражающих эволюцию элементной базы, схемотехники и потребительских трендов в радиоэлектронике. Затем был проведён контент-анализ отобранных публикаций, состоявший из нескольких этапов. Вначале была проведена идентификация ключевых тем, соответствующих структуре статьи: ламповая техника, транзисторы, интегральные схемы, цифровая техника. Далее проведено тематическое кодирование текстов публикаций с целью выявления информации, релевантной каждой из этих тем. Особое внимание уделялось сведениям, характеризующим технологический прогресс: описание новых электронных компонентов, схем, устройств, а также их характеристик, преимуществ и недостатков.

После тематического кодирования был проведён анализ выявленной информации с целью определения основных тенденций развития радиоэлектроники в выбранный период. В частности, прослеживалась динамика окончательного вытеснения ламп транзисторами, эволюция интегральных схем, распространение цифровой техники и т. п. Результаты анализа были интерпретированы в историческом контексте, с учётом социально-экономических преобразований в стране на тот период.

Закат ламповой эпохи. Несмотря на активное развитие транзисторной техники и интегральных схем, ламповая схемотехника в начале 1990-х гг. сохраняла определённые позиции в нишевой аудиоаппаратуре, особенно в области высококачественного звуковоспроизведения. Это явление обуславливалось спецификой ламповых усилителей, ценимых аудиофилами за характерное «тёплое» звучание и широкий динамический диапазон. Описания принципов работы ламп, основанных на термоэлектронной эмиссии, а также обзоры их характеристик публиковались в «Радио» и других профильных журналах, отражая переходный период в истории аудиотехники. В этом контексте показательна статья Е. Сергиевского «Высококачественный ламповый усилитель» [10], не только демонстрировавшая сохранявшийся интерес к ламповым схемам со стороны радиолюбителей и инженеров, но и актуализировавшая проблематику сосуществования двух технологических подходов. В своей работе автор представил двухканальный (стереофонический) ламповый усилитель звуковой частоты, детально описав принципиальную схему, принцип работы и схемотехнические особенности устройства, включая входной каскад на лампе с общим катодом, фазоинвертор и выходной каскад, работающий в классе АВ. Примечательно, что автор не ограничился теоретическим описанием, но и уделил внимание практической реализации, предоставив рекомендации по использованию печатной платы и подбору комплектующих. Этот факт свидетельствует о том, что ламповые схемы ещё применялись на практике, несмотря на давно использовавшуюся транзисторную технологию.

Публикация Е. Сергиевского отражала сложный, противоречивый характер технологического перехода. С одной стороны, она маркировала завершающий этап «ламповой эпохи», с другой – фиксировала стремление энтузиастов к достижению высокого качества звуковоспроизведения с помощью ламповой техники. Это стремление вступало в противоречие с объективной реальностью: ламповая технология, несмотря на свои достоинства, имела существенные ограничения, связанные с габаритами, надёжностью и энергопотреблением. Эти недостатки становились особенно очевидными в контексте миниатюризации электронных устройств в других областях, что делало переход к транзисторам неизбежным. Наличие же публикаций, подобных статье Е. Сергиевского, указывает на попытки энтузиастов продлить жизненный цикл ламповой технологии в тех специфических нишах, где её особенности всё ещё воспринимались как преимущества.

Динамика публикаций журнала «Радио» за период с 1990 по 1999 г. отражала тенденцию вытеснения ламповой техники полупроводниковыми приборами, выразившуюся в последовательном уменьшении числа статей, посвящённых лампам. Анализ публикаций позволяет проследить указанные технологические подвижки: помимо вышеупомянутой работы Е. Сергиевского, интерес представляет статья О. Старостина «Измерительные генераторы» [11], публикация В. Костина и Ю. Онищенко «Лампы или транзисторы? Лампы!» [12], а также работа О. Храбана «Лампы или транзисторы?» [13].

Статья О. Старостина, описывая измерительные генераторы, уже в подавляющем большинстве построенные на полупроводниковой базе, наглядно демонстрировала состоявшийся факт вытеснения ламповой техники в данном классе радиоизмерительной аппаратуры. В свою очередь, в публикациях В. Костина, Ю. Онищенко, О. Храбана проводилось сравнение ламповых и транзисторных усилителей мощности звуковой частоты, анализировались схемы, характеристики и особенности применения ламп в аудиоаппаратуре. Статья В. Костина и Ю. Онищенко представляла собой сравнительный анализ ламповой и транзисторной техники в контексте усиления звука. Авторы рассматривали основные характеристики, достоинства и недостатки обоих типов усилителей, а также их область применения. Транзисторные усилители, бесспорно, обладали преимуществами – меньший размер, более высокая надёжность, КПД и низкий уровень шумов. Представленные авторами конкретные примеры схем ламповых и транзисторных усилителей давали возможность читателям журнала наглядно сравнить их характеристики и особенности применения.

Анализ указанных публикаций позволяет проследить не только тенденцию вытеснения ламповой техники полупроводниковой, но и эволюцию интересов радиолюбителей и инженеров. Если в начале 1990-х гг. активно обсуждались вопросы конструирования высококачественных ламповых усилителей, то к концу десятилетия ламповая тематика практически исчезла со страниц журнала «Радио», уступив место более современным технологиям. Этот процесс нашел отражение даже в структуре журнала: в отдельных годовых подшивках отсутствовали публикации, посвященные непосредственно ламповой технике. Указанная динамика соответствовала общемировым тенденциям в развитии электроники.

Транзисторы и интегральные схемы: миниатюризация и новые возможности. Таким образом, начало 1990-х гг. в отечественной радиоэлектронике можно охарактеризовать как переходный период, своего рода «симбиоз» технологий. Хотя транзисторы и интегральные схемы (ИС) стремительно распространялись, вытесняя электронные лампы, последние всё ещё находили применение в отдельных областях (мощных радиопередатчиках, другой специализированной аппаратуре).

Это сосуществование разных поколений технологий убедительно отражено в публикациях журнала «Радио» того времени, знакомявшего радиолюбителей с новой элементной базой и продвигавшего передовые на тот момент технологии.

Стоит подчеркнуть, утверждение о том, что начало 1990-х гг. было периодом активного перехода от аналоговой к цифровой технике в отечественной радиоэлектронике, не совсем точно. Хотя в то время цифровая техника бурно развивалась и набирала популярность, активная фаза перехода началась гораздо раньше, в конце 1960-х – 1970-х гг. – в период появления первых цифровых ИС, ставших основой для создания цифровых устройств. Важной вехой в развитии цифровой электроники стал выпуск в 1971 г. компанией Intel первого микропроцессора Intel 4004. В СССР в 1970-е гг. также началась разработка собственных микропроцессоров.

Таким образом, можно утверждать, что к началу 1990-х гг. процесс перехода от аналоговой техники к цифровой уже шёл полным ходом. Это время характеризуется скорее массовым внедрением цифровых технологий в разные области электроники, её проникновением в различные сферы жизни, а не началом самого процесса перехода. Снижение стоимости и расширение ассортимента цифровых компонентов, а также появление новых технологических решений способствовали тому, что цифровая техника стала более доступной для широкого круга пользователей, включая радиолюбителей. Журнал «Радио» в полной мере отражал эти тенденции, публикуя статьи о применении цифровых ИС в различных устройствах, тем самым отражая данный технологический сдвиг. В фокусе внимания в 1990-е гг. находились вопросы совершенствования цифровых технологий, повышения их эффективности, миниатюризации и интеграции.

Большое количество публикаций журнала в связи с этим было посвящено как различным типам транзисторов, так и интегральным схемам, для которых транзисторы являлись фундаментальными строительными блоками. Транзисторы, основанные на принципе управления током в полупроводниковом кристалле с помощью электрического поля, имели несомненные преимущества перед лампами: меньшие габариты и массу, более высокую надёжность и экономичность. К началу 1990-х гг. они уже давно стали основными элементами узлов радиоэлектронной аппаратуры.

Серия статей В. Денисова, В. Ушича и В. Спирина «Синтезатор частоты трансивера» [14] служит наглядной иллюстрацией завершившегося этапа технологической трансформации в радиолюбительской схемотехнике, где полупроводниковые приборы полностью вытеснили ламповую технику при создании сложных узлов связной аппаратуры. Конструкция описанного синтезатора частоты базируется исключительно на полупроводниковой элементной базе. В частности, авторы демонстрируют широкое применение интегральных микросхем и дискретных транзисторов; в качестве основного элемента генератора частоты используется ИС К155ЛА3, содержащая логические элементы 2И-НЕ; функции усиления и формирования сигналов возложены на маломощные транзисторы (например, КТ315), в то время как в цепях коммутации и управления задействованы более мощные транзисторы (КТ812, КТ817).

При этом детальный анализ представленных схемотехнических решений, в частности использование электромагнитных реле (К1–К10) для коммутации диапазонов и других вспомогательных функций, свидетельствует о характерном для того периода этапе развития радиоэлектроники, когда, несмотря на доминирование полупроводников в основных трактах обработки сигнала, полный отказ от электромеханических компонентов в узлах управления и коммутации ещё не был повсеместным, что отражает «промежуточный» характер некоторых конструкторских подходов того времени.

В другой публикации того времени – статье Б. Степанова «Радиостанция на каждый день» [15], посвящённой конструкции портативной радиостанции «Дельта-02», – рассматриваются не только схемотехнические решения, но и принципы работы основных

компонентов устройства, в том числе транзисторов. Этот конкретный пример выявлял тенденцию миниатюризации радиоаппаратуры, а также актуальность задачи повышения её чувствительности и избирательности. Основу конструкции радиостанции составлял супергетеродинный приёмник с одним преобразованием частоты. Анализируя функции различных транзисторов в схеме приёмника, автор статьи подчёркивал, что в первом каскаде усилителя радиочастоты использовался биполярный транзистор для повышения чувствительности приёмника. В гетеродине также применялся биполярный транзистор, частота колебаний которого стабилизировалась кварцевым резонатором.

В этой связи стоит также упомянуть цикл статей Б. Сергеева «Биполярный транзистор», в котором рассматривались принципы работы, основные характеристики и схемы включения биполярных транзисторов. В статьях уделялось внимание не только теоретическим аспектам, но и практическому применению этих полупроводниковых приборов, подчёркивалась их ключевая роль в развитии радиоэлектроники того периода [16, 17].

Как видно, в перечисленных и других публикациях [18–20 и др.] авторы достаточно подробно рассматривали применение транзисторов разного типа¹ – биполярных, полевых, в том числе в составе интегральных микросхем, – в различных узлах радиоэлектронных устройств, таких как синтезаторы частоты, усилители, смесители, шумоподавители. Особое внимание уделялось проблемам повышения стабильности частоты, чувствительности и избирательности приёмников, а также методам стабилизации работы транзисторных каскадов. К концу 1990-х гг. транзисторы прочно заняли место ламп в большинстве электронных устройств, окончательно вытеснив их из последних. Акцент в публикациях, посвящённых транзисторам, их характеристикам и применению, уверенно смещался в сторону более современных на тот момент и мощных СВЧ транзисторов для радиосвязи (см., например: [21 и др.]).

Появление *интегральных (микро)схем* (ИМС, ИС), для которых транзисторы являются строительным материалом, стало очевидным и закономерным этапом в развитии микроэлектроники.

Помимо множества транзисторов, ИС содержат также другие компоненты: резисторы, конденсаторы и диоды, объединённые на одной пластине из полупроводникового материала, обычно кремния. Внутри ИС транзисторы действуют как миниатюрные электронные переключатели и усилители – они контролируют поток тока, позволяя выполнять логические операции и обрабатывать информацию. При этом транзисторы являются ключевым элементом, обеспечивающим функциональность ИС.

Интегральные схемы позволяют разместить огромное количество транзисторов (миллионы, миллиарды) на очень маленькой площади. Это достигается за счёт фотолитографии и других сложных технологических процессов. Благодаря такой интеграции устройства становятся меньше, быстрее и потребляют меньше энергии. Множество транзисторов, соединённых вместе определённым образом, формируют весьма сложные

схемы, выполняющие самые разнообразные функции – от простых логических операций до управления микропроцессорами и памятью. Постоянное уменьшение размеров транзисторов и совершенствование технологий производства ИС приводит к появлению всё более мощных и функциональных электронных устройств. Закон Мура, который предсказывал удвоение числа транзисторов на чипе примерно каждые два года, долгое время определял развитие данной индустрии.

Журнал «Радио» в 1990-е гг. знакомил читателей с основами производства полупроводниковых ИМС в рамках образовательной программы, адресованной учебным организациям ДОСААФ. В соответствующем цикле статей [22, 23 и др.] не только освещались базовые технологические процессы, но и подчёркивалось их революционное значение для развития отечественной радиоэлектроники. В качестве иллюстраций использовались примеры интегральных схем серий К174, КФ548ХА1, КФ548ХА2 и другие, демонстрировавшие стремительный прогресс в этой области.

Авторы публикаций подробно описывали такие ключевые технологические этапы производства ИМС, как фотолитография, диффузия примесей и металлизация. Фотолитография, основанная на применении фоторезистов и фотошаблонов, представлялась как метод формирования на поверхности полупроводникового кристалла рисунка будущей микросхемы – её топологии. Особо подчёркивалась важность высокой точности совмещения элементов рисунка при многократном повторении фотолитографических процессов. Диффузия примесей, в свою очередь, описывалась как способ изменения типа и величины электропроводности в локальных областях кристалла, что позволяло создавать p-n переходы – основу работы транзисторов и диодов. Процесс металлизации, заключающийся в нанесении тонких алюминиевых плёнок, представлялся как метод формирования контактных площадок и соединений между элементами ИМС.

Использование в качестве примеров микросхем серий К174, КФ548ХА1 и КФ548ХА2, широко применявшихся в радиолюбительском конструировании, позволяло наглядно продемонстрировать читателям достижения отечественной микроэлектроники. Анализ указанных микросхем содержал не только информацию об электрических характеристиках и типовых схемах включения, но также давал представление об особенностях внутреннего устройства и технологии производства. Это, безусловно, способствовало более глубокому пониманию принципов работы интегральных схем и стимулировало интерес к их применению в радиолюбительской практике.

Осмысление фундаментальных причин технологической трансформации в радиоэлектронике, актуальное для российских специалистов и радиолюбителей в период активного перехода на новую элементную базу, представляла собой статья Я. Федотова «Интегральная электроника и надёжность» [24]. Автор проводил исторический анализ эволюции вычислительной техники, демонстрируя, как ограничения надёжности дискретных компонентов последовательно стимулировали переход к более высоким уровням интеграции. Я. Федотов подчёркивал, что уже первые ЭВМ на электронных

лампах столкнулись с критической проблемой низкой надёжности, обусловленной экспоненциальным ростом вероятности отказа с увеличением числа элементов («порог в несколько тысяч электронных ламп»). Даже первоначальное внедрение транзисторов не решило эту проблему кардинально. Существенный прорыв, согласно Я. Федотову, был достигнут лишь с появлением интегральных микросхем, когда «надёжность БИС, даже СБИС, приблизилась... к надёжности отдельно взятого... транзистора».

Произошедшие качественные изменения автор объяснял фундаментальными преимуществами интегральной технологии: низкими рабочими напряжениями, стандартизацией схемных решений, закладываемыми запасами по электрическим параметрам и, что особенно важно, радикальным сокращением числа паяных соединений – традиционно наиболее уязвимого звена в электронной аппаратуре. Одновременно в статье анализировались и новые, специфические для ИМС механизмы отказов, как катастрофические, так и деградационные. В качестве примера последних приводился эффект электропереноса в тонкоплёночных проводниках кристалла, ускоряющийся при повышении плотности тока и температуры.

Работа Я. Федотова не просто популяризировала знания об ИМС, но и способствовала глубокому пониманию роли надёжности как ключевого фактора, движущего технологический прогресс в радиоэлектронике. Для российской радиоэлектронной промышленности и радиолюбительского творчества подобные аналитические материалы имели особую ценность, развязывая как преимущества, так и потенциальные проблемы новой элементной базы в контексте общемировых тенденций.

Среди ИМС одной из наиболее востребованных серий в 1990-е гг. стала К174, разработанная в предшествующий период. Эти микросхемы отличались относительно низким энергопотреблением и хорошим быстродействием, что делало их подходящими для использования в самых разных устройствах. Подчёркнём, что серия К174 занимала особое место в отечественной радиоэлектронике 1990-х гг. – выполненные по технологии транзисторно-транзисторной логики, данные микросхемы отличались широким функциональным разнообразием и нашли применение во множестве устройств – от бытовой радиоаппаратуры до вычислительной техники. Значительная часть публикаций журнала «Радио», посвящённая ИМС, касалась именно этой серии.

Особое внимание уделялось аналоговым ИМС для звукотехники. Так, специализированная микросхема К174УН14, представлявшая собой интегральный УМЗЧ с выходной мощностью до 4,5 Вт и встроенными узлами защиты, нашла широкое применение в автомобильной и стационарной бытовой звуковоспроизводящей аппаратуре [25 и др.]. Её использование, наряду с другими ИМС этой серии, такими как К174УН19, К174УН22 и телефонный усилитель К174УН7 (часто применявшийся совместно с ОУ КФ1407УД4) [26], позволило повысить надёжность и упростить конструкцию по сравнению с устройствами на дискретных транзисторах, о чём также писал Г. Яковлев [27]. Он же отмечал возможность применения

K174УН14 для замены импортных аналогов, например TDA2003, что было актуально для ремонта и модернизации зарубежной техники.

В области радиоприёма серия K174 также предложила ряд эффективных решений. Микросхема K174ПС1, совмещавшая функции гетеродина и смесителя, стала основой для реализации УКВ ЧМ приёмников с электронной настройкой и функцией бесшумной настройки, значительно повышая их потребительские характеристики [28]. Широкое распространение получила K174ХА10, интегрировавшая в себе тракт УПЧ и детектор АМ сигналов [29], что вело к существенному упрощению конструкций радиоприёмников при сохранении хороших параметров чувствительности и селективности. Для стереофонического приёма УКВ ЧМ сигналов применялся стереодекодер K174ХА14, обеспечивавший высокое качество звучания [28].

Процесс интеграции затронул и сферу видеотехники. Микросхема K174ХА31 служила для декодирования сигналов цветности в системе SECAM. Как отмечали А. Пескин и Д. Войцеховский [30], её совместное применение с K174ХА28 (декодер PAL) позволило создавать мультистандартные submodule цветности, способные обрабатывать сигналы обеих телевизионных систем. Проблема совместимости различных стандартов телевидения (SECAM, PAL, NTSC и их модификаций типа SECAM-L или MESECAM) была одной из ключевых в публикациях того периода. Ю. Петропавловский в своих работах², посвящённых формату VHS, детально анализировал особенности обработки сигналов цветности³ и предлагал схемотехнические решения для их адаптации, в частности, с использованием отечественных ИМС серии KP1005, что отражало стремление к унификации и расширению функциональности видеоаппаратуры в условиях многостандартности

Среди других популярных серий отечественных ИМС стоит отметить K155, KP1021, K561. Указанные микросхемы рассматриваются в многочисленных публикациях в составе десятков электронных устройств того времени. Так, в статье, посвящённой серии KP1533 [31], являвшейся дальнейшим развитием K155 и K555, отмечались такие её преимущества как сниженное энергопотребление (1,2 против 2 мВт у K555) при сохранении, а в некоторых случаях и повышении быстродействия. Такое сочетание параметров было крайне привлекательным для разработчиков, стремящихся к миниатюризации и экономии энергии. Микросхемы серии KP1021 включали в себя в первую очередь компоненты для построения аналоговых устройств, таких как операционные усилители (ОУ). Последние нашли широкое применение в усилителях звука, генераторах сигналов, активных фильтрах и других устройствах. В публикации «Применение микросхем серии KP1533» [31] также упоминаются ОУ серий K544УД2, K140УД8, K140УД10, K140УД11 и K574УД1, которые могли применяться в устройствах подобного назначения. Наконец, отличительной чертой серии K561, построенной на основе комплементарной структуры металл–окисел–полупроводник (КМОП), являлось чрезвычайно малое потребление тока в статическом режиме, что делало их незаменимыми для устройств с автономным питанием.

В 1991 г. на смену K561 пришла новая серия – KP1561, которая, как отмечал С. Алексеев [32], унаследовала многие положительные черты предшественницы. KP1561 также была выполнена по технологии КМОП, отличалась низким энергопотреблением, имела расширенный набор команд и улучшенную схему интерфейса, что приближало её по возможностям к 16-разрядным микропроцессорам.

Значительная часть материалов была посвящена использованию специализированных ИМС в *измерительной технике*, иллюстрируя переход от сложных дискретных схем к более компактным и функциональным интегральным решениям. Так, С. Бирюков в цикле статей «Цифровой мультиметр» [33 и др.] представил конструкцию многофункционального прибора, где ИМС обеспечивали реализацию таких функций, как измерение ёмкости и температуры при сохранении возможности модульной модернизации. Использование микроконтроллеров, например KP1816ВУ31, для создания измерительных систем, таких как частотомер [34], демонстрировало потенциал программируемой логики для построения универсальных базовых измерительных блоков, открытых для дальнейшего наращивания функциональности. Микросхемы способствовали технологическим усовершенствованиям и в сфере радиоприёма и передачи сигналов. И. Нечаев в своей работе «Активная антенна диапазона МВ» [35] показал, как интеграция усилителя непосредственно с антенным полотном на базе ИМС позволяет эффективно решать вопросы согласования и симметрирования, повышая качество приёма.

Применение ИМС КМОП-логики, в частности K561ЛА7, для создания устройств малой автоматики, как, например, в системе для инкубаторов, описанной О. Глаголевым [36], демонстрировало возможности построения энергоэффективных и надёжных систем управления⁴ на доступной элементной базе.

Даже в такой, казалось бы, традиционной области, как источники питания, ИМС находили применение для реализации более сложных функций управления и защиты. С. Алексеев в своей статье [37] о зарядных устройствах для Ni-Cd аккумуляторов показал, как интегральные компоненты позволяют создавать устройства с прецизионной регулировкой тока и напряжения, обеспечивая оптимальные и безопасные режимы заряда.

Перечисленные примеры свидетельствуют о неоспоримой роли журнала «Радио» в освоении и популяризации технологий, связанных с применением ИМС. Процесс миниатюризации, ставший возможным благодаря переходу от дискретных транзисторов к ИМС, оказал фундаментальное влияние на развитие бытовой техники, средств связи и вычислительной техники. Малогабаритные радиоприёмники, телевизоры, магнитофоны, персональные компьютеры – все эти устройства стали доступны широкому кругу пользователей.

Однако технологическая трансформация в 1990-е гг. была ознаменована не только внутренним развитием отечественной микросхемотехники, но и резким изменением внешних условий. Появление на рынке доступной импортной элементной базы (например, ИМС семейств TDA, MDA), нередко превосходящей отечественные аналоги по своим параметрам, оказало существенное влияние на самостоятельное и профессиональное радиоэлектронное творчество.

С одной стороны, это открыло доступ к самым современным компонентам, стимулируя поиск новых схемных решений и модернизацию существующей аппаратуры. С другой стороны, доступность готовых импортных изделий привела к частичному угасанию интереса к самостоятельному изготовлению сложных устройств. Тем не менее, как свидетельствуют публикации журнала «Радио», отечественные разработчики продолжали создавать оригинальные конструкции, часто ориентированные на решение специфических задач или адаптацию импортных технологий к местным условиям, что отражало сложный и многогранный характер технологического перехода этого периода.

«Цифровая революция»: от дискретных импульсов к сложным алгоритмам. Переход от аналогового представления информации к цифровому, основанному на дискретной двоичной логике, ознаменовал фундаментальную трансформацию в радиоэлектронике. Цифровые методы обработки сигналов, обеспечивающие высокую точность, возможность эффективного хранения и обработки значительных объёмов данных, а также реализацию принципиально новых функций, стали технологической основой бурного развития вычислительной техники, систем связи и бытовой радиоэлектронной аппаратуры.

Одним из ярких символов «цифровой революции» в отечественной радиоэлектронике 1990-х гг. стал персональный компьютер «Орион-128», подробно представленный на страницах журнала «Радио». Этот восьмиразрядный ПК, созданный на базе микропроцессора КР580ВМ80А, позиционировался как доступный инструмент для широкого круга пользователей. В условиях дефицита вычислительной техники «Орион-128» предлагал конкурентоспособные графические и цветовые возможности. Ключевым фактором его популярности стала преемственность с ранее разработанным любительским компьютером «Радио-86РК» – общность структуры управляющей программы «Монитор» и стандарта записи данных на магнитную ленту существенно упрощало освоение новой машины. Публикации Б. Григорьева, А. Сергеева, В. Сугоняко, В. Сафронова, К. Коненкова и других авторов [38–40 и др.] детально анализировали архитектуру, программное обеспечение компьютера (включая таблицы адресации портов и коды «Монитора») и активно вовлекали читателей в процесс его модернизации. Важным этапом развития стала возможность замены микропроцессора КР580ВМ80А на более производительный Z80 [41 и др.], что позволяло расширить систему команд, повысить быстродействие и реализовать систему прерываний, хотя и требовало решения вопросов совместимости, стабильности работы. Инструментальный монитор «МОНИТОР-128» [42] предлагал расширенный набор директив, дополнительно облегчая освоение и использование компьютера. Таким образом, публикации не просто информировали о появлении «Ориона-128», но и формировали активное сообщество его пользователей, стимулируя развитие отечественной любительской вычислительной техники.

Успехи в создании и популяризации доступных персональных компьютеров не только расширили круг пользователей ЭВМ, но и послужили катализатором

для внедрения цифровых технологий в смежные области радиоэлектроники, в первую очередь – в измерительную технику. Показательным в этом контексте стал технологический переход от аналоговых к цифровым мультиметрам. Последние, обладая такими преимуществами, как высокая точность, широкий динамический диапазон и возможность автоматического выбора пределов измерений, быстро завоевали признание. Существенный вклад в их популяризацию среди радиолюбителей внёс С. Бирюков, представивший в цикле статей [33, 43 и др.] конструкцию доступного для самостоятельного изготовления цифрового мультиметра с подробным описанием схмотехники, печатных плат и методик настройки, уделив при этом особое внимание обеспечению точности измерений и стабильности его работы в условиях ограниченного доступа к высококачественным импортным компонентам.

Дальнейшая эволюция цифровой измерительной техники была неразрывно связана с интеграцией микропроцессорного управления. С. Козел в своей статье [44] проанализировал перспективы, открывающиеся благодаря использованию микропроцессоров. Это позволяло не только улучшить базовые метрологические характеристики, но и существенно расширить функциональность приборов, реализуя автоматизацию контроля, калибровки, статистическую обработку результатов и вычисление косвенных величин. Помимо мультиметров и вольтметров на страницах журнала «Радио» освещались и другие типы цифровых измерительных устройств: от цифровых термометров [45] и электронных часов с функцией будильника [46] до специализированных измерителей, таких как цифровой велосипедный путевой прибор [47]. Эти публикации свидетельствовали о широком проникновении и адаптации цифровых технологий к разнообразным потребностям как профессионалов, так и радиолюбителей.

Процесс цифровизации, начавшийся с вычислительной техники и активно распространившийся на измерительную аппаратуру, закономерно затронул и другие фундаментальные области радиоэлектроники, включая генерацию и синтез сигналов. Переход к цифровым методам в этой сфере открыл новые горизонты для создания более точных, стабильных и многофункциональных источников сигналов, что имело принципиальное значение как для профессионального, так и для любительского применения.

Журнал «Радио» оперативно отразил эту тенденцию, публикуя материалы о цифровых генераторах и синтезаторах частоты. Особое внимание было уделено ИМС, таким как МАХ038 [48], позволявшим создавать универсальные генераторы сигналов различной формы (треугольная, прямоугольная, синусоидальная) в широком частотном диапазоне – от долей герца до десятков мегагерц. В публикациях подчеркивалась гибкость и многофункциональность подобных решений, на базе которых можно было реализовывать не только функциональные генераторы, но и более сложные устройства: генераторы качающейся частоты, генераторы с частотной модуляцией, системы ФАПЧ и синтезаторы частоты, что, в свою очередь, открывало широкие перспективы для радиолюбительского экспериментирования и профессиональных разработок.

Развитие цифровых технологий в области генерации сигналов стало важным этапом эволюции радиоэлектроники. Однако влияние «цифровой революции» простиралось далеко за пределы традиционных аналоговых областей. Цифровые методы начали активно внедряться в разнообразные сферы, связанные с обработкой и передачей информации. Публикации журнала «Радио» в полной мере отражали эти тенденции, освещая применение цифровых технологий в электронных музыкальных инструментах, системах связи и управлении бытовой электроникой. Так, С. Кононов анализировал возможности цифрового управления в электронном музицировании, представив конструкцию MIDI-клавиатуры [49 и др.]. В сфере связи активно развивались цифровые системы передачи. Э. Кордонский подробно описал [50] принципы их построения, отмечая такие преимущества перед аналоговыми системами, как чёткая фиксация неисправностей, возможность дистанционного контроля и высокая помехоустойчивость, что предопределило их дальнейшее широкое применение. Статьи А. Долгого и А. Ломова [51, 52] подтверждали тенденцию к интеграции компьютерных технологий в бытовую электронику и повседневную жизнь. Бурное развитие телекоммуникационных технологий, основанных на цифровом представлении сигнала, находило отражение в публикациях о новых стандартах связи [53–55] (таких как GSM), а также о глобальных сетях передачи данных и электросвязи [56, 57 и др.].

Анализ публикаций журнала «Радио» за период 1990-х гг. позволяет сделать вывод о его ключевой роли в процессах технологической трансформации отечественной радиоэлектроники, связанных с переходом от аналоговых к цифровым методам обработки и передачи информации. Издание не только отражало, но и активно катализировало этот переход, выступая важнейшим источником знаний и платформой для обмена опытом для широкой аудитории радиолюбителей и профессионалов.

В условиях ограниченного доступа к зарубежной элементной базе и литературе, а также запаздывающего развития отечественной электронной промышленности журнал «Радио» взял на себя миссию попу-

ляризации и адаптации цифровых технологий. Публикации, содержащие подробные схемотехнические решения, описания принципов работы новых устройств (от персональных компьютеров до цифровых измерительных приборов, генераторов сигналов и систем связи) и практические рекомендации по их самостоятельному изготовлению и настройке, делали передовые на тот момент технологии доступными для широкого круга энтузиастов. Это способствовало формированию активного сообщества, вовлечённого в процесс освоения и внедрения цифровой электроники.

Более того, журнал «Радио» формировал новое технологическое мышление, необходимое для работы в условиях кардинальных социально-экономических преобразований. Обсуждение на его страницах технических проблем, обмен опытом, организация заочных читательских конференций, освещение вопросов совместимости различных стандартов и технологий создавали уникальную среду для развития технического творчества и стимулирования инноваций.

В контексте общеисторических процессов 1990-х гг. публикации журнала отражали и адаптацию радиолюбительского движения к новым экономическим и технологическим реалиям. С одной стороны, открытие информационных границ и доступ к мировым достижениям стимулировали интерес к современным разработкам. С другой – экономические трудности актуализировали поиск бюджетных решений и способствовали сохранению традиций самодельного конструирования, адаптированного к доступной элементной базе.

Таким образом, журнал «Радио» в 1990-е гг. выступил не просто информационным ресурсом, а важным институтом, способствовавшим технологической модернизации в сфере радиоэлектроники на постсоветском пространстве. Он сыграл существенную роль в распространении знаний о цифровых технологиях, адаптации отечественных специалистов и радиолюбителей к новой технологической реальности и, в определенной степени, в формировании кадров для развивающейся индустрии электроники, став своеобразным мостом между глобальными технологическими трендами и потребностями отечественного научно-технического сообщества.

Примечания

¹ КТ315, КТ361, КТ603, КТ807, КТ814, КТ815, КТ818, КТ819, КТ829, КП303, КП307, КТ342, КТ606, КТ630, КТ972, КТ827, КП350, КТ904, КТ838, КТ912.

² Автор в период с 1992 по 1998 г. опубликовал более трех десятков статей на эту тему. См., например: Радио. 1992. № 7, 10–11; 1993. № 5–7, и др.

³ Например, видеоманитофоны SECAM-L, разработанные для Франции, были несовместимы с аппаратурой, используемой в других странах, включая РФ, из-за разницы в способах записи сигналов цветности.

⁴ Описываемое им устройство включало в себя два функциональных узла: систему для автоматического переворачивания яиц и термостабилизатор.

Список источников

1. Быховский М. А. История развития электроники в XX столетии. М., 2012. 354 с.
2. Быховский М.А. Развитие телекоммуникаций. На пути к информационному обществу. Развитие радиотехники и знаний о распространении радиоволн в XX столетии : учеб. пособие. М., 2015. 384 с.
3. Быховский М.А. Развитие телекоммуникаций: на пути к информационному обществу: развитие спутниковых телекоммуникационных систем : учеб. пособие. М., 2017. 440 с.
4. Шарыгина Л.И. История радиоэлектроники : учеб. пособие. Томск, 2004. 20 с.
5. Шарыгина Л.И. События и даты в истории радиоэлектроники. Томск, 2011. 306 с.
6. Борисов В.П. Из истории отечественной радиоэлектроники. М., 2010. 206 с.
7. Шнейберг Я.А. История выдающихся открытий и изобретений: электротехника, электроэнергетика, радиоэлектроника. М., 2009. 117 с.
8. Ермилов Э.А. История науки и техники : учеб. пособие. Нижний Новгород, 2011. 92 с.

9. 100 лет радио / под ред. В.В. Мигулина, А.В. Гороховского. М., 1995. 384 с.
10. Сергиевский Е. Высококачественный ламповый усилитель // Радио. 1990. № 2. С. 74–77.
11. Старостин О. Измерительные генераторы // Радио. 1992. № 2-3. С. 48–52.
12. Костин В., Онищенко Ю. Лампы или транзисторы? Лампы! // Радио. 1998. № 1. С. 16–18; № 2. С. 18–19.
13. Храбан О. Лампы или транзисторы? // Радио. 1997. № 2. С. 12–14.
14. Денисов В. (RA6LM), Ущич В. (UW6LI), Спирин В. (UA6LGY). Синтезатор частоты трансивера // Радио. 1990. № 1. С. 25–28; № 2. С. 33–37; № 3. С. 26.
15. Степанов Б. Радиостанция на каждый день // Радио. 1991. № 2. С. 19–20.
16. Сергеев Б. Биполярный транзистор // Радио. 1992. № 6. С. 48–51; № 8. С. 48–50; № 10. С. 48–50.
17. Сергеев Б. Биполярный транзистор: как его проверить // Радио. 1992. № 12. С. 40–43.
18. Лаповок Я.С. Я строю новую КВ радиостанцию // Радио. 1991. № 1. С. 23–26; № 2. С. 21–25.
19. Ассессоров А., Кожевников В., Косой А. Научный поиск российских инженеров // Радио. 1994. № 6. С. 2–3.
20. Ассессоров А., Кожевников В., Косой А. Новые транзисторы СВЧ // Радио. 1996. № 5. С. 57–58.
21. Ассессоров А., Кожевников В., Косой А. Мощные низковольтные СВЧ транзисторы для подвижных средств связи // Радио. 1999. № 10. С. 45–46.
22. Янцев В. Полупроводниковые интегральные микросхемы // Радио. 1990. № 1. С. 28–30.
23. Янцев В. Гибридные интегральные микросхемы // Радио. 1990. № 4. С. 37–39.
24. Федотов Я. Интегральная электроника и надёжность // Радио. 1991. № 2. С. 5–7.
25. Новаченко И. Микросхемы серии К174. Усилитель мощности К174УН14 // Радио. 1991. № 1. С. 74; № 2. С. 85–86.
26. Шачнев В. Схемотехника мини-магнитофонов // Радио. 1991. № 6. С. 66–72.
27. Яковлев Г. Применение микросхем серии К174 в усилителях ЗЧ // Радио. 1994. № 12. С. 12–14.
28. Радиоприёмник из наборов «Фон» // Радио. 1991. № 6. С. 64–65.
29. Янчук И. Радиоприёмник на МС К174ХА10 // Радио. 1991. № 12. С. 72–73.
30. Пескин А., Войцеховский Д. Субмодуль цветности СЕКАМ-ПАЛ для телевизоров ЗУСЦТ // Радио. 1991. № 2. С. 36–40.
31. Алексеев С. Применение микросхем серии КР1533 // Радио. 1991. № 1. С. 50–52.
32. Алексеев С. Применение микросхем серии КР1561 // Радио. 1991. № 6. С. 57–61.
33. Бирюков С. Цифровой мультиметр // Радио. 1996. № 5. С. 32–34; № 6. С. 32–34.
34. Крегерс Я. Частотомер на микро-ЭВМ // Радио. 1997. № 4. С. 34–35; № 5. С. 32–34.
35. Нечаев И. Активная антенна диапазона МВ // Радио. 1997. № 2. С. 6–7.
36. Глаголев О. Электронная автоматика малогабаритного инкубатора // Радио. 1997. № 3. С. 45–46.
37. Алексеев С. Зарядные устройства для Ni-Cd аккумуляторов и батарей // Радио. 1997. № 1. С. 44–46; № 2. С. 44–46.
38. Григорьев Б. «РК» с самого начала // Радио. 1991. № 2. С. 82–83.
39. Сергеев А. Усовершенствование блока питания для «Радио-86РК» // Радио. 1992. № 4. С. 16–17.
40. Коненков К., Сугоняк В., Сафронов В. ПРК «Орион-128» – топология печатной платы // Радио. 1990. № 4. С. 44–47.
41. «Орион-128»: «Z80-CARD» // Радио. 1996. № 4. С. 27–29.
42. Сугоняк В., Сафронов В. Основной Монитор для ПРК «Орион-128» // Радио. 1991. № 1. С. 35–38.
43. Бирюков С. Цифровой мультиметр // Радио. 1990. № 9. С. 55–58.
44. Козел С. Цифровые вольтметры с микропроцессорным управлением. Новые возможности // Радио. 1997. № 3. С. 30–31, 44.
45. Бирюков С. Простой цифровой термометр // Радио. 1997. № 1. С. 40–42.
46. Долгов О. Часы «MIRACLE» нуждаются в доработке // Радио. 1997. № 1. С. 42–43.
47. Абакумов В. Цифровой велосипедный путевого прибор // Радио. 1991. № 1. С. 28–31; № 2. С. 28–29.
48. Ковалев В. Многофункциональный генератор МАХ 038 // Радио. 1996. № 10. С. 53–54.
49. Кононов С. MIDI-клавиатура для мультимедиа-компьютеров и MIDI-синтезаторов // Радио. 1997. № 3. С. 40–42.
50. Кордонский Э. Группообразование цифровых сигналов и передача их по линиям связи // Радио. 1997. № 1. С. 62–65.
51. Долгий А. «Мышь»: что внутри и чем питается? // Радио. 1996. № 9. С. 28–30.
52. Ломов А. Библиотека функций поддержки «мыши» // Радио. 1997. № 12. С. 18–19.
53. Гриф А. ICO+GSM=Глобальная подвижная связь // Радио. 1997. № 9. С. 62–63.
54. Громаков Ю. Развитие GSM на пути к третьему поколению сотовых систем // Радио. 1999. № 7. С. 68–70.
55. Еланская Ю. Сотовые системы связи GSM и TDMA на пути к третьему поколению // Радио. 1999. № 11. С. 65–67.
56. Макарова О., Соколов А. Глобальные сети передачи данных // Радио. 1997. № 11. С. 67–69; № 12. С. 50–52.
57. Князев К., Рождественский А. Современные системы управления сетями электросвязи // Радио. 1997. № 12. С. 54–56.

References

1. Bykhovskiy, M.A. (2012) *Istoriya razvitiya elektroniki v XX stoletii* [History of the Development of Electronics in the 20th Century]. Moscow: URSS; LIBROKOM.
2. Bykhovskiy, M.A. (2015) *Razvitiye telekommunikatsiy. Na puti k informatsionnomu obshchestvu. Razvitiye radiotekhniki i znaniy o rasprostraneniye radiovoln v XX stoletii* [Development of Telecommunications. Towards an Information Society. Development of Radio Engineering and Knowledge of Radio Wave Propagation in the 20th Century]. Moscow: URSS.
3. Bykhovskiy, M.A. (2017) *Razvitiye telekommunikatsiy: na puti k informatsionnomu obshchestvu: razvitiye sputnikovykh telekommunikatsionnykh sistem* [Development of Telecommunications: Towards an Information Society: Development of Satellite Telecommunication Systems]. Moscow: Goryachaya liniya-Telekom.
4. Sharygina, L.I. (2004) *Istoriya radioelektroniki* [History of Radio Electronics]. Tomsk: Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics.
5. Sharygina, L.I. (2011) *Sobytiya i daty v istorii radioelektroniki* [Events and Dates in the History of Radio Electronics]. Tomsk: Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics.
6. Borisov, V.P. (2010) *Iz istorii otechestvennoy radioelektroniki* [From the History of Domestic Radio Electronics]. Moscow: Sergey Vavilov Institute for the History of Science and Technology RAS.
7. Shneyberg, Ya.A. (2009) *Istoriya vydayushchikhsya otkrytiy i izobreteniy: elektrotehnika, elektroenergetika, radioelektronika* [History of Outstanding Discoveries and Inventions: Electrical Engineering, Power Engineering, Radio Electronics]. Moscow: Moscow Power Engineering Institute.
8. Ermilov, E.A. (2011) *Istoriya nauki i tekhniki* [History of Science and Technology]. Nizhny Novgorod: [s.n.].
9. Migulin, V.V. & Gorokhovskiy, A.V. (eds) (1995) *100 let radio* [100 Years of Radio]. Moscow: Radio i svyaz'.
10. Sergiyevskiy, E. (1990) *Vysokokachestvennyy lampovyy usilitel'* [High-quality vacuum tube amplifier]. *Radio*. 2. pp. 74–77.
11. Starostin, O. (1992) *Izmeritel'nyye generatory* [Measuring generators]. *Radio*. 2-3. pp. 48–52.
12. Kostin, V. & Onishchenko, Yu. (1998) *Lampy ili tranzistory? Lampy!* [Tubes or transistors? Tubes!]. *Radio*. 1. pp. 16–18; 2. pp. 18–19.
13. Khraban, O. (1997) *Lampy ili tranzistory? [Tubes or Transistors?].* *Radio*. 2. pp. 12–14.
14. Denisov, V. (RA6LM), Ushich, V. (UW6LI) & Spirin, B. (UA6LGY) (1990) *Sintezator chastoty transivera* [Transceiver frequency synthesizer]. *Radio*. 1. pp. 25–28; 2. pp. 33–37; 3. P. 26.

15. Stepanov, B. (1991) Radiostantsiya na kazhdyy den' [Everyday radio station]. *Radio*. 2. pp. 19–20.
16. Sergeev, B. (1992) Bipolyarnyy tranzistor [Bipolar transistor]. *Radio*. 6. pp. 48–51; 8. pp. 48–50; 10. pp. 48–50.
17. Sergeev, B. (1992) Bipolyarnyy tranzistor: kak yego proverit' [Bipolar transistor: how to test it]. *Radio*. 12. pp. 40–43.
18. Lapovok, Ya.S. (1991) Ya stroyu novuyu KV radiostantsiyu [I'm building a new HF radio station]. *Radio*. 1. pp. 23–26; 2. pp. 21–25.
19. Asessorov, A., Kozhevnikov, V. & Kosoy, A. (1994) Nauchnyy poisk rossiyskikh inzhenerov [Scientific search of Russian engineers]. *Radio*. 6. pp. 2–3.
20. Asessorov, A., Kozhevnikov, V. & Kosoy, A. (1996) Novyye tranzistory SVCH [New microwave transistors]. *Radio*. 5. pp. 57–58.
21. Asessorov, A., Kozhevnikov, V. & Kosoy, A. (1999) Moshchnyye nizkovol'tnyye SVCH tranzistory dlya podviznykh sredstv svyazi [High-power low-voltage microwave transistors for mobile communications]. *Radio*. 10. pp. 45–46.
22. Yantsev, V. (1990) Poluprovodnikovyye integral'nyye mikroshkemy [Semiconductor integrated circuits]. *Radio*. 1. pp. 28–30.
23. Yantsev, V. (1990) Gibridnyye integral'nyye mikroshkemy [Hybrid integrated circuits]. *Radio*. 4. pp. 37–39.
24. Fedotin, A. (1991) Integral'naya elektronika i nadezhnost' [Integrated electronics and reliability]. *Radio*. 2. pp. 5–7.
25. Novachenko, I. (1991) Mikroshkemy serii K174. Usilitel' moshchnosti K174UN14 [K174 series microcircuits. K174UN14 power amplifier]. *Radio*. 1. P. 74; 2. pp. 85–86.
26. Shachnev, V. (1991) Skhemotekhnika mini-magnitofonov [Circuit design of mini-tape recorders]. *Radio*. 6. pp. 66–72.
27. Yakovlev, G. (1994) Primeneniye mikroshkem serii K174 v usilitelyakh ZCH [Application of K174 series microcircuits in audio amplifiers]. *Radio*. 12. pp. 12–14.
28. Radio. (1991) Radiopriyemnik iz naborov "Fon" [Radio receiver from the Fon sets]. *Radio*. 6. pp. 64–65.
29. Yanchuk, I. (1991) Radiopriyemnik na MS K174KHA10 [Radio receiver based on the K174XA10 microcircuit]. *Radio*. 12. pp. 72–73.
30. Peskin, A. & Voytsekhovskiy, D. (1991) Submodul' tsvetnosti SEKAM-PAL dlya televizorov ZUSTST [SECAM-PAL color submodule for ZUSTS TVs]. *Radio*. 2. pp. 36–40.
31. Alekseyev, S. (1991) Primeneniye mikroshkem serii KR1533 [Using the KR1533 series microcircuits]. *Radio*. 1. pp. 50–52.
32. Alekseyev, S. (1991) Primeneniye mikroshkem serii KR1561 [Using the KR1561 series microcircuits]. *Radio*. 6. pp. 57–61.
33. Biryukov, S. (1996) Tsifrovyy mul'timetr [Digital multimeter]. *Radio*. 5. pp. 32–34; 6. pp. 32–34.
34. Kregers, Ya. (1997) Chastotomer na mikro-EVM [Microcomputer-based frequency counter]. *Radio*. 4. pp. 34–35; 5. pp. 32–34.
35. Nechayev, I. (1997) Aktivnaya antenna diapazona MV [Active MW antenna]. *Radio*. 2. pp. 6–7.
36. Glagolev, O. (1997) Elektronnaya avtomatika malogabaritnogo inkubatora [Electronic automation of a compact incubator]. *Radio*. 3. pp. 45–46.
37. Alekseyev, S. (1997) Zaryadnyye ustroystva dlya Ni-Cd akkumulyatorov i batarey [Chargers for Ni-Cd batteries and batteries]. *Radio*. 1. pp. 44–46; 2. pp. 44–46.
38. Grigor'yev, B. (1991) "RK" s samogo nachala ["RK" from the Very Beginning]. *Radio*. 2. pp. 82–83.
39. Sergeev, A. (1992) Usovershenstvovaniye bloka pitaniya dlya "Radio-86RK" [Improvement of the power supply for the Radio-86RK]. *Radio*. 4. pp. 16–17.
40. Konenkov, K., Sugonyako, V. & Safronov, V. (1990) PRK "Orion-128" – topologiya pechatnoy platy ["Orion-128" PRK – printed circuit board topology]. *Radio*. 4. pp. 44–47.
41. Radio. (1996) "Orion-128": "Z80-CARD" ["Orion-128": "Z80-CARD"]. *Radio*. 4. pp. 27–29.
42. Sugonyako, V. & Safronov, V. (1991) Osnovnoy Monitor dlya PRK "Orion-128" [Main monitor for the Orion-128 PRK]. *Radio*. 1. pp. 35–38.
43. Biryukov, S. (1990) Tsifrovyy mul'timetr [Digital multimeter]. *Radio*. 9. pp. 55–58.
44. Kozel, S. (1997) Tsifrovyye vol'tmetry s mikroprotsessornym upravleniyem. Novyye vozmozhnosti [Voltmeters with microprocessor control. New possibilities]. *Radio*. 3. pp. 30–31, 44.
45. Biryukov, S. (1997) Prostoy tsifrovyy termometr [Simple digital thermometer]. *Radio*. 1. pp. 40–42.
46. Dolgov, O. (1997) Chasy "MIRACLE" nuzhdayutsya v dorabotke [The MIRACLE watch needs improvement]. *Radio*. 1. pp. 42–43.
47. Abakumov, V. (1991) Tsifrovoy velosipednyy putevoy pribor [Digital bicycle tracking device]. *Radio*. 1. pp. 28–31; 2. pp. 28–29.
48. Kovalev, V. (1996) Mnogofunktsional'nyy generator MAKH 038 [Multifunctional generator MAX 038]. *Radio*. 10. pp. 53–54.
49. Kononov, S. (1997) MIDI-klaviatura dlya mul'timedia-komp'yuterov i MIDI-sintezatorov [MIDI keyboard for multimedia computers and MIDI synthesizers]. *Radio*. 3. pp. 40–42.
50. Kordonskiy, E. (1997) Gruppobrazovaniye tsifrovyykh signalov i peredacha ikh po liniyam svyazi [Grouping digital signals and transmitting them over communication lines]. *Radio*. 1. pp. 62–65.
51. Dolgiy, A. (1996) "Mysh": chto vnuti i chem pitayetsya? ["Mouse": what's inside and what does it power?]. *Radio*. 9. pp. 28–30.
52. Lomov, A. (1997) Biblioteka funktsiy podderzhki "myshi" [Mouse support function library]. *Radio*. 12. pp. 18–19.
53. Grif, A. (1997) ICO+GSM=Global'naya podvizhnaya svyaz' [ICO+GSM=Global mobile communications]. *Radio*. 9. pp. 62–63.
54. Gromakov, Yu. (1999) Razvitiye GSM na puti k tret'yemu pokoleniyu sotovykh sistem [GSM development towards the third generation of cellular systems]. *Radio*. 7. pp. 68–70.
55. Elanskaya, Yu. (1999) Sotovyye sistemy svyazi GSM i TDMA na puti k tret'yemu pokoleniyu [GSM and TDMA cellular communication systems towards the third generation]. *Radio*. 11. pp. 65–67.
56. Makarova, O. & Sokolov, A. (1997) Global'nyye seti peredachi dannykh [Global data transmission networks]. *Radio*. 11. pp. 67–69; 12. pp. 50–52.
57. Knyazev, K. & Rozhdestvenskiy, A. (1997) Sovremennyye sistemy upravleniya setyami elektrosvyazi [Modern telecommunication network management systems]. *Radio*. 12. pp. 54–56.

Информация об авторе:

Миркин В.В. – д-р ист. наук, доцент кафедры истории и документоведения Национального исследовательского Томского государственного университета (Томск, Россия). E-mail: vvmvcv@gmail.com

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Information about the author:

V.V. Mirkin, Dr. Sci. (History), associate professor, National Research Tomsk State University (Tomsk, Russian Federation). E-mail: vvmvcv@gmail.com

The author declares no conflicts of interests.

*Статья поступила в редакцию 01.07.2025;
одобрена после рецензирования 07.08.2025; принята к публикации 10.10.2025.*

*The article was submitted 01.07.2025;
approved after reviewing 07.08.2025; accepted for publication 10.10.2025.*