

Н. М. БОБКОВ

Лекции по общему конструированию РЭС

Раздел 1 Общие сведения

Лекция 1.4 ТИПОВОЙ ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1 Сокращения

ЕСКД – Единая система конструкторской документации

ЕСТД – Единая система технологической документации

КД – конструкторская документация

НИОКР – научно-исследовательская, опытно-конструкторская работа и/или разработка аванпроекта

НИР – научно-исследовательская работа

ОКР – опытно-конструкторская работа

ОТР – опытно-технологическая работа

РЭС – радиоэлектронное средство

СРПП – Система разработки и постановки продукции на производство

СРПП ВТ – Система разработки и постановки на производство военной техники

ТД – технологическая документация

ТЗ – техническое задание

ТЗ_{АПР} – техническое задание на разработку аванпроекта

ТЗ_{НИР} – техническое задание на научно-исследовательскую работу

ТЗ_{ОКР} – техническое задание на опытно-конструкторскую работу

ТТЗ – тактико-техническое задание

T-система – техническая система

2 Общие понятия

В середине семидесятых годов прошлого века в нашей стране создана Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП) – комплекс взаимосвязанных основополагающих организационно-методических и общетехнических нормативных документов, устанавливающих основные положения, обеспечивающие техническое и организационное единство выполняемых работ на стадиях жизненного цикла продукции, а также взаимодействие заинтересованных сторон.

Обозначение стандартов, входящих в этот комплекс, состоит из аббревиатуры ГОСТ Р (национальный стандарт Российской Федерации) или ГОСТ (межгосударственный стандарт) и номера, который начинается с числа 15. Например, национальный стандарт СРПП «Основные положения» имеет обозначение ГОСТ Р 15.000 – 94 [1], межгосударственный стандарт СРПП «Порядок выполнения научно-исследовательских работ» – ГОСТ 15.101 – 98 [2]. Кроме стандартов в комплекс документов СРПП входят и другие документы (например, рекомендации Р 50-605-80 – 89 [3]). Разработка военных *t*-систем выполняется в соответствии с комплексом документов СРПП ВТ. Обозначение национальных стандартов этого комплекса имеет вид ГОСТ РВ 15.XXX – XX.

По стандарту [4] разработка и постановка на производство продукции (*t*-систем, изделий) в общем случае предусматривает:

- 1) разработку ТЗ_{окр};
- 2) проведение ОКР, включающей:
 - разработку документации (КД и ТД) по правилам, установленным стандартами ЕСКД и ЕСТД,
 - изготовление опытных образцов,
 - испытания опытных образцов,
 - приемку результатов ОКР;
- 3) постановку на производство, включающую:
 - подготовку производства,
 - освоение производства: изготовление установочной серии, квалификационные испытания.

D1 опытно-конструкторская работа; ОКР: Комплекс работ по разработке КД и ТД на опытный (головной) образец создаваемой (модернизируемой, модифицируемой) *t*-системы, изготовлению и испытаниям опытного (головного) образца или опытной партии этой *t*-системы.

D2 техническое задание на ОКР; ТЗ_{ОКР}: Исходный технический документ для проведения ОКР, устанавливающий комплекс требований к создаваемой *t*-системе и к содержанию, объемам и срокам выполнения ОКР.

Исходный технический документ для проведения ОКР по разработке вооружения и военной техники называется тактико-техническим заданием (ТТЗ).

При создании сложных *t*-систем для разработки ТЗ_{ОКР} могут выполняться НИР и/или разработка аванпроекта.

D3 научно-исследовательская работа; НИР: Комплекс теоретических и (или) экспериментальных исследований, проводимых с целью получения обоснованных исходных данных, изыскания принципов и путей создания (модернизации) *t*-систем.

D4 разработка аванпроекта: Вид работ, предшествующий ОКР по созданию *t*-системы, выполняемый будущим исполнителем ОКР по заданию заказчика или основного потребителя с целью технико-экономического обоснования целесообразности разработки *t*-системы и путей ее создания, производства и эксплуатации.

Для создания новых веществ, материалов, технологических процессов проводятся опытно-технологические работы (ОТР), порядок проведения которых в *лекциях* не рассматривается.

Последовательность работ (стадий) по созданию изделий (*t*-систем) их распределение по фазам показаны на рисунке 1.

На практике все отраженные на рисунке 1 работы выполняются редко. Часто для разработки *t*-системы проводится только ОКР, причем ОКР может состоять только из одной стадии «Разработка КД опытного образца (опытной партии)».

НИР, разработку аванпроекта и ОКР, а также любую их совокупность в тех случаях, когда нет необходимости выделять какую-либо одну из них или рассматривать особенности работы, в литературе обозначают аббревиатурой НИОКР.

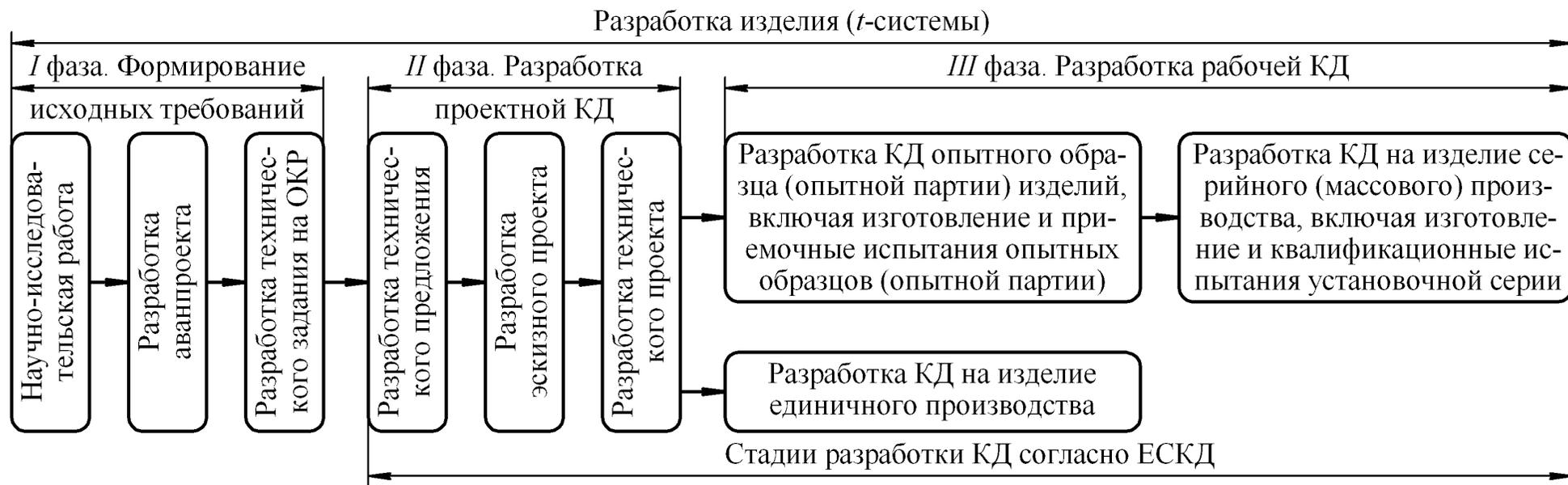


Рисунок 1

Возможны три модели организации НИОКР по созданию *t*-систем производственно-технического назначения [4]:

- 1) по госзаказам, т. е. по государственным, муниципальным и другим заказам, финансируемым из федерального бюджета или бюджетов субъектов Российской Федерации;
- 2) по заказам конкретных потребителей – заинтересованных организаций, обществ, коммерческих структур;
- 3) инициативные разработки при коммерческом риске разработчика и изготовителя.

К первой модели можно отнести также и разработки *t*-систем военного назначения, выполняемые по СРПП ВТ. Классификация НИОКР приведена на рисунке 2.

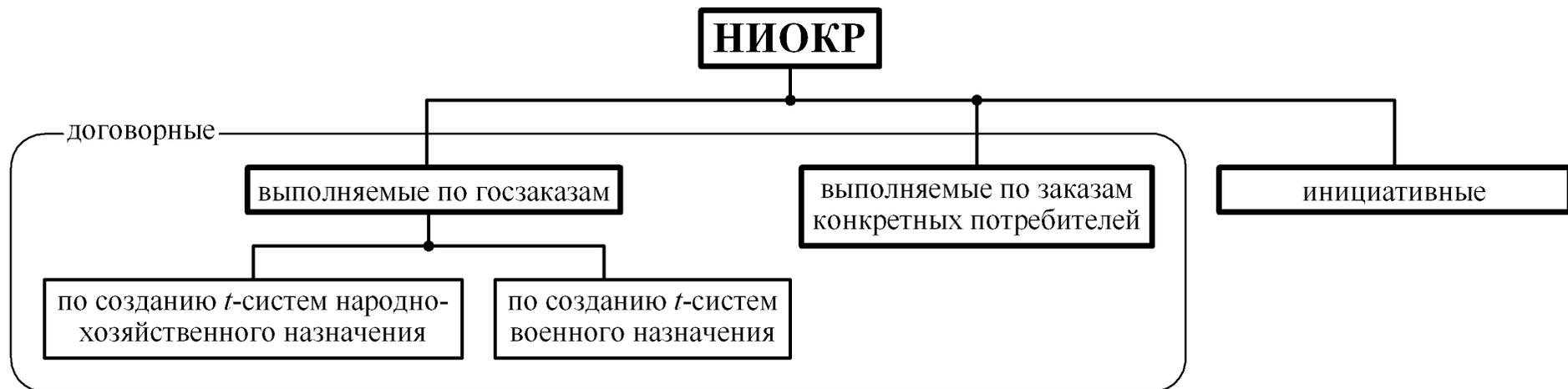


Рисунок 2

При проведении НИОКР для экспериментальных исследований и проверки правильности выбора технических решений изготавливаются и подвергаются испытаниям модели, макеты, экспериментальные образцы, опытные образцы и головные образцы.

D5 модель: Изделие, процесс, явление, математическая модель, находящиеся в определенном соотношении с объектом испытаний и (или) воздействиями на него и способное заменить их в процессе испытаний [5].

D6 макет: Упрощенное воспроизведение в определенном масштабе изделия или его части, на котором исследуются отдельные характеристики изделия, а также правильность принятых технических и художественных решений [2, 3].

Примечания

1 Термин «макет» применяется обычно для модели, в которой сохраняются количественные соотношения между элементами изделия и моделируются отдельные его свойства, например, внешний вид.

2 Упрощенное воспроизведение может осуществляться в формах натурной трехмерной физической модели (материальный макет по стандарту [6]) и электронной трехмерной модели (электронный макет по стандарту [7]).

D7 экспериментальный образец: Образец продукции, обладающий основными признаками намечаемой к разработке продукции, изготавливаемый с целью проверки предлагаемых и уточнения отдельных характеристик для использования их при разработке этой продукции [2, 3].

Примечание – Экспериментальный образец изделия всегда выполняется в натуральную величину и представляет собой законченное в функциональном отношении изделие, пригодное для исследовательских испытаний.

D8 опытный образец: Образец продукции, изготовленный по вновь разработанной рабочей документации для проверки путем испытаний соответствия его заданным техническим требованиям с целью принятия решения о возможности постановки на производство и (или) использования по назначению [5].

Для сложных t -систем мелкосерийного и единичного производства с длительным циклом изготовления и монтажа, требующих значительных материальных и финансовых затрат, изготовление опытных образцов может не предусматриваться. В этом случае вместо опытных образцов (которые изготавливаются только для испытаний и, обычно, не предназначаются для эксплуатации) испытываются головные образцы – первые образцы единичной или мелкосерийной продукции, передаваемые после испытаний потребителю для эксплуатации.

D9 головной образец: Изделие, изготовленное по вновь разработанной документации для применения заказчиком с одновременной отработкой конструкции и технической документации для производства и эксплуатации последующих изделий данной партии или серии [3].

В ходе НИОКР на моделях, макетах и экспериментальных образцах для изучения их характеристик проводятся исследовательские испытания. Разновидностью исследовательских испытаний являются доводочные испытания опытных образцов. Обычно с первого раза изготовить опытные образцы, отвечающие всем предъявленным требованиям, не удается. В конструкцию первоначально изготовленных опытных образцов приходится вносить много изменений («доводить опытные образцы»), добиваясь улучшения их характеристик. Эти изменения и проверяются на доводочных испытаниях.

После доводки и достижения заданных характеристик опытные образцы для контроля качества подвергаются контрольным испытаниям.

D10 предварительные испытания: Контрольные испытания опытных образцов и (или) опытных партий с целью определения возможности их предъявления на приемочные испытания [5].

Предварительные испытания являются самопроверкой разработчика перед представлением опытных образцов (опытных партий) на приемочные испытания. Можно считать (несколько упрощенно), что на предварительных испытаниях руководство разрабатывающего предприятия принимает ОКР у своих сотрудников – непосредственных исполнителей этой ОКР, перед тем как пригласить для приемки работы заказчика. Эти испытания проводятся комиссией, назначаемой разработчиком, поэтому в документах их иногда неправильно называют заводскими. В некоторых документах эти испытания называют стендовыми, что также не соответствует терминологии, установленной стандартом [5].

Если опытные образцы проходят предварительные испытания с положительными результатами, то разработчик по результатам изготовления, доводочных и предварительных испытаний корректирует КД, присваивает ей литеру «О». Литера «О» на рабочих документах означает, что опытные образцы и КД готовы к приемочным испытаниям. Приемочная комиссия, председателем которой назначается представитель заказчика или основного потребителя, проводит приемочные испытания.

D11 приемочные испытания: Контрольные испытания опытных образцов, опытных партий продукции или изделий единичного производства, проводимые соответственно с целью решения вопроса о постановки этой продукции на производство и (или) использования по назначению [5].

При положительных результатах приемочных испытаний корректируется КД и ей присваивается литера «O₁». Присвоением рабочей КД этой литеры обычно заканчивается ОКР. Но разработка КД не заканчивается. Окончанием разработки КД следует считать присвоение КД литеры «А» после корректировки КД по результатам изготовления и квалификационных испытаний установочной серии.

D12 квалификационные испытания: Контрольные испытания установочной серии или первой промышленной партии, проводимые с целью оценки готовности предприятия к выпуску продукции данного типа в заданном объеме [5].

3 Формирование исходных требований. Внешнее проектирование

I фаза разработки (формирование исходных требований, в том числе внешнее проектирование) – процесс установления исходных требований и формирование предварительных (возможных и желательных) очертаний разрабатываемой *t*-системы [8, 9].

Исходные данные для выполнения ОКР обычно оформляются в виде ТЗ_{ОКР}.

Содержание, порядок и правила оформления ТЗ_{ОКР} устанавливаются в государственных и других нормативных документах. По рекомендациям СРПП [10] ТЗ_{ОКР} на создание народно-хозяйственной продукции имеет следующие разделы: наименование и область применения *t*-системы; основание для выполнения ОКР; исполнители ОКР; изготовитель *t*-системы; цель и назначение ОКР; технические требования; экономические показатели; стадии и этапы ОКР; порядок контроля и приемки; приложения. Рекомендации [10] в настоящее время не действуют, но в отсутствие других документов содержание ТЗ_{ОКР} можно определить по этим рекомендациям.

Большинство разделов ТЗ_{ОКР} содержат требования к взаимоотношению участников разработки, формальному порядку проведения работ и прочей «бюрократии». Требования к качеству разрабатываемой *t*-системы, которые собственно и являются исходными данными для разработки, содержатся только в разделах «Технические требования» и «Экономические показатели». Эти разделы наиболее важны для конструирования и наиболее сложны при составлении. Раздел «Технические требования» в общем случае содержит показатели назначения и технического совершенства, требования к составу, устройству, надежности, эстетические и эргономические требования, требования к составным частям, исходным и эксплуатационным материалам, условиям эксплуатации, к безопасности, к технологичности и метрологическому обеспечению, стандартизации и унификации, маркировке и упаковке, к транспортированию и хранению и др. В разделе «Экономические показатели» в общем случае указывают лимитную цену *t*-системы, предполагаемую годовую потребность в них, срок окупаемости затрат на разработку и освоение, ориентировочную эффективность, экономические и другие преимущества новой *t*-системы.

ТЗ_{ОКР} согласовывается с основными участниками разработки, в число которых входят: заказчик, основной потребитель, разработчик (исполнитель ОКР), изготовитель.

Порядок утверждения ТЗ_{ОКР} зависит от модели организации работ. ТЗ на выполнение договорных ОКР (первые две модели организации работ) утверждает заказчик. В случае инициативной разработки (третья модель организации работ) ТЗ_{ОКР} утверждает руководитель предприятия-разработчика.

ТЗ_{ОКР} может быть выдано заказчиком (при договорных работах) или составлено самим разработчиком (при инициативных работах). Необходимо отметить, что и при договорных работах ТЗ_{ОКР} часто составляет разработчик; заказчик лишь его утверждает.

В качестве ТЗ_{ОКР} может быть использован иной документ, содержащий необходимые и достаточные требования для разработки продукции и взаимопризнаваемый заказчиком и разработчиком.

Исходные данные для разработки *t*-системы, формируются на основе прогнозирования потребности в таких *t*-системах с учетом тенденций их развития, а также развития производственных процессов и услуг, в сфере которых они

будут использоваться. Тенденции развития t -систем такого назначения определяют в процессе патентных исследований по стандарту [11].

Завершающей стадией прогнозирования потребностей является определение объемов выпуска новой t -системы, ориентировочной общей продолжительности поставки, а также экономической эффективности производства и применения t -системы. Основой для формулирования этих требований ТЗ_{ОКР} служит информация о рыночном спросе – форме проявления потребности на рынке. Исследование рынка при третьей модели организации НИОКР является для разработчика жизненно важной задачей проектирования новой t -системы.

При договорных разработках определение потребности – задача, прежде всего, заказчика, и в первую очередь на нем лежит ответственность за неблагоприятные последствия ошибок в этом определении. Но даже если инициатива в проведении договорной разработки полностью принадлежит заказчику, исследования потребности разработчиком повысят достоверность прогноза.

Часто при проведении разработок по первой модели (а иногда и по второй) фактическая инициатива принадлежит разработчику, который, проведя собственные исследования рынка и тенденций развития t -системы, убеждает заказчика профинансировать разработку новой t -системы. Убедить потенциального заказчика будет тем легче, чем квалифицированнее выполнены такие исследования.

Составление ТЗ_{ОКР} и является целью I фазы разработки t -системы и, в частности, ее внешнего проектирования. Утверждение ТЗ_{ОКР} – формальное завершение этой фазы.

Выполнение ОКР для разработки t -систем, как правило, является обязательным. Исключения составляют несложные и недорогие в разработке t -системы, разработка которых чаще всего ведется по инициативе предприятия-разработчика и серийное изготовление которых планируется тоже предприятием-разработчиком. Такие t -системы могут разрабатываться без проведения официальных ОКР. В этом случае не применимы стандартизованные понятия «научно-исследовательская работа», «разработка аванпроекта», «опытно-конструкторская работа», но неформальная фаза «формирование исходных требований» есть и у такой разработки, а у конструирования и в этом случае есть фаза «внешнее проектирование».

Общие требования к организации и выполнению НИР установлены в СРПП [2]. Исходным техническим документом для проведения НИР обычно является ТЗ_{НИР}, которое устанавливает требования к содержанию, объемам и срокам проведения работ.

По результатам НИР составляется отчет о НИР [12]. К отчету может быть приложен проект ТЗ_{ОКР} на разработку новой t -системы.

Другой вид работ по формированию исходных требований к t -системе – разработка аванпроекта. Аванпроект в общем случае состоит из: 1) пояснительной записки; 2) ведомости аванпроекта; 3) схем; 4) таблиц и расчетов; 5) чертежа общего вида; 6) габаритного чертежа. Обязательным документом является пояснительная записка. Необходимость разработки остальных документов определяет разработчик аванпроекта. К комплекту документов аванпроекта, как правило, прилагается проект ТЗ_{ОКР}.

Аванпроект разрабатывают для определения возможности, необходимости и путей создания новой t -системы, когда имеется значительная неопределенность в исходных предпосылках создания этой t -системы. По содержанию и объему работ, составу технической документации аванпроект аналогичен техническому предложению по ЕСКД [13, 14]. Отличие технического предложения, предусмотренного ЕСКД, и аванпроекта по СРПП состоит в организации разработки этих проектов. Разработка технического предложения – это начальная стадия более общей работы – ОКР, конечной целью которой является разработка рабочей (а не только проектной) КД, изготовление опытных образцов t -систем и проведение их приемочных испытаний. Разработка аванпроекта – самостоятельный вид работ, выполняется по отдельному заданию (ТЗ_{АПР}) до начала ОКР. Конечной целью этой работы является разработка только проектной КД и проекта ТЗ_{ОКР}. Рабочая КД при выполнении аванпроекта не разрабатывается.

3.5 Формирование конструкции. Внутреннее проектирование

Когда в учебной литературе говорят о проектировании или конструировании техники, чаще всего имеют в виду внутреннее проектирование. Учебники с названиями «Проектирование самолетов», «Проектирование радиопередатчиков», «Конструирование станков» и т. д., в основном рассматривают вопросы именно внутреннего проектирования. *II* фаза конструирования (внутреннее проектирование) t -системы – основная фаза в ее конструировании, также как *II* фаза разработки (формирование конструкции t -системы) – основная фаза в ее разработке. *I* фаза конструирования и *I* фаза разработки – это подготовительные процедуры для внутреннего проектирования и формирования конструкции t -системы. *III* фаза разработки (конструкторская подготовка производства с рабочим конструированием) при качественном выполнении *II* фазы – более или менее рутинная процедура по оформлению и проверке результатов внутреннего проектирования.

II фаза разработки представляет собой процесс последовательного углубления идеализированных знаний о разрабатываемой t -системе, осуществляемый исходя из данных ТЗ_{ОКР} и практического опыта путем [8]:

а) многократного (многовариантного) моделирования t -системы посредством отображения его в КД, последующего сопоставления и анализа различных моделей, построенных на различных сочетаниях составляющих элементов, и выделения наиболее желательного (оптимального) варианта, т. е. разработки технического предложения;

б) проработки и изучения основных составляющих элементов оптимального варианта модели и принципов их взаимодействия посредством отображения модели в КД, т. е. разработки эскизного проекта;

в) всесторонней проработки и изучения модели, всех ее элементов и их взаимосвязей посредством отображения их в КД, позволяющих получить полное представление об устройстве и принципе работы t -системы, т. е. разработки технического проекта.

Формирование конструкции (включая внутреннее проектирование) t -систем, для разработки КД на которые организуется официальная ОКР, обычно осуществляется на проектных стадиях разработки КД (таблица 1) [13].

Таблица 1 – Разработка проектной КД

Разработка технического предложения	Изучение и анализ ТЗ
	Подбор материалов
	Разработка конструкторских документов технического предложения
	Рассмотрение и утверждение технического предложения с присвоением конструкторским документам литеры «П»
Разработка эскизного проекта	Разработка конструкторских документов эскизного проекта
	Изготовление и испытание и/или разработка и анализ материальных макетов (при необходимости) и/или разработка, анализ электронных макетов (при необходимости)
	Рассмотрение и утверждение эскизного проекта с присвоением документам литеры «Э»
Разработка технического проекта	Разработка конструкторских документов технического проекта
	Изготовление и испытание материальных макетов (при необходимости) и/или разработка, анализ электронных макетов (при необходимости)
	Рассмотрение и утверждение технического проекта с присвоением конструкторским документам литеры «Т»

Основные исходные данные для выполнения *II* фазы разработки содержатся, прежде всего, в ТЗ_{ОКР}. В дополнение к ТЗ_{ОКР} (а иногда и вместо него) используются отчеты о НИР или аванпроекты, описания изобретений, созданные в процессе выполнения НИР и разработок аванпроектов экспериментальные образцы, КД на *t*-систему, подлежащую модифицированию, модернизации или совершенствованию, образец *t*-системы (чаще всего зарубежной), подлежащей копированию или воспроизведению с некоторыми изменениями.

Примерный перечень работ, выполняемых на проектных стадиях, приведен в стандартах [14 – 16].

Если ОКР выполняется в одну стадию «Разработка рабочей КД опытного образца (опытной партии)» внутреннее проектирование осуществляется на этой стадии. Внутреннее проектирование (так же как внешнее проектирование и конструирование в целом) несложных составных частей *t*-систем часто выполняется на основании устных указаний руководителя разработки или конструктора, выполняющего проектирование *t*-системы.

Конечной целью процесса внутреннего проектирования является создание комплекта проектной (не рабочей!) КД, в которой должна быть отражена (записана) конструкция *t*-системы, отвечающая требованиям ТЗ_{ОКР}. Проектная КД должна содержать все исходные данные, необходимые для разработки рабочей КД.

3.6 Конструкторская подготовка производства. Рабочее конструирование

III фаза разработки (конструкторская подготовка производства с рабочим конструированием) представляет собой материальное воплощение конструкторского замысла – процесс эмпирического познания разрабатываемой *t*-системы, осуществляемый путем изготовления и экспериментального исследования натуральных образцов *t*-системы в период освоения ее производства, сопоставления опытных данных с ТЗ_{ОКР} и КД на нее и внесение уточнений в КД [8].

Рабочее конструирование – это часть конструкторской подготовки производства (*III* фазы разработки) и при конструировании *t*-системы в официальных ОКР включает в себя:

- 1) разработку рабочей КД,
- 2) анализ результатов изготовления и экспериментальных исследований (испытаний) опытных образцов,
- 3) внесение изменений в рабочую КД по результатам этого анализа. Разработка рабочей КД для несложных изделий заключается в простом оформлении документов (детализировании) доступном по своей квалификации чертежникам-конструкторам. При разработке рабочей КД сложных *t*-систем специалисту, выполняющему эту работу,

приходится решать и некоторые вопросы внутреннего проектирования: уточнять форму и размеры деталей, конструкции соединений, выбирать места прокладки проводов, уточнять технологию изготовления и т. д.

Стадии и этапы *III* фазы разработки согласно ЕСКД [13] приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Разработка рабочей КД

Разработка КД опытного образца (опытной партии) изделий	Разработка КД, предназначенной, предназначенной для изготовления и испытания опытного образца (опытной партии) изделия, без присвоения литеры
	Изготовление и предварительные испытания опытного образца (опытной партии) изделия
	Корректировка КД по результатам изготовления и предварительных испытаний опытного образца (опытной партии) изделия с присвоением ей литеры «О»
	Приемочные испытания опытного образца (опытной партии) изделия
	Корректировка КД по результатам приемочных испытаний опытного образца (опытной партии) изделия с присвоением ей литеры «О ₁ »
	Для изделия, разрабатываемого по заказу Министерства обороны, при необходимости, – повторное изготовление и испытание опытного образца (опытной партии) изделия по КД с литерой «О ₁ » и корректировка КД с присвоением ей литеры «О ₂ », «О ₃ », ... «О _n »
Разработка КД на изделие серийного (массового) производства	Изготовление и испытание установочной изделия по КД с литерой «О ₁ », (или «О ₂ », «О ₃ », ... «О _n »)
	Корректировка КД по результатам изготовления и испытания установочной серии, а также оснащения технологического процесса, с присвоением ей литеры «А»
	Для изделия, разрабатываемого по заказу Министерства обороны, при необходимости, – изготовление и испытание головной (контрольной) серии по КД с литерой «А» и соответствующая корректировка КД с присвоением ей литеры «Б»
Разработка КД на изделие единичного производства	Разработка КД, предназначенной для изготовления и испытания изделия, с присвоением ей литеры «И»

Изготовление и испытания опытных образцов не входит в конструирование, тогда как анализ их результатов и внесение при необходимости изменений в рабочую КД является частью конструирования. Изменение КД начинается в общем случае с пересмотра конструкции частей t -системы, т. е. с внутреннего проектирования. Иногда по результатам изготовления и испытаний опытных образцов приходится пересматривать исходные данные и корректировать ТЗ_{ОКР}, т. е. выполнять работу по внешнему проектированию.

Исходными данными для рабочего конструирования являются ТЗ_{ОКР} и результаты внутреннего проектирования. Если при проведении внутреннего проектирования был разработан и утвержден заказчиком технический или эскизный проект, то рабочая КД должна разрабатываться в соответствии с этим проектом. Отклонения рабочей КД от согласованных и утвержденных проектов допускаются только с согласия всех участников разработки, утвердивших и согласовавших проект.

При рабочем конструировании обычно выполняются:

разработка производственный КД, предназначенной для изготовления и испытания опытных (или головных) образцов t -системы (чертежей деталей, спецификаций, сборочных чертежей, технических условий и методик испытаний, чертежей упаковки, гидро-, пневмо-, электромонтажных чертежей и т. д.). При конструировании моделей, макетов, экспериментальных образцов и в некоторых других случаях при рабочем конструировании вместо рабочей может разрабатываться эскизная КД в соответствии со стандартом [17];

разработка эксплуатационных документов (руководств по эксплуатации, формуляров, паспортов);

выполнение расчетов (или уточнение расчетов, выполненных при проектировании), подтверждающих работоспособность и надежность t -системы (расчеты механических прочности и жесткости, расчеты точности, размерных цепей, масс отдельных деталей и т. д.);

проверка и согласование КД с технологами и нормоконтролерами;

конструкторское сопровождение изготовления опытных образцов (консультирование технологов, разрабатывающих технологические процессы, и рабочих, изготавливающих опытные образцы, оперативное устранение ошибок в рабочей КД и т. д.);

анализ результатов доводочных и предварительных испытаний опытных или головных образцов;

корректировка КД по результатам изготовления, доводочных и предварительных испытаний опытных образцов; присвоение конструкторским документам литеры «О»;

анализ результатов приемочных испытаний опытных образцов;

корректировка КД по результатам приемочных испытаний опытных образцов; присвоение конструкторским документам литеры «О₁».

При рабочем конструировании в основном завершается обработка конструкции *t*-системы на технологичность, проводимой в соответствии со стандартом [18].

Потребительские свойства *t*-системы, качество ее изготовления во многом зависят от качества рабочей КД. Поэтому качество КД в процессе рабочего конструирования контролируется различными специалистами с целью выявления ошибочных и недостаточно обоснованных конструкторских решений в документации. Проектная КД также подвергается таким проверкам, но проектная КД не составляет полного комплекта КД, и все ошибки при ее проверке выявить невозможно. К тому же ошибки, допущенные в проектной КД, могут быть выявлены при рабочем конструировании и устранены в рабочей КД. Полный комплект рабочей КД отражает конструкцию *t*-системы наиболее подробно и однозначно, и контроль качества КД в процессе рабочего конструирования может быть выполнен более достоверно, чем в процессе проектирования.

Конструкторский контроль КД, проводимый квалифицированным конструктором, – первый в списке контрольных операций новой КД. Чаще всего конструкторский контроль КД на составную часть разрабатываемой *t*-системы выполняет конструктор этой *t*-системы. Специалист, выполняющий конструкторский контроль, проверяет КД и по характеристикам, по которым КД будет проверяться узкими специалистами при других видах контроля [19].

Технологический контроль КД является завершающей операцией в отработке рабочей КД на технологичность. Он выполняется специалистом-технологом. Этот вид контроля направлен на: достижение в разрабатываемых *t*-системах заданных показателей технологичности; выявление наиболее рациональных способов изготовления *t*-системы с учетом заданного объема выпуска и т. д.

При технологическом контроле проверяют: правильность выбора варианта конструктивного решения в соответствии с требованиями технологичности; правильность выбора принципиальной схемы конструкции, обеспечивающей простоту компоновки и технологичность *t*-системы; рациональность конструктивных решений с точки зрения простоты изготовления; обеспечение преемственности конструкции и т. д. [20].

Метрологическая экспертиза (метрологический контроль [21]) КД – это анализ и оценка технических решений по выбору параметров, подлежащих измерению, установлению норм точности и обеспечению методами и средствами измерений процессов разработки, изготовления и испытания, эксплуатации и ремонта изделий. Целью проведения метрологической экспертизы является: обеспечение взаимозаменяемости деталей, сборочных единиц и

агрегатов, создание необходимых условий для кооперирования производства и развития специализации; повышение эффективности производства за счет уменьшения затрат на контроль и снижение брака и т. д.

В процессе проведения метрологической экспертизы проверяют: оптимальность номенклатуры измеряемых параметров; возможность контроля необходимых параметров в процессе изготовления, испытаний, эксплуатации и ремонта изделий; обеспеченность применяемыми средствами измерений и т. д.

Метрологическая экспертиза КД проводится специалистами-экспертами под методическим руководством главного метролога. По окончании экспертизы составляется заключение по результатам метрологической экспертизы, которое утверждается главным метрологом предприятия.

Нормоконтроль имеет своей задачей обеспечение: соблюдения в КД норм, требований и правил, установленных в стандартах; достижения в разрабатываемых изделиях высокого уровня унификации и стандартизации и т. д. [22].

При нормоконтроле, в частности, проверяют внешний вид документации (аккуратность выполнения и удобочитаемость), комплектность документации и наличие на документах необходимых подписей, соответствие предъявляемой КД стандартам ЕСКД и т. д.

Список использованных источников

1. ГОСТ Р 15.000 – 94 СРПП. Основные положения.
2. ГОСТ 15.101 – 98 СРПП. Порядок выполнения научно-исследовательских работ.
3. Р 50-605-80 – 93 Рекомендации. СРПП. Термины и определения.
4. ГОСТ Р 15.201 – 2000 СРПП. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.
5. ГОСТ 16504 – 81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
6. ГОСТ 2.002 – 72 ЕСКД. Требования к моделям, макетам и темплетам, применяемым при проектировании.
7. ГОСТ 2.052 – 2006 ЕСКД. Электронная модель изделия. Общие положения.
8. Технологичность конструкции изделия: справочник / Под общ ред. Ю. Д. Амирова. М., 1990.
9. Бобков Н. М. О конструкторской терминологии национальных стандартов // Стандарты и качество. 2012. № 9.

10. Р 50-601-5 – 89 Рекомендации. СРПП. Формирование исходных требований к продукции.
11. ГОСТ Р 15.011 – 96 СРПП. Патентные исследования. Содержание и порядок проведения.
12. ГОСТ 7.32 – 2001 Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления.
13. ГОСТ 2.103 – 2013 ЕСКД. Стадии разработки.
14. ГОСТ 2.118 – 2013 ЕСКД. Техническое предложение.
15. ГОСТ 2.119 – 2013 ЕСКД. Эскизный проект.
16. ГОСТ 2.120 – 2013 ЕСКД. Технический проект.
17. ГОСТ 2.125 – 2008 ЕСКД. Правила выполнения эскизных конструкторских документов. Общие положения.
18. ГОСТ 14.201 – 83 Обеспечение технологичности конструкций. Общие требования.
19. Кохановский В. Д., Дзюман-Грек Ю. Н. Конструкторский контроль чертежей. М., 1988.
20. ГОСТ 14.206 – 73 Технологический контроль конструкторской документации.
21. Балабанов А. Н. Контроль технической документации. М., 1988.
22. ГОСТ 2.111 – 2013 ЕСКД. Нормоконтроль.

**Николай Михайлович Бобков – преподаватель Нижегородского радиотехнического колледжа, конструктор Нижегородского научно-производственного объединения имени М. В. Фрунзе.
E-mail: n.bobkov@mail.ru**