

Введение

Радиоэлектронная индустрия является одним из ключевых направлений современной промышленности, основой высокотехнологичных изделий многих отраслей промышленности.

В любой конечной продукции присутствуют или электронные компоненты, или радиоэлектронные узлы, блоки, модули, приборы, системы. Радиоэлектронная продукция определяет интеллектуальные возможности всей конечной продукции, она позволяет расширить функциональные возможности и среду обитания человека на земле и в космическом пространстве.

Существенно влияние радиоэлектроники на развитие современных средств вооружения и военной техники. Надежность, точность, дальность - далеко не полная номенклатура характеристик современного вооружения и военной техники, максимальные значения которых достигаются во многом благодаря достижениям радиоэлектроники.

Радиоэлектронная промышленность включает производство радиоэлектронных устройств и систем, электронной компонентной базы, специальных материалов и оборудования для производства изделий радиоэлектроники.

Производство радиоэлектронных устройств и систем - финальной продукции - в свою очередь, делится на 3 крупные группы:

- потребительская электроника - массовый сегмент изделий радиоэлектроники. Состоит из аудио-, видео-, бытовой техники, абонентского телекоммуникационного оборудования, компьютеров и периферии;
- профессиональная электроника. В категорию включаются сегменты: операторское телекоммуникационное оборудование, промышленная электроника, автомобильная электроника, электроника для энергетического оборудования, для медицинского оборудования, для систем безопасности, а также высокопроизводительные системы обработки информации;
- электроника специального назначения. Категория может быть разделена на крупные блоки по типам: авиационные и космические системы, системы сухопутного и морского базирования и т.д.

На сегодня основной целью государственной политики в сфере радиоэлектронной промышленности в рамках реализации ФЦП РФ «Развитие электронной и радиоэлектронной промышленности на 2013-2025 годы» является повышение конкурентоспособности радиоэлектронной промышленности посредством создания инфраструктуры для развития приоритетных направлений, интеграции в международный рынок и реализация инновационного потенциала.

Достижение указанной цели ФЦП предусматривает решение следующих приоритетных задач:

- создание научно-технического задела по перспективным электронным и радиоэлектронным технологиям соответствующим современному уровню развития радиоэлектроники;
- создание современной научно-технической и производственно-технологической базы производства конкурентоспособных радиоэлектронных изделий;
- обеспечение в требуемых объемах производства радиоэлектронных изделий для приоритетных образцов вооружения, военной и специальной техники, определяющих перспективный облик ВС РФ.

Содержательный курс дисциплины «Радиоинжиниринг» заключается в освоении цикла сквозного проектирования и модернизации оригинальных радиоэлектронных разработок по взаимному принципу «идейный замысел – макетный образец – опытный образец изделия». Дисциплина «Радиоинжиниринг» является фундаментально-практическим курсом освоения радиоинженерных направлений в области разработки РЭС, а также методов и средств схемотехнического и программно-аппаратного проектирования изделий радиоэлектронной аппаратуры двойного и специального назначения, позволяющий студентам познакомиться с основополагающими принципами организации НИР, ОКР, НИОКР и НИОКТР в рамках проведения этапов схемотехнической разработки РЭС на системотехническом, функциональном и принципиальном иерархических уровнях проектирования радиоэлектронных изделий. Рассмотрены специальные разделы радиоинжиниринга, касающиеся правил создания и оформления схемотехнической РКД, изучения современной ЭКБ и классификации РЭС, способов поиска и устранения неисправностей РЭС в условиях эксплуатации, изучения радиотехнических сигналов и современного радиоизмерительного аппаратного комплекса для исследования параметров и характеристик радиоэлектронных изделий, автоматизированного проектирования и имитационного моделирования РЭС на базе современных схемотехнических ПО, в том числе на отечественном САПР Delta Design, проектирования цифровых устройств на базе сигнальных процессоров и ПЛИС, изучения языков описания схемотехнических моделей Spice и программируемых цифровой архитектуры HDL (VHDL, Verilog). Освещена область научно-практических исследований физико-технологических аспектов реинжиниринга радиоэлектронных средств. Рассмотрены методы и средства спецпроектного реинжиниринга и конрреинжиниринга функциональных модулей многослойных печатных плат и корпусных микросхем в их составе. Изложены положения и методология схемотехнического анализа принципиальной архитектуры электрических цепей и сигналов радиоэлектронных изделий по конфигурации печатного узла, его интегральной компонентной базе и их связным топологиям.

Лекция 1. Радиоинжиниринг в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности разработчика РЭС

Радиоинжиниринг – интегрированный комплекс научно-практической и проектно-технологической деятельности в области системной реализации сквозных циклов проведения инженерно-физических и спецпроектных исследований, разработки и производства, испытаний и эксплуатации, ремонта и модернизации, реинжиниринга и конрреинжиниринга радиоэлектронных изделий гражданского и специального назначения.

Радиоинженерные направления подготовки отличаются от специальностей машиностроительных и приборостроительных направлений тем, что имеют свою систему классификацию разделения профессиональной деятельности. Так, различают следующие специализации радиоинженеров: системотехник, схемотехник, радиоконструктор – специализация, как правило, интегрирующая в себе знания, умения и навыки первых двух специализаций. К отдельному классу подготовки радиоинженерии относится радиоэлектронные технологии, которые могут примыкать к любой из заявленных специализаций, так как разработка и проектирование на той или иной стадии готовности изделия (структурной, принципиальной, функциональной, аппаратной) требует владения специализированными методами и средствами программно-архитектурного синтеза, моделирования и макетирования, отладки, функционально параметрического тестирования и производства.

Рассмотрим различие между указанными направлениями в радиоэлектронной индустрии.

Системотехническое направление специализируется на системных решениях создания радиоэлектронного изделия. В рамках категории данного направления специальностях учат проектировать не отдельные устройства (например, передатчики или приемники), а целые радиоэлектронные системы и комплексы: для инженера-системотехника подсистемы – это только функциональные устройства с параметризацией входных и выходных сигналов. Системотехническое направление требует выработки объектно-ориентированного подхода: умения мыслить крупными категориями, видеть проблему решения радиотехнической задачи в целом.

Для инженеров-схемотехников объектом проектирования и исследования являются подсистемы, конструкцию которых они и разрабатывают. Инженер-схемотехник проектирует подсистему с заданными характеристиками исходя из следующего условия: на входе известные сигналы, на выходе – требуемые, преобразованные сигналы. Схемотехник решает множество локализованных в системе схемотехнических задач. Данное направление требует усидчивости, уме-

ния работать с радиотехническими задачами, выделенными из общего комплекса, существующими отдельно.

Радиоконструктор занимается решением задач аппаратного воплощения изделия, миниатюризации устройств, проблемами обеспечения тепловых режимов и охлаждения, виброустойчивости и вибропрочности, электромагнитной совместимости, проектируют корпуса для устройств, осуществляют выбор ЭКБ, оптимизируют принципиальные схемы для их дальнейшего расположения на печатных узлах, субблоках в блоках несущих конструкций.

Инженер-конструктор занимается разработкой технических проектов, производит анализ конструкций, заложенных проектом, и проверяет документацию. Специалист этой профессии контролирует рабочее проектирование и разрабатывает инструкции для дальнейшей эксплуатации создаваемой конструкции. В обязанности радиоконструктора входят также испытание и наладка опытных изделий и деталей, которые планируется использовать в дальнейшем.

Кроме того, существуют радиоинженерные направления, относящиеся к группе эксплуатационщиков, относящихся к категории специалистов, обеспечивающих ремонт и техническую эксплуатацию, бесперебойную работу электронного оборудования. Инженер-электронщик отвечает за наладку элементов и блоков РЭС любой сложности системной и схмотехнической конфигурации, организуя техническое обслуживание аппаратуры и обеспечивая ее работоспособное состояние, рациональное использование, проведение профилактического и текущего ремонта, реализацию спектра технических мер по своевременному и качественному выполнению ремонтных работ согласно утвержденной технической документации на конкретный вид радиоэлектронного изделия.

Проектно-инновационная и научно-практическая составляющие радиоинжиниринга в области создания перспективных направлений радиоэлектронных систем и технологий, как правило, регламентируется ФЦП для предметно ориентированных научно-исследовательских работ, направленных на создание научно-технического задела в различных прикладных областях для последующей разработки изделий и технологий, и определяется тремя основными стадиями развития проработки и технической реализации продукции или ее составных частей: НИР, ОКР, ОТР. В ряде случаев указанные виды деятельности могут объединяться в интегрированные проекты НИОКР, а в условиях привлечения реализации технологических разработок – в НИРиТР, ОКРиТР и НИ-ОКТР.

1.1. Основная система понятий в области НИОКР

Научная (научно-исследовательская) деятельность – деятельность, направленная на получение и применение новых знаний, в том числе:

- **фундаментальные научные исследования** – экспериментальная или теоретическая деятельность, направленная на получение новых знаний об основных закономерностях строения, функционирования и развития человека, общества, окружающей природной среды;

- **прикладные научные исследования** – исследования, направленные преимущественно на применение новых знаний для достижения практических целей и решения конкретных задач.

Экспериментальные разработки - деятельность, которая основана на знаниях, приобретенных в результате проведения научных исследований или на основе практического опыта, и направлена на сохранение жизни и здоровья человека, создание новых материалов, продуктов, процессов, устройств, услуг, систем или методов и их дальнейшее совершенствование.

К научно-исследовательским работам относятся работы, связанные с осуществлением научной (научно-исследовательской), научно-технической деятельности и экспериментальных разработок:

- по которым получены результаты, подлежащие правовой охране, но не оформленные в установленном законодательством порядке;
- по которым получены результаты, не подлежащие правовой охране в соответствии с нормами действующего законодательства.

Научный и (или) научно-технический результат - продукт научной и (или) научно-технической деятельности, содержащий новые знания или решения и зафиксированный на любом информационном носителе.

Научная и (или) научно-техническая продукция - научный и (или) научно-технический результат, в том числе результат интеллектуальной деятельности, предназначенный для реализации.

Научно-исследовательская работа по созданию продукции - комплекс теоретических и (или) экспериментальных исследований, проводимых с целью получения обоснованных исходных данных, изыскания принципов и путей создания (модернизации) продукции. Научно-исследовательская работа по созданию продукции является одной из разновидностей прикладных научно-исследовательских работ. Она служит начальным этапом комплекса работ по созданию и освоению новой техники и проводится в случае, когда разработку продукции невозможно или нецелесообразно осуществить без проведения соответствующих научных исследований. В отличие от фундаментальных и поисковых НИР, прикладная НИР проводится с целью создания конкретного образ-

ца (типа изделия, материала) или исследования особенностей его функционирования, или применения. Одним из этапов НИР по созданию материала является опытно-технологическая работа, в процессе которой изготавливается опытная партия материала.

Опытно-конструкторская работа ОКР:

Комплекс работ по разработке конструкторской и технологической документации на опытный образец, изготовлению и испытаниям опытного (головного) образца (опытной партии), выполняемых для создания (модернизации) продукции. Определение относится к разработке как серийной, так и несерийной или единичной продукции.

Опытно-технологическая работа ОТР:

Комплекс работ по созданию новых веществ, материалов и (или) технологических процессов и технической документации на них. Опытно-конструкторская и опытно-технологическая работы, как правило, начинаются с технического задания. При проведении ОКР в ее состав могут быть включены работы по созданию технологической документации и средств технологического оснащения для изготовления опытных образцов, установочных серий или головных образцов, а также несерийной или единичной продукции.

Рабочая конструкторская документация (РКД) – графические и текстовые документы, которые, в совокупности или в отдельности, определяют состав и устройство изделия и содержат необходимые данные для его разработки, изготовления, контроля, эксплуатации, ремонта и утилизации.

1.2 Место НИОКР в жизненном цикле радиоэлектронных изделий

С точки зрения стратегических аспектов управления НИОКР, **жизненный цикл продукции** – время от начала оформления идеи изделия до окончания физического существования последнего экземпляра этого изделия.

Структура жизненного цикла изделия (продукции) включает следующие составляющие:

- 1) маркетинговые исследования потребностей рынка;
- 2) генерация идей и их фильтрация;
- 3) техническая и экономическая экспертиза проекта;
- 4) научно-исследовательские работы по тематике изделия (продукции);
- 5) опытно-конструкторская работа и/или опытно-технологическая работа;
- 6) пробный маркетинг;

- 7) подготовка производства изделия на заводе-изготовителе серийной продукции;
- 8) собственно производство и сбыт;
- 9) эксплуатация изделий;
- 10) утилизация изделий.

Стадии 4–7 – предпроизводственные, и их можно рассматривать как комплекс научно-технической подготовки производства.

Жизненный цикл изделий – не временной период существования продукции данного типа (одного наименования и обозначения), а процесс последовательного изменения ее состояния, обусловленный видом производимых на нее воздействий. При этом изделие конкретного типа может одновременно находиться в нескольких стадиях жизненного цикла, например, в стадиях производства, эксплуатации и планового ремонта.

Основные параметры, характеризующие границы стадий жизненного цикла изделия, приведены в таблице 1.1.

Таблица 1.1. Стадии жизненного цикла радиоэлектронного изделия

Стадия	Начало стадии	Окончание стадии
Маркетинговые исследования рынка	Заключение договора на проведение исследований	Сдача отчета по результатам исследований
Генерация идей и их фильтрация	Сбор и фиксирование предложений по проектам	Окончание отбора проектов-конкурентов
Техническая и экономическая экспертиза проектов	Комплектация групп оценки проектов	Сдача отчета по экспертизе проектов, выбор проекта-победителя
НИР	Утверждение ТЗ на НИР	Утверждение акта об окончании НИР
ОКР	Утверждение ТЗ на ОКР	Наличие РКД, откорректированной по результатам испытаний опытного образца
Пробный маркетинг	Начало подготовки производства опытной партии	Анализ отчета о результатах пробного маркетинга
Подготовка производства на заводе-изготовителе	Принятие решения о серийном производстве	Начало установившегося серийного производства
Собственно производство и сбыт	Продажа первого серийного образца изделия	Поставка потребителю последнего экземпляра изделия

Эксплуатация	Получение потребителем первого экземпляра изделия	Снятие с эксплуатации последнего экземпляра изделия
Утилизация	Момент списания первого экземпляра изделия с эксплуатации	Завершение работ по утилизации последнего изделия, снятого с эксплуатации

Деятельность и работы на всех стадиях жизненного цикла изделия регламентированы соответствующими стандартами системы разработки и постановки продукции на производство (СПП). С точки зрения СПП, стадии разработки и производства являются определяющими. Поэтому началом жизненного цикла радиоэлектронного изделия условно считают формирование исходных требований к ней.

1.3. Радиоинженерная деятельность на этапах НИР, ОКР и ОТР

1.3. Формулировка признаков работ, соответствующих НИР

1.3.1. Виды НИР

ГОСТ 7.32-2001 определяет следующие разновидности научно-исследовательских работ: фундаментальные, поисковые, прикладные. Укрупненные характеристики видов НИР приведены в таблице 1.2.

Таблица 1.2. Укрупненные характеристики видов НИР.

Виды исследований	Результаты исследований
Фундаментальные	Расширение теоретических знаний. Получение новых научных данных о процессах, явлениях, закономерностях, существующих в исследуемой области; научные основы, методы и принципы исследований
Поисковые	Увеличение объема знаний для более глубокого понимания изучаемого предмета. Разработка прогнозов развития науки и техники; открытие путей применения новых явлений и закономерностей
Прикладные	Разрешение конкретных научных проблем для создания новых изделий. Получение рекомендаций, инструкций, расчетно-технических материалов, методик и т.д.

Так НИР, направленные на проблемно-ориентированные поисковые исследования относятся к поисковым. В то же время, направленные на создание научно-технического задела в предметной области относятся к прикладным.

1.3.2. Цели и задачи НИР

Фундаментальные НИР нацелены на получение новых знаний или пониманий фундаментальных аспектов, заслуживающих внимания фактов и явлений без специальных применений к предстоящим процессам. В рамках Программы фундаментальные НИР не проводятся.

К **поисковым** НИР относятся работы, проводимые с целью: увеличения объема знаний для более глубокого понимания изучаемого предмета; разработки прогнозов развития науки и техники; изучения путей применения новых явлений и закономерностей и т.п.

Задачами поисковых НИР являются:

- обоснование перспективных направлений развития техники, технологий, экономики, производства и т.д. (в том числе по результатам фундаментальных НИР);
- определение технических, экономических, экологических и других требований к объектам (изделиям), являющимся предметом исследований;
- выбор и обоснование направлений ОКР, ПТР и ОТР, обеспечивающих создание новых объектов, входящих в них комплектующих изделий, разработку соответствующих технологических процессов, оборудования и т.п.;
- выбор и обоснование направлений прикладных НИР;
- исследование возможности и целесообразности использования частных технических решений для создания объектов (изделий) и их элементов с заданными характеристиками или параметрами.

К **прикладным** НИР относятся работы, проводимые с целью: разрешения конкретных научных проблем для создания новых изделий и технологий; получения рекомендаций, инструкций, методик; определения возможности проведения ОКР по тематике НИР и т.п.

Задачами прикладных НИР являются:

- создание научно-методических и нормативных документов (методик, стандартов, алгоритмов, программ и т.п.) для исследуемых объектов;
- изготовление моделей, макетов, стендов, экспериментальных образцов новых объектов (изделий), оборудования и т.д.;
- разработка ТЗ на изготовление новых объектов (изделий), в том числе комплектующих изделий;
- разработка ТЗ на изготовление нового технологического и испытательного оборудования для объектов, в том числе комплектующих изделий.

Научно-исследовательская работа по созданию продукции является одной из разновидностей **прикладных** научно-исследовательских работ. Она служит начальным этапом комплекса работ по созданию и освоению производства новой продукции и проводится в случае, когда разработку продукции невозможно или нецелесообразно осуществить без проведения соответствующих научных исследований.

1.3.3. Виды работ, проводимых в рамках НИР

В соответствии с ГОСТ 15.000-94 и ГОСТ 7.32-2001 основными видами работ, характеризующими НИР, и позволяющими отнести их к признакам НИР, являются:

- обзор научно-технических достижений в исследуемой области;
- патентные исследования;
- теоретические исследования;
- моделирование, макетирование;
- экспериментальные исследования.

1.3.4. Результаты НИР

Результатами НИР, а иными словами – научно-технической продукцией (НТП), полученной в результате выполнения прикладной НИР в соответствии с ГОСТ 15.101-98 и ГОСТ 19.001-77, могут являться:

1) для поисковых НИР:

- основополагающие (концептуальные) документы, связанные с вопросами развития того или иного научно-технического направления;
- программные, плановые, методические документы (программы, концепции основных направлений и планов научно-технического развития, федеральных целевых программ, проектов и др. документов);
- обоснование необходимости выполнения ОКР или ОТР для продолжения исследований или реализации результатов проведенных исследований.
- ТЗ на ОКР или другие НИР;

2) для прикладных НИР:

- нормативные, технические, организационно-методические, информационно-справочные и учебные документы (положения, стандарты, методики, инструкции, наставления, руководства, пособия, справочники, учебники), используемые учреждениями, организациями и предприятиями при обучении персонала, разработке, производстве, эксплуатации, хранении, ремонте и утилизации различных видов продукции;
- макеты, модели, экспериментальные образцы, стенды, научно-методическая документация, нормативно-техническая документация, про-

граммная и другая документация, предусмотренная государственным контрактом;

- проекты ТЗ на разработку продукции (изделий, технологических процессов и т.п.).

1.4. Формулировка признаков работ, соответствующих ОКР

1.4.1. Определение ОКР

Опытно-конструкторская работа (ОКР) – комплекс работ по разработке конструкторской и технологической документации на опытный образец продукции, изготовлению и испытаниям опытного образца (опытной партии) продукции, выполняемых при создании (модернизации) нового вида продукции по техническому заданию.

1.4.1. Цели ОКР

Целью проведения опытно-конструкторской работы является разработка комплекта рабочей конструкторской документации в объеме и по качеству отработки, достаточного для постановки на производство определенного вида изделий.

Таким образом, опытно-конструкторская работа по своим целям является последовательной реализацией результатов ранее проведенных НИР.

1.4.2. Виды работ, проводимых в рамках ОКР

Основные виды работ, характеризующие ОКР, и позволяющие отнести их к признакам ОКР, являются:

- эскизное проектирование (разработка принципиальных технических решений изделия, дающих общее представление о принципе работы и (или) устройстве изделия);
- техническое проектирование (разработка окончательных технических решений, дающих полное представление о конструкции изделия);
- конструирование (конструкторская реализация технических решений);
- моделирование, опытное изготовление образцов продукции;
- подтверждение технических решений и их конструкторской реализации путем проведения испытаний макетов и опытных образцов.

Таким образом, видны характерные отличия от видов работ, проводимых в рамках НИР.

1.4.3. Результаты ОКР

Целью проведения ОКР является получение комплекта рабочей конструкторской документации для постановки на производство нового вида продукции.

Рабочая конструкторская документация (РКД) - совокупность конструкторских документов, предназначенных для изготовления, контроля, приемки, поставки, эксплуатации и ремонта изделия. Наряду с термином "рабочая конструкторская документация" используются с аналогичным определением термины "рабочая технологическая документация" и "рабочая техническая документация". Рабочая документация в зависимости от сферы использования подразделяется на производственную, эксплуатационную и ремонтную.

Таким образом, результатом ОКР, а иными словами НТП по ОКР и отличительным признаком в этой связи, является комплект РКД. Такой комплект РКД в своем составе может содержать:

- собственно конструкторскую документацию;
- программную документацию;
- эксплуатационную документацию.

В отдельных случаях, если это предусмотрено требованиями технического задания, в состав рабочей технической документации может быть включена ремонтная и технологическая документация.

Различные этапы ОКР по мере их выполнения должны содержать свои характерные результаты, не являющиеся НТП по ОКР, но характеризующие степень достижения основной цели ОКР, и, безусловно, являющиеся отличительными признаками ОКР. Такими результатами работ являются:

- техническая документация по результатам эскизно-технического проектирования;
- макеты, экспериментальные и опытные образцы, изготовленные в ходе выполнения ОКР;
- результаты испытаний опытных образцов (предварительных (ПИ), межведомственных (МИ), приемочных (При, Ги) и т.д.).

1.5. Формулировка признаков работ, соответствующих ОТР

1.5.1. Определение ОТР

Опытно-технологическая работа (ОТР) – комплекс работ по созданию технологии производства (изготовления) новых изделий устройств, материалов и (или) технологических процессов и технической документации на них.

1.5.2. Цели ОТР

Целью проведения опытно-технологической работы аналогично ОКР является разработка комплекта технической (рабочей конструкторской и технологической) документации, в объеме и по качеству отработки достаточной для организации технологического процесса по изготовлению того или иного вещества, материала. В отличие от ОКР документация, разрабатываемая в рамках ОТР, касается специального оборудования, обеспечивающего условия для обеспечения производства вещества (материалов), технологического процесса.

Следует различать опытно-технологическую работу и этап разработки технологического процесса и технологической документации при постановке на производство вновь разработанных образцов продукции. Такие работы проводятся в рамках реализации законченной ОКР технологической подготовки и освоения производства, и не относятся к ОТР. В то же время, в случае особой сложности технологического процесса, наличия множества специальных требований к нему, а также большого объема работ такая подготовка может быть выделена в самостоятельную ОТР.

Таким образом, опытно-технологическая работа, аналогично ОКР, имеет совершенно прикладную цель и по своим целям является последовательной реализацией результатов ранее проведенных НИР.

1.5.3. Виды работ, проводимых в рамках ОТР

Виды работ, характеризующие ОТР и позволяющие отнести их к признакам ОТР, в основном аналогичны ОКР. Отличительной особенностью их является прикладное назначение, то есть разработка не образца продукции, а разработка технологии (производства вещества, материала, организации технологического процесса). С учетом этих особенностей к ним относятся:

- предварительное проектирование (разработка принципиальных технических решений по созданию условий, технического оснащения, способов и методов обработки исходных субстанций и т.п.);
- разработка рабочей технологической документации – РТД (конструкторская реализация технических решений по оснащению, обеспечению условий, выполнению технических требований для разрабатываемого тех. процесса);
- опытное изготовление образцов продукции (опытных партий продукции);
- подтверждение технических решений и их технологической и конструкторской реализации путем проведения испытаний опытных образцов продукции, изготовленных по разрабатываемой технологии.

Таким образом, из этих особенностей видны признаки, характеризующие ОТР, а также отличительные особенности ОТР в сравнении с ОКР.

1.5.4. Результаты ОТР

Целью проведения ОТР является получение **комплекта технической документации** для организации процесса получения (производства) веществ, материалов и (или) технологического процесса. Таким образом, результатом ОТР, а иными словами НТП по ОТР и отличительным признаком в этой связи, является такой комплект ТД. Комплект ТД по результатам ОТР в своем составе может содержать:

- конструкторскую документацию, в том числе и эксплуатационную, на производственное и специальное оборудование, стенды, оснастку, позволяющие создавать необходимые условия и выполнять технические требования для соответствующего технологического процесса;
- программную документацию на программные средства, осуществляющие управление и мониторинг технологического процесса;
- технологическую документацию на subprocesses и (или) типовые технологические процессы.

Различные этапы ОТР по мере их выполнения должны содержать свои характерные результаты, не являющиеся НТП по ОТР, но характеризующие степень достижения основной цели ОТР, и, безусловно, являющиеся отличительными признаками ОКР. Такими результатами работ являются:

- техническая документация по результатам эскизно-технического проектирования;
- макеты, экспериментальные образцы, опытные образцы (опытные партии) продукции, изготовленные по разрабатываемому в ходе выполнения ОТР технологическому процессу;
- результаты испытаний опытных образцов (опытных партий) продукции, изготовленных по разрабатываемому технологическому процессу (предварительных, межведомственных, приемочных и др.).

1.6. Характеристика ключевых этапов НИОКР

1.6.1. Дифференцирование этапов НИР в НИОКР

1.6.1.1. Перечень основных этапов НИР

Этап НИР – часть работ, проводимых в рамках НИР, характеризующаяся определенным полученным результатом, являющаяся объектом планирования и финансирования.

ГОСТ 15.101-98 в общем случае предусмотрены следующие этапы НИР:

- «Выбор направления исследований»;
- «Теоретические исследования»;
- «Экспериментальные исследования»;
- «Обобщение и оценка результатов исследований».

1.6.1.2. Этап «Выбор направления исследований»

Этап «Выбор направления исследований» проводят с целью определения оптимального варианта направления исследований на основе анализа состояния исследуемой проблемы, в том числе результатов патентных исследований, и сравнительной оценки вариантов возможных решений с учетом результатов прогнозных исследований, проводившихся по аналогичным проблемам.

1.6.1.3. Этап «Теоретические исследования»

Этап «Теоретические исследования» проводят с целью получения достаточных теоретических результатов исследований для решения поставленных перед НИР задач.

При проведении теоретических исследований должен быть обоснован выбор (подход к разработке) моделей, методов, программ и (или) алгоритмов, позволяющие увеличить объем знаний для более глубокого понимания и путей применения новых явлений, механизмов или закономерностей.

1.6.1.4. Этап «Экспериментальные исследования»

Этап «Экспериментальные исследования» проводят с целью получения достоверных экспериментальных результатов исследований для решения поставленных перед НИР задач. Иными словами, целью экспериментальных исследований является выявление свойств исследуемых объектов, проверка справедливости теоретических исследований и на этой основе широкое и глубокое изучение темы научного исследования.

Проводится систематизация и предварительная оценка полученных результатов и т.д.

1.6.1.5. Этап «Обобщение и оценка результатов исследований»

Этап «Обобщение и оценка результатов исследований» проводят с целью подведения итогов и обобщения результатов научно-технических исследований, выпуска обобщенной отчетной научно-технической документации по НИР, оценки эффективности полученных результатов в сравнении с современ-

ным научно-техническим уровнем (в том числе оценки создания конкурентоспособной продукции).

1.6.2. Дифференцирование этапов ОКР в НИОКР

1.6.2.1. Перечень основных этапов ОКР

Аналогично НИР этапом ОКР называют совокупность работ, характеризующуюся признаками их самостоятельного целевого планирования и финансирования, направленную на получение определенных конечных результатов по разработке, проверке и подтверждению соответствия характеристик продукции установленным требованиям.

Требованиями ГОСТ Р 15.201-2000 и ЕСКД (ГОСТ 2.103-68) установлены следующие этапы ОКР:

- этап технического предложения;
- этап эскизного проектирования;
- этап технического проектирования;
- этап разработки конструкторской документации;
- этап изготовления опытного образца и проведения предварительных испытаний;
- этап проведения приемочных (межведомственных, государственных) испытаний.

1.6.2.2. Этап «Техническое предложение»

В соответствии с ГОСТ 2.118-73 "ЕСКД. Техническое предложение" этап «Техническое предложение» проводится с целью выявления дополнительных или уточненных требований к продукции (технических характеристик, показателей качества и др.), которые не могли быть указаны в техническом задании, и если это целесообразно сделать на основе предварительной конструкторской проработки и анализа различных вариантов изделия.

Техническое предложение может содержать один или несколько вариантов решения задач, поставленных в ТЗ, сопровождаться общими схемами и рисунками. Кроме этого, на этапе технического предложения может разрабатываться предварительное технико-экономическое обоснование (ТЭО) проведения ОКР и реализации результатов.

1.6.2.3. Этап «Эскизный проект»

В соответствии с ГОСТ 2.119-73 «ЕСКД. Эскизный проект» этап «Эскизный проект» выполняется с целью установления принципиальных (конструктивных, схемных, технологических и др.) решений по новому виду продук-

ции, дающих общее представление о принципе работы и (или) устройстве продукции и его составных частей, выполнении заданных в ТЗ требований к их эксплуатационным характеристикам, а также о возможности изготовления в промышленных условиях. Перечень работ на этапе ЭП также установлен указанным ГОСТ.

1.6.2.4. Этап «Технический проект»

В соответствии с ГОСТ 2.120-73 «ЕСКД. Технический проект» этап «Технический проект» проводится с целью выявления окончательных технических решений по разрабатываемому изделию (продукции), дающих полное представление о конструкции изделия и принципиальных технологических решениях по его изготовлению в промышленных условиях. При необходимости этап разработки ТП при выполнении ОКР может предусматривать разработку нескольких вариантов разработки изделия. В этом случае оптимальный вариант выбирают исполнитель ОКР и заказчик по результатам приемки ТП. Перечень работ на этапе ТП также установлен указанным ГОСТ.

1.6.2.5. «Разработка конструкторской документации»

Цель и содержание работ этапа заключаются в разработке РКД для изготовления и проведения испытаний опытного образца разрабатываемого изделия, в том числе, если это предусмотрено требованиями ТЗ, учебно-тренировочных средств, специального технологического оборудования и оснастки, предназначенных для обеспечения эксплуатации, технического обслуживания и ремонта образца разрабатываемой продукции в процессе эксплуатации, а также программной документации.

Задачи этапа вытекают из целей этапа:

- разработка рабочей конструкторской документации для изготовления опытного образца продукции в соответствии с перечнем РКД, разработанным на этапе технического проектирования;
- технологическая и метрологическая экспертиза разработанной РКД;
- проверка реализации в РКД требований по обеспечению необходимого уровня унификации и стандартизации изделия (продукции) и его составных частей;
- разработка и согласование программы и методик предварительных испытаний опытного образца продукции (ПМПИ).

1.6.2.5. Этап «Изготовление опытного образца и проведение предварительных испытаний»

Целью проведения этапа «Изготовление опытного образца и проведение предварительных испытаний» является предварительная оценка соответствия разработанных технических решений и их конструкторской реализации требованиям ТЗ.

Такая оценка осуществляется посредством изготовления опытного образца продукции по разработанной конструкторской документации с последующими испытаниями изготовленного образца продукции по программе предварительных испытаний.

Задачи этапа, из которых следует содержание работ по этапу:

- подготовка опытного производства для изготовления опытного образца продукции;
- разработка комплекта эксплуатационной документации (ЭД) на основе перечня, уточняемого на этапе разработки РКД;
- изготовление опытного образца разрабатываемой продукции по разработанной РКД, его отработка (доводка, настройка) в целях подготовки к предварительным испытаниям;
- проведение предварительных испытаний опытного образца продукции, проверка и оценка ЭД на продукцию в ходе ПИ;
- корректировка РКД и ЭД и доработка опытного образца продукции по результатам изготовления и предварительных испытаний с присвоением РКД литеры "О";
- разработка программы и методик приемочных (государственных) испытаний.

1.6.2.6. Этап «Проведение приемочных (государственных испытаний)»

Целями этапа проведения приемочных испытаний опытного образца продукции являются:

- оценка технических возможностей создаваемой продукции, проверка и подтверждение соответствия технических и эксплуатационных характеристик опытного образца разрабатываемой продукции требованиям ТЗ;
- выдача рекомендаций о целесообразности промышленного (серийного) производства и о готовности разработанной документации к развертыванию промышленного (серийного) производства;
- оценка эксплуатационной документации и выдача заключения о допуске ЭД к эксплуатации.

Задачи этапа, из которых следует содержание работ по этапу:

- организация проведения приемочных испытаний, подготовка к ним конструкторской документации и опытного образца, разрабатываемой продукции;
- проведение приемочных испытаний по утвержденной программе и методикам;
- корректировка РКД и ЭД и доработка опытного образца продукции по результатам приемочных испытаний с присвоением РКД литеры «О₁».

1.7. Особенности разделения на этапы ОТР

Аналогично ОКР этапом ОТР называют совокупность работ, характеризующихся признаками их самостоятельного целевого планирования и финансирования, направленных на получение определенных конечных результатов по разработке, проверке и подтверждению соответствия разрабатываемой технологии требованиям технического задания.

Характерным отличием целей этапов ОТР и задач, решаемых на различных этапах в ходе выполнения ОТР, является их направленность на разработку не образца продукции, а некой технологии (изготовления вещества, материала и т.п.) и (или) технологического процесса. Поэтому все работы по этапам имеют целевую направленность на разработку технической документации на специальное оборудование, обеспечивающее условия и соответствующие процессы для организации производства вещества (материалов) и (или) технологического процесса, и подтверждение соответствия разработанной технологии (технологического процесса) требованиям технического задания.

Этап «**Предварительный проект**» проводится с целью установления принципиальных (конструктивных, схемных, технологических и др.) решений по разрабатываемому технологическому процессу, дающих общее представление об условиях, принципах организации различных составных частей и технологического процесса в целом, а также о возможности реализации разрабатываемого технологического процесса в различных производственных (промышленных) условиях.

Задачи этапа «Предварительный проект»:

1. Обоснование и формулирование назначения и области применения разрабатываемого технологического процесса, основных технических и производственных условий, состава и назначения оборудования, сравнения с существующими аналогичными технологическими процессами;

2. Ориентировочные расчеты:

- подтверждающие результативность, устойчивость, управляемость разрабатываемой технологии (технологического процесса) в заданных технологических условиях;
- подтверждающие количественные и качественные характеристики изготовленной по разрабатываемой технологии (процессу) продукции;
- экономических показателей (экономической эффективности от внедрения в народное хозяйство и др.).

Этап **«Разработка рабочей технологической документации»** проводится с целью выявления окончательных технических решений по разрабатываемой технологии (технологическому процессу), дающих полное представление о принципах (физических, химических, технологических процессах), заложенных в основу разрабатываемой технологии, состава и конструкции производственного и специального оборудования, оснастки, принципиальных организационно-технических решениях по реализации разрабатываемой технологии в производственных (промышленных) условиях. На этапе должен быть разработан комплект технической документации, позволяющей в условиях опытного производства реализовать разрабатываемую технологию (организовать технологический процесс) для изготовления опытных образцов (опытной партии) продукции (вещества, материала), которую планируется производить по разрабатываемой технологии (технологическому процессу).

Задачи этапа **«Разработка рабочей технологической документации»**:

- выполнение работ, необходимых для обеспечения предъявляемых к разрабатываемой технологии требований и позволяющих получить полное представление о принципах, заложенных в основу разрабатываемой технологии, состава и конструкции оборудования, организационно-технических решениях по реализации разрабатываемой технологии в производственных условиях;
- оценка соответствия разрабатываемой технологии требованиям технического задания;
- оценка технологичности, степени сложности реализации технологического процесса способов его реализации в различных производственных условиях, характеристика участия в разрабатываемом ТП производственного персонала;
- разработка перечня конструкторской документации для изготовления образцов производственного, стендового, испытательного оборудования, оснастки, программной документации для программного обеспечения, обеспечивающих реализацию разрабатываемой технологии (технологического процесса), а также, при необходимости, технологической документации. При этом технологическая документация, как правило, разрабатывается в объеме, необ-

ходимом для постановки технологического процесса в стандартных (типовых) производственных условиях, либо в объеме, установленном требованиями ТЗ, когда речь идет о постановке технологического процесса в специально установленных условиях.

- разработка рабочей конструкторской документации для изготовления образцов производственного, стендового, испытательного оборудования, оснастки, программной документации для программного обеспечения, обеспечивающих реализацию разрабатываемой технологии (технологического процесса), а также, при необходимости, технологической документации;

- технологическая и метрологическая экспертиза разработанной ТД;

- проверка реализации в ТД требований по обеспечению необходимого уровня унификации и стандартизации;

- разработка и согласование программы и методик предварительных испытаний опытного образца (опытной партии) продукции (ПМП), изготовленной по разрабатываемой технологии (технологическому процессу).

Этап «Изготовление опытного образца (опытной партии) и проведение предварительных испытаний» с целью предварительной оценки соответствия разработанной технологии требованиям ТЗ посредством изготовления опытного образца (опытной партии) продукции по разрабатываемой технологии (технологическому процессу) и проведение на нем предварительных испытаний.

Задачи этапа «Изготовление опытного образца (опытной партии) и проведение предварительных испытаний»:

- проведение организационно-технических мероприятий по реализации на опытном производстве разработанной технологии (организации разработанного технологического процесса) для изготовления опытного образца (опытной партии) продукции;

- доработка комплекта технической документации (конструкторской, программной, технологической) по результатам организации технологического процесса;

- изготовление опытного образца (опытной партии) продукции по реализованной технологии (организованному технологическому процессу);

- проведение предварительных испытаний опытного образца (опытной партии) продукции, изготовленной по реализованной технологии (организованному технологическому процессу), проверка соответствия опытного образца (партии) продукции требованиям ТУ и оценка соответствия разработанной технологии (процесса) требованиям ТЗ;

- корректировка технической документации по результатам изготовления опытного образца (партии) продукции и предварительных испытаний;
- разработка программы и методик приемочных (государственных) испытаний.

Этап **«Проведение приемочных (государственных испытаний)»** направлен на проведение приемочных испытаний разработанной технологии являются:

- оценка технических возможностей созданной технологии (технологического процесса), проверка и подтверждение соответствия ее технических характеристик требованиям ТЗ;
- выдача рекомендаций о целесообразности применения разработанной технологии (технологического процесса) в промышленном (серийном) производстве соответствующего вида продукции и о готовности разработанной технической документации к развертыванию промышленного (серийного) производства на основе созданной технологии;

Задачи этапа **«Проведение приемочных (государственных испытаний)»**:

- изготовление опытного образца (опытной партии) продукции по реализованной технологии (организованному технологическому процессу) для приемочных испытаний
- проведение приемочных испытаний опытного образца (партии) по утвержденной программе и методикам;
- корректировка технической документации по результатам приемочных испытаний.

1.8. Комплектность конструкторской документации

ГОСТ 2.102-68 «ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов» является основным стандартом, регламентирующим номенклатуру конструкторских документов и дающим возможность выбрать для разрабатываемого изделия минимальный комплект конструкторских документов в зависимости от его вида и стадии разработки. Состав рабочих конструкторских документов (РКД) для каждой стадии разработки конструкторской документации устанавливаются также стандарты 2.118-73 ... 2.120-73, 2.601-68, 2.602-68 и техническое задание на разрабатываемое изделие (таблица 1.3).

В приведенную таблицу входят графические и текстовые РКД.

К графическим РКД относятся:

- **чертеж детали** (кода не имеет) – изображение детали и данные, необходимые для ее изготовления и контроля;

- **сборочный чертеж** (код вида документа - **СБ**) – изображение **сборочной единицы** с необходимыми данными для ее сборки (изготовления) и контроля;

- **сборочная единица** – изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями;

- **чертеж общего вида (ВО)** – изображение конструкции изделия, дающее представление о принципе его работы и взаимодействии составных частей; на этом чертеже приведены также основные технические характеристики изделия (ГОСТ 2.119);

- **теоретический чертеж (ТЧ)** – геометрическая форма (обводы) изделия и координаты расположения его основных частей;

- **габаритный чертеж (ГЧ)** – упрощенное (контурное) изображение изделия с указанием габаритных, установочных и присоединительных размеров;

- **электромонтажный чертеж (МЭ)** – документ, содержащий данные для выполнения электрического монтажа изделия;

- **монтажный чертеж (МЧ)** – контурное (упрощенное) изображение изделия, содержащее необходимые данные для его монтажа (установки) на месте применения;

- **упаковочный чертеж (УЧ)** – документ, содержащий данные для упаковки изделия;

- **схема** – условные изображения или обозначения составных частей изделия и связей между ними.

Таблица 1.3. Комплекты РКД, разрабатываемых на различных этапах проектирования РЭС.

Наименование документа РКД	Шифр	Тех. предл.	ТЗ	Тех. проект	Документация		
					Детали	СБЕД	Комплексы
Чертеж детали	–	–	–	+	●	–	–
Сборочный чертеж	СБ	–	–	–	–	●	–
Чертеж общего вида	ВО	+	+	●	–	–	–
Теоретический чертеж	ТЧ	–	+	+	+	+	+
Габаритный чертеж	ГЧ	+	+	+	+	+	+
Монтажный чертеж	МЧ	–	–	–	–	+	+
Схемы	–	+	+	+	–	+	+
Спецификация	СП	–	–	–	–	●	●
Ведомость спецификаций	ВС	–	–	–	–	+	+
Ведомость ссылочных документов	ВД	–	–	–	–	+	+
Ведомость покупных изделий	ВП	–	+	+	–	+	+
Ведомость согласования применения изделия	ВИ	–	+	+	–	+	+
Ведомость держателей подлинников	ДП	–	–	–	–	+	+
Ведомость технического предложения	ПТ	●	–	–	–	–	–
Ведомость эскизного проекта	ЭП	–	●	–	–	–	–
Ведомость технического проекта	ТП	–	–	●	–	–	–
Пояснительная записка	ПЗ	●	●	●	–	–	–
Технические условия	ТУ	–	–	–	+	+	+
Программа и методика испытаний	ПМ	–	+	+	+	+	+
Таблицы	ТБ	+	+	+	+	+	+
Расчеты	РР	+	+	+	+	+	+
Патентный формуляр	ПФ	+	+	+	+	+	–
● – обязательный документ; «+» – документ, составляемый по усмотрению разработчика; «–» – документ не составляется.							

Примеры выполнения приведённых выше графических документов приведены в соответствующих стандартах, а также в справочнике.

К текстовым документам относятся:

- **спецификация** (кода не имеет) – документ, определяющий состав **сборочной единицы, комплекса, комплекта**;

- **ведомость спецификаций (ВС)** – содержит перечень всех спецификаций составных частей с указанием их количества и входимости;

- **ведомость ссылочных документов (ВД)** – содержит перечень документов, на которые имеются ссылки в конструкторских документах изделий;

- **ведомость покупных изделий (ВП)** – содержит перечень покупных изделий, применяемых в разрабатываемом изделии;

- **ведомость разрешений применения покупных изделий (ВИ)** – содержит перечень покупных изделий, разрешенных к применению в соответствии с ГОСТ 2.124-85;

- **ведомость держателей подлинников (ДП)** – перечень предприятий (организаций), на которых хранятся подлинники документов, применяемых в данном изделии;

- **ведомости технического предложения (ПТ), эскизного проекта (ЭП), технического проекта (ТП)** – перечень надлежащих документов;

- **пояснительная записка (ПЗ)** – описание устройства и принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений;

- **технические условия (ТУ)** – содержат совокупность всех требований к изделию, его изготовлению, контролю, приемке и поставке ГОСТ 2.114-70;

- **программа и методика испытаний (ПМ)** – содержит технические данные, подлежащие проверке, а также порядок и методы испытаний и контроля;

- **эксплуатационные документы** – правила эксплуатации, обслуживания и ремонта изделия в процессе эксплуатации (ГОСТ 2.601-95 – «Эксплуатационные документы»);

- **ремонтные документы** – содержат данные для проведения ремонтных работ на специализированных предприятиях (ГОСТ 2.602-95 – «Ремонтные документы»).

Пояснительная записка (ПЗ) составляется по окончании работ на всех стадиях проектирования и включает в себя следующие разделы:

- **введение** (содержит наименование, номер и дату утверждения ТЗ);

- **назначение и область применения** (содержит сведения из ТЗ, а также конкретизирующие и дополняющие их сведения по области и условиям применения изделия, основные данные по обеспечению стабильности показателей качества в условиях эксплуатации);

- **технические характеристики** (содержат основные (из ТЗ) и дополнительные к ТЗ тактико-технические характеристики, сведения о соответствии или обоснованных отклонениях от требований ТЗ, данные сравнения характеристик отечественных и зарубежных аналогов, результаты анализа технического уровня и качества);

- **описание и обоснование выбора конструкции** (содержит описания и анализ рассмотренных вариантов конструктивных и научно-технических решений , в том числе, на патентную чистоту и конкурентоспособность изделия, сведения об использованных изобретениях и заявках, справочные сведения по основным РКД, результатам испытаний, требованиям ТБ и ПС);

- **расчеты** (содержат ориентировочные (на стадиях ПТ и ЭП) и окончательные (на стадии ТП) расчеты (кинематические, электрические, тепловые, компоновочные, надежности, ремонтпригодности и пр.));

- **выводы** (содержат краткий перечень основных результатов работ и рекомендаций о дальнейших действиях по проектированию или выпуску изделия).

При определении комплектности РКД на изделия следует различать:

- **основной РКД;**
- **основной комплект РКД;**
- **полный комплект РКД**(рис.1.1).

За **основные РКД** принимают:

- для деталей – **чертеж детали;**
- для сборочных единиц, комплексов или комплектов – **спецификацию.**

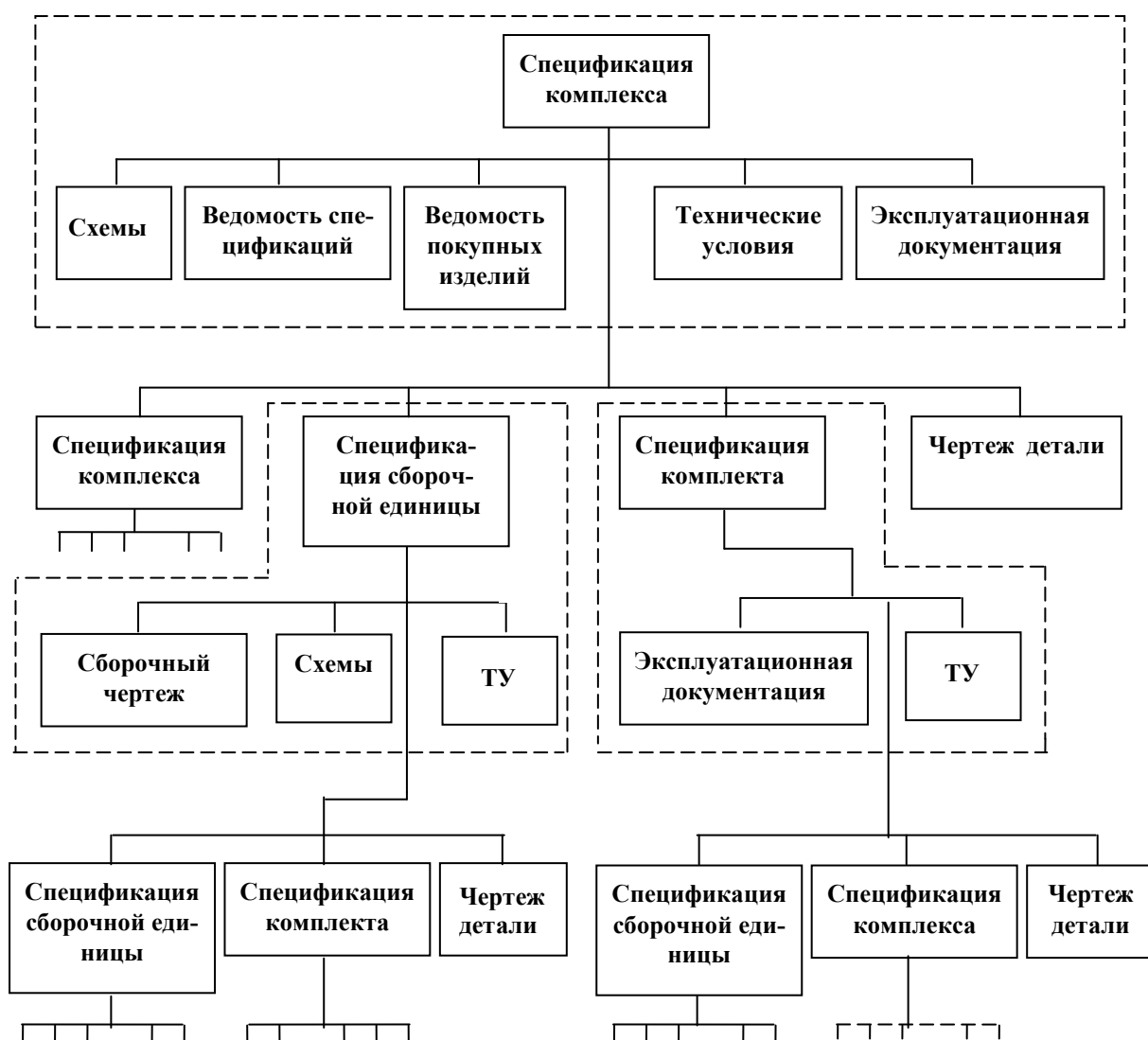


Рис.1.1. Порядок формирования комплектности РКД.

Основной комплект РКД изделия – это комплект РКД, относящихся ко всему изделию в целом. Например, основной комплект РКД приемного устройства включает: спецификацию, сборочный чертеж, схему электрическую принципиальную, схему электрическую функциональную, технические условия, эксплуатационные документы и другие документы, относящиеся ко всему приемному устройству в целом.

Если данное изделие входит в состав другого, более сложного изделия, то в спецификацию и другие документы этого более сложного изделия записывают обозначение основного РКД данного изделия. Изделие, примененное по КД, выполненным в соответствии со стандартом ЕСКД, записывают в документы других изделий, в которых оно применено, с использованием обозначения основного РКД этого изделия. Считается, что такое изделие ***применено по своему основному РКД***. КД составных частей в основной комплект документов изделия не входят.

Полный комплект РКД изделия включает:

- 1) основной комплект РКД на данное изделие;
- 2) основные комплекты РКД всех составных частей, входящих в состав данного изделия;
- 3) основные комплекты РКД всех составных частей, входящих в части, упомянутые в п.2 и т.д.

Рассмотренная выше документация подразделяется на проектную и рабочую. К **проектной документации** относятся документы технического предложения, эскизного и технического проектов, а **рабочая документация** составляется на детали, сборочные единицы, комплексы и комплекты и предназначена непосредственно для изготовления, эксплуатации и ремонта изделия.

Документы, в зависимости от характера их выполнения и использования, делятся на **оригиналы, подлинники, дубликаты и копии**.

Оригинал – документ, выполненный на любом материале и предназначенный для изготовления по нему подлинника.

Подлинник – документ, оформленный подлинными установленными подписями и выполненный на любом материале, позволяющем многократное воспроизведение с него копий. Допускается в качестве подлинника использовать оригинал, копию подлинника или экземпляр документа изданного типографским способом и заверенного подлинными подписями лиц, разработавших данный документ и ответственных за нормоконтроль.

Дубликат – копия подлинника, обеспечивающая идентичность воспроизведения подлинника, выполненного на любом носителе, позволяющем снятие с него копий.

Копия – документ, выполненный способом, обеспечивающим его идентичность с подлинником (дубликатом), и предназначенный для непосредственного использования при разработке, производстве, эксплуатации и ремонте изделий.