

Экспертиза радиоэлектронной аппаратуры с выработкой рекомендаций и предложений по ее созданию на отечественной электронной компонентной базе

Владимир СТЕШЕНКО,
к. т. н.
Михаил КРАСНОВ,
к. т. н.
Павел ШЕВЧЕНКО,
к. т. н.
Андрей ЯРОВОЙ
Денис АВСЮКЕВИЧ

Космическая деятельность — одно из приоритетных направлений развития высокотехнологического производства в Российской Федерации. Технические решения, закладываемые конструкторами на стадии проектирования, формируют комплекс предложений и идей, которые в конечном счете будут основополагающими при создании радиоэлектронной аппаратуры. Одной из мер повышения эффективности мероприятий по созданию радиоэлектронной аппаратуры на отечественной электронной компонентной базе является экспертиза данных работ. В статье приведен комплекс методического сопровождения разработки радиоэлектронной аппаратуры для космической техники в качестве одной из мер, повышающей эффективность мероприятий, проводимых с целью создания радиоэлектронной аппаратуры на отечественной электронной компонентной базе.

Создание космической техники (КТ) различного функционального назначения, а также ее составных частей проводится по следующим основным этапам:

- аванпроект (техническое предложение);
- эскизный проект (ЭП);
- разработка рабочей конструкторской документации (РКД);
- изготовление опытных образцов, проведение комплексных и межведомственных испытаний.

Работы, выполняемые на каждом этапе, могут включать отдельные элементы для обеспечения планирования, что позволяет достичь определенных результатов. Данные элементы

являются комплексом скоординированных, управляемых и взаимосвязанных мероприятий, для которых характерно большое число соисполнителей на всех этапах создания, а также высокий уровень наукоёмкости технологических процессов. В зависимости от назначения разрабатываемой КТ, ее сложности, оснащенности, объема производства и степени отработки документации допускается проводить этапы в полном объеме, а также совмещать, пропускать или повторять их.

На этапе ЭП (рис. 1) основные ключевые технические решения формируются и определяются разработчиками и конструкторами радиоэлектронной аппаратуры (РЭА), состав-

ляющей КТ. Благодаря этому дальнейший инженерный процесс получает четко заданное направление и конечную цель. ЭП разрабатывают, если это предусмотрено техническим заданием (ТЗ) или протоколом рассмотрения технического предложения. При разработке ЭП выполняются работы, необходимые для обеспечения предъявляемых к изделию КТ требований и позволяющие установить принципиальные решения. Перечень работ определяется и уточняется проектировщиком в зависимости от характера и назначения такого изделия и согласовывается заказчиком. Неотъемлемой частью мероприятий при формировании ЭП на РЭА изделий КТ является выбор номенклатуры ЭКБ. Следует отметить, что результаты, достигнутые предприятиями радиоэлектронной промышленности за последние годы, позволяют выполнять разработку, переработку и модернизацию конструкторской документации (КД) с использованием отечественной номенклатуры изделий электронной компонентной базы (ЭКБ).

ЭП представляет собой комплексное обоснование основных характеристик, технических и технологических решений по созданию РЭА, включая отдельные составные части, приборы и т. д., а также нестандартизированные средства измерения и контроля с целью выполнения ТЗ. Кроме того, ЭП со-

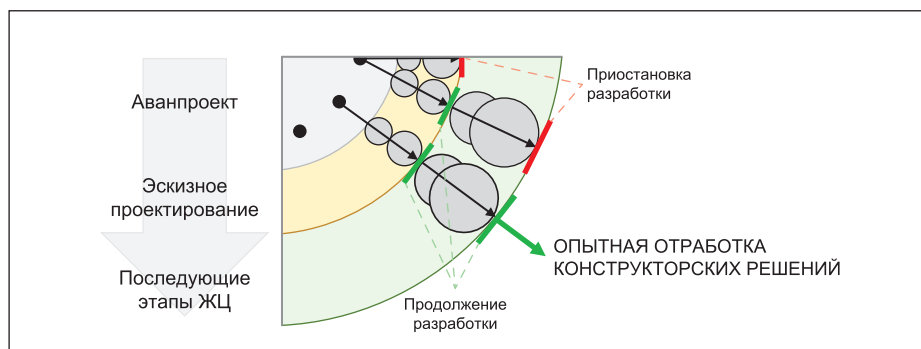


Рис. 1. ЖЦ разработки и создания РЭА

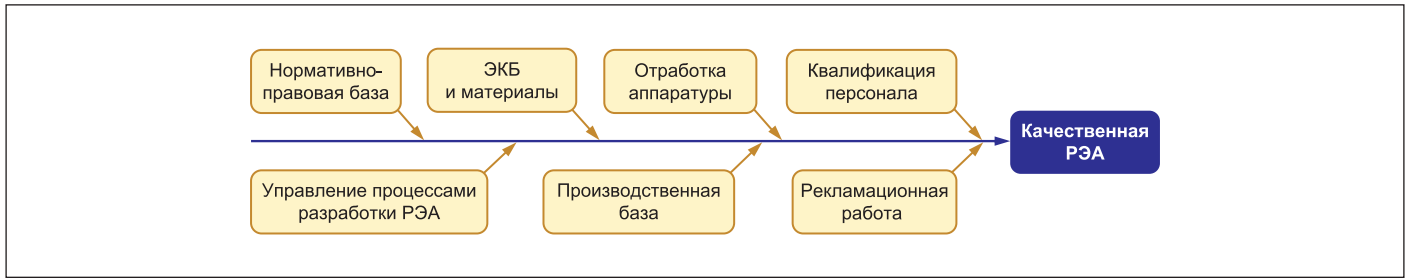


Рис. 2. Базовые факторы, влияющие на качество и надежность РЭА

держит обоснование технико-экономических показателей разрабатываемой РЭА и комплектующих ее изделий. Результатом ЭП является разработка, согласование и выдача конечных исходных данных для проектирования и выпуска рабочей конструкторской документации (РКД) на РЭА для подготовки производства, проведения испытаний и дальнейшей эксплуатации по итогам апробации принятых конструкторских решений.

Данный материал формирует общее представление об облике разрабатываемой РЭА и принципах ее функционирования. Таким образом, ЭП содержит обоснование выбранного варианта разрабатываемой РЭА, принятых решений по его созданию в соответствии с требованиями ТЗ (мнемосхемы, диаграммы процессов верхнего уровня (планы-графики) и др.). Этап ЭП определяется следующими характеристиками:

- содержанием (оценкой выполнимости тактико-технических характеристик);
- стоимостью (бюджетом проводимой ОКР по разработке РЭА);
- рисками (соответствием выбора ЭКБ требованиям к надежности и стойкости).

Важным аспектом этапа ЭП является возможность нивелирования негативных последствий (факторов, влияющих на качество и надежность РЭА) при дальнейшей отработке

конструкторских решений (рис. 2). Это достигается посредством заложения увеличенного временного интервала для подробного исследования рассматриваемых решений конструкторов, выявления возможных проблем и выработки предложений по их парированию.

Компетентное создание ЭП во многом определяет дальнейшую реализацию проекта КТ. Поэтому для правильного и обоснованного выбора ЭКБ, как одного из факторов успешной разработки и эксплуатации РЭА в КТ, целесообразно проведение комплекса мероприятий с привлечением квалифицированных экспертов головной научно-исследовательской организации (ГНИО) для рассмотрения ЭП. Данные исследования направлены на оценку возможности создания РЭА на базе выбранной ЭКБ с требуемыми ТЗ характеристиками и в предусмотренные государственным контрактом сроки (рис. 3).

В общем виде процедура экспертизы ЭП включает анализ и оценку технических решений на соответствие требованиям ТЗ, нормативным документам по стандартизации, современному уровню развития науки и техники, а также реализуемость проекта с учетом рисков в достижении необходимых целевых характеристик изделия с соблюдением установленных сроков. В ходе проведения экспертизы ЭП ГНИО ракетно-космиче-

ского приборостроения по ЭКБ (ГНИО РКП по ЭКБ) проверяется:

- выполнение требований ТЗ на разработку РЭА для применения в КТ;
- соблюдение действующих нормативно-технических, директивных и руководящих документов, несоблюдение которых делает невозможным выполнение в полном объеме требований государственного контракта и ТЗ на РЭА;
- возможность создания РЭА с требуемыми характеристиками и в установленные сроки на базе ЭКБ, запланированной к применению;
- наличие выбранных изделий ЭКБ в действующих редакциях разрешительных (рекомендательных) Перечней ЭКБ;
- наличие описания мероприятий, необходимых для применения изделий ЭКБ, не включенных в действующие редакции межотраслевых Перечней ЭКБ, а именно: получение разрешения на применение (протоколы разрешения на применение (ПРП), согласование применения с организацией-изготовителем и т. д.);
- соответствие модели ВВФ;
- полнота, правильность и достоверность выполнения расчетов надежности и радиационной стойкости;
- соответствие уровня радиационной стойкости требованиям, заданным в ТЗ на разработку РЭА;
- полнота и достаточность запланированных мероприятий по обеспечению качества и надежности РЭА на всех этапах ее создания и эксплуатации в составе КТ.

На этапе ЭП проводится принципиальный выбор состава комплектующих РЭА изделий — определяется допустимость/недопустимость применения выбранной номенклатуры изделий ЭКБ. Выбор конечного состава номенклатуры ЭКБ, предназначенного для формирования финального облика разрабатываемой аппаратуры, является одним из уязвимых участков проектирования РЭА (возможные срывы сроков поставки, неудовлетворительные результаты испытаний, прекращение производства и др.) [1]. Например, применяемые изделия ЭКБ могут иметь сходство по функциональному назначению, но различаться по конструктивному исполнению (корпусное/бескорпусное), категориям качества исполнения («ВП», «ОС» или «ОСМ»,



Рис. 3. Общий порядок проведения мероприятий по экспертизе ЭП

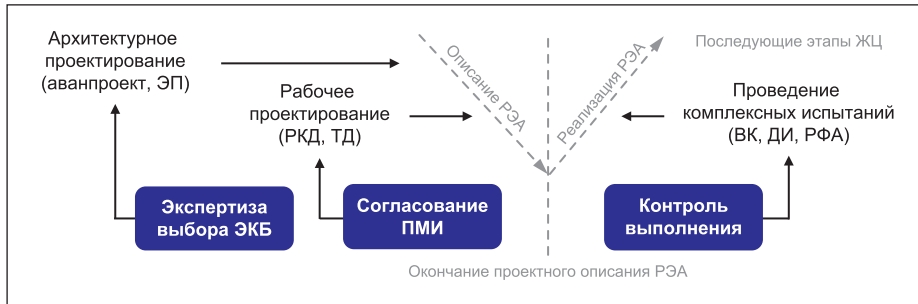


Рис. 4. Научно-техническое сопровождение разработки и создания РЭА для КТ

ОТК) и по другим техническим показателям (изготовление изделий ЭКБ одного типоминнала различными предприятиями).

Изделия ЭКБ, выбранные для применения в РЭА, должны обеспечивать выполнение всех требований, заданных в ТЗ на разрабатываемую РЭА (с учетом сочетания высокой функциональности с высокой надежностью и стойкостью). Поэтому на этапе выбора ЭКБ при формировании ЭП учитывается группа факторов по статистике и динамике отказов требуемого типа ЭКБ, деловой репутации фирм — производителей нужного типа ЭКБ и срокам ее поставки. Следует отметить и обязательное выполнение критериев по максимальному использованию ЭКБ, фактически подтвердивших свои характеристики, а также унификации однородной (однотипной) ЭКБ. Кроме того, положениями нормативной документации РФ [3] регламентировано использование на этапах конструирования опытных образцов РЭА, применение перспективных изделий ЭКБ, находящихся на стадии разработки (в рамках выполнения опытно-конструкторской работы) или освоения в производстве.

На этапе РКД формируется технологический и функциональный облик конструкторской документации, необходимой для изготовления и испытаний опытных образцов РЭА в соответствии с составленным при разработке ЭП перечнем такой документации. Он предусматривает полный список КД с указанием конкретных схем включения изделий в составе РЭА и их электрических режимов. Основной характеристикой этапа

РКД в отличие от ЭП является риск — практическое подтверждение соответствия выбора изделий ЭКБ требованиям к надежности, стойкости и устойчивости при воздействии внешних факторов (механических, климатических, биологических, воздействия агрессивных сред, ионизирующих излучений космического пространства) согласно ТЗ.

В ходе выполнения РКД формируется программа и методика испытаний (ПМИ), цель которой — полное и достаточное подтверждение допустимости применения ЭКБ в составе разрабатываемой РЭА в зависимости от ее специфики и конструктивных особенностей. ПМИ определяет порядок и условия проведения входного контроля, дополнительных испытаний, разрушающий физический анализ, а также сертификацию, что подлежит обязательному согласованию с ГНИО.

Непосредственно полнота и достаточность выполнения данных мероприятий контролируется на этапе изготовления опытных образцов РЭА, а именно: выдача рекомендаций о требуемой доработке РЭА при наличии отрицательных результатов испытаний, возможность коррекции КД или расширения условий применения ЭКБ и др. Проводимый контроль процессов выбора и применения ЭКБ (в том числе мониторинг состояния дел с закупкой и испытаниями ЭКБ, своевременного анализа отказов, а также предложения по возможному расширению условий применения ЭКБ в РЭА [4]) позволяет оперативно реагировать на возникающие проблемы и принимать меры к их своевременному решению (рис. 4).

К положительным результатам проводимого ГНИО по ЭКБ комплекса работ следует отнести значительное увеличение проектных сроков активного существования (САС) КТ, что подтверждается фактическими эксплуатационными показателями в разрабатываемой РЭА в составе КТ. За счет методического сопровождения ГНИО по ЭКБ в части обеспечения правильности выбора и применения ЭКБ, а также контроля правильности ее отбраковки, фактический срок работы астрофизической обсерватории «Спектр-Р» на орбите равен восьми годам (вместо трех лет, определенных в ТЗ). Это позволяет утверждать о двух- и более кратном увеличении фактического САС РЭА по сравнению

с проектными показателями, что говорит о положительных результатах, достигаемых при экспертизе и сопровождении разрабатываемой РЭА КТ.

Однако существует и ряд специфических вопросов создания РЭА для КТ, влияющих на эффективность процессов обеспечения РЭА высоконадежной ЭКБ и находящихся за рамками нормативного регулирования. Один из них — порядок оформления и представления материалов на этапе ЭП. Наглядным примером становится подмена предъявляемых на экспертизу предварительных перечней ЭКБ, запланированных к применению в составе РЭА, на проекты закупочных ведомостей, перечни ЭКБ для проведения испытания, а также на справочные листы, описывающие требуемые параметры и характеристики различных функциональных групп ЭКБ. Данная ситуация усугубляется формальным оформлением программ обеспечения надежности/стойкости (ПОН/ПОСТ), которые зачастую содержат лишь одну строку «Обеспечение качества и надежности ЭКБ» или заменяются программой обеспечения качества, перечнем мер по обеспечению качества и надежности и тому подобными документами.

Поэтому для повышения качества проработки проектных решений на стадии ЭП целесообразна разработка экспертного заключения, содержащего оценку правильности выбора ЭКБ, запланированной к применению в изделии (системе, комплексе) КТ.

В перспективе это способствует существенному повышению эффективности применения ЭКБ в РЭА для КТ за счет формализации выполняемых разрешительных процедур.

Литература

1. Краснов М. И. Применение отечественной ЭКБ при проектировании бортовой аппаратуры космического назначения. Научно-техническая конференция «Актуальные вопросы поставок изделий электронной компонентной базы отечественного производства. Импортозамещение и обеспечение качества». Сб. докладов. М., 2018.
2. Шешенко В. Б., Краснов М. И., Яровой А. И. Развитие нормативно-технической документации по выбору и применению ЭКБ в РКТ. Научно-техническая конференция «Обеспечение качества и надежности ракетно-космической техники». М., 2017.
3. ГОСТ Р 59312-2021. Национальный стандарт Российской Федерации. Ракетно-космическая техника. Электронная компонентная база. Порядок выбора, применения и проведения испытаний, утв. и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 05.02.2021 № 39-ст.
4. Авсюкевич Д. С., Шешенко В. Б., Шевченко П. Г. Повышение эффективности мероприятий по применению ЭКБ за рамками технических условий // Компоненты и технологии. 2021. № 12.