

РАДИОЧАСТОТНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

К.Джуринский, к.т.н. kbd.istok@mail.ru, Е.Покровский, pokrovsky@mail.ru

Радиоэлектронику – самую быстроразвивающуюся отрасль в мире – невозможно представить без современной базы радиокомпонентов. Одной из главных задач Государственной программы Российской Федерации "Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013–2025 годы" является создание и производство отечественной компонентной базы нового технического уровня и сокращение применения импортных компонентов [1]. В настоящее время импортные радиокомпоненты составляют заметную долю электронной компонентной базы, особенно в изделиях специального назначения. Почти 70% электронных компонентов, используемых в производстве российского вооружения и оборудования для космоса, приходится на импорт [2]. Действующие в России программы импортозамещения предусматривают, что к 2018–2020 годам импортная ЭКБ в системах вооружения значительно уменьшится и будет составлять не более 20%. Радиочастотные соединители – важная составная часть электронной компонентной базы.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ РАДИОЧАСТОТНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ

Все отечественные соединители в части общих технических условий соответствуют ГОСТ 20465-85, а присоединительных размеров – ГОСТ РВ51914-2002 (ранее ГОСТ 20265-83). Измерительные и метрологические соединители выпускают по ГОСТ 13317-89. Зарубежные соединители соответствуют стандарту MIL-C-39012.

Сегодня отечественные предприятия – производители радиочастотных соединителей далеко не в полной мере обеспечивают потребности разработчиков новых образцов техники СВЧ военного и гражданского применения как по номенклатуре, так и по параметрам. Российская продукция уступает зарубежным аналогам по конструктивным характеристикам, диапазону рабочих частот,

стойкости к внешним воздействующим факторам и надежности. Однако в последние годы наметился прогресс в этой области – появились предприятия, разрабатывающие радиочастотные соединители нового поколения.

В настоящее время разрабатывают и выпускают радиочастотные соединители следующие предприятия [3]: ФГУП ПО "Октябрь" (Каменск-Уральский), ЦНИИИА (Саратов); "ФНПЦ НИИПИ "Кварц" им. А.П.Горшкова" (Нижний Новгород); НПФ "Микран" (Томск), "Амитрон" (Москва); "Иркутский релейный завод"; НПП "Спецкабель" (Москва); НПП "Исток" им. Шокина (Фрязино).

Производственное объединение "Октябрь" – единственное в России предприятие с крупносерийным производством радиочастотных соединителей – выпускает широкую номенклатуру изделий

с волновым сопротивлением 50 Ом: около 250 негерметичных и 40 герметичных соединителей согласно техническим условиям ВР0.364.049 ТУ, ВР0.364.039 ТУ, ВР0.364.047 ТУ и ВР0.364.015 ТУ. Предельная частота соединителей, поставляемых с приемками 1, 5 и 9, – 18 ГГц.

Широко применяются в микроэлектронике СВЧ герметичные коаксиально-микроразъемные переходы (КМПП) СРГ-50-751ФВ (их часто называют "Град"), выпуск которых был освоен в начале 1980-х годов. Однако по основным параметрам они уступают зарубежным аналогам типа SMA, разработанным в США еще в 1962 году. Корпуса и центральные проводники соединителей производства ФГУП ПО "Октябрь" покрыты сплавом олово-висмут или никелем. Заметим, что даже в самых дешевых зарубежных изделиях центральный проводник покрывают золотом. Правда, за последние годы ФГУП ПО "Октябрь" наладило выпуск КМПП СРГ-50-751ФВ-1, и по требованию заказчиков гнездовой проводник покрывается золотом, а центральный – по-прежнему сплавом олово-висмут.

Предприятие производит также соединители СРГ50876ФВ и СРГ-50-876ФВМ, по конструкции и параметрам эти изделия – аналоги СРГ-50-751ФВ, но отличаются видом резьбы на корпусе. В первом из них дюймовая резьба 0.25036UNS2A по всей длине корпуса, во втором – часть резьбы метрическая М6×0,75 (для установки в корпуса отечественных изделий), а выходная часть – дюймовая (для сочетания с зарубежными кабельными соединителями без применения адаптеров).

К сожалению, многие соединители ФГУП ПО "Октябрь" по своим параметрам и конструктивному исполнению уступают зарубежным аналогам и не полностью соответствуют требованиям современной техники СВЧ. В последнее время положение меняется в лучшую сторону. Предприятие оснащается современным механообрабатывающим и технологическим оборудованием, увеличивается численность специалистов, что позволит ФГУП ПО "Октябрь" выйти на более высокий уровень производства радиочастотных соединителей.

На предприятии ЦНИИИА разрабатываются в основном измерительные соединители в диапазоне частот до 50 ГГц – аналоги зарубежных SMA, APC-7, APC-3,5 и APC-2,4. Однако по комплексу параметров выпускаемые изделия уступают аналогам. В номенклатуре продукции ЦНИИИА кабельные соединители типов III, IX, I ГОСТ РВ51914-2002, КМПП для частотного диапазона 0–37,5 ГГц и адаптеры для совместимости с отечественными и зарубежными соединителями. В линейку входят

изделия как с резьбовым, так и с фланцевым соединением с корпусами изделий. SMA-3, SMA-4, и SMA-6 предназначены для диапазона частот 0–18 ГГц, SMA-5 – для 0–26,5 ГГц, а SMA-7 и SMA-9 рассчитаны на расширенный диапазон частот 0–37,5 ГГц. Максимальные прямые потери пары соединителей всех типов с тестовой микроразъемной линией составляют 0,5 дБ в диапазоне частот 0–12,5 ГГц, 1,2 дБ в диапазоне 15–18 ГГц и 1,8 дБ в диапазоне 18–26,5 ГГц.

Нижегородский научно-исследовательский приборостроительный институт "Кварц" имени А.П.Горшкова специализируется в области научных исследований, разработки и производства радиоизмерительной аппаратуры (диапазон частот до 50 ГГц), для которой используются отечественные соединители типов I, III, IX по ГОСТ 13317-89, а также зарубежные – типов N, 3,5-мм, SMA и 2,4-мм. В свое время "Кварц" разработал широкую номенклатуру коаксиальных переходов (адаптеров) для аппаратуры общего и специального назначения. Из них 23 типа переходов предназначены для сочетаний зарубежных соединителей (N, SMA, 2,4 мм и SMB), 30 типов измерительных переходов соответствуют ГОСТ 13317-89.

Особый интерес представляют кабельные соединители и переходы типа I для диапазона частот 0–50 ГГц – канал 2,4/1,042 мм. Эти изделия, как и их зарубежные аналоги – соединители типа 2.4 мм, выполнены с метрической резьбой M7×0,75 на корпусе, поэтому совместимы между собой без применения адаптеров. Для кабельных соединителей создан радиочастотный кабель РК50-1,5-216, диаметр его центрального проводника составляет 0,51 мм. Центральный проводник кабеля служит внутренним проводником кабельного соединителя вилки и непосредственно вставляется в гнездовой контакт соединителя розетки.

НПФ "Микран" – один из лидеров среди отечественных производителей измерительной аппаратуры СВЧ-диапазона и прецизионных аксессуаров СВЧ-тракта. Предприятие выпускает:

- 18 моделей КМПП типа IX с метрической и дюймовой резьбой (аналоги зарубежных переходов SMA);
- 26 моделей одноканальных и межканальных адаптеров III и X типов;
- адаптеры серии ПКН с усиленными соединителями для векторных анализаторов цепей – аналоги зарубежных NMD;
- согласованные и несогласованные нагрузки;
- 16 моделей коаксиально-волноводных переходов в диапазоне частот от 8,15 до 37,5 ГГц;
- измерительные кабельные сборки.

Герметичные КМПП, аналогичные серийно выпускаемым переходам СРГ-50-751ФВ, имеют КСВН не более 1,2 в диапазоне частот 0–10 ГГц и 1,5 – в диапазоне 10–18 ГГц. Кроме того, налажен выпуск кабельных сборок с отечественными (РК50-1,5-22С, РК50-2-25 и др.) и зарубежными (RG-174/U, RG-58/U и др.) кабелями. Они армированы на концах соединителями типов IX или III в различных сочетаниях для применения в радиоэлектронных устройствах, в антенно-фидерных

трактах СВЧ-диапазона, в отечественной и зарубежной измерительной и испытательной аппаратуре. Представляет интерес работа этого предприятия по созданию соединителей типа I (канал 2,4/1,042 мм) с предельной частотой 50 ГГц и адаптеров на их основе, а также недавно выпущенные соединители типа SMP (предельная частота 40 ГГц) в двух модификациях.

Компания "Амитрон" рекламирует широкую номенклатуру радиочастотных соединителей, в частности, зарубежные изделия наиболее известных серий: SMA (120 моделей, в том числе обратной полярности более 20), N – около 100 моделей, BNC (28 моделей), TNC (36 моделей), 7/16 (8 моделей). В каталоге "Амитрон" представлены соединители с предельной частотой от 18 до 40 ГГц: SSMA – 16 моделей, BMA – 33 модели, по 8 моделей соединителей К ($f_{\text{пред.}} = 40$ ГГц) и APC 3.5 ($f_{\text{пред.}} = 33$ ГГц).

Предприятие предлагает миниатюрные зарубежные соединители типов MCX, MMCX, SMB, SSMB, SMC, а также приборную вилку и адаптер SMP. "Амитрон" поставляет одноканальные и межканальные адаптеры для сочетания с отечественными и зарубежными соединителями.

Среди выпускаемых компанией отечественных соединителей – кабельные и приборно-кабельные изделия типа III (13 моделей), а также КМПП, аналогичные СРГ-50-751ФВ (2 модели) и СРГ-50-716ФВ.

НПП "Спецкабель" производит большое количество радиочастотных кабелей и кабельных сборок для систем радиосвязи, телевидения, радиоэлектронной, измерительной и испытательной аппаратуры. Предприятием разработаны радиочастотные соединители (в основном негерметичные), среди которых прямые и угловые кабельные и приборно-кабельные вилки и розетки типов III и IX – более 20 моделей.

В настоящее время НПП "Спецкабель" сконцентрировал основные усилия на выпуске кабельных сборок на основе отечественных и зарубежных соединителей, гибких и полужестких кабелей. Кабель армируют на концах отечественными и зарубежными соединителями N, BNC, TNC, SMA, SMP. Предельная частота сборок 40 ГГц, максимальный КСВН – 1,2...1,5 в зависимости от типа соединителя и марки кабеля, длина сборок от 0,05 до 50 м. Сборки соответствуют требованиям стандарта МЭК 609661, применяются в различных типах радиоизмерительной и испытательной аппаратуры, в базовых станциях сотовой связи. Достижением предприятия является разработка и выпуск соединителей, кабельных сборок и адаптеров, совместимых с зарубежными аналогами.

Санкт-Петербург, Россия
Английская набережная, 24
Телефон: 7-812-3259792

Москва, Россия
Лужнецкая набережная, 2/4,
строение 19, офис 119
Телефон: 7-095-7477590

Поставки электронных компонентов
широкой номенклатуры
Системы RFID: поставка и консультации

XILINX **Mini-Circuits**
ALTERA



На Иркутском релейном заводе" (ОАО "ИРЗ") разработаны КМПП типов СРГ-50-751 ИрФВ, СРГ-50-876 ИрФВ, СРГ-50-876 ИрФМВ (с приемками 1 и 5), которые по своим параметрам превосходят серийно выпускаемые переходы. Предприятие оснащено современным автоматизированным металлообрабатывающим и химико-технологическим оборудованием, средствами измерения. В сотрудничестве с предприятиями "Радиант-Элком" и НПП "Исток" им. Шокина завод расширяет номенклатуру выпускаемых соединителей для аппаратуры специального назначения.

НПП "Исток" им. Шокина с 1981 года производит небольшими партиями герметичные приборные радиочастотные соединители (рис.1). Предложенные в конце 1980-х годов оригинальные (патент РФ №1764477) герметичные КМПП: розетки ТС2.236.072, ТС2.236.072-01 и вилка ТС2.236.074 с воздушной коаксиальной линией 3,5/1,52 мм рассчитаны на предельную рабочую частоту 36 ГГц. Корпус и центральный проводник переходов покрыты износостойким сплавом золото-кобальт, внутренний гнездовой проводник – сплавом палладий-никель. Отличительные особенности соединителей – повышенные радиационная стойкость и температура кратковременного нагрева при пайке в корпуса изделий.

Среди продукции предприятия – фланцевые составные КМПП: КРПГ.434511.004 с СВЧ-вводами КРПГ.433434.015 (диаметр центрального проводника 0,4 и 0,5 мм), фланцевые составные переходы КРПГ.434511.016 (тип III, розетка) и герметичные адаптеры розетка-розетка (тип IX) с предельной частотой 18 ГГц. В 2006 году были выпущены переходы КРПГ.434511.015 (тип IX, розетка) с улучшенными параметрами, предназначенные для замены зарубежных соединителей SMA и отечественных переходов СРГ-50-751ФВ. В качестве ответной кабельной вилки для всех КМПП используются стандартные вилки производства ФГУП ПО "Октябрь". По комплексу параметров все КМПП соответствуют зарубежным аналогам.

Соединители КРПГ.434511.009 и КРПГ.434511.010 предназначены для работы на частотах до 18 ГГц при давлении 100 атм. В 2010–2012 годах при участии предприятий "Радиант-Элком" и "ИРЗ" была создана серия импортозамещающих миниатюрных защелкиваемых соединителей SMP с предельной частотой 40 ГГц (КРПГ.434511.019ТУ). В настоящее время предлагаются изделия следующих модификаций:

- вилка приборная герметичная КРПГ.433434.054;
- кабельные соединители розетки прямые КРПГ.434511.020 и угловые КРПГ.434511.019 под

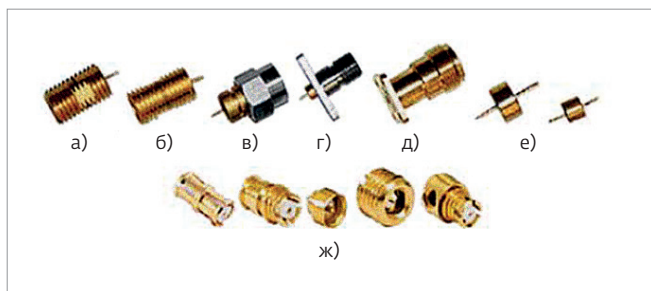


Рис.1. Соединители ОАО "НПП "Исток" им. Шокина: КРПГ.434511.015 (а), ТС2.236.072 (б), ТС2.236.074 (в), КРПГ.434511.004 с вводом КРПГ.433434.015 (г), КРПГ.434511.016 (д), СВЧ-вводы (е), соединители SMP (ж)

зарубежные полужесткие кабели 0,086", 0,047" и отечественные кабели РК50-1-23, РК50-1-24, РК50-1,5-22;

- герметичный приборный адаптер вилка-вилка КРПГ.434511.021, не имеющий зарубежных аналогов.

Выпускаемые соединители, предназначенные для применения в модулях с плотной компоновкой на частотах до 40 ГГц, являются аналогами изделий SMP производства компании Rosenberger. Основные параметры соединителей НПП "Исток" приведены в табл.1, а параметры изделий типа SMP – в табл.2.

ЗАРУБЕЖНЫЕ РАДИОЧАСТОТНЫЕ СОЕДИНИТЕЛИ

Казалось бы, в российских изделиях должны применяться отечественные соединители. Более того, при производстве продукции военного назначения это зачастую обязательное требование. Однако во многих случаях, когда необходимо обеспечить высокий уровень выходных параметров разрабатываемых изделий, приходится использовать зарубежные соединители. Не секрет, что по своим параметрам они превосходят отечественные серийно выпускаемые аналоги либо их не имеют.

В качестве примера в табл. 3 приведены основные электрические параметры лучших серийно выпускаемых отечественных и зарубежных герметичных КМПП. Зарубежные соединители применяют также при создании изделий экспортного исполнения, когда обязательно наличие выходных разъемов, адаптированных к зарубежной аппаратуре, либо когда разъемы зарубежной радиоизмерительной аппаратуры отличаются от отечественных.

Из семи стандартизованных за рубежом коаксиальных линий (табл.4) в отечественных стандартах отсутствуют четыре, прежде всего миллиметрового

Таблица 1. Параметры КМПП и адаптера ОАО "НПП "Исток"

Обозначение соединителя, ТУ	Максимальный КСВН в диапазоне частот, ГГц			Потери, дБ	Экранное затухание, дБ	Масса, г
	0...10	0...18	0...36			
Переход ТС2.236.072 (розетка) ТСО.223.014 ТУ	1,10	1,25	1,40	0,25	-90	1,2
Переход ТС2.236.072-01 (розетка) ТСО.223.014 ТУ	1,10	1,25	1,40	0,25	-90	1,2
Переход ТС2.236.074 (вилка) ТСО.223.020 ТУ	1,15	1,30	1,43	0,30	-90	2,4
Соединитель КРПГ.434511.004 (розетка) КРПГ434511.004ТУ с СВЧ-вводом КРПГ.433434.015 ТСО.357.004 ТУ	1,20	1,35	-	0,30	-60	2,0
Переход КРПГ.468562.024 (адаптер розетка-розетка) (КРПГ468562.024ТУ)	1,25	1,35	-	0,30	-60	1,8
Переход КРПГ.434511.015 (розетка) КРПГ.434511.015ТУ	1,15	1,30	18	0,30	Менее -60	1,2
Соединитель КРПГ.434511.016 (розетка) с СВЧ-вводом КРПГ433434.048, КРПГ.434511.016ТУ	1,20	1,30	18	0,30	Менее -60	25

диапазона длин волн. Но особенно нежелательно отсутствие в отечественных стандартах канала 2,92/1,27 мм (диапазон частот 0-40 ГГц).

Мировой рынок радиочастотных соединителей в последние годы развивался динамично. По данным исследовательского центра Bishop & Associates Inc., в 2013 году он составил 2,2 млрд. долл. и, по прогнозам, через пять лет достигнет 3,0 млрд. долл. [4].

Развивается рынок соединителей преимущественно в двух направлениях: миниатюризация и расширение диапазона рабочих частот.

Наибольшую долю в структуре мирового рынка в 2013 году, показанной на рис.2, составляют миниатюрные соединители (22,5%). Среди них заметно выделяются соединители BNC, которые широко применяются в базовых станциях сотовой связи, радиовещательной и измерительной аппаратуре. Субминиатюрные соединители (21,5%) – второй большой сектор рынка, на котором доминируют SMA, SMB и SMC. Основные области применения радиочастотных соединителей – системы телекоммуникаций – около 38% (рис.3), а также компьютеры

Таблица 2. Параметры соединителей SMP (КРПГ.434511.019ТУ) ОАО "НПП "Исток"

Обозначение	Верхняя частота применения, ГГц	Максимальный КСВН	Потери, дБ	Экранное затухание, дБ
Вывод КРПГ.433434.054 (вилка приборная герметичная), соединитель КРПГ.434511.021 адаптер	40	1,40	0,40	-65
Соединители (розетки прямые кабельные): КРПГ.434511.020 – кабель 0,047"; КРПГ.434511.020-01 – кабель: РК50-1-23, РК50-1-24; КРПГ.434511.020-02 – кабель: 0,086", РК50-1,5-22	40	1,40	0,45	-65
Соединители (розетки угловые кабельные): КРПГ.434511.019 – кабель 0,047"; КРПГ.434511.019-01 – кабель: РК50-1-23, РК50-1-24; КРПГ.434511.019-02 – кабель: 0,086", РК50-1,5-22	26,5	1,45	0,40	-65

Таблица 3. Основные параметры отечественных и зарубежных герметичных КМПП

Параметры КМПП	Значения параметров КМПП	
	отечественных	зарубежных
Верхняя частота применения, ГГц	18	110
КСВН (на частотах до 18 ГГц)	1,5	Менее 1,25
Прямые потери СВЧ, дБ (на частотах до 18 ГГц)	0,3	0,2–0,25
Экранное затухание, дБ (на частотах 2–3 ГГц)	–60	–90

и периферийные устройства. Распределение рынка по регионам показано на рис.4.

В 2013 году наибольший объем продаж радиочастотных соединителей пришелся на Китай (24%), где в настоящее время производится основной объем телекоммуникационного оборудования. Следом за Китаем идут Северная Америка (22%) и Европа (21%). Лидирующее положение на мировом рынке радиочастотных соединителей, по данным Bishop & Associates Inc., занимают компании Amphenol, Dai-ichi Seiko, Hirose, Huber+Suhner, Molex, PPC, Radiall, Samtec, Rosenberger, TE Connectivity и Telegartner.

ПРИЧИНЫ НАШЕГО ОТСТАВАНИЯ

Технический уровень радиочастотных соединителей российского производства не в полной мере соответствует требованиям, предъявляемым к радиоэлектронным компонентам, востребованным современной радиоэлектроникой. Научно-технический задел, позволявший в свое время отечественным соединителям в основном соответствовать зарубежным аналогам, в настоящее время недостаточен для поддержания уровня отрасли. Более того, накопилось отставание от зарубежных производителей, и разрыв увеличивается [5].

Таблица 4. Сравнение коаксиальных линий отечественных и зарубежных соединителей

Размеры коаксиальной линии, мм	ГОСТ РВ51914-002, ГОСТ13317-89	Стандарт MIL-C-39012
	Радиочастотные соединители	
	отечественные	зарубежные
7/3,04	Тип III (В, Р)	N, APC-7, RPC-7
4,1/1,27; 3,5/1,52	Тип IX (В, Р)	SMA
3/0,94	Отсутствует	SMC, SMB
2,92/1,27	Отсутствует	2.9-мм соединители: K, SMA, SMP, GPO и др.
2,4/1,042	Тип I (В, Р)	2.4-мм соединители: APC-2.4, OS-50, RPC-2.4
1,85/0,83	Отсутствует	1.85-мм соединители: APC-1.85, OS-65, VP, GPPO
1/0,534	Отсутствует	1.0-мм соединители: APC-1.0, RPC-1.0 и др.

По нашему мнению, существует ряд причин сложившейся ситуации.

- В развитых зарубежных странах много конкурирующих между собой компаний-производителей радиочастотных соединителей. В США, например, насчитывается несколько десятков крупных компаний. В нашей стране до недавнего времени такой конкуренции не могло быть, поскольку производство радиочастотных соединителей было сконцентрировано на единственном предприятии – ФГУП ПО "Октябрь". Продолжительное время не финансировались и не проводились научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию современных радиочастотных соединителей. К тому же для выполнения таких разработок не хватает специалистов высокой квалификации.

- Отечественные ГОСТы на радиочастотные соединители устарели по ряду параметров и не способствуют прогрессу в этой области техники.
- Долгое время в стране остро не хватало современной радиоизмерительной аппаратуры сантиметрового и миллиметрового диапазонов длин волн. Данная проблема не разрешена до сих пор в отношении аппаратуры миллиметрового и субмиллиметрового диапазонов.
- При создании радиочастотных соединителей с большим запозданием начали использовать технологию автоматизированного проектирования.
- Только в последние годы стали заменять устаревшее металлообрабатывающее оборудование, не обеспечивающее необходимой точности обработки. В зарубежных компаниях механическая

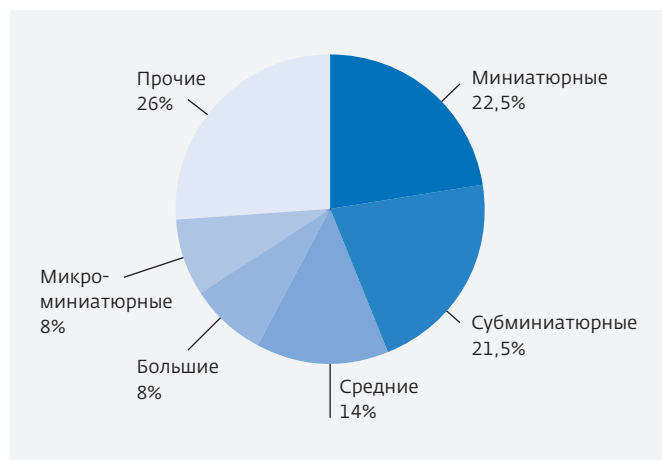


Рис.2. Доли отдельных групп радиочастотных соединителей на мировом рынке

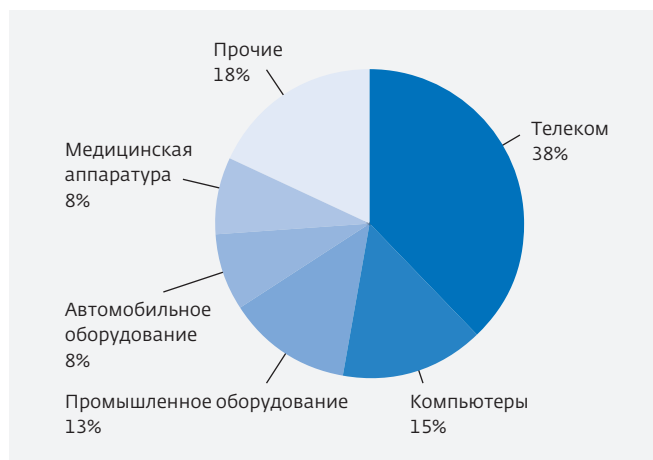


Рис.3. Распределение рынка по областям применения радиочастотных соединителей

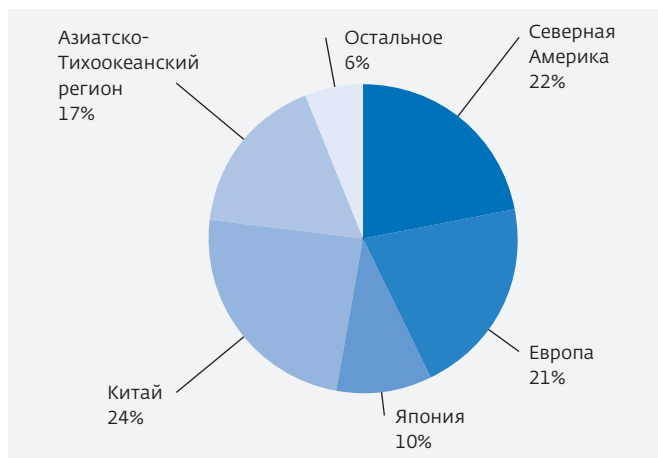


Рис.4. Распределение рынка радиочастотных соединителей по регионам

обработка внутреннего и наружного проводников соединителей, требующих высокой чистоты поверхности и точности размеров (несколько сотых миллиметра, а для соединителей миллиметрового диапазона длин волн – несколько микрон), уже давно выполняется на высокопроизводительных автоматизированных обрабатывающих комплексах.

- Долгое время в производстве радиочастотных соединителей применялось устаревшее гальвано-химическое оборудование, не велась работы по созданию новых, более совершенных покрытий металлических поверхностей соединителей.

По-видимому, это неполный перечень причин накопившегося отставания. Но в настоящее время важнее найти пути выхода из сложившейся ситуации. Задача создания базы современных отечественных радиочастотных соединителей, не уступающих лучшим зарубежным аналогам, – одна из приоритетных для отечественной радиоэлектронной промышленности.

* * *

В настоящее время, как никогда раньше, очевидно, что без создания современной базы радиочастотных соединителей невозможен прогресс радиоэлектроники СВЧ в нашей стране. К сожалению, этой проблеме до сих пор уделяется недостаточное внимание. Промышленность продолжает выпускать ряд морально и технически устаревших соединителей, разработанных многие десятилетия тому назад. Устаревшая нормативная база не способствует прогрессу в этой области техники. Отсутствует целевая программа развития

радиочастотных соединителей на ближайшие годы, объединяющая усилия тех немногих коллективов, которые работают в этой области. Для создания отечественных радиочастотных соединителей, не уступающих по номенклатуре и уровню параметров лучшим зарубежным аналогам, предстоит сделать очень много.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Якунин А.** Актуальные вопросы развития радиоэлектронной промышленности. – Электроника: НТБ, 2013, № 8, с. 22-29.
2. **Кочемасов В., Строганов Е.** Электронные компоненты иностранного производства. Ограничение экспорта в Россию. – Электроника: НТБ, 2013, № 1, с. 124-129.
3. **Джуринский К.Б.** Современные радиочастотные соединители и помехоподавляющие фильтры. – Изд-во ЗАО "Медиа Группа Файнстрит" Санкт-Петербург, 2014.
4. Top 100 Connector Manufacturers. Report Bishop& Associates No:M-121-13 July 2013.
5. **Сафонов А., Сафонов Л.** Радиочастотные электрические соединители. Вопросы теории и состояния развития производства. – Технологии в электронной промышленности, 2010, № 5, с. 38-45.