

Тема 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Список сокращений

- БНК – базовая несущая конструкция
ВВФ – внешний воздействующий фактор
ЕСКД – Единая система конструкторской документации
КД – конструкторская документация
КИМП – комплектующее изделие межотраслевого применения
КО – конструкторский отдел
НИОКР – научно-исследовательские, аванпроектные и опытно-конструкторские работы
НИР – научно-исследовательская работа
НТК-конструирование – конструирование механических подсистем и электромонтажа РЭС
ОКР – опытно-конструкторская работа
ОС – окружающая среда
РЭА – радиоэлектронная аппаратура
РЭС – радиоэлектронное средство
РЭС-сооружение – радиоэлектронное средство, рассматриваемое (изучаемое, конструируемое) как геометрически неизменяемая механическая система
РЭТ-конструирование – конструирование радиоэлектротехнических подсистем РЭС (электронное, схемотехническое конструирование РЭС
САПР – система автоматизированного проектирования
САР – система автоматического регулирования
СВЧ – сверхвысокая частота, сверхвысокочастотный
СРПП – Система разработки и постановки продукции на производство
СТО – схемотехнический отдел
СЧ – составная часть
ТЗ – техническое задание
ТЗ_{ОКР} – техническое задание на опытно-конструкторскую работу

ФС – функциональная система
ЭВМ – электронная вычислительная машина
ЭВТ – электронно-вычислительная техника
ЭРИ – электрорадиоизделие
ЭРЭ – электрорадиоэлемент
Т-система – техническая система

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Бобков Н. М. О подготовке конструкторов РЭС в средних специальных учебных заведениях // Среднее профессиональное образование. 2002. № 11	3
Бобков Н. М. Основы конструирования. Проблемы терминологии // Вестник машиностроения. 2002. № 9	12
Бобков Н. М. Что такое конструирование радиоэлектронных средств? // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2008. № 1, 2	18
Функциональные системы и конструктивные уровни РЭС (Каленкович Н. И., Фастовец Е. П, Шамгин Ю. В. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств: учеб. пособие. Минск, 1989)	30
Бобков Н. М. Конструирование и строительное конструирование РЭС // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2	33
Бобков Н. М. Систематизация терминологии в области конструирования радиоэлектронных систем // Труды Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева. 2014. № 3	50
Бобков Н. М. Категории науки о конструировании // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2	66
Общие требования к разрабатываемым (модернизируемым) техническим системам (Из ГОСТ 15.016 – 2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению)	85
Содержание хрестоматии	91

Бобков Н. М.

О ПОДГОТОВКЕ КОНСТРУКТОРОВ РЭС В СРЕДНИХ СПЕЦИАЛЬНЫХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЯХ

Среднее профессиональное образование. 2002. № 11

Разработка радиоэлектронных средств (РЭС) состоит из двух комплексов работ – схемотехнической разработки и конструирования. Специалистов-разработчиков в радиотехнической промышленности разделяют на разработчиков-схемотехников и конструкторов. В разрабатывающих организациях эти специалисты обычно работают в разных подразделениях: первые – в схемотехнических отделах (СТО), вторые – в конструкторских отделах (КО) [1].

Деление разработчиков РЭС на две специальности принято и в вузах. Подготовка схемотехников и конструкторов ведется по разным программам. По моему мнению, уровень специальной подготовки конструкторов отстает как от уровня подготовки схемотехников, так и от потребностей производства. В статье анализируются причины этого отставания и предлагаются меры по его преодолению.

Конструирование РЭС как специальность на производстве

Большинство современных РЭС представляет собой некоторый набор так называемых электрорадиоэлементов (ЭРЭ): микросхем, транзисторов, резисторов, конденсаторов, катушек индуктивностей, электрических соединителей, переключателей и т. д., электрически связанных между собой тем или иным способом электромонтажа и объединенных в единое целое несущей системой. В некоторые РЭС могут входить механические, электромеханические, пневматические, гидравлические и другие устройства, которые вместе с несущей системой составляют механическую систему РЭС. Необходимый для разрабатываемого РЭС состав ЭРЭ, электрические и электромагнитные связи между ними устанавливаются разработчиками-схемотехниками из СТО и изображаются на электрических схемах. Эти схемы передаются в КО в качестве основных исходных данных для конструирования. Конструирование РЭС (с учетом сложившейся в радиотехнической промышленности специализации) можно разделить на три основных относительно самостоятельных группы работ, требующих для выполнения конструкторов разных специальностей и разной квалификации.

Первая группа работ – конструирование механической системы РЭС. Она включает в себя выбор компоновочно-силовой схемы и компонование РЭС, конструирование несущей системы, конструирование механизмов и других элементов механической системы РЭС. Конструирование механической системы при некоторой радиотехнической специфике имеет много общего с конструированием других видов техники (мостов, автомобилей, судов, самолетов и т. д.). Компонование РЭС и конструирование его несущей системы тесно связаны между собой и выполняются параллельно одним и тем же конструктором. На этого конструктора часто возлагается обязанность руководить бригадой сотрудников КО, выполняющих все конструирование РЭС.

Вторая группа работ – конструирование электромонтажных соединений (в настоящее время в основном – конструирование печатных узлов) по разработанным специалистами СТО электрическим схемам, конструирование тех ЭРЭ, которые нельзя получить в готовом виде. Вторая группа работ специфична для радиотехники.

Специалистами из КО обычно оформляется и основной объем производственной конструкторской документации (КД) на разрабатываемые РЭС. Оформление КД – третья группа работ по конструированию РЭС.

Первая группа самая сложная из трех групп работ по конструированию РЭС – здесь нужны наиболее квалифицированные конструкторы. Но уровень сложности механической системы РЭС, как правило, значительно ниже уровня сложности механических систем других видов техники. В этом можно убедиться, сравнивая конструкции, описанные, например, в [2 – 5]. Часто механическая система современных РЭС состоит только из несущей системы (корпусов, каркасов, кожухов и т. д.). В этих условиях первая группа работ представляет собой конструирование РЭС как строительного сооружения. Уровень сложности несущей системы РЭС как строительного сооружения значительно ниже уровня сложности несущих систем других видов техники. Требуемый уровень квалификации специалистов по конструированию несущих систем РЭС значительно ниже, чем специалистов по конструированию несущих систем самолетов, автомобилей, мостов и т. д. И если подготовка конструкторов самолетов и т. д. в вузах вполне оправдана, то в вузовской подготовке конструкторов для первой группы работ по конструированию РЭС, по крайней мере в большинстве случаев, нет необходимости. Для выполнения этих работ достаточно среднего специального образования.

Конструкторы печатных узлов получают в качестве исходных данных из СТО электрические схемы и перечни ЭРЭ, от конструкторов, выполняющих компоновку РЭС – габаритные и присоединительные размеры печатных узлов. Конструирование печатных узлов представляет собой размещение ЭРЭ на печатной плате и определение мест прокладки печатных проводников. Если на размещение ЭРЭ и геометрические параметры проводников накладываются ограничения по условиям паразитных взаимодействий, то работа по конструированию печатного узла выполняется под наблюдением и с консультацией специалистов из СТО. Конструирование печатных узлов для современных РЭС – работа трудоемкая,

кропотливая, но совершенно рутинная и относительно неквалифицированная. Для ее выполнения требуются не столько научные знания, полученные в учебных заведениях, сколько практические навыки, приобретенные во время работы на предприятии. Эту работу могут выполнять чертежники-конструкторы, подготовленные в профессионально-технических училищах. Точно так же нет необходимости в высшем и среднем специальном образовании при конструировании других видов электромонтажа.

В распоряжении разработчиков современных РЭС большой выбор различных ЭРЭ, изготавливаемых на специализированных предприятиях. Единственный вид ЭРЭ, который приходится еще создавать разработчикам РЭС, – это изделия с электрическими обмотками: катушки индуктивности, трансформаторы, дроссели и др. Удельный вес этой работы в общем объеме разработок РЭС невелик, и вся квалифицированная работа выполняется специалистами СТО. Схемотехники устанавливают необходимые электрические параметры, числа витков обмоток, типы сердечников, марки проводов и т. д. и передают в качестве исходных данных в КО. Конструкторам лишь остается на основе этих данных оформить чертежи по существующим образцам. Для выполнения этой работы также достаточно квалификации чертежника-конструктора. В тех редких случаях, когда требуются катушки или трансформаторы полностью оригинальной конструкции, для конструкторов из КО их разработка сводится к конструированию их несущих систем и относится к первой группе работ, требующей для выполнения среднего специального образования.

Очевидно, что и для выполнения работ третьей группы высшего и среднего специального образования не требуется.

Конструирование РЭС как учебная специальность

В настоящее время в учебных заведениях радиотехнического профиля основное внимание обращается на специфичные для радиотехнической промышленности стороны конструирования РЭС. Конструирование рассматривается только с точки зрения обеспечения радиотехнических характеристик РЭС. Конструкторов для первой и второй групп работ готовят по одним программам. В дисциплине «Конструирование РЭС» большой объем занимают темы, необходимые на производстве не конструкторам, а разработчикам-схемотехникам. На практике все это приводит к тому, что конструкторов для первой группы работ (т. е. конструкторов-механиков, специализирующихся на конструировании механических систем РЭС) учебные заведения не готовят.

В учебных программах не предусмотрено достаточной для конструирования механических систем теоретической и практической подготовки по строительной механике и прочности несущих систем, надежности механических систем РЭС.

При создании РЭС размеры деталей несущих систем по критериям прочности и жесткости устанавливаются на основании конструирования и эксплуатации изделий-прототипов или по результатам испытаний макетов, экспериментальных и опытных образцов разрабатываемого РЭС. Безотказная эксплуатация прототипов и отсутствие поломок при стандартных испытаниях макетов и образцов свидетельствуют лишь о том, что несущая система данного РЭС имеет достаточную прочность, но не дают ответа на вопрос, не является ли прочность чрезмерной, а масса завышенной. Расчеты на прочность – наименее трудоемкий способ получить ответ на этот вопрос. Но уровень подготовки конструкторов РЭС в области прочности такой, что они затрудняются выполнять даже простейшие расчеты.

Не ведется подготовка студентов и по теории конструирования в необходимых для практической работы объемах. Существует учебная дисциплина с названием «Теоретические основы конструирования, технологии и надежности РЭС», но такое название не соответствует ее содержанию: теория конструирования в ней отсутствует. К работам по теории конструированию можно отнести, например, [6 – 8]. Учебник [9] не имеет ничего общего с этими работами. Учебник и дисциплину правильнее было бы называть «Математическими основами конструирования ... РЭС». Неудачное название этой учебной дисциплины является следствием более общей проблемы – неудовлетворительным состоянием терминологии в области конструирования [10, 11]. Обычное для учебников по конструированию отсутствие четкости в терминологии говорит о невнимании авторов (как правило, преподавателей вузов) к самой теории конструирования. Теории конструирования как учебной дисциплины, по сути дела, не существует. Многочисленные учебники по конструированию РЭС содержат определенную полезную информацию, но в них мало того, что в промышленности принято называть конструированием.

Современные учебники по конструированию пропагандируют системный подход к конструированию техники, но эти учебники дают слишком упрощенное (а часто и неверное) представление о таких распространенных, необходимых конструктору и относительно несложных системах как Единая система конструкторской документации и Система разработки и постановки продукции на производство [11].

Учебные программы по экономике не учитывают особенностей работы конструкторов и рассчитаны на подготовку технологов. Но технологи выполняют экономические расчеты, имея в качестве исходных данных рабочую КД, а конструктору приходится выполнять экономические расчеты на стадии технического задания на разработку, когда КД нет вообще, и на проектных стадиях разработки, когда из конструкторских документов имеются лишь пояснительная записка и чертеж общего вида.

Практическая подготовка по конструированию также не соответствует требованиям, предъявляемым к конструкторам. Элементарные, но важные практические правила конструирования (представление об основных таких правилах можно

получить из работ [12, 13]) в учебных заведениях либо не изучаются совсем, либо изучаются лишь теоретически. Считается, что навыки практической работы студенты должны получать при выполнении курсовых и дипломных проектов, но изучение элементарных правил и приемов конструирования в процессе разработки таких проектов неэффективно по ряду причин [14]. Эти правила и приемы конструктор изучает уже в процессе работы после окончания вуза и часто на собственных ошибках. В КО радиопромышленности квалифицированные конструкторы отличаются от неквалифицированных не научными знаниями, а исключительно практическим опытом, стихийно накопленным в процессе многолетней работы. Такой способ приобретения квалификации доступен не всем, поэтому большое количество выпускников вузов в КО предприятий, разрабатывающих РЭС, постоянно заняты конструированием печатных узлов, т. е. работой, квалификация которой значительно ниже дипломной квалификации этих специалистов.

Что можно сделать для совершенствования подготовки конструкторов РЭС

Из специалистов-разработчиков РЭС знания в объеме высшей школы необходимы лишь основным разработчикам-схемотехникам. Подготовка конструкторов для выполнения первой группы работ, по крайней мере для конструирования несущих систем РЭС, целесообразно сосредоточить в средних специальных учебных заведениях. Конструирование РЭС на производстве ведется в настоящее время специалистами с высшим образованием только потому, что высокий уровень общей подготовки позволяет им легче, чем выпускникам техникумов, приобрести практические навыки и отчасти компенсировать недостатки специальной подготовки по конструированию РЭС. Если в техникумах ввести целенаправленную подготовку конструкторов РЭС, то потребность в конструкторах РЭС с высшим образованием снизится и, может быть, исчезнет совсем. Подготовка специалистов для конструирования печатных узлов и других видов электромонтажа, а также для оформления КД нужно перенести в профессионально-технические училища.

Конструирование РЭС всегда входило в программу подготовки учащихся техникумов по специальности «Радиоаппаратостроение». Но, судя по основному учебнику по конструированию для радиотехникумов [15], содержание этой подготовки не соответствует содержанию работ по конструированию на производстве. Специалистам КО радиотехнической промышленности, как правило, не приходится выполнять те расчеты и конструировать многие из тех объектов, которые рассмотрены в учебнике. Выпускникам радиотехникумов, работающим в КО, часто приходится конструировать печатные узлы, но это вызвано недостаточной подготовкой этих специалистов в области конструирования механических систем и практически полным отсутствием чертежников-конструкторов. Внимания конструкторской

подготовке учащихся в радиотехникумах с каждым годом уделяется все меньше, хотя на производстве потребность в конструкторах не исчезла – современная техника, включая и системы автоматического проектирования, сокращает потребность в технических исполнителях, а не в квалифицированных конструкторах.

Перед техникумами радиотехнических специальностей целесообразно поставить задачу подготовки конструкторов механических систем РЭС, т. е. специалистов высшего звена для КО, а не среднего, как в настоящее время. Для этого в техникумах следует ввести специальность «Конструирование и технология РЭС», как это сделано в вузах. В теоретическую подготовку по конструированию РЭС в техникумах должны входить: основы теории механизмов и машин; основы теории механических колебаний и удара; строительная механика и прочность несущих систем РЭС; надежность механических систем. Изучение основ теории механизмов и машин входило в программы радиотехнических специальностей техникумов, имеется опыт преподавания, есть и учебники [16, 17]. С остальными дисциплинами сложнее. То, что наиболее квалифицированная работа по конструированию РЭС представляет собой конструирование РЭС как строительного сооружения, учебными программами никогда не учитывалось. В учебниках по несущим системам РЭС дается лишь поверхностное описание существующих конструкций. Невозможно найти учебную и справочную литературу по прочности РЭС. Все это осложняет как обучение специалистов в учебных заведениях, так и создание оптимальных конструкций РЭС на производстве.

Механические повреждения РЭС являются в основном следствием усталости материалов при воздействии вибрации и ударов. В конструировании несущих систем РЭС теория механических колебаний и удара играет такую же роль, как теория электрических колебаний в радиотехнике. Без знания основ теории механических колебаний и удара конструктор не может квалифицированно решать задачи в области прочности РЭС (анализировать нагрузки на элементы несущих систем и прогнозировать прочность этих элементов). Но если теория электрических колебаний на занятиях по электротехнике и радиотехнике изучается основательно и подробно изложена в учебниках [18], то о теории механических колебаний учащиеся не имеют представления. Теория механических колебаний достаточно развитая часть теоретической механики, поэтому разработка учебной дисциплины и соответствующего учебника не должны представлять технической сложности.

Знания только сопротивления материалов, входившего в техникумовские программы, недостаточно для расчетов несущих систем РЭС. Детали таких систем часто представляют собой не стержни, которые обычно изучаются в сопротивлении материалов, а более сложные элементы, традиционно изучаемые строительной механикой. При конструировании РЭС были бы полезны кинематический анализ сооружений, расчеты пластин, тонкостенных стержней, стержневых систем и т. д. Конструктору РЭС совершенно необходимы представления об усталости деталей несущих систем РЭС [19]. Получить знания в области строительной механики и прочности несущих систем РЭС можно только тогда, когда в

радиотехникумах будет соответствующая дисциплина. Опыт преподавания этой дисциплины можно заимствовать в техникумах машиностроительных и строительных специальностей.

Теория надежности РЭС в том виде, в каком она преподается на радиотехнических специальностях учебных заведений, для конструкторов РЭС представляет собой лишь общетехническую дисциплину. Знания ее для оценки надежности механических систем недостаточно. Требуется разработка специальной дисциплины о надежности механических систем РЭС, аналогичная надежности машин по [20], и составление соответствующего учебника.

И теория механических колебаний и надежность механических систем могут и не быть самостоятельными учебными дисциплинами, а входить в строительную механику и прочность несущих систем.

Обучение собственно конструированию лучше разделить на два курса: общий курс «Основы конструирования технических систем» и спецкурс «Конструирование РЭС». Такое разделение не позволит «забыть» про общетехническую составляющую конструирования. Общий курс должен включать в себя разделы, являющиеся общими для конструирования любых видов техники: основные понятия конструирования, конструкторская документация и порядок ее разработки, надежность технических систем, принципы конструирования деталей машин, основы теории преемственности конструкций, принципы группового, базового и модульного проектирования, основы технической эстетики и эргономики, основы техники безопасности при конструировании технических систем, экономические вопросы конструирования и т. д.

Спецкурс должен включать в себя разделы, специфичные для конструирования РЭС: классификация РЭС, условия эксплуатации РЭС, внешние воздействующие факторы и нагрузки на детали несущих систем РЭС, компонование РЭС, конструирование несущих систем РЭС, базовые несущие изделия и базовые конструкции несущих систем РЭС, конструирование элементов РЭС (печатных узлов, СВЧ-устройств, экранов и т. д.), обеспечение тепловых режимов РЭС, защита РЭС от внешних воздействующих факторов и т. д. Многие разделы из курсов конструирования требуют разработки. Требуют разработки и новые учебники. На первом этапе вместо трудоемкой разработки полностью оригинальных учебников можно ограничиться составлением хрестоматии по конструированию на основе существующих учебников и теоретических публикаций.

Изучение конструирования невозможно без практических занятий. Многие из разделов конструирования изучать на лекциях не имеет смысла. Для практических занятий необходимы учебные пособия типа «Сборник задач и упражнений по конструированию» или «Основы конструирования в примерах и задачах». В настоящее время таких пособий, кажется, нет. Сборники [21 – 23], предназначенные для подготовки конструкторов, содержат задачи расчетного характера, но прежде чем что-то рассчитать, необходимо это «что-то» сконструировать. Задач на конструирование эти сборники не содержат. Попытки составить задачи именно на конструирование отражены в [14, 24]. Из этих работ можно, по крайней мере, получить

представление о том, какими должны быть задачи по конструированию. Составление сборника таких задач представляет собой сложную и трудоемкую конструкторскую задачу, но ее решение позволило бы значительно повысить уровень подготовки конструкторов.

Выводы

По роду работы мне не приходится иметь дело с образовательными стандартами и программами. Суждения по вопросам подготовки конструкторов, высказанные в статье, основаны не на содержании этих документов, а на содержании учебников, общении с молодыми специалистами, студентами и преподавателями. Поэтому возможны некоторые неточности, например, в наименованиях учебных дисциплин, наименованиях специальностей и т. д. Эти неточности не влияют на основные выводы:

- квалификация выпускников учебных заведений радиотехнических специальностей как в высших, так и средних в области конструирования РЭС не соответствует требованиям производства; необходимо изменить содержание и уровень теоретической и практической подготовки конструкторов РЭС;
- в большинстве случаев для конструирования РЭС высшего образования не требуется, так как при создании РЭС наиболее квалифицированные конструкторы необходимы для конструирования механических систем РЭС, уровень сложности которых значительно ниже уровня сложности механических систем многих других видов техники;
- проблему повышения уровня подготовки конструкторов РЭС можно решить организацией подготовки квалифицированных конструкторов РЭС в средних специальных учебных заведениях.

Список литературы

1. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебник для вузов / В. Б. Пестряков, Г. Я. Аболтинь-Аболинь, Б. Г. Гаврилов, В. В. Шерстнев. Под ред. В. Б. Пестрякова. М.: Радио и связь, 1992.
2. Житомирский Г. И. Конструкция самолетов: Учебник для вузов. М.: Машиностроение, 1991.
3. Несущие конструкции радиоэлектронной аппаратуры / П. И. Овсищер, Ю. В. Голованов, В. П. Ковешников и др. Под ред. П. И. Овсищера. М.: Радио и связь, 1988.
4. Проектирование конструкций самолетов: Учебник для вузов / Е. С. Войт, А. И. Ендокур, З. А. Мелик-Саркисян, И. М. Алявдин. Л.:

Машиностроение, 1987.

5. Роцин Г. И. Несущие конструкции и механизмы РЭА: Учебник для вузов. М.: Высш. школа, 1981.
6. Амиров Ю. Д. Стандартизация и проектирование технических систем. М.: Изд-во стандартов, 1985.
7. Васильев А. Л. Модульный принцип формирования техники. М.: Изд-во стандартов, 1989.
8. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход / Пер. с польск. М.: Мир, 1981.
9. Кофанов Ю. Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности радиоэлектронных средств: Учебник для вузов. М.:

Радио и связь, 1991.

10. Бобков Н. М. Язык стандартов должен быть точным. На примере конструирования несущих систем РЭС // Стандарты и качество. 1999. № 2.

11. Бобков Н. М. ЕСКД и СРПП в учебных конструкторских разработках // Стандарты и качество. 1999. № 6.
12. Орлов П. И. Основы конструирования: Справочно-методическое пособие. В 2-х кн. / Под ред. П. Н. Учаева. М.; Машиностроение, 1988.
13. Фролов А. Д. Основные принципы конструирования деталей массовой и серийной радиоаппаратуры. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1955.
14. Бобков Н. М. Основы конструирования в примерах и задачах // Справочник. Инженерный журнал. 1999. №12; 2000. № 3.
15. Фрумкин Г. Д. Расчет и конструирование радиоаппаратуры: Учебник для техникумов. М.: Высш. школа, 1989.
16. Борисов С. И., Зуев Ф. Г. Основы технической механики и детали механизмов приборов: Учебник для техникумов. М.:

Машиностроение, 1977.

17. Куркин В. И., Козинцев Б. С. Детали механизмов радиоустройств: Учеб. пособие для техникумов. М.: Высш. школа, 1988.
18. Шинаков Ю. С., Колодяжный Ю. М. Основы радиотехники: Учебник для техникумов. М.: Радио и связь, 1983.
19. Бобков Н. М. Оценка усталостной прочности несущих деталей БНК при воздействии вибрации // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 1997. № 4.
20. Решетов Д. Н. и др. Надежность машин: Учеб. пособие для вузов / Д. Н. Решетов, А. С. Иванов, В. З. Фадеев. Под ред. Д. Н. Решетова. М.: Высш. школа, 1988.
21. Карпович С. Е, Упражнения по курсу «Несущие конструкции и механизмы РЭА» для специальности 0705 – «Конструирование и производство радиоэлектронной аппаратуры». Минск: Минский радиотехнический институт, 1979.
22. Сборник задач по конструкции и прочности самолетов и вертолетов: Учеб. пособие для вузов / Под общ. ред. К. Д. Миртова, Ж. С. Черненко. М.: Транспорт, 1973.
23. Спокойный Ю. Е. и др. Тепломассообмен в РЭА: Сб. задач: Учеб. пособие для вузов / Ю. Е. Спокойный, В. Е. Трофимов, В. Б. Гидалевич. Киев; Одесса: Лыбидь, 1991.
24. Исследование конструкций несущих систем, электроустановочных изделий и других элементов РЭС. Составление комплекса методических пособий «Конструкции элементов РЭС в примерах и задачах»: Отчеты о НИР «Наледь» / Нижегородский технический колледж (НТК); № ГР 01990006251. Н. Новгород.
Промежуточный отчет № 1. – Инв. № 02200000313. – 1999.
Промежуточный отчет № 2. – Инв. № 02200201760. – 2001.

Бобков Н. М.

ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ. ПРОБЛЕМЫ ТЕРМИНОЛОГИИ

Вестник машиностроения. 2002. № 9

Как и любая наука, конструирование технических систем должно иметь однозначную, непротиворечивую и по возможности всеми признанную систему основных понятий и терминов. В настоящее время такой системы нет. Ключевые для публикаций по конструированию слова «изделие», «конструкция», «проект», «разработка», «конструирование», «проектирование» в разных документах имеют разные значения. Даже термины «изделие» и «проект», стандартизованные Единой системой конструкторской документации (ЕСКД) и Системой разработки и постановки продукции на производство (СРПП), часто используются в значениях, несоответствующих стандартизованным. Другие термины используются произвольно «на законных основаниях» – их общетехнические значения стандартами не установлены.

Изделие. В соответствии с ГОСТ 15895 – 77 *изделие* – единица промышленной продукции, количество которой может измеряться в штуках или экземплярах. Это же слово в ЕСКД используется в несколько ином значении. По определению из ГОСТ 2.101 – 68 *изделие* – любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии. Это определение неполное. В нем перечислены не все существенные признаки изделия по ЕСКД. Предметы и наборы предметов являются изделиями в значении по ЕСКД, только в том случае, если для их изготовления необходим комплект конструкторской документации (КД) и как минимум основной конструкторский документ. Изделия в значении по ЕСКД перед изготовлением необходимо конструировать. Таким образом, понятие «изделие» по ЕСКД имеет меньший объем, чем понятие «изделие» по ГОСТ 15895 – 77. Очевидно, что в конструировании это понятие следует использовать в соответствии с ЕСКД.

Объектами конструирования в общем случае являются технические системы (*t*-системы) в значении по [1]. Любое изделие представляет собой *t*-систему, но не всякая *t*-система является изделием. Например, будет ошибкой называть изделием систему пассажирского транспорта региона. Состав этой *t*-системы установлен не в КД. Но такие наборы предметов как мужской костюм, столовый сервиз, любой другой набор предметов производства, состав которого задан спецификацией, следует относить к изделиям. Распространенная ошибка – наборы предметов не считаются изделиями либо считаются «неполноценными» или «незаконченными» изделиями.

Конструкция. В публикациях по конструированию этот термин используется в двух значениях. *Конструкция в первом значении* – абстракция, подразумевающая некоторую информацию об изделии, необходимую для организации производства изделия. Элементами конструкции в этом значении являются конструктивные решения. Некоторые примеры определений, устанавливающих первое значение термина «конструкция»:

«*конструкция изделия* – совокупность свойств изделия, характеризуемая в общем случае составом его частей, назначением, взаимным расположением, формами, размерами и материалами составных частей и их соединением между собой» – ГОСТ 14.004 – 74, замененный на ГОСТ 14.004 – 83, в котором определения термина «конструкция» нет;

«*конструкция* – представление (отображение или прообраз) упорядоченной в пространстве совокупности механически связанных между собой элементов t -системы и представление допустимых строений (структур, признаков и параметров) каждого из этих элементов» [2];

«*конструкция* представляет собой продуманный комплекс свойств, которые должны быть приданы изделиям. *Конструкция* – это то, что ограничивает произвольность изготовления изделия и в нужной мере определяет характеристики изделия» [3].

Во втором значении конструкция представляет собой некоторый материальный объект – изделие или совокупность изделий. Элементами конструкции в этом случае также являются материальные объекты – детали, сборочные единицы или их части. Примеры определений, устанавливающих второе значение:

«*конструкцией* называется совокупность физических тел и веществ, предназначенных для выполнения заданных функций в определенных условиях. В общем случае конструкциями являются приборы, машины, автоматические системы и т. д.» [4];

«*конструкция катушки индуктивности* – совокупность конструктивных деталей, обеспечивающих механическое скрепление частей катушки индуктивности, а также установку и электрический монтаж ее в блоке аппаратуры» (ГОСТ 20718 – 74).

Определение из [4] может служить иллюстрацией распространенной в определениях термина «конструкция» логической ошибки – конструкцией изделия является само изделие. Оба значения слова «конструкция» часто используются без определений. В некоторых публикациях встречаются оба значения слова «конструкция». Например, в радиопромышленности применяются стандарты с названием «Конструкции базовые несущие Конструкция и размеры», т. е. стандарты на к о н с т р у к ц и ю к о н с т р у к ц и й .

Принципы логики [5] и нормы стандартизации терминологии [6] не допускают многозначности слов в научно-технической терминологии. Термин «конструкция» в литературе по конструированию должен иметь одно значение.

Целесообразно использовать этот термин только в первом значении, так как подобрать другой термин для этих целей сложно [7].

В технической литературе распространены термины-словосочетания «несущая конструкция», «железобетонные конструкции» и др. со словом «конструкция» во втором значении. Использование таких терминов не должно допускаться. Им необходимо подбирать замену. Сделать это несложно. Так термин «несущая конструкция» легко заменяется термином «несущая система» или термином «несущее изделие», если несущая система представляет собой изделие [7].

Разработка, конструирование, проектирование. Стандартизованных определений этих понятий нет. Содержание понятия «разработка» можно установить из текста документов ЕСКД (ГОСТ 2.103 – 68 и др.) и СРПП (ГОСТ 15.001 – 88 и др.). Определение из [12] «*разработка продукции (разработка)* – процесс создания образца и/или технической документации, необходимой для организации промышленного производства» соответствует ЕСКД и СРПП и может быть использовано вместо стандартизованного.

Значения слов «конструирование» и «проектирование» стандартами не установлены, и эти слова используются произвольно в пределах даже одного документа. В некоторых публикациях конструирование считается частью процесса проектирования, в других проектирование – часть процесса конструирования, в работе [3] конструирование – процесс, следующий за проектированием. Часто эти слова употребляются как синонимы. Дать однозначное, пригодное для всех случаев определение понятий, обозначаемых терминами «конструирование» и «проектирование» вряд ли возможно. Конкретное содержание этих понятий всегда будет зависеть от организации процесса разработки КД. Но в любом случае при создании оперативной терминологии для разрабатываемого документа его авторы должны учитывать, что проект – это один из видов КД, и, если конструирование – часть процесса разработки КД, а проектирование – часть процесса разработки проекта, то проектирование должно рассматриваться как часть конструирования (точнее, его начальная фаза), а не наоборот.

Принятое в некоторых публикациях разделение проектирования на внешнее и внутреннее логично и удобно. А вот называть процесс разработки рабочей КД рабочим проектированием – ошибка, так как рабочая КД не проект. Вместо термина «рабочее проектирование» можно использовать термин «рабочее конструирование».

Использование термина «конструирование» при разработке РЭС имеет особенности по сравнению с использованием этого термина при создании других видов *t*-систем. Разработка КД на РЭС включает в себя три основных относительно самостоятельных группы работ, требующих для выполнения разработчиков трех разных специальностей:

первая группа – разработка электрических схем (по существу, схемотехническое конструирование).

вторая группа – выбор компоновочно-силовой схемы и компонование РЭС, конструирование несущей системы и других механических элементов РЭС.

третья группа – конструирование электромонтажа, включая конструирование печатных узлов, по разработанным в первой группе работ электрическим схемам.

Три группы работ требуют исполнителей не только разных специальностей, но и разной квалификации. Для выполнения работ первой группы необходимы, как правило, знания в объеме высшей школы. Для большинства работ второго вида достаточно конструкторов со средним специальным образованием. Подготовку конструкторов для конструирования электрического монтажа и печатных узлов можно вести в профессионально-технических училищах.

Первую группу работ в радиопромышленности не принято называть конструированием, несмотря на то, что электрические схемы относят к конструкторским документам (так установлено в ЕСКД). Специалистов, выполняющих первую группу работ, не принято называть конструкторами, несмотря на то, что другого более подходящего должностного наименования для таких специалистов в справочнике [11] не предусмотрено. Но при этом инженеров-схемотехников, руководящих разработками, все-таки называют главными конструкторами разработок. Такая непоследовательность в терминологии не вызывает каких-либо осложнений на производстве, но затрудняет применение общих положений теории конструирования t -систем при разработке теоретических основ конструирования РЭС.

Конструированием РЭС называют вторую и третью группы работ и только специалистов выполняющих эти работы называют конструкторами. На производстве эти группы работ выполняются конструкторами разных специальностей. В учебных заведениях конструкторов для этих двух разных работ готовят по одним программам. На практике это приводит к тому, что конструкторов для выполнения второго вида работ (т. е. конструкторов-механиков, специализирующихся на конструировании механических систем РЭС) учебные заведения не готовят. В учебных планах не предусмотрено достаточной для конструирования несущих систем теоретической подготовки по строительной механике и прочности несущих систем РЭС, надежности механических систем РЭС.

Не ведется подготовка студентов по теории конструирования (элементы, которой содержатся, например, в [1, 3]) в необходимых для практической работы объемах. Существует учебная дисциплина с названием «Теоретические основы конструирования, технологии и надежности РЭС», но такое название не соответствует ее содержанию – теория конструирования в ней отсутствует. Эту дисциплину правильнее было бы называть «Математическими основами конструирования ... РЭС».

Несоответствие содержания понятия «конструирование РЭС», как учебной специальности в учебных заведениях, и содержания понятия «конструирование РЭС», как специальности на производстве, является одной из причин недостаточной подготовки конструкторов по экономике. Учебные программы по экономике для студентов-конструкторов не учитывают особенностей их будущей работы и рассчитаны на подготовку студентов-технологов. Но технологи выполняют

экономические расчеты, имея в качестве исходных данных рабочую КД, а конструктору приходится выполнять экономические расчеты на стадии разработки ТЗ на ОКР, когда КД нет вообще, и на проектных стадиях ОКР, когда из конструкторских документов имеются лишь пояснительная записка и чертеж общего вида.

В целом выпускники учебных заведений специальности «конструирование РЭС» необходимого для работы конструкторами уровня теоретической подготовки не имеют отчасти из-за несоответствия содержанию понятия «конструирование РЭС», используемого преподавателями учебных заведений и авторами учебников по конструированию РЭС, содержанию понятия «конструирование РЭС» на производстве. Практическая подготовка студентов по конструированию также не соответствует требованиям производства [12]. По этой причине большое количество выпускников вузов в конструкторских подразделениях предприятий, разрабатывающих РЭС, постоянно заняты разработкой КД на печатные узлы, т. е. работой, не требующей не только высшего, но даже и среднего специального образования.

З а к л ю ч е н и е

Существующая терминология в области конструирования t -систем не соответствует требованиям, предъявляемым к научно-технической терминологии. Для дальнейшего развития конструирования и как научной теории, и как учебной дисциплины необходимо совершенствование этой терминологии. Обычный в прошлом способ решения проблемы – проведение комплексных исследований и разработка государственного общетехнического стандарта «Основы конструирования технических систем. Термины и определения» – требует значительных затрат и в настоящее время, скорее всего, нереален. Другой вариант работы по совершенствованию терминологии – создание учебного пособия по терминологии конструирования для студентов. Проект такого пособия предложен в работе [13]. Если разработку учебного пособия по терминологии совместить с разработкой учебника (*или составлением хрестоматии на основе опубликованных работ*) по теоретическим основам конструирования, и проблему совершенствования терминологии в области конструирования можно решить без больших финансовых затрат и создать условия для повышения уровня теоретической подготовки студентов-конструкторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Амиров Ю. Д.** Стандартизация и проектирование технических систем. М.: Изд-во стандартов. 1985. 312 с.
2. **Техническое творчество: Теория, методы, практика: Энциклопедический словарь-справочник/Под ред. А.И. Половинкина, В.В. Попова.** М.: НПО «Информсистема». 1995. 410 с.

3. **Дитрих Я.** Проектирование и конструирование: Системный подход / Пер. с польск. М.: Мир. 1981. 456 с.
4. **Первицкий Ю. Д.** Расчет и конструирование точных механизмов: Учеб. пособие для вузов. Л.: Машиностроение. 1976. 456 с.
5. **Горский Д. П.** Определение: Логико-методологические проблемы. М.: Мысль. 1974. 312 с.
6. **РД 50-603-1 – 89.** Рекомендации. Разработка стандартов на термины и определения.
7. **Бобков Н. М.** Язык стандартов должен быть точным. На примере конструирования несущих систем РЭС // Стандарты и качество. 1999. №2.
8. **Р 50-601-5 – 89.** Рекомендации. Система разработки и постановки продукции на производство. Формирование исходных требований к продукции.
9. **Терминология** системы разработки и постановки продукции на производство: Справочник. М.: Изд-во стандартов. 1985. 56 с.
10. **Бобков Н. М.** ЕСКД и СРПП в учебных конструкторских разработках // Стандарты и качество. 1999. №6.
11. **Квалификационный** справочник должностей руководителей, специалистов и служащих. – М.: Экономика, 1989. - 232 с.
12. **Бобков Н. М.** Основы конструирования в примерах и задачах // Справочник. Инженерный журнал. 1999. №12. 2000. №3.
13. **Исследование** конструкций несущих систем, электроустановочных изделий и других элементов РЭС. Составление комплекса методических пособий «Конструкции элементов РЭС в примерах и задачах»: Отчет о НИР «Наледь» (промежуточный №1) / Нижегородский технический колледж (НТК); № ГР 01990006251; Инв. № 02200000313. Н. Новгород. 1999.

Бобков Н. М.

ЧТО ТАКОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ?

Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2008. № 1, 2

В учебных заведениях под конструированием радиоэлектронных средств (РЭС) понимают совсем не то, чем на практике занимается конструкторы радиопромышленности. И с каждым годом «учебное» конструирование все больше отдаляется от «реального» конструирования. Соответственно падает уровень специальной подготовки студентов-конструкторов. В этой статье необходимое содержание специальной подготовки конструкторов РЭС рассматривается с точки зрения конструктора-практика.

Введение

Разработка РЭС и технологий их изготовления – наиболее квалифицированные работы, которые выполняют на производстве выпускники вузов и колледжей (техникумов) радиотехнических специальностей. Высокий уровень знаний в этих областях делает их универсальными специалистами, которых можно использовать на большинстве работ, требующих радиотехнического образования. По моим наблюдениям, в последние годы заметно снизился уровень специальной подготовки студентов-конструкторов РЭС, направляемых на преддипломную практику. Внимание и студентов и преподавателей от изучения собственно конструирования отвлекли компьютерные технологии в конструировании. В учебных заведениях исчезают или сокращаются по времени учебные курсы по традиционным конструкторским дисциплинам [1], в журналах в последнее десятилетие трудно найти статьи на эту тему.

Приступающий к выполнению дипломной работы студент обычно не может самостоятельно сконструировать даже простое изделие. До появления компьютеров дипломные работы по конструированию РЭС обычно представляли собой перечерченные студентами заводские чертежи и так называемую пояснительную записку, содержащую несколько десятков листов переписанного из учебников текста и каких-то расчетов, часто не имеющих прямого отношения к конструированию. Технический прогресс облегчил «проектирование». Современным студентам-дипломникам не нужно даже чертить. Они предъявляют на защиту чертежи, отпечатанные с существующих на предприятии компьютерных файлов. Для пояснительной записки используют файлы предыдущих студенческих работ или интернет.

Конечно, в вузах до сих пор сохраняется дисциплина «Конструирование РЭС» для студентов специальности «Проектирование и технология РЭС», в колледжах предполагается конструкторская подготовка по специальности «Радиоаппаратостроение», но содержание подготовки по конструированию все больше расходится с реальной конструкторской работой. Я думаю, что это основная причина снижения уровня специальной подготовки студентов-конструкторов РЭС. Для обеспечения радиопромышленности кадрами, способными создавать совершенные конструкции, необходимо не только восстановить подготовку студентов по конструированию РЭС, существовавшую прежде, но и повысить ее уровень. Для начала следует привести содержание учебных дисциплин по конструированию в вузах и колледжах в соответствие с практическим конструированием.

Цель этой статьи – проанализировать содержание реального конструирования РЭС на производстве и на основе этого анализа сформулировать предложения по совершенствованию подготовки конструкторов РЭС в учебных заведениях.

О терминологии конструирования

В конструировании РЭС [2], как и в конструировании других технических систем (t -систем) [3] до сих пор не создано удовлетворительной системы понятий и терминов. Слова «конструкция», «проект», «изделие» и многие другие используемые в публикациях по конструированию слова не отвечают требованиям, предъявляемым к научной терминологии. Из учебников трудно получить даже общее представление о том, что такое конструирование РЭС. По определению из учебного пособия [4] конструирование – строить конструкции с выполнением их проекта и расчетов. Что такое конструкция и проект? Что значит «строить конструкции»? И разве расчеты не являются элементом проекта? Конструктору-практику понятно, почему в этом пособии специалистов, создающих РЭС, разделяют на инженеров-радиотехников и инженеров-конструкторов, но непонятно, почему выдающийся советский инженер-радиотехник (не конструктор в обычном понимании) А. А. Расплетин в пособии представлен как конструктор. Все это примеры недопустимой для научно-технической терминологии, но, к сожалению, обычной для литературы по конструированию РЭС неточности и многозначности слов.

Рассмотрим еще несколько примеров. Многие термины конструирования РЭС должны быть общетехническими, применимыми к любым t -системам. Один из таких терминов — термин «конструкция». В техническом языке слово «конструкция» имеет два значения [5]:

1. Строеение, устройство, взаимное расположение частей (сооружения, механизма и т. п.). *Самолет новой конструкции,*

устарелая конструкция, конструкция моста;

2. обычно мн. ч. (конструкции, -ий). Строение, сооружение сложного устройства, а также отдельные части его составляющие. *Железобетонные конструкции, стальные конструкции.*

В первом значении конструкция — абстрактное отражение некоторой *t*-системы:

конструкция – продуманный комплекс свойств, которые должны быть приданы изделиям [6];

конструкцией изделия называется совокупность его свойств, характеризующая в общем случае составом его частей, назначением, взаимным расположением, формами, размерами и материалами составных частей и их соединением между собой [7].

Примечание. Определение из справочника [7] соответствует определению из старой редакции ГОСТ 14.004 – 74 «Единая система технологической подготовки производства. Терминология. Основные положения. Термины и определения основных понятий».

Во втором значении термин «конструкция» обозначает некоторый искусственный материальный объект, т. е. фактически является синонимом термина «*t*-система»:

конструкция – совокупность специальных самых разнообразных деталей, объединенных в единое целое общностью выполняемых задач [8].

В учебниках по конструированию РЭС даются определения, обычно похожие на следующее:

под конструкцией РЭС понимается совокупность компонентов с определенными электрическими и механическими свойствами, между которыми существуют электрические, магнитные, тепловые, механические и другие связи, образуемые в соответствии с проектом [4].

В таких определениях содержится логическая ошибка – из них следует, что конструкция РЭС есть само это РЭС!

В понятие, обозначаемое термином «конструирование РЭС», в разных обстоятельствах также вкладывается разное содержание. На предприятиях, разрабатывающих РЭС, и во многих публикациях этот термин употребляется в первом значении (узком смысле). Этим термином называют работы по компонованию РЭС, конструированию его механической системы и конструированию электромонтажных соединений. Определение принципа работы РЭС и разработку электрических схем на него не называют конструированием, несмотря на то, что электрические схемы являются конструкторскими документами и в этом смысле ничем не отличаются от чертежей деталей и сборочных чертежей.

В некоторых публикациях термин «конструирование РЭС» используется во втором значении (широком смысле). Этим термином называют весь комплекс работ по разработке конструкторской документации на РЭС в соответствии с Единой системой конструкторской документации (ЕСКД), включая электронное конструирование [9]. Более широкий смысл, чем на производстве, имеет термин «конструирование РЭС», например, в учебнике [10]. А. А. Расплетин, как и любой другой инженер-радиотехник, разрабатывающий электрические схемы, безусловно, является конструктором, если термину «конструирование РЭС» придавать широкий смысл.

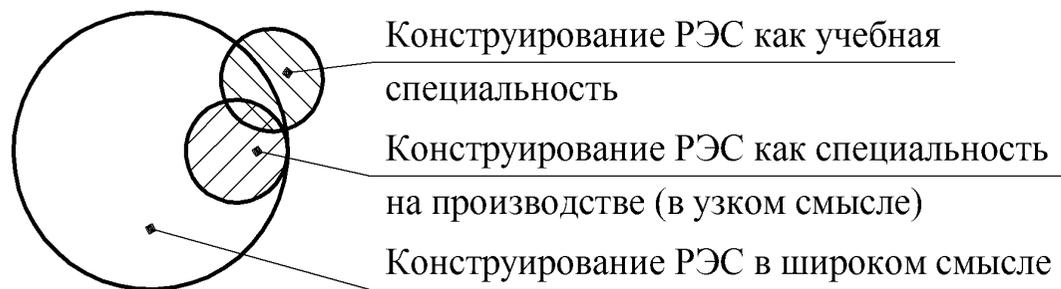


Рис. 1

Конструирование РЭС как учебная специальность, если судить, например, по таким учебникам как [11, 12], в настоящее время не соответствует ни широкому, ни узкому смыслам этого термина. Термин «конструирование РЭС» в учебных заведениях приобрел третье отличающееся от двух рассмотренных значение. Примерное соотношение между тремя не совпадающими понятиями, обозначаемыми одним термином «конструирование РЭС», иллюстрирует схема на рис. 1.

Изложить проблему, о которой идет речь в статье, без уточнения значений слов невозможно. Исследования в области терминологии были одной из задач научно-исследовательских работ (НИР) «Наледь» и «Берилл» [13, 14]. Далее я буду использовать терминологию, предложенную в этих НИР.

Понятие, выражаемое термином «конструкция» в первом значении по словарю [5] — важнейшая специальная категория науки о конструировании. Конструкция t -системы создается воображением конструктора как обобщенный наглядный образ t -системы (представление), как ее идеальная (т. е. не материальная) по классификации работы [15] модель. Вначале конструкция формируется как интуитивная модель. В процессе конструирования она уточняется и преобразуется в знаковую, при «бумажном» способе оформления конструкторской документации (КД) – графическую.

Конструкция t -системы – система заранее (до изготовления самой t -системы) продуманных свойств t -системы, характеризующая состав, назначение, взаимное расположение, форму, размеры, материалы и взаимосвязи элементов t -системы [16].

В учебниках по конструированию РЭС, например, в [10, 12] обычно понятие «электрическая схема»

противопоставляют понятию «конструкция». По предложенному определению информация, отраженная в конструкторском документе – электрической схеме, является одним из элементов конструкции.

Многозначность в научно-технической терминологии недопустима. Необходимо отказаться от терминов, в которых слово «конструкция» имеет второе значение (обозначает материальные объекты): несущие конструкции, металлические конструкции, универсальные типовые конструкции и т. д. Например, для замены термина «несущие конструкции» есть подходящий синоним – «несущие системы» [2].

Термин «конструирование» в радиоаппаратостроении должен использоваться только в широком смысле. Обычно РЭС – это сложная и трудоемкая в конструировании *t*-система, сконструировать которую в установленные сроки под силу только коллективу специалистов. В коллективе неизбежно возникает разделение труда по видам и квалификациям работ. Эти работы можно объединить в два относительно самостоятельных комплекса:

- 1) конструирование радиоэлектротехнических систем РЭС (РЭТ-конструирование);**
- 2) конструирование механических систем и электромонтажа РЭС (НТК-конструирование).**

РЭТ-конструирование – электрическое конструирование РЭС, самый ответственный, наукоемкий и трудоемкий комплекс работ по созданию РЭС. Именно при РЭТ-конструировании задаются принципы действия и наиболее важные эксплуатационные характеристики РЭС, определяется необходимый для разрабатываемого РЭС состав электрорадиоэлементов, устанавливаются и изображаются на электрических схемах электрические и электромагнитные связи между ними. Схемы служат основными исходными данными для НТК-конструирования.

Условный термин «НТК-конструирование» (НТК, краткое наименование Нижегородского технического колледжа, – символ, не подлежащий в этом термине расшифровке) в НИР «Наледь» предложено использовать вместо термина «конструирование РЭС» в узком смысле.

Все *t*-системы, независимо от назначения и принципов действия, при функционировании должны сохранять заданное пространственное расположение своих частей, а значит должны иметь в своем составе части, поддерживающие это расположение и воспринимающие усилия от веса, инерции и рабочих нагрузок. С этой точки зрения все *t*-системы представляют собой строительные сооружения. РЭС исключением не являются, поэтому обязательный, а часто и наиболее сложный вид работы в НТК-конструировании – это строительное конструирование РЭС (конструирование РЭС как строительного сооружения). Именно строительным конструированием обычно занимаются наиболее квалифицированные НТК-конструкторы – специалисты, которых в радиопромышленности называют просто конструкторами.

Всякое конструирование неразрывно связано с оформлением КД, которое представляет собой третий вспомогательный комплекс работ по конструированию РЭС. Объем понятия «конструирование РЭС» как комплекса работ на производстве в новых терминах показан на рис. 2.



Рис. 2

НТК-конструирование

Итак, НТК-конструирование (конструирование механических систем и электромонтажа РЭС) – это то, что обычно называют конструированием РЭС на предприятиях радиопромышленности. По сложившемуся на практике разделению труда НТК-конструкторы, используя в качестве исходных данных электрические схемы, выполняют примерно следующие работы:

1) распределяют элементы электрических схем РЭС по отдельным блокам, печатным узлам. Если это распределение установили РЭТ-конструкторы в электрических схемах, НТК-конструкторы анализируют оптимальность (целесообразность) распределения с точки зрения компоновки РЭС и, при необходимости, вносят предложения по изменению схем;

2) определяют размеры блоков, печатных узлов, если эти размеры не установлены базовой конструкцией РЭС или в задании на конструирование;

3) выполняют компонование РЭС: составляют (разрабатывают) компоновочно-силовые схемы несущих систем РЭС, выбирают размеры деталей несущих систем, обеспечивающие их механические прочность, жесткость, устойчивость;

4) составляют кинематические схемы, проводят расчеты механизмов, если механизмы входят в состав РЭС;

5) конструирует составные части РЭС: определяет форму, размеры, предельные отклонения формы и размеров деталей;

6) выбирают материалы и покрытия деталей, способы их соединения;

7) конструируют электромонтаж в соответствии с электрическими схемами: определяют места прокладки электропроводников объемного монтажа, выполняют трассировку печатных плат;

8) конструируют упаковку;

9) оформляют большую часть графической документации;

10) ведущие НТК-конструкторы (заместители главных конструкторов работ по конструкторской части), кроме того, участвуют в составлении технических заданий, в работе комиссий, принимающих отдельные стадии работ и работы в целом.

Для подготовки НТК-конструкторов в вузах предусмотрена специальность «Конструирование и технология РЭС» (или «Проектирование и технология РЭС»). В специальную подготовку НТК-конструкторов в вузах, судя по учебникам для этой учебной специальности, в разное время входили следующие учебные дисциплины:

1) введение в специальность [4];

2) теоретические основы конструирования, технологии и надежности РЭС [10];

3) конструирование экранов и СВЧ-устройств [17];

4) тепло- и массообмен в РЭС [18];

5) механические воздействия и защита РЭС [19];

6) несущие конструкции и механизмы [20];

7) конструирование РЭС [12].

Из сравнения содержания учебников с содержанием работы НТК-конструкторов на производстве видно, что из этого списка только дисциплины «Механические воздействия и защита» и «Несущие конструкции и механизмы» являются

действительно специальными для НТК-конструкторов. Содержания учебников по дисциплинам «Теоретические основы конструирования, технологии и надежности» (эту дисциплину правильнее было бы называть «Математические основы конструирования ...»), «Тепло- и массообмен» и «Конструирование экранов и СВЧ-устройств» скорее соответствуют содержанию работы РЭТ-конструкторов. К НТК-конструированию эти дисциплины прямого отношения не имеют и специальными для НТК-конструирования не являются. К тому же, двух первых из них в учебных программах сейчас нет [1].

Дисциплина «Конструирование РЭС», которая сохранена в учебных программах вузов, специальной для НТК-конструктора является лишь номинально. Судя по учебнику [12], на занятиях по этой дисциплине даются лишь очень краткие сведения о конструировании, которые можно считать разве что введением в специальность. Научиться конструировать по учебнику [12] и аналогичным невозможно.

Дисциплина «Механические воздействия и защита РЭС» [1], которая была практически единственной теоретической дисциплиной по НТК-конструированию, в настоящее время в учебных программах отсутствует. Сокращены или исключены из программ общетехнические дисциплины, относящиеся к технической механике.

Разработчики учебных программ, выделяя время для изучения новых «информационных» наук, не учли принципиальную разницу в значении этих наук для РЭТ-конструирования и для НТК-конструирования. Большинство современных РЭС включают в себя информационные системы, конструирование которых является задачей РЭТ-конструкторов. Для этих специалистов дисциплины «Теория информационных процессов», «Программирование» и аналогичные являются специальными. Замена ими некоторых традиционных дисциплин не меняет учебную специальность студентов в целом. Для НТК-конструктора эти же дисциплины следует относить к общеобразовательным, обеспечивающим изучение и применение специальных дисциплин. Замена ими специальных «механических» дисциплин фактически привела к прекращению подготовки НТК-конструкторов в учебных заведениях.

Конечно, конструкторские подразделения предприятий радиопромышленности можно комплектовать выпускниками машиностроительных и строительных учебных заведений, что частично было и раньше. И все-таки конструированием механических систем и электромонтажа РЭС, как правило, должны заниматься специально подготовленные конструкторы, знающие и учитывающие при конструировании особенности этих систем в РЭС. Подготовку специалистов для такого конструирования в учебных заведениях необходимо восстановить.

При разработке учебных программ необходимо исходить из того, что НТК-конструктор – это не радиотехник, получивший некоторую подготовку в области конструирования механических устройств, а механик, изучивший особенности механических систем РЭС. За основу следует брать не содержание подготовки РЭТ-конструкторов, а содержание подготовки конструкторов машиностроительных и строительных специальностей. Учебники по специальности

«Промышленное и гражданское строительство», например, [21 – 26], учебники по конструированию других видов техники, например, [27, 28] содержат больше полезного материала по строительному конструированию РЭС, чем существующие учебники для специальности «Конструирование и технология РЭС».

В настоящее время конструировать механизмы при создании РЭС приходится нечасто. Несмотря на это, обучать студентов их конструированию необходимо. Во-первых, потому, что потребность в нем иногда возникает, во-вторых, потому, что умение конструировать механизмы – часть технической культуры конструктора любых Т-систем. Сотрудник конструкторского подразделения, не умеющий конструировать, например, одно- или двухступенчатые редукторы общего назначения, не может считаться конструктором.

Необходимое содержание подготовки НТК-конструкторов

Я считаю, что предприятиям радиопромышленности, как заказчикам, следует разработать для учебных заведений требования к содержанию и уровню специальной подготовки НТК-конструкторов. В этом разделе статьи приведены мои предложения по содержанию такой подготовки. Специальную подготовку НТК-конструкторов целесообразно разделить на две части. Первую часть должны составлять темы общего характера, которые должны входить в подготовку как РЭТ-конструкторов, так и НТК-конструкторов. Во вторую часть входят темы по специальной подготовке только НТК-конструкторов.

Научиться конструировать, изучая только теорию невозможно. Необходима практика. Получить практические навыки в процессе учебы студент может лишь при выполнении учебных задач и упражнений. Но сборников задач и упражнений по конструированию РЭС не создано. Разработка таких сборников – одна из проблем, которую необходимо решить для повышения уровня подготовки НТК-конструкторов [13, 33].

Заключение

Конструировать – это, прежде всего, придумывать конструкции. Самая совершенная техника ничего придумать не может. Замена чертежных приборов компьютерами уменьшила потребность производства в технических исполнителях, а не в квалифицированных конструкторах. САПРы и CALSы будут не нужны, если конструировать (придумывать конструкции)

будет некому. Развивать компьютерные технологии в конструировании имеет смысл, только развивая само конструирование и как практическую деятельность, и как учебную дисциплину. Конструирование механических систем и электромонтажа – обязательная часть общего конструирования РЭС, без которой создание РЭС невозможно. Необходимо совершенствовать и эту часть конструирования РЭС, как науку в том числе. Подготовка конструкторов по этой специальности в учебных заведениях тоже должна быть обязательной.

В двадцатые-тридцатые годы прошлого века большинство конструкторов, проектировавших корабли, не имели профессионального образования вообще [34]. А корабль как механическая система даже в те времена был многократно сложнее механической системы самого современного РЭС. Механические системы РЭС значительно проще аналогичных систем самолетов, автомобилей, станков и т. д. Я считаю что, для конструирования механических систем РЭС высшего образования не требуется. Подготовку конструкторов механических систем РЭС могут успешно вести средние специальные учебные заведения. Конструирование электромонтажа РЭС, как правило, еще проще конструирования их механических систем. Для конструирования электромонтажа требуются не столько теоретические знания, сколько навыки, получаемые во время практической работы. Массовую подготовку специалистов для этой работы целесообразно организовать в профессионально-технических училищах [35].

Литература

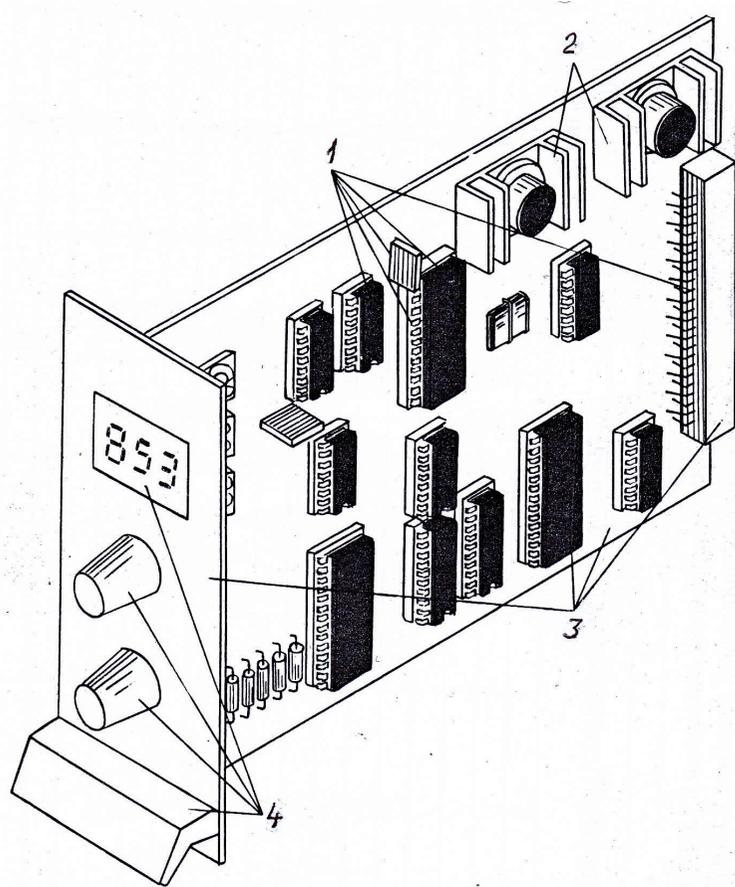
1. Лабутин С. А. Процесс вытеснения традиционных учебных курсов информационными курсами и новые формы учебной работы // Информационные системы и технологии ИСТ-2007: Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию Нижегородского государственного технического университета. – Н. Новгород, 2007.
2. Бобков Н. М. Язык стандартов должен быть точным. На примере конструирования несущих систем РЭС // Стандарты и качество. – 1999. – № 2.
3. Бобков Н. М. Основы конструирования. Проблемы терминологии // Вестник машиностроения. – 2002. – № 9.
4. Высоцкий Б. Ф. Введение в специальность конструктора РЭС: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1990.
5. Словарь русского языка. В 4-х т. Т. 2 / Под ред. А. П. Евгеньевой. – М.: Русский язык, 1986.
6. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход / Пер. с польск. – М.: Мир, 1981.
7. Терминология Единой системы конструкторской документации: Справочник. – М.: Изд-во стандартов, 1990.
8. Андреев Л. В. О «совместительстве» в мире конструкций // Машиностроитель. – 1991. – № 3.
9. Барнс Дж. Электронное конструирование: Методы борьбы с помехами / Пер. с англ. – М.: Мир, 1990.

10. Кофанов Ю. Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности радиоэлектронных средств: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1991.
11. Фрумкин Г. Д. Расчет и конструирование радиоаппаратуры: Учебник для техникумов. – М.: Высш. школа, 1989.
12. Конструирование радиоэлектронных средств: Учебник для вузов / В. Б. Пестряков, Г. Я. Аболтинь-Аболинь, Б. Г. Гаврилов, В. В. Шерстнев; Под ред. В. Б. Пестрякова. – М.: Радио и связь, 1992.
13. Исследование конструкций несущих систем, электроустановочных изделий и других элементов РЭС. Составление комплекса методических пособий «Конструкции элементов РЭС в примерах и задачах»: Отчеты о НИР «Наледь» / Нижегородский технический колледж (НТК); Руководитель Н. М. Бобков; № ГР 01990006251. – Н. Новгород. Промежуточный отчет № 1 – инв. № 02200000313, 1999. Промежуточный отчет № 2 – инв. № 02200201760, 2001. Промежуточный отчет № 3 – инв. № 02200303567, 2002. Заключительный отчет – инв. № 02040000050, 2003.
14. Несущие системы и базовые несущие изделия РЭС специального и общего применения. История конструкций, современные требования, перспективы: Отчеты о НИР «Берилл» / Закрытое акционерное общество Нижегородский научно-производственный центр современных технологий «Берег-Волна» (ЗАО ННПЦСТ «Берег-Волна»); Руководитель Н. М. Бобков; № ГР У83485. – Н. Новгород. Промежуточный отчет № 1 – инв. № Г36590, 2000. Промежуточный отчет № 2 – инв. № Г37754, 2001.
15. Ильичев А. В. Эффективность проектируемой техники: Основы анализа. – М.: Машиностроение, 1991.
16. Бобков Н. М. Конструктор о конструировании радиоэлектронных средств // Вестник межрегионального Верхне-Волжского отделения Академии технологических наук Российской Федерации. Серия: Высокие технологии в радиоэлектронике, информатике и связи. – 2006. – Вып. 1 (11).
17. Конструирование экранов и СВЧ-устройств: Учебник для вузов / А. М. Чернушенко, Б. В. Петров, Л. Г. Малорацкий и др.; Под ред. А. М. Чернушенко. – 1990.
18. Дульнев Г.Н. Тепло- и массообмен в радиоэлектронной аппаратуре: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. школа, 1984.
19. Токарев М. Ф., Талицкий Е. Н., Фролов В. А.. Механические воздействия и защита радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие для вузов. – М.: Радио и связь, 1984.
20. Рощин Г. И. Несущие конструкции и механизмы РЭА: Учебник для вузов. – М.: Высш. школа, 1981.
21. Металлические конструкции. Общий курс: Учебник для вузов / Е. И. Беленя, В. А. Балдин, Г. С. Ведеников и др.; Под общ. ред. Е. И. Беленя. – М.: Стройиздат, 1985.
22. Металлические конструкции. Спец. курс: Учеб. пособие для вузов / Е. И. Беленя, Н. Н. Стрелецкий, Г. С. Ведеников и др.; Под общ. ред. Е. И. Беленя. – М.: Стройиздат, 1982.
23. Проектирование металлических конструкций. Спец. курс: Учеб. пособие для вузов / В. В. Бирюлев, И. И. Кошин, И. И. Крылов, А. В. Сильверстов. – Л.: Стройиздат, 1990.
24. Мандриков А. П. Примеры расчета металлических конструкций: Учеб. пособие для техникумов. – М.: Стройиздат, 1991.
25. Киселев В. А. Строительная механика. Общий курс: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1986.
26. Киселев В. А. Строительная механика. Спец. курс. Динамика и устойчивость сооружений: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1980.

27. Шульженко М. Н., Мостовой А. С. Курс конструкций самолетов: Учебник для техникумов. – М.: Машиностроение, 1965.
28. Конструкция и проектирование космических летательных аппаратов: Учебник для ссузов / Н. И. Паничкин, Ю. В. Слепушкин, В. П. Шинкин, Н. Я. Яцынин. – М.: Машиностроение, 1986.
29. Бобков Н. М. ЕСКД и СРПП в учебных конструкторских разработках // Стандарты и качество. — 1999. – № 6.
30. Бобков Н. М. Применение положений стандартов ЕСКД в публикациях по конструированию: Типичные ошибки // Стандарты и качество. – 2004. – № 8.
31. Бобков Н. М. Механические воздействия и нагрузки на элементы несущих систем РЭС // Кварц: Радиоизмерения и электроника: Научно-технический и рекламно-коммерческий периодический журнал НИИПИ «Кварц». – 1998. – Вып. № 7.
32. Бобков Н. М. Оценка усталостной прочности несущих деталей БНК при воздействии вибрации // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 1997. – № 4.
33. Бобков Н. М. Основы конструирования в примерах и задачах // Справочник. Инженерный журнал. – 1999. – № 12, 2000 – № 3.
34. Стволинский Ю. М. Конструкторы надводных кораблей: Документальные рассказы о создателях советского флота. – Л.: Лениздат, 1987.
35. Бобков Н. М. О подготовке конструкторов РЭС в средних специальных учебных заведениях // Среднее профессиональное образование. – 2002. – № 11.

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ И КОНСТРУКТИВНЫЕ УРОВНИ РЭС

(Каленкович Н. И. и др. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств: учеб. пособие. Минск, 1989. С. 9 – 11)



← Рис. 1. Элементы функциональных систем в составе конструкций РЭС:

1 – элементы электрической ФС (электрорадиоэлементы, интегральные микросхемы, токоведущие элементы, электрические и магнитные поля);

2 – элементы тепловой ФС (радиаторы, элементы теплопередачи и теплорассеяния, тепловые поля);

3 – элементы механической ФС (несущие элементы, крепежные и установочные элементы; электрорадиоэлементы, как элементы массы и жесткости);

4 – элементы эргономической ФС (индикаторы, органы управления и регулирования)

Механические воздействия на конструкцию РЭС чаще всего представляется конструктором аппаратуры в виде силового возмущающего фактора. Сама же конструкция моделируется механической системой, деформируемой под действием внешних сил. Однако реальная конструкция РЭС образует более сложную структуру элементов различного

функционального назначения. Каждый элемент такой структуры является частью функциональной системы (ФС) в составе конструкции РЭС или выполняет одновременно ряд функций, поскольку относится сразу к нескольким ФС. Для того чтобы лучше понять физические процессы, протекающие в конструкциях РЭС при механических воздействиях, следует дать более подробное описание различных ФС, входящих в состав конструкции (рис. 1).

Электрическая ФС конструкции является основной, поскольку посредством ее реализуется та функция, ради которой она создается. В состав электрической ФС входят: токоведущие элементы, контактные элементы, электрорадиоэлементы (ЭРЭ), электрические и магнитные экраны, элементы электромагнитной связи, а также пространственное распределение электрических и магнитных полей в объеме конструкции и вне ее.

Тепловая ФС конструкции является неотъемлемым спутником электрической ФС и возникает за счет потерь и преобразования электрической энергии, а также внешних по отношению к аппаратуре тепловых воздействий. В состав тепловой ФС входят: элементы теплопередачи и теплорассеяния, тепловые экраны, теплоизоляторы, термостаты, радиаторы, тепловые трубы, вентиляторы, а также пространственное распределение теплового поля в объеме конструкции и вне ее.

Механическая ФС конструкции объединяет элементы конструкции в единую пространственную форму. Такая ФС создается за счет способности конструктивных элементов образовывать разъемные, неразъемные и подвижные механические соединения, а также их пространственной протяженности, жесткости и массы элементов конструкции. В состав механической ФС входят: несущие, крепежные, установочные, опорные и виброизолирующие элементы, механизмы, каркасы, рамы, кожухи, оболочки и т. п.

Эргономическая ФС конструкции обеспечивает связь устройства РЭС с человеком-оператором в процессе эксплуатации и технического обслуживания. Эргономической ФС создается путем рационального размещения индикаторов, органов управления и коммутации, выбора их светотехнических характеристик и габаритов, а также рациональность размеров и формы пультов управления с учетом антропометрических характеристик человека-оператора. В состав эргономической ФС входят: различные индикаторные элементы, табло, экраны, панели, ручки для регулирования и переключения, кнопки, клавиши, разъемы, а также пространственное расположение аппаратуры относительно человека-оператора.

В составе конструкции РЭС могут быть и другие ФС, отвечающие физическим принципам, лежащим в основе их действия, например оптическая ФС, содержащая элементы приема и передачи оптических сигналов, элементы их канализации, модулирования и коммутации, или акустическая ФС, имеющая приемники и излучатели акустических сигналов, и т. п.

Каждая из перечисленных систем, кроме самостоятельного функционального назначения, теснейшим образом взаимодействует в составе конструкции РЭС с другими ФС. Последнее обеспечивается за счет того, что любой конструктивный элемент одной ФС может одновременно выполнять функции элемента другой ФС. Например, несущий элемент механической ФС конструкции может одновременно быть токоведущим элементом электрической ФС и элементом, обеспечивающим теплопередачу для тепловой ФС. Такая многофункциональность элементов конструкции, являющаяся специфической ее особенностью, и обуславливает сложность конструкции РЭС.

Элементы конструкции аппаратуры, кроме их функционального назначения и принадлежности к соответствующей многофункциональной системе (или системам), принято классифицировать и по конструктивным уровням.

Нулевому уровню обычно принадлежат элементы, выполняющие элементарную функцию в соответствующей конструктивной ФС. Так, элементами нулевого уровня в электрической ФС конструкции будут токоведущие и контактные элементы. В механической ФС к нулевому уровню относят крепежные, опорные и установочные элементы, а также электрорадиоэлементы в их механическом представлении (механической модели, т. е. с учетом их массы и жесткости крепления). Аналогичные элементы могут быть выделены и в других функциональных системах.

Первый и последующий конструктивные уровни образуют элементы (узлы, приборы), в состав которых входят элементы предшествующих уровней.

В составе конструкции энергия внешних воздействий не замыкается только в какой-либо одной системе. За счет имеющихся связей между ФС такая энергия преобразуется в другие виды и переходит из системы в систему, вызывая при этом соответствующую реакцию элементов конструкции. Так, энергия механических воздействий, вызывая возбуждение механической ФС, при переходе в электрическую функциональную систему преобразуется в ней в электрическую помеху (виброшум), например за счет тензо- или пьезоэффектов.

В свою очередь работа некоторых элементов электрической ФС, например реле, вызывает появление механических воздействий в момент их срабатываний или переключений. Аналогичным образом работа электродинамических громкоговорителей в составе акустической системы также приводит к механическим воздействиям.

Таким образом, конструкция аппаратуры представляет собой сочетание конструктивных элементов, различающихся по уровням сложности и выполняемым функциям. Эти элементы образуют взаимодействующие между собой функциональные системы (электрическую, тепловую, механическую, эргономическую, оптическую, акустическую и др.), реагирующую на внешние воздействия определенного вида).

Бобков Н. М.

КОНСТРУИРОВАНИЕ И СТРОИТЕЛЬНОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ РЭС

Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

На предприятиях радиопромышленности большинство квалифицированных конструкторов механических систем радиоэлектронных средств (РЭС) конструируют РЭС как строительное сооружение. Методы строительного конструирования РЭС, методы расчета РЭС как строительного сооружения практически не изучаются в учебных заведениях, их систематического изложения нет в учебной и справочной литературе. Теории строительного конструирования РЭС не существует, и нет данных, что разработкой ее кто-то занимается. На практике строительное конструирование РЭС и раньше и сейчас осуществляется по прототипам без применения научных методов обоснования конструктивных решений. Эта статья – первая в цикле статей, в которых будут рассмотрены некоторые теоретические и практические проблемы строительного конструирования РЭС. В ней определено место и роль этого вида конструирования в конструировании механических систем и общем конструировании РЭС.

Введение

Рассматривая РЭС как систему, в нем можно выделить несколько подсистем [1]. Одна из них – механическая система, которая в свою очередь в общем случае состоит из двух подсистем: механизмов и строительного сооружения РЭС (РЭС-сооружения).

РЭС-сооружение образуют входящие в РЭС неподвижно соединенные твердые тела (детали, части деталей). Функция РЭС-сооружения (как и аналогичных подсистем в других видах техники) – обеспечить существование РЭС в виде некоторого единого целого, задать расположение РЭС и его частей в пространстве, отделить части от окружающей среды и разделить их в пространстве между собой. Подсистемами РЭС-сооружения являются несущая система и система, состоящая из элементов ограждения (кожухов, крышек, экранов и т. д.). Во многих РЭС элементы РЭС-сооружения выполняют еще и эстетическую функцию: придают РЭС товарный внешний вид, обеспечивают фирменный стиль предприятия-изготовителя.

В современных РЭС механизмы, особенно сложные встречаются редко. Для конструкторов механических систем и электромонтажа РЭС (специалистов, которых в радиопромышленности называют просто конструкторами) конструирование РЭС-сооружения (строительное конструирование), как правило, представляет собой наиболее распространенный и сложный

вид работ. Совершенствование РЭС-сооружений для новых РЭС невозможно без развития научных методов их конструирования. Поиск, систематизация и разработка таких методов – основная цель научно-исследовательской работы (НИР) «Бердыш», первый этап которой завершен в конце 2008 году [2]. Цель этой и других статей цикла является подробное и систематическое изложение одного из разделов науки о конструировании РЭС – строительного конструирования РЭС.

По словам д-ра технических наук, проф. В. М. Бродянского об уровне развития любой науки можно судить по состоянию ее терминологии (см. предисловие редактора перевода к работе [3]). Термины служат для точного выражения специальных понятий в науке, технике, искусстве и т. д. Но эту функцию они выполняют, если при разработке терминологии учтены положения теории определений [4] и требования документов [5 – 7]. Терминология любой науки должна представлять собой не произвольную совокупность отдельных слов, словосочетаний и т. п., а определенную систему. Термин должен отражать объективные связи между понятиями, указывать на место выражаемого им понятия в системе понятий науки. Он должен быть однозначным, кратким, удобным для образования новых терминов.

Определения понятий должны отражать место определяемого понятия в системе понятий данной науки, и указывать на взаимосвязи с другими понятиями этой системы. В определениях недопустима узкоотраслевая трактовка широких понятий.

Предпочтительным видом определения является определение через указание ближайшего родового понятия и видовых отличительных признаков (определение через род и видовые отличия). При введении первичных понятий, при введении понятий в еще несформировавшихся науках (к которым относится и наука о конструировании) и некоторых других случаях приходится прибегать к приемам, заменяющим определения [8].

Существующая терминология конструирования технических систем (*t*-систем) и, в том числе, конструирования РЭС не отвечает этим требованиям. Она бессистемна, неоднозначна, противоречива [9]. Формирование науки о конструировании РЭС, включая раздел о строительном конструировании, с такой терминологией невозможно.

Наука о конструировании РЭС, как и любая другая наука, должна иметь свою систему понятий и терминов. Понятия и термины строительного конструирования РЭС должны быть частью системы понятий и терминов конструирования РЭС. Последняя, в свою очередь, должна входить в общую систему понятий и терминов конструирования *t*-систем. Несовершенство (фактическое отсутствие) этой общей системы вынуждает изложение частных вопросов строительного конструирования РЭС начать с определения общих понятий конструирования.

Разработка – конструирование – проектирование

Конструированием в технике называют составление описания (обычно в виде чертежей) искусственно созданных человеком предметов, окружающих его на работе и в быту, перед началом их производства. Наряду со словом «конструирование» для выражения нечто похожего употребляются слова «проектирование» и «разработка». В некоторых публикациях слово «проектирование» используется как синоним слова «разработка», а словом «конструирование» называют часть процесса проектирования, в других наоборот словом «проектирование» называют часть процесса конструирования. Есть публикации, в которых словом «проектирование» называют процесс, предшествующий конструированию. Положениям документов Системы разработки и постановки продукции на производство (СРПП) и Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) в наибольшей степени соответствует следующее соотношение между понятиями, выражаемыми этими тремя терминами.

Понятие «разработка» («разработка t -системы», «разработка изделия», «разработка РЭС» и т. д.) – наиболее широкое из понятий «разработка», «конструирование», «проектирование».

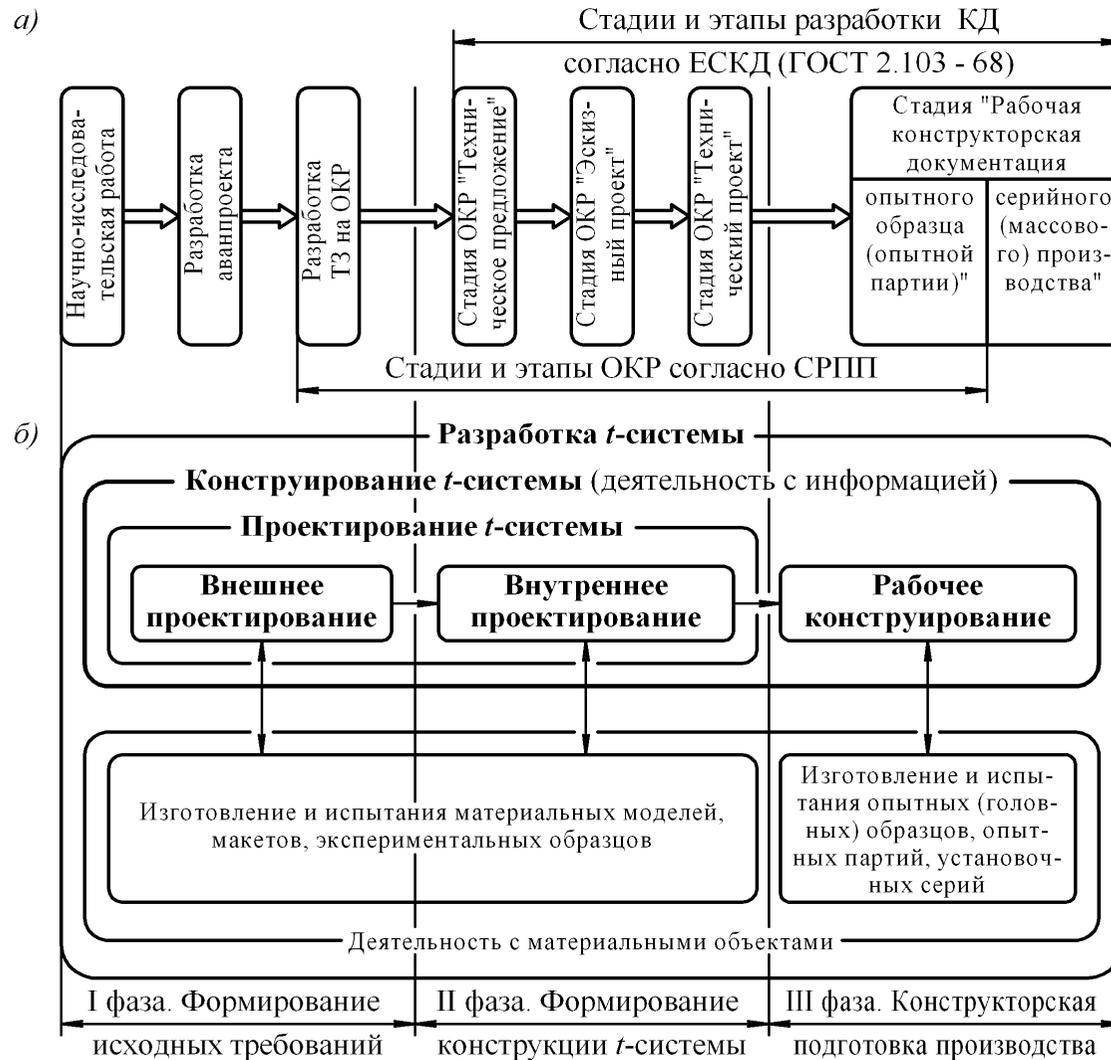
D1. Разработка – процесс всестороннего исследования исходных условий и решения научных и технических задач, направленных на достижение заданных результатов [10].

Разрабатываются промышленная продукция, конструкторские документы, стандарты, технологические процессы, государственные и иные законы и т. д. T -системы – один из видов промышленной продукции. Их разработка, как частный случай разработки продукции, ведется в соответствии с документами СРПП (например, ГОСТ Р 15.000 – 94 [11], ГОСТ Р 15.201 – 2000 [12]) и ЕСКД (ГОСТ 2.103 – 68 [13]).

D2. Разработка t -системы – совокупность работ по созданию t -системы, включающая в себя исследование потребности в t -системе и рыночного спроса на нее, определение потребительских и производственных характеристик, разработку конструкции и конструкторской документации (КД), необходимой для организации промышленного производства, разработку и изготовление моделей, макетов, экспериментальных и опытных образцов, экспериментальную проверку конструктивных решений t -системы.

Разработка t -системы кроме деятельности с информацией (с замыслами, с образами) – конструирования – включает в себя деятельность с материальными объектами – изготовление и испытания макетов, моделей, экспериментальных образцов, опытных образцов и опытных партий. В разработке t -системы участвуют работники разных профессий, а не только конструкторы. Субъектом разработки является предприятие (проектный институт, завод и т. д.). Для разработки t -систем

проводятся опытно-конструкторские работы (ОКР). При необходимости могут выполняться НИР и разработки аванпроектов. Совокупность этих трех работ в тех случаях, когда нет необходимости выделять какую-либо одну из них, обозначают аббревиатурой НИОКР. Типовой порядок НИОКР приведен на рис.1, а [14].



← Рис. 1. Объемы и взаимосвязи понятий «разработка *t*-системы», «конструирование *t*-системы», «проектирование *t*-системы и производных от них

Конструирование – это часть разработки *t*-системы, связанная с выполнением КД. Конструирование выполняют работники одной профессии – конструкторы.

D3. Конструирование *t*-системы – часть разработки *t*-системы, включающая в себя исследование потребности в *t*-системе и рыночного спроса на нее, определение потребительских и производственных характеристик, разработку конструкции и КД, необходимой для организации промышленного производства.

В отличие от разработки конструирование *t*-системы не включает в себя работы, непосредственно связанные с изготовлением *t*-системы и ее испытаниями.

Термин «проектирование» логично использовать как производный от термина «проект» по ЕСКД. Проект – это только один из двух видов КД, выполняемый на начальных стадиях разработки КД. Конструирование выполнением проектов не заканчивается. На основании проектов разрабатывается второй вид КД – рабочая. Соотношение между понятиями «проект» и «рабочая КД» аналогично соотношению между понятиями «проект решения ученого совета» и «решение ученого совета», «законопроект» и «закон». То есть и в конструировании проект – это нечто предварительное, требующее рассмотрения и согласования со всеми участниками разработки (заказчиком, исполнителем, изготовителем и др.). Поэтому проектирование следует считать частью конструирования, а не наоборот.

D4. Проектирование *t*-системы – начальная фаза конструирования *t*-системы, включающая в себя исследование потребности в *t*-системе и рыночного спроса на нее, определение потребительских и производственных характеристик, разработку конструкции и проектной КД на *t*-систему.

Проектирование – первая наиболее творческая и ответственная часть конструирования. Технические решения, принятые при проектировании, обеспечивают основные характеристики новой *t*-системы. При качественном выполнении проектирования дальнейшее конструирование представляет собой менее творческий (по сравнению с проектированием) процесс разработки рабочей КД, который для несложных изделий практически сводится к рутинному детализованию.

Проектирование делится на внешнее и внутреннее.

D5. Внешнее проектирование – процесс формирования исходных требований к *t*-системе, включающий в себя выявление потребности в *t*-системе и рыночного спроса на нее, определение потребительских и производственных характеристик, установление условий эффективного использования *t*-системы, оформление технического задания (ТЗ) на ОКР.

D6. Внутреннее проектирование – процесс поиска, обоснования и принятия конструктивных решений, обеспечивающих соответствие разрабатываемой *t*-системы установленным в ТЗ характеристикам.

Результаты проектирования служат исходными данными для рабочего конструирования.

D7. Рабочее конструирование – процесс разработки производственной, эксплуатационной и ремонтной КД на *t*-систему по результатам проектирования.

Взаимосвязи между понятиями, относящимися к процессам конструирования и разработки, показаны на рис. 1, б.

В литературе рабочая конструкторская документация часто называется рабочим проектом, а рабочее конструирование – рабочим проектированием. Это терминологические ошибки – согласно ЕСКД рабочая КД проектной не является.

Понятие «проектирование *t*-систем» имеет существенной, обязательный признак – поиск, обоснование и принятие (а проще – придумывание) конструктивных решений. Никакой вид деятельности по созданию *t*-систем, у которого отсутствует этот признак, не может называться проектированием. Поэтому распространенный термин «система автоматизированного проектирования» относится к неправильно ориентирующим [5, 6]. Автоматически или автоматизировано ничего не придумывается. Вместо этого длинного термина я предлагаю использовать в качестве самостоятельного термина аббревиатуру САПР. Применять этот термин следует для обозначения не системы проектирования или конструирования, а системы организационных, технических и программных средств, обеспечивающей конструирование *t*-систем в процессе диалога с электронной вычислительной машиной. Поскольку САПР – не система проектирования, внедрение в конструирование САПР и появление в связи с этим комплекса научных дисциплин не может заменить науку о конструировании, также как появление компьютерной математики не заменило классических математических дисциплин (алгебры, математического анализа и других).

Весь процесс разработки *t*-системы логично разделить на три фазы [15].

I фаза разработки – формирование исходных требований к *t*-системе. Целью I фазы являются:

выявление (прогнозирование) потребности в новой *t*-системе и рыночного спроса на нее, определение объемов и продолжительности ее производства;

установление путем теоретических и экспериментальных исследований потребительских и производственных характеристик *t*-системы;

составление, согласование и утверждение ТЗ на ОКР по созданию *t*-системы.

Перечень и общий порядок работ на I фазе разработки рекомендован документом СРПП Р 50-601-5 – 89 [16].

Формальным окончанием этой фазы является утверждение ТЗ на ОКР.

II фаза разработки – формирование конструкции *t*-системы. Целью II фазы являются:

разработка (поиск, выбор) технических решений, обеспечивающих технические характеристики *t*-системы, установленные в ТЗ на ОКР;

проведение расчетов и экспериментальных исследований для подтверждения выполнения заданных характеристик;

согласование конструкции t -системы с участниками разработки (заказчиком, изготовителем, основным потребителем, контролирующими организациями).

Перечень и общий порядок работ на II фазе установлен стандартами ЕСКД ГОСТ 2.118 – 73 [17], ГОСТ 2.119 – 73 [18] и ГОСТ 2.120 – 73 [19]. Формальным окончанием этой фазы является утверждение последнего проекта (обычно технического или эскизного, если технический проект не разрабатывался).

III фаза разработки – конструкторская подготовка производства спроектированной t -системы. Целью III фазы является оформление и экспериментальная проверка рабочей КД, предназначенной для серийного (массового) изготовления и эксплуатации t -системы. Эта стадия включает в себя как обязательный этап приемку ОКР. Формальным окончанием III фазы разработки является присвоение комплекту рабочей КД на t -систему литеры «А» согласно ГОСТ 2.103 – 68.

Между формальным делением процесса разработки на виды, стадии и этапы работ согласно ЕСКД и СРПП (рис. 1, *а*) и неформальным делением процесса конструирования на внешнее и внутреннее проектирование, рабочее конструирование согласно рис. 1, *б* существуют различия. Первое относится к t -системе в целом и ее составным частям, разработка которой ведется в условиях официально поставленных НИОКР по официально утвержденным ТЗ и договорам с заказчиками. Начало и окончание видов, стадий и этапов работ в этом случае фиксируется официальными документами (актами, протоколами).

В делении процесса конструирования согласно рис. 1, *б* четких границ нет. Работы по внешнему проектированию могут выполняться и часто выполняются на заключительных стадиях официальной разработки, например, если возникла необходимость в уточнении ТЗ на ОКР. А ведущие конструкторы, приступив к внешнему проектированию, даже на самом раннем этапе непременно будут обдумывать конструкцию будущей t -системы, то есть выполнять работу по внутреннему проектированию.

Для разработки некоторых сложных составных частей t -системы могут проводиться самостоятельные НИОКР. Но в большинстве случаев разработка составных частей в самостоятельные НИОКР не выделяется, а проводится в составе общей работы. Термины «конструирование», «проектирование» и производные от них (в отличие от терминов ЕСКД и СРПП), деление процесса конструирования на фазы согласно рис. 1, *б* относятся не только к формальным стадиям и этапам ОКР, но и к соответствующим неформальным процессам при разработке любых составных частей t -систем и их элементов на всех стадиях и этапах НИОКР, а также моделей, макетов, экспериментальных образцов изделий.

Отличие конструирования составных частей от стандартного процесса проведения разработки t -системы в целом состоит в меньшей формализации процесса, необязательности официального контроля, меньшей требовательности к оформлению документов. Например, исходные данные могут содержаться не в официальном ТЗ, а в виде устных или письменных указаний руководителя разработки или подразделения, результаты проектирования могут быть отражены не в

проектной КД, а в эскизном компоновочной чертеже, результатом конструирования может быть не рабочая, а эскизная КД, оценка результатов может производиться не официально назначенной комиссией, а самим конструктором или его руководителем, и т. д.

Для наименования разработки *t*-систем (изделий) в некоторых частных случаях применяются особые термины (Р 50-601-12 – 89 [20], Р50-605-80 – 93 [21]).

D8. Модернизация – разработка *t*-системы с улучшенными свойствами ограниченным изменением исходной (устаревшей) *t*-системы и взамен ее.

D9. Модернизированная *t*-система – *t*-система, полученная в результате модернизации.

Модернизация производится по общим правилам разработки продукции. Модернизируются только устаревшие *t*-системы, снимаемые с производства при внедрении в производство модернизированной *t*-системы. Модернизацию *t*-систем не следует путать с их модифицированием и совершенствованием в процессе производства.

D10. Модифицирование – разработка *t*-системы, однородной с исходной, но с другой областью применения, ограниченным изменением исходной *t*-системы.

D11. Модификация – *t*-система, полученная в результате модифицирования.

D12. Семейство *t*-систем – совокупность исходной *t*-системы и ее модификаций.

Модифицирование может заключаться в изменении условий эксплуатации, комплектности поставки, рабочих органов или органов управления, внешнего вида и т. п.

D13. Совершенствование *t*-системы – изменение выпускаемой *t*-системы, повышающее эффективность ее производства или применения без существенного изменения основных показателей выпускаемой *t*-системы.

D14. Усовершенствованная *t*-система – *t*-система, полученная в результате совершенствования.

Качественные признаки модернизации, модифицирования и совершенствования, из которых основными являются признаки 3 и 4, приведены в таблице 1.

Термин «модернизация» применяется также по отношению к *t*-системам, находящимся в эксплуатации.

D15. Модернизация при эксплуатации – комплекс работ по улучшению технико-эксплуатационных характеристик *t*-системы, находящейся в эксплуатации, путем замены отдельных составных частей на более совершенные. Модернизация при эксплуатации обычно совмещается с капитальным ремонтом [21].

Таблица 1 – Качественные признаки модернизации, модифицирования и совершенствования t -систем (изделий)

Признак	Изменение признака при		
	модернизации	модифицировании	совершенствовании
1. Область применения	Сохраняется	Изменяется	Сохраняется
2. Технический уровень	Повышается	Сохраняется	Сохраняется
3. Производство исходной продукции	Прекращается	Продолжается	Продолжается с внесенными изменениями
4. Взаимозаменяемость основных составных частей	Нарушается	Нарушается	Сохраняется
5. Технические условия	Заменяются	Дополняются	Остаются без изменений
6. Обозначение	Присваивается новое путем добавления, например, букв М при первой модернизации, 2М – при второй и т. д.	Присваивается новое путем добавления букв А, Б и т. д., или цифр 01, 02 и т. д.	Остается без изменения

Общие принципы конструирования

Учеными-дизайнерами были сформулированы шесть принципов, названные ими принципами дизайна [22]. Но содержания этих принципов выходит за рамки собственно дизайна. Их можно рассматривать как основные принципы науки о конструировании t -систем. В этом качестве они достаточно наглядно характеризуют общее содержание науки о конструировании.

D16. Инженерный принцип конструирования – учет технических, технологических, конструктивных, материальных закономерностей с целью создания практичных, функционально совершенных t -систем. Любая t -система призвана выполнять утилитарно-практическую функцию, соответствующую общественной потребности, и должна обладать соответствующими инженерно-техническими характеристиками.

D17. Социологический принцип конструирования – учет структуры и динамики общественных потребностей при конструировании t -систем. При конструировании новой t -системы необходимо исходить из того, что социальная задача любого производства – удовлетворение потребностей людей.

D18. Экономический принцип конструирования – учет затрат живого и овеществленного труда с целью создания экономически целесообразной, рентабельной *t*-системы. *t*-системы обычно разрабатываются с целью их производства и последующей продажи на рынке, поэтому любое производство должно приносить прибыль. При создании новой *t*-системы должен приниматься во внимание рыночный спрос на нее.

D19. Экологический принцип конструирования – учет закономерностей абиотических (неживых) и биотических (живых) систем с целью создания природоохранных и экологически чистых *t*-систем. Любая *t*-система должна быть безопасной, нанесение вреда людям и окружающей среде при ее производстве и использовании должно быть сведено к минимуму.

D20. Эргономический принцип конструирования – учет анатомических, физиологических и психологических качеств функционирующего человека с целью создания *t*-систем, удобных для взаимодействующих с ними людей.

D21. Эстетический принцип конструирования – учет композиционных закономерностей для создания красивых, эстетически выразительных *t*-систем. Вещи, создаваемые людьми для людей, должны быть красивы. Красота – интегративное свойство *t*-системы, обусловленное ее целостным совершенством, системное свойство. Не может быть красивой *t*-система, если она неудобна, ненадежна, некомпактна, неэкологична и т. д.

Последние два принципа собственно и являются принципами дизайна, т. е. науки (одного из разделов науки о конструировании), изучающей принципы и методы формирования конструкции *t*-системы с точки зрения эргономики и технической эстетики.

Конструирование РЭС – НТК-конструирование – строительное конструирование РЭС

Конструирование РЭС, как часть работ по созданию РЭС на производстве, разделяется на два основных относительно самостоятельных комплекса работ – РЭТ-конструирование и НТК-конструирование (термин «конструирование РЭС» здесь имеет широкий смысл [23]).

D22. Конструирование радиоэлектротехнических систем РЭС (РЭТ-конструирование) – часть конструирования РЭС, заключающаяся в выборе принципа работы РЭС, выборе видов сигналов и методов их формирования, выборе и отражении в электрических схемах состава и параметров ЭРЭ, электрических и магнитных взаимосвязей между ЭРЭ.

D23. Конструирование механических систем и электромонтажа РЭС (НТК-конструирование) – часть конструирования РЭС, заключающаяся в составлении или выборе кинематической, гидравлической, компоновочной, силовой и других схем

механической системы РЭС, выборе формы и материалов деталей этой системы, способов их механического и электрического соединения и оформления КД.

НТК-конструирование – это то, что в радиопромышленности обычно называют просто конструированием РЭС (узкий смысл термина «конструирование РЭС»). Содержание НТК-конструирования, его место и роль как вида практической деятельности на производстве рассмотрены в статье [23].

Место НТК-конструирования как науки в системе наиболее близких по содержанию наук иллюстрирует схема на рис. 2. Некоторые из указанных на рисунке наук номинально не существует, т. е. по ним нет учебников, справочников, их нет в числе учебных дисциплин в учебных заведениях, готовящих специалистов радиоаппаратостроения, но элементы этих наук существуют в виде отдельных работ или разделов других наук. Например, содержание пособия [1] близко к тому, что в других видах техники называют динамикой сооружений, – одному из разделов строительной механики.

Конструирование механических систем РЭС – наиболее сложный вид работ в НТК-конструировании – состоит из конструирования механизмов и строительного конструирования РЭС (конструирования РЭС-сооружения). Теоретической основой науки о конструировании механизмов является теория механизмов [24]. Теоретической основой строительного конструирования РЭС должна быть строительная механика РЭС – наука, которую необходимо сформировать на основе строительной механики других t -систем [25, 26].

Строительная механика, как и сопротивление материалов, изучает принципы и методы расчета механических систем на прочность, жесткость и устойчивость. В отличие от сопротивления материалов, объектом изучения которого являются отдельные механические элементы общие для любых t -систем, в строительной механике объектом изучения является механические системы, состоящие из многих элементов. Эти объекты в t -системах различного назначения имеют особенности и, поэтому, изучаются разными науками, например, строительной механикой самолета, строительной механикой корабля и т. д. Строительная механика любого профиля – это специализированное сопротивление материалов, изложенное в духе определенной отрасли техники [27]. Принципы и методы расчета на прочность, жесткость и устойчивость РЭС-сооружений должны изучаться специализированной строительной механикой РЭС.



← Рис. 2. Взаимосвязи НТК-конструирования как науки с другими науками

Необходимо разрабатывать и науку о НТК-конструировании. Механизмы в современных РЭС встречаются редко, конструирование электромонтажа – работа трудоемкая, но относительно несложная; наиболее массовым видом квалифицированной работы в НТК-конструировании является строительное конструирование. Раздел «Строительное конструирование РЭС» в этих условиях должен быть основным разделом науки о конструировании РЭС.

На практике строительное конструирование начинается с компоновки РЭС.

D24. Компоновка *t*-системы – элемент конструкции *t*-системы, характеризующий совокупность внешних форм и взаимного расположения частей *t*-системы. Термин «части» обозначает как составные части самой *t*-системы, так и экипаж, топливо, груз для транспортных средств, обрабатываемые изделия для технологического оборудования и т. д.

D25. Компонование *t*-системы – процесс формирования компоновки при проектировании *t*-системы.

В конструировании РЭС необходимо различать внешнюю, внутреннюю и силовую компоновки.

Внешняя компоновка РЭС определяет габариты и форму РЭС (обычно форму корпуса или футляра РЭС), а также

взаимное расположение органов индикации, управления и подключения. Внешняя компоновка должна обеспечивать удобную связь РЭС с человеком-оператором и с составными частями t -системы, в которую данное РЭС входит. Часто РЭС komponуются в типовых корпусах, и тогда внешнее компонование РЭС заключается в размещении только органов управления, индикации, присоединения и выполняется, как правило, дизайнерами.

Внутренняя компоновка отражает членение РЭС на отдельные составные части (агрегаты), размещение агрегатов РЭС внутри корпуса (футляра). Внутренняя компоновка должна обеспечивать:

- условия для нормальной работы агрегатов РЭС;
- оптимальную плотность заполнения компоновочного пространства РЭС;
- рациональные габариты, объем, форму и массу РЭС;
- максимальное сокращение протяженности функциональных (электрических, кинематических и т. д.) связей между агрегатами;
- снижение (в идеале – полную ликвидацию) нежелательных (паразитных) связей между агрегатами;
- рациональное размещение с точки зрения удобства доступа и надежное закрепление агрегатов;
- эффективный отвод избыточного тепла;
- удобство технического обслуживания и ремонта РЭС в целом и его агрегатов (в том числе при монтаже, демонтаже и проверках).

D26. Пространственная компоновка – совокупность внешней и внутренней компоновки РЭС.

D27. Компоновочная схема – упрощенная графическая модель внешней и внутренней компоновки.

Компоновочные схемы бывают разной степени сложности и полноты исполнения. В начале процесса проектирования компоновочная схема может изображаться на упрощенных эскизах, по окончании процесса проектирования – в виде подробного компоновочного чертежа, содержащего изображение всех составных частей РЭС. При официальном выполнении проектных стадий ОКР окончательная для данной стадии компоновка РЭС приводится на чертеже общего вида (ВО), предусмотренном стандартами ЕСКД.

Силовая компоновка РЭС определяет прочность и жесткость основной части РЭС-сооружения – несущей системы. Несущую систему РЭС образуют связанные между собой составные части, воспринимающие и передающие к точкам опоры (точкам крепления) РЭС усилия от веса и инерции составных частей РЭС. Силовое компонование состоит в отыскании рациональной силовой схемы несущей системы РЭС.

D27. Силовая схема – упрощенная графическая модель несущей системы.

Силовая схема характеризует способ восприятия и уравнивания действующих в несущей системе нагрузок. Вид

силовой схемы РЭС зависит от компоновки РЭС и характера действующих нагрузок.

Силовая схема может изображаться на эскизе (чертеже), на котором указываются места приложения, направления и величины действующих сил. Она служит для определения основных размеров частей несущей системы, обеспечивающих прочность (например, толщины панелей, стенок, размеры шасси, места расположения и размеры ребер жесткости и т. п.), марок применяемых материалов, схем крепления РЭС при транспортировании в составе объекта или в упаковке и т. п.

Оценка прочности несущей системы – обязательная процедура в процессе строительного конструирования РЭС. Но прежде, чем приступить к оценке прочности, целесообразно проанализировать несущую систему на геометрическую неизменяемость. Научные методы исследований на неизменяемость излагаются в строительной механике.

Для исследования на неизменяемость силовую схему механической системы представляют в виде множества связанных между собой структурных единиц (дисков или блоков в строительной механике, звеньев в теории механизмов), которые считают абсолютно жесткими телами. Структурные единицы могут быть в виде стержней, пластин, а также и в виде более сложных систем (ферм, рам или, например, блоков РЭС).

D28. Геометрически неизменяемая система (неизменяемая система) – механическая система, изменение формы которой возможно лишь в связи с деформациями ее структурных единиц.

Функция механизма состоит в реализации (передаче) требуемых движений, поэтому все механизмы – изменяемые системы. В отличие от механизма несущая система любого сооружения (и РЭС-сооружения тоже) должна быть геометрически неизменяемой.

Количественно степень изменяемости I плоских сооружений в строительной механике определяется по формуле

$$I = 3(N - 1) - 3p_0 - 2p_1 - p_2, \quad (1)$$

где N – число структурных единиц в сооружении, включая основание;

p_0 – число жестких (нольподвижных) соединений структурных единиц в сооружении;

p_1 – число одноподвижных соединений структурных единиц (кинематических пар класса V по терминологии теории механизмов);

p_2 – число двухподвижных соединений структурных единиц (кинематических пар класса IV).

При $I > 0$ механическая система всегда изменяема. Необходимое условие неизменяемости механической системы $I \leq 0$. Но это условие не является достаточным для окончательного суждения о геометрической неизменяемости. Для окончательного суждения необходимо провести кинематический анализ, т. е. анализ геометрической структуры

механической системы.

Методы кинематического анализа сооружений, методы образования геометрически неизменяемых механических систем, которые обычно излагаются в первых разделах учебников по строительной механике (например, [25, 26]), должны составлять содержание одного из разделов науки о строительном конструировании РЭС, а формула (1) должна рассматриваться как один из законов этой науки. Они должны в первую очередь изучаться в техникумах и колледжах на занятиях по конструированию РЭС, а не методы расчета резисторов и конденсаторов, как это есть сейчас, судя по учебнику [28].

Заключение

Строительное конструирование РЭС в настоящее время является одним из самых распространенных и квалифицированных видов работ, выполняемых на производстве НТК-конструкторами, и при этом наименее популярной темой среди ученых, занимающихся проблемами конструирования РЭС. Например, среди сотрудников кафедры «Компьютерные технологии в проектировании и производстве» (бывшая кафедра «Конструирование и технология радиоэлектронной аппаратуры») Нижегородского государственного технического университета, опубликовавших статьи в Вестнике Верхневолжского отделения Академии технологических наук, нет ни одного, кто бы назвал конструирование РЭС вообще и строительное конструирование РЭС в частности областью своих научных интересов. Научных работ по конструированию механических систем РЭС очень мало, учебные дисциплины по конструированию не соответствуют практике конструирования, поэтому и выпускники учебных заведений в конструкторских подразделениях предприятий радиопромышленности работать, как правило, не готовы.

В этой статье систематизированы понятия, относящиеся к процессу конструирования t -систем и РЭС. В ней собраны и рассмотрены одновременно и во взаимосвязи термины, применявшиеся в различных публикациях для наименования частей (стадий, этапов) конструирования (разработки, проектирования), за разными терминами закреплены разные понятия с фиксированными содержаниями. Это позволяет точнее описать содержание работы конструктора РЭС на производстве, структурировать содержание науки о конструировании РЭС и определить необходимое содержание этой науки и соответствующих учебных дисциплин.

Термины «внешнее проектирование», «внутреннее проектирование» и «рабочее конструирование» – наименования фаз конструирования – целесообразно использовать и как наименования разделов науки о конструировании, в которых должны

рассматриваться теоретические вопросы конструирования t -систем, относящиеся к этим фазам. Эти разделы необходимо разрабатывать. Необходима также разработка и раздела «Строительное конструирование РЭС», который должен быть одним из основных разделов науки о конструировании механических систем и электромонтажа РЭС (НТК-конструирования).

Литература

1. Каленкович Н. И., Фастовец Е. П., Шамгин Ю. В. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств: Учеб. Пособие для вузов. – Минск: Вышэйшая школа, 1989.
2. Конструкции и конструирование механических систем радиоэлектронных средств специального и общего применения: Отчет о НИР «Бердыш» (промежуточный №1) / ООО «Берег-Волна»; Руководитель Н. М. Бобков; № ГР У90054. – Н. Новгород, 2008.
3. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход / Пер. с польск. – М.: Мир, 1981.
4. Горский Д. П. Определение: Логико-методологические проблемы. – М.: Мысль, 1974.
5. Краткое методическое пособие по разработке и упорядочению научно-технической терминологии. – М.: Наука, 1979.
6. РД 50-603-1 – 89. Рекомендации. Разработка стандартов на термины и определения. – М.: ВНИИКИ, 1990. (Правильное обозначение документа Р 50-603-1 – 89).
7. Р 50.1038 – 2002. Стандартизация терминов и определений в области оборонной продукции. Общие положения.
8. Кириллов В. И., Старченко А. А. Логика: Учебник для вузов. – М.: ЮристЪ, 2004.
9. Бобков Н. М. Основы конструирования. Проблемы терминологии // Вестник машиностроения. – 2002. – №9.
10. Первицкий Ю. Д. Расчет и конструирование точных механизмов: Учеб. пособие для вузов. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1976.
11. ГОСТ Р 15.000 – 94. СРПП. Общие положения.
12. ГОСТ Р 15.201 – 2000. СРПП. Продукция производственно-технического назначения. Порядок разработки и постановки продукции на производство.
13. ГОСТ 2.103 – 68. ЕСКД. Стадии разработки.
14. Бобков Н. М. Конструктор о конструировании радиоэлектронных средств // Вестник межрегионального Верхне-Волжского отделения Академии технологических наук Российской Федерации. Серия: Высокие технологии в радиоэлектронике, информатике и связи. – 2006. – Вып. 1 (11).
15. Амиров Ю. Д. Стандартизация и проектирование технических систем. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
16. Р 50-601-5 – 89. СРПП. Формирование исходных требований к продукции.
17. ГОСТ 2.118 – 73. ЕСКД. Техническое предложение.
18. ГОСТ 2.119 – 73. ЕСКД. Эскизный проект.

19. ГОСТ 2.120 – 73. ЕСКД. Технический проект.
20. Р 50-601-12 – 89. СРПП. Модернизация, модифицирование и совершенствование выпускаемой продукции.
21. Р50-605-80 – 93. СРПП. Термины и определения.
22. Зеленов Л. А. История и теория дизайна: Учеб. пособие. – Н. Новгород: Нижегородский государственный инженерно-строительный университет, 2000.
23. Бобков Н. М. Что такое конструирование радиоэлектронных средств? // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. – 2008. – № 1, 2.
24. Левитский Н. И. Теория механизмов и машин: Учебник для вузов. – М.: Наука, 1990.
25. Киселев В. А. Строительная механика. Общий курс: Учебник для вузов. – М.: Стройиздат, 1986.
26. Мухин Н. В., Першин А. Н., Шишман Б. А. Статика сооружений: Учеб. пособие для техникумов. – М.: Высш. шк., 1980.
27. Феодосьев В. И. Десять лекций-бесед по сопротивлению материалов. – М.: Наука, 1975.
28. Фрумкин Г. Д. Расчет и конструирование радиоаппаратуры: Учебник для техникумов. — М.: Высш. школа, 1989.

Бобков Н. М.

СИСТЕМАТИЗАЦИЯ ТЕРМИНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ КОНСТРУИРОВАНИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ

Труды Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексева. 2014. № 3

Общим недостатком учебников по конструированию технических и, в частности, радиоэлектронных систем является отсутствие более или менее понятной терминологии. Набор слов-профессионализмов, используемых в таких учебниках, не может считаться научной терминологией. Авторы учебников часто используют стандартизованные термины. Но термины, заимствованные из оперативных терминологий разных стандартов, невозможно объединить в непротиворечивую систему. К тому же в отличие от стандартизации терминологии в электротехнике, технической механике и ряде научных дисциплин, проводимой после длительного развития соответствующих теорий, стандартизация конструкторской терминологии опережает разработку теории конструирования и проводится без научного обоснования. Если в небольших публикациях (отдельных статьях, стандартах и т. д.) можно как-то обойтись существующим набором профессионализмов, то в учебных изданиях необходима подробная, ясная и логичная система понятий и терминов конструирования.

Цель этой статьи – обратить внимание авторов учебников (ученых, преподавателей) на проблемы профессиональной лексики учебников по конструированию и привлечь их к работе по ее совершенствованию.

Введение

Наличие в знаниях системы понятий и терминов является одним из критериев научности этого знания. В конструировании такой системы нет [1], что говорит о фактическом отсутствии науки о конструировании. Это отрицательно сказывается на качестве подготовки конструкторов в учебных заведениях [2, 3]. Научная терминология необходима в первую очередь в учебниках по конструированию, в которых эта наука должна излагаться в наиболее понятном и комплексном виде. Пока же такие учебники не только не имеют собственной терминологии конструирования, но нередко искажают и терминологию, заимствованную из ЕСКД [4, 5].

Статья содержит предложения по упорядочению использования некоторых встречающихся в литературе по

конструированию профессионализмов. Основной раздел статьи представляет собой небольшой словарь, в котором даны взаимосвязанные определения понятиям, выражаемыми известными словами. Введены и несколько новых терминов. Номенклатура терминов определилась при рассмотрении вопросов конструирования РЭС, но большинство терминов являются общетехническими.

В отличие от словарей [6, 7] и других, в которых даются определения всем значениям многозначных профессионализмов, в словаре статьи приводится только одно значение. В этом и только в этом значении данный профессионализм предлагается использовать в качестве термина в работах по конструированию. Значения подбирались так, чтобы выполнялись требования документов [8, 9] по однозначности терминов и отсутствию синонимов. Определения в основном разделе статьи обозначены буквой *D* с порядковым номером: *D1*, *D2* В примечаниях в конце статьи приведены и другие встречающиеся в литературе по конструированию значения многозначных слов. Так как однозначность терминов – одно из основных требований, предъявляемых к научной терминологии, слова в значениях, приведенных в примечаниях, в работах по конструированию использоваться не должны.

Термины и определения некоторых понятий конструирования

D1. Техническая система (t-система) – многокомпонентное, структурно-организованное целое, искусственно созданное человеком из материалов и процессов природы на основе действующих в ней закономерностей с учетом достижений науки и техники с целью реализации определенных функций труда и жизнедеятельности человека [10].

Одним из видов *t*-систем являются изделия в значении, установленном в ЕСКД [11].

D2. Конструкция t-системы – система заранее (т. е. до изготовления самой *t*-системы) продуманных свойств *t*-системы, характеризующая состав, назначение, взаимное расположение, форму, размеры, материалы и взаимосвязи элементов *t*-системы [12]¹⁾.

Конструкция *t*-системы есть идеальная (не материальная) модель этой *t*-системы. В начале конструирования – это интуитивная модель. В процессе конструирования она уточняется и преобразуется в знаковую, при «бумажном» способе оформления КД – графическую. Как модель конструкция используется в мысленных экспериментах, проводимых при разработке *t*-системы, с целью оценки соответствия ее предъявляемым требованиям. С точки зрения теории познания конструкция есть мысленный образ *t*-системы, созданный продуктивным творческим воображением конструктора. Понятие «конструкция» является важнейшей категорией науки о конструировании.

D3. Конструктивное решение – любая подсистема или любой элемент конструкции *t*-системы.

D4. Радиоэлектронная система (РЭС) – *t*-система, в основу функционирования которой положены принципы радиотехники и/или электроники²⁾.

Если РЭС представляет собой изделие по ЕСКД, она может называться *радиоэлектронным изделием*.

D5. РЭС-сооружение – радиоэлектронное изделие, рассматриваемое (изучаемое, проектируемое) как геометрически неизменяемая механическая система, подверженная воздействию силовых нагрузок и обладающая для их восприятия механическими прочностью, жесткостью и устойчивостью [13].

D6. Несущая система РЭС – входящая в РЭС-сооружение *t*-система, воспринимающая и передающая к точкам крепления или точкам опоры РЭС усилия от веса и инерции частей РЭС, обеспечивающая заданное пространственное расположение частей РЭС при внешних воздействующих факторах с характеристиками, находящимися в пределах допустимых значений³⁾.

Если несущая система представляет собой изделие по ЕСКД, она может называться *несущим изделием*.

D7. Разработка t-системы – процесс создания образцов и КД, необходимой для изготовления *t*-системы.

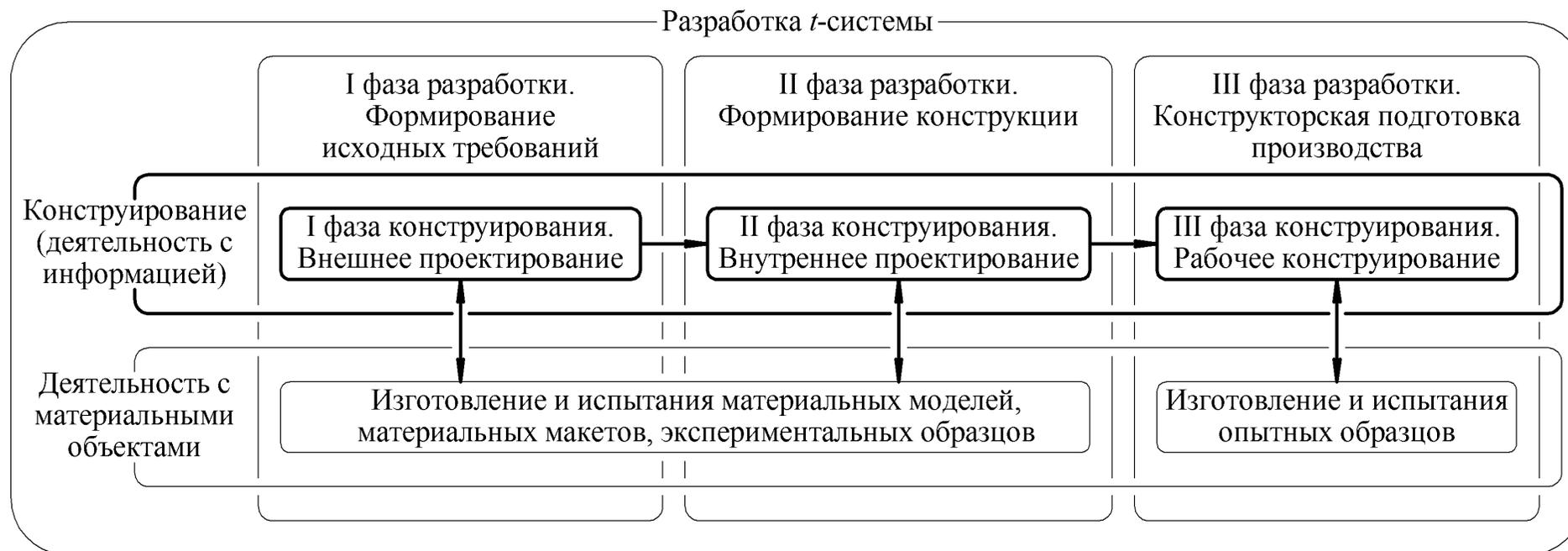
Общий порядок разработки *t*-систем установлен стандартами СРПП. Разработку можно разделить на три фазы (рис. 1) [10, 14].

D8. Конструирование – часть разработки *t*-системы, включающая в себя исследование потребности в *t*-системе и рыночного спроса на нее, определение потребительских и производственных характеристик, разработку конструкции и КД, необходимой для организации промышленного производства.

В отличие от разработки конструирование *t*-системы не включает в себя работы, непосредственно связанные с изготовлением *t*-системы и ее испытаниями.

D9. Проектирование – часть конструирования *t*-системы, включающая в себя исследование потребности в *t*-системе и рыночного спроса на нее, определение потребительских и производственных характеристик, разработку конструкции и проектной КД на *t*-систему⁴⁾.

Технические решения, принятые при проектировании, обеспечивают основные характеристики новой *t*-системы. При качественном выполнении проектирования дальнейшее конструирование представляет собой менее творческий (по сравнению с проектированием) процесс разработки рабочей КД, который для несложных изделий практически сводится к рутинному детализированию.

Рис. 1. Фазы разработки и конструирования t -системы

D10. Внешнее проектирование – процесс формирования исходных требований к t -системе, включающий в себя выявление потребности в t -системе и рыночного спроса на нее, определение потребительских и производственных характеристик, установление условий эффективного использования t -системы, оформление ТЗ_{ОКР}⁴⁾.

D11. Внутреннее проектирование – процесс поиска, обоснования и принятия конструктивных решений, обеспечивающих соответствие разрабатываемой t -системы установленным в ТЗ_{ОКР} характеристикам⁴⁾.

D12. Рабочее конструирование – процесс разработки производственной, эксплуатационной и ремонтной КД на t -систему по результатам проектирования⁴⁾.

D13. Компоновка t -системы – подсистема конструкции t -системы, характеризующая совокупность внешних форм и взаимного расположения частей t -системы.

D14. Компонование t -системы – одна из операций проектирования t -системы, заключающаяся в разработке (составлении, формировании) компоновки t -системы⁵⁾.

D15. Прототип – наиболее близкий по основным характеристикам (функциональному назначению, конструкции, производственным и другим данным) аналог разрабатываемой t -системы, основные составные части и/или конструктивные решения которого используются в разрабатываемой t -системе.

D16. Принцип проектирования по прототипу (принцип прототипа) – принцип проектирования, заключающийся в использовании в новой t -системе хорошо зарекомендовавших себя конструктивных решений и составных частей существующих t -систем.

Принцип прототипа используется, например, при модифицировании, модернизации и совершенствовании t -систем. При разработке принципиально новых t -систем этот принцип тоже используется:

при проектировании тех составных частей новой t -системы, у которых имеются прототипы;

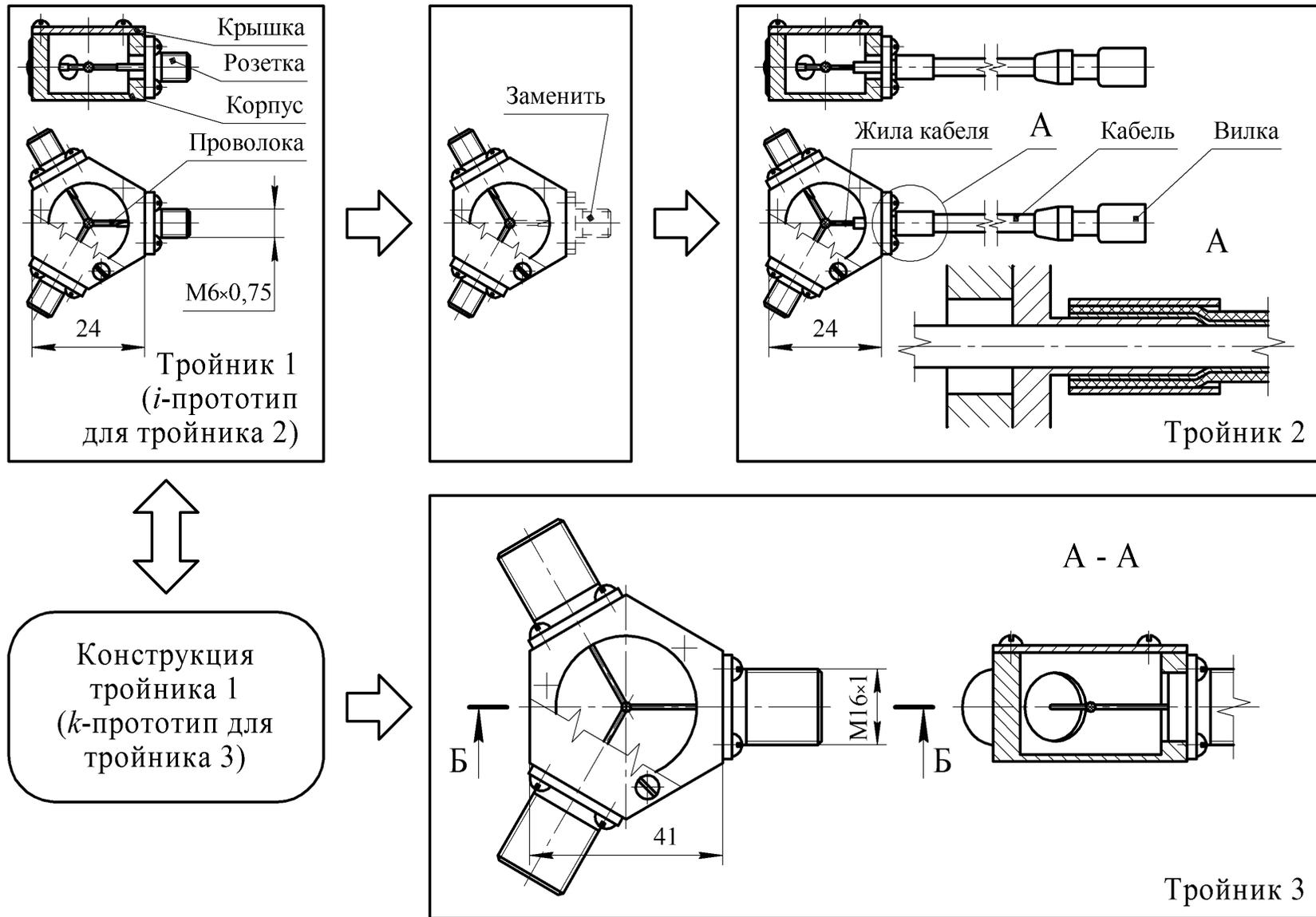
при совершенствовании на последующих стадиях работы удачных конструктивных решений и составных частей, созданных на начальных стадиях.

Существуют два метода проектирования на основе принципа прототипа (рис. 2). При первом методе в проектируемой t -системе применяются материальные объекты – составные части прототипа, который для этого случая можно обозначить символом-словом « i -прототип». I -прототип обеспечивает разработку новой t -системы за счет дополнительного присоединения, снятия, замены или изменения пространственного сочетания различных составных частей. I -прототип в целом или его основные части включаются в спецификацию новой t -системы как примененные изделия и изготавливаются по своему комплекту конструкторских документов.

При втором методе из прототипа в проектируемой t -системе применяются нематериальные объекты – конструктивные решения, составляющие конструкцию t -системы-прототипа (k -прототипа). K -прототип определяет количественные и качественные характеристики новой t -системы относительно размеров, форм, материалов, составных частей и их соединений между собой. КД, содержащая информацию о k -прототипе, используется не для изготовления по ней изделий, а как образец для разработки КД новой t -системы, по которой последняя и должна изготавливаться.

D17. Типовое изделие – прототип, основные составные части которого обязательны для применения при разработке некоторой совокупности (семейства, ряда) t -систем⁶⁾.

D18. Типовая конструкция – конструкция прототипа, основные конструктивные решения которого обязательны для применения при разработке некоторой совокупности (семейства, ряда) t -систем⁶⁾.



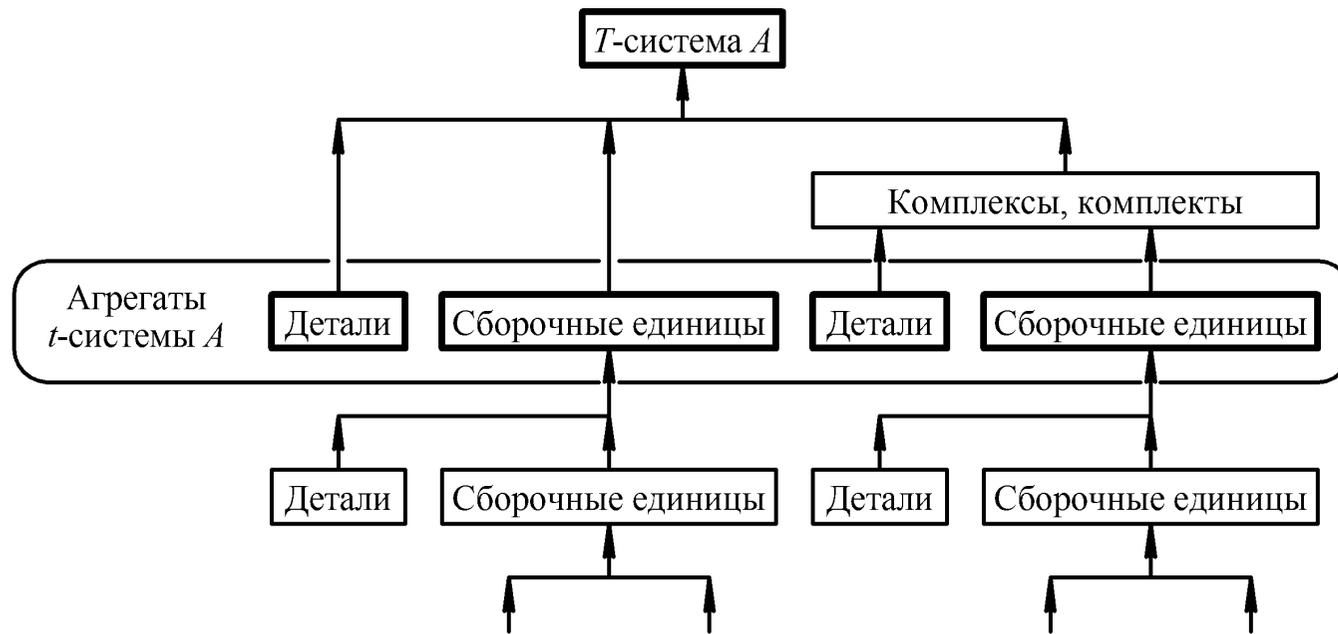
← Рис. 2. Различия двух методов проектирования на основе принципа прототипа

Обязательность использования составных частей (конструктивных решений) – признак, по которому типовое изделие

(типовую конструкцию) отличают от остальных прототипов.

D19. *ТНС РЭС (ТНС)* – система типовых несущих изделий и/или типовых конструкций несущих систем РЭС⁶.

D20. *Принцип группового проектирования* – принцип проектирования, заключающийся в одновременном (параллельном) проектировании нескольких взаимно унифицированных *t*-систем.



← Рис. 3. К определению понятия «агрегат»

D21. *Агрегат* – составная часть (деталь или сборочная единица) *t*-системы, занимающая высший уровень в иерархическом строении *t*-системы [15].

Составные части в виде наборов предметов – комплексы, комплекты – агрегатами не считаются. Если в рассматриваемую *t*-систему *A* входят комплексы и/или комплекты, то агрегатами *t*-системы *A* считаются сборочные единицы и детали, занимающие высший уровень в иерархическом строении этих наборов (рис. 3).

D22. *Принцип агрегатного проектирования* – комплексный подход к проектированию *t*-системы, при котором она рассматривается как представитель некоторого семейства разнообразных *t*-систем, унифицированных по основным агрегатам, и компоуется путем изменения количества, сочетания и взаимного расположения агрегатов [15].

T-системы, входящие в семейство, и составляющие их агрегаты могут быть освоены в производстве, находиться в разработке или только планироваться к разработке. Когда разрабатываемая *t*-система составляется из уже разработанных агрегатов, ее конструирование заключается в выпуске только основного комплекта КД, поскольку на агрегаты документация уже существует.

D23. Модуль-агрегат (модуль) – представитель набора агрегатов *t*-системы, разных по выполняемым функциям, но взаимозаменяемых по геометрической форме и размерам.

D24. Электронный модуль – модуль-агрегат РЭС, в основу функционирования которого положены принципы радиотехники и электроники.

D25. Принцип модульного проектирования – принцип проектирования, заключающийся в таком применении принципа агрегатного проектирования, когда агрегаты унифицируются по геометрическим параметрам (форме и размерам) так, чтобы обеспечить максимальное заполнение компоновочного пространства *t*-системы.

Модульные *t*-системы выделяются из агрегатных немодульных *t*-систем геометрической упорядоченностью и согласованностью формы и размеров агрегатов, геометрической и размерной совместимостью и взаимозаменяемостью агрегатов, причем агрегатов не обязательно совместимых и взаимозаменяемых функционально.

D26. Базирование – придание заготовке или изделию требуемого положения относительно выбранной системы координат [16].

D27. База – поверхность или выполняющее ту же функцию сочетание поверхностей, ось, точка, принадлежащая заготовке или изделию и используемая для базирования [16].

D28. База основная – совокупность участков общей поверхности детали (сборочной единицы), при помощи которых определяется положение этой детали (сборочной единицы) в *t*-системе, составной частью которой деталь (сборочная единица) является⁷⁾.

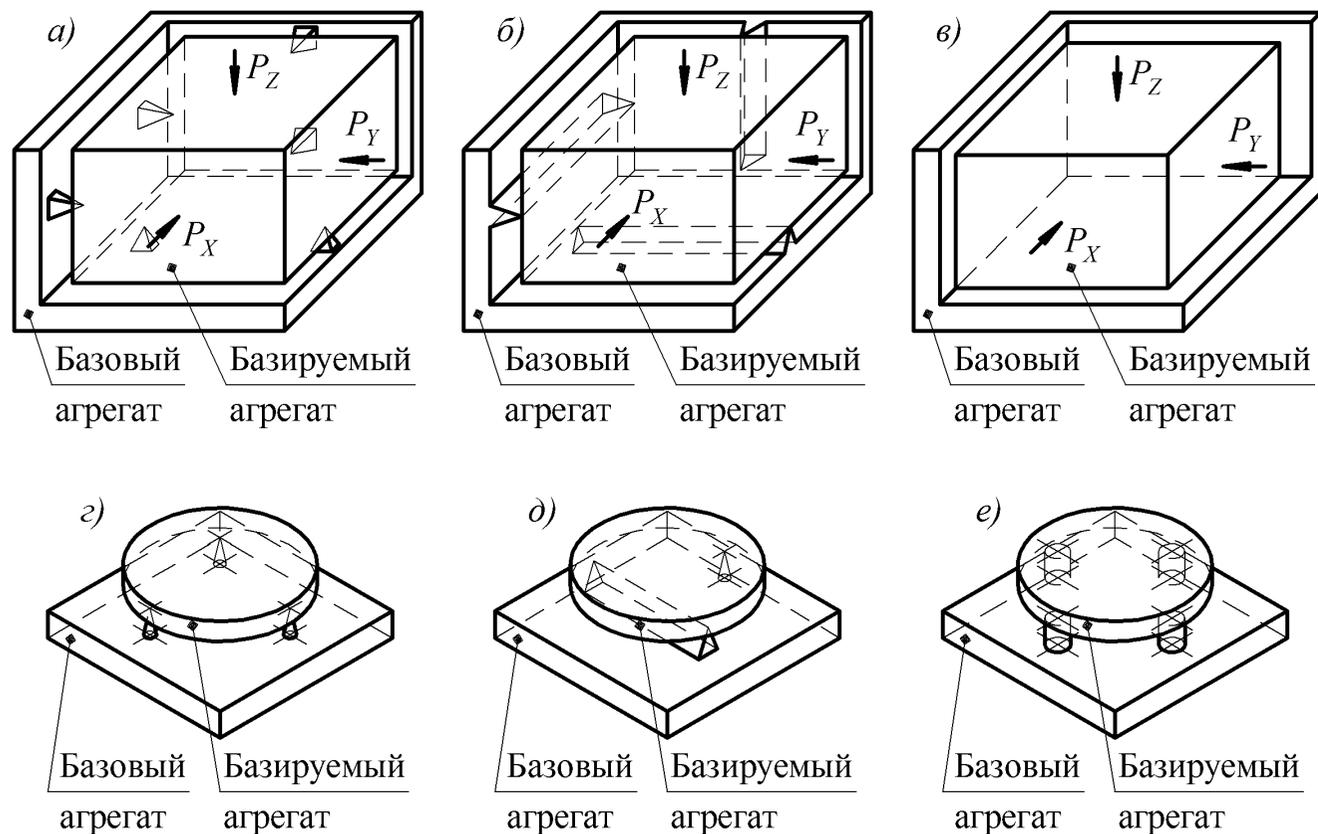
D29. База рабочая – совокупность участков рабочей поверхности детали (сборочной единицы), при помощи которых определяется положение других составных частей *t*-системы относительно данной детали (сборочной единицы)⁷⁾.

D30. Базовый агрегат – агрегат, с которого начинают сборку *t*-системы, присоединяя к нему другие агрегаты этой *t*-системы.

D31. Кинематический принцип базирования – принцип базирования, заключающийся в применении высших точечных кинематических пар в соединениях и статически определимых механических систем (рис. 4, *а, з*)⁸⁾.

D32. Полукинематический принцип базирования – принцип базирования, заключающийся в применении высших линейных кинематических пар в соединениях и статически определимых механических систем (рис. 4, *б, д*)⁸⁾.

D33. Силовой принцип базирования – принцип базирования, заключающийся в применении низших кинематических пар в соединениях и допустимости применения статически неопределимых механических систем (рис. 4, в, е)⁸⁾.



← Рис. 4. Кинематический (а, г), полукинематический (б, д) и силовой (в, е) принципы базирования

Примечания

1) Существующие определения понятий, выражаемых словом «конструкция», можно разделить на две группы, примерно соответствующие двум определениям из словаря [7]: 1) совокупность признаков изделия, характеризующая его

состав, взаимное расположение и связь частей, форму и взаимное расположение поверхностей деталей и соединений, их состояние, размеры, материалы и информационную выразительность (например, конструкция машины – равноценно понятию устройство машины в смысле, как она устроена); 2) сооружения и части сооружений, механические соединения частей, несущие части машин и т. п. (например, сварные конструкции, металлоконструкции, железобетонные конструкции и др. устройства в смысле названия изделий, предметов). В первом значении конструкция – абстрактное отражение некоторой *t*-системы (нематериальный объект), во втором – некоторая *t*-система (материальный объект). Значение слова «конструкция» по определению *D2* соответствует первому значению этого слова по словарю [7].

Нередки случаи, когда «конструкция» представляет собой лишнее смысла слово-паразит, например:

основание – элемент конструкции печатной платы, на поверхности или на поверхности и в объеме которого расположен проводящий рисунок или система проводящих рисунков печатной платы [17];

конструкция детали должна иметь форму, обеспечивающую ориентированную установку в накопителях [18];

Без ущерба для ясности слово «конструкция» из этих формулировок можно убрать:

основание – элемент печатной платы, на поверхности или на поверхности и в объеме которого расположен проводящий рисунок или система проводящих рисунков печатной платы;

деталь должна иметь форму, обеспечивающую ориентированную установку в накопителях.

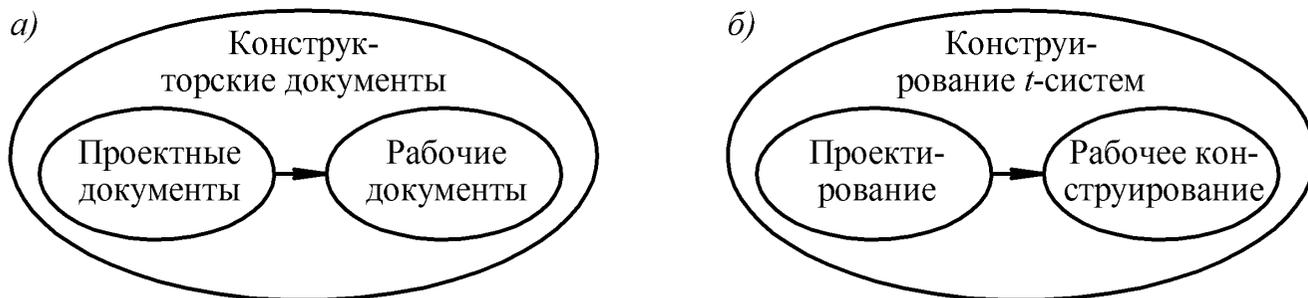
²⁾ Термин «радиоэлектронная система» по определению *D4* следует использовать вместо термина «радиоэлектронное средство» по стандарту [19]. По этому стандарту радиоэлектронное средство (изделие и его составные части, в основу функционирования которых положены принципы радиотехники и электроники) является родовым понятием для понятия «радиоэлектронная система». Но любое РЭС (радиоэлектронная система, радиоэлектронный комплекс, радиоэлектронное устройство, радиоэлектронный функциональный узел) представляет собой радиоэлектронную систему, если термин «система» понимать как в работах по системному конструированию техники. Слово «система», выражающее широкое общенаучное понятие, нельзя использовать для наименования узкоотраслевого понятия. Требованию системности соответствует следующее соотношение между понятиями: система → *t*-система → радиоэлектронная система → радиоэлектронное изделие.

³⁾ Используемые в литературе по конструированию РЭС термины «конструкция РЭС» [20] и «несущая конструкция РЭС» [21] не соответствует термину «конструкция *t*-системы» по определению *D2*. Под конструкцией РЭС следует понимать систему заранее продуманных свойств РЭС, характеризующую состав, назначение, взаимное расположение, форму, размеры, материалы и взаимосвязи элементов РЭС. Термин «конструкция РЭС» в значении по учебнику [20] в большинстве случаев может быть заменен новым термином «РЭС-сооружение». Вместо термина «несущая конструкция» лучше использовать его

известный синоним «несущая система» [22, 23].

⁴⁾ В некоторых публикациях слово «проектирование» используется как синоним слова «разработка», а словом «конструирование» называют часть процесса проектирования (в смысле – разработки), в других наоборот словом «проектирование» называют часть процесса конструирования. Есть работы, в которых словом «проектирование» называют процесс, предшествующий конструированию. В литературе внешним проектированием называют не фазу конструирования, а всю первую фазу разработки, внутренним проектированием – совокупность второй и третьей фаз разработки. Третью фазу разработки часто называют рабочим проектированием.

В ЕСКД [24] конструкторские документы в зависимости от стадии разработки подразделяются на проектные и рабочие (рис. 5, а). Терминологии ЕСКД соответствует соотношение между конструированием и проектированием, изображенное на рис. 5, б. Процесс проектирования *t*-систем – это часть (этап, фаза) процесса их конструирования. Конструирование, в свою очередь, есть часть разработки *t*-систем.



← Рис. 5. Соотношение между видами конструкторских документов по ЕСКД и соответствующее соотношение между фазами работ по конструированию *t*-систем

⁵⁾ В книгах по конструированию РЭС и процесс – компонование – и результат этого процесса – компоновку – называют одним словом «компоновка».

⁶⁾ В работе [25] дано следующее определение: *типовое (базовое) изделие* – конкретный тип изделия, основные составные части которого применяют при конструировании ряда изделий. По определениям из рекомендаций [26] *базовое изделие* – конкретное изделие, основные составные части которого обязательны для применения при конструировании изделий ряда; *базовая конструкция изделия* – конструктивное решение, предназначенное для применения в конструкциях изделий ряда.

По рекомендациям [27] *базовое изделие* – изделие, являющееся конструктивной основой для создания его

модификаций. Понятие «базовое изделие» по этим рекомендациям – объединение понятий «базовое изделие» и «базовая конструкция изделий» по рекомендациям [26].

В составе термина «базовая несущая конструкция» по стандарту [21] объединение понятий «базовое изделие» и «базовая конструкция изделий» по рекомендациям [26] называется *базовой конструкцией*.

Термины «базовое изделие», «базовая конструкция» и «базовая несущая конструкция» по [21, 26, 27] относятся к терминологии унификации [28].

В стандарте [29] *базовая деталь (базовая сборочная единица)* – деталь (сборочная единица), с которой начинают сборку изделия, присоединяя к ней другие детали и сборочные единицы. Согласно ЕСКД детали и сборочные единицы – виды изделий, и объединение понятий «базовая деталь» и «базовая сборочная единица» логично называть базовым изделием, несмотря на то, что в стандарте [29] этого термина нет. Такое базовое изделие – составная часть более сложного изделия, служащая для базирования и закрепления других составных частей последнего (носитель баз по стандарту [16]).

Термин «базовое изделие» в этом значении целесообразно относить к терминологической системе базирования.

В нормативной и технической литературе можно встретить и другие термины с прилагательным «базовый» (базовый образец, базовый агрегат, базовая поверхность и т. д.). Термин «базовая несущая конструкция» имеет несколько синонимов: «унифицированные типовые конструкции (УТК)» [30], «универсальные типовые конструкции (УТК)» [31], «типовые несущие конструкции» [32, 33].

Чтобы избежать путаницы в понятиях при одновременном рассмотрении вопросов базирования и унификации прилагательное «базовый» в терминах «базовое изделие», «базовая конструкция», «базовая несущая конструкция» по документам [21, 26, 27] предлагается заменить прилагательным «типовой».

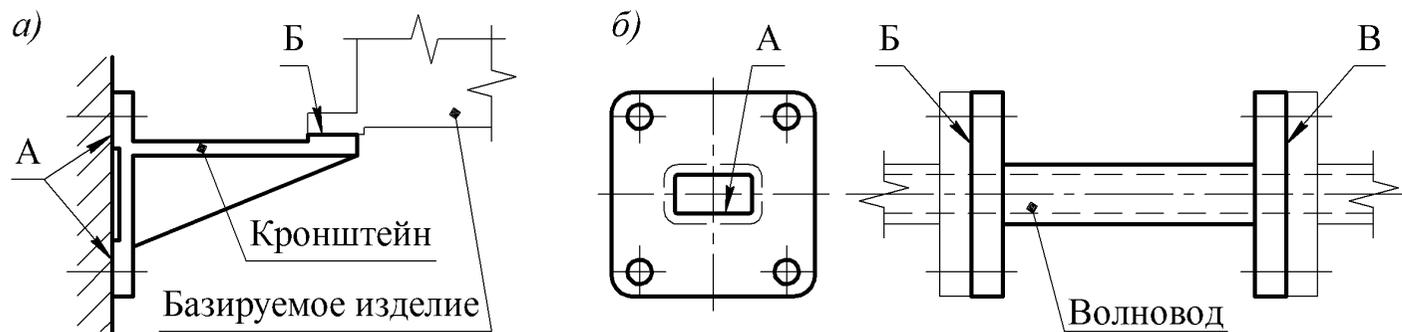
Из практики применения БНК и анализа стандартов на них видно, что БНК в значении по стандарту [20] в зависимости от конкретных условий в предложенных здесь терминах следует называть *типовыми несущими изделиями РЭС* и *типовыми конструкциями несущих систем РЭС*. Для обозначения объединения этих понятий предлагается аббревиатура ТНС. Это сокращение – замена сокращений БНК (базовые несущие конструкции) и УТК (унифицированные или универсальные несущие конструкции).

⁷⁾ Теория базирования изучается как раздел технологии машиностроения [34, 35], и стандарт [16] учитывает потребности, в основном, этой отрасли знания. Недостаток стандарта – неудобная для науки о конструировании классификация поверхностей изделий. Поверхности деталей в стандарте делятся на: исполнительные – поверхности, при помощи которых деталь выполняет свое служебное назначение; основные базы – поверхности, при помощи которых определяется положение данной детали в изделии; вспомогательные базы – поверхности, при помощи которых определяется

положение присоединяемых деталей относительно данной; свободные – поверхности, не соприкасающиеся с поверхностями других деталей.

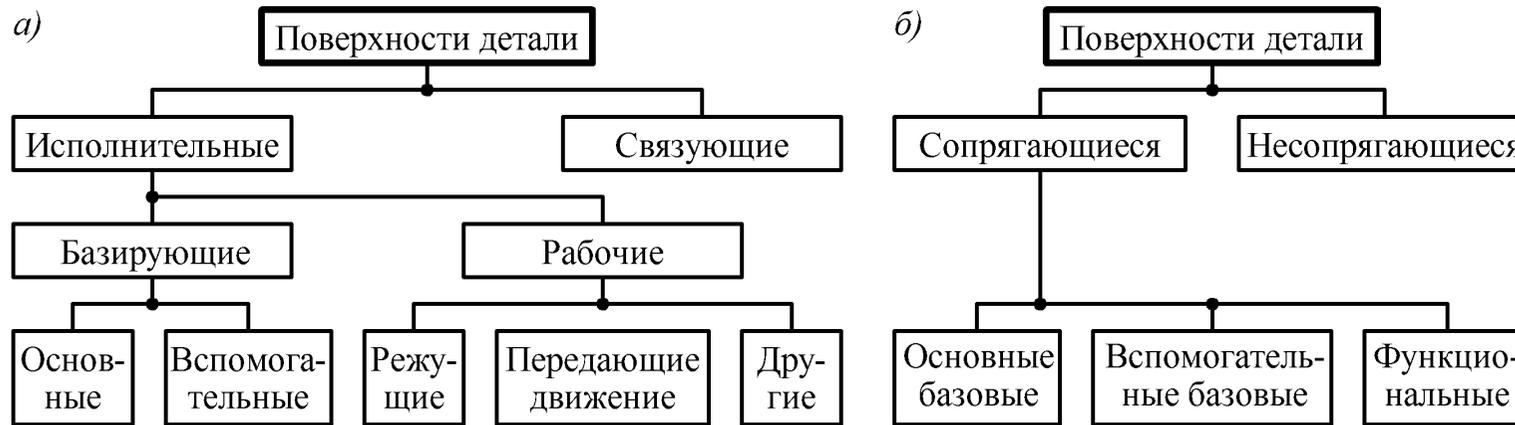
По этим определениям получается, например, что поверхность А кронштейна (рис. 6, а) – основная база, поверхность Б – вспомогательная база. Но служебное назначение кронштейна состоит в базировании некоторого изделия, поверхность Б является основной исполнительной поверхностью, и ее стандартное наименование «вспомогательная база» – неправильно ориентирующий термин.

Поверхность А волновода (рис. 6, б) не соприкасается с поверхностями других деталей и по стандарту [16] должна относиться к свободным, но в волноводе эта поверхность выполняет функцию, для которой волновод предназначен, т. е. является исполнительной. Поверхности Б и В волновода безусловно базы, но какую из них считать основной, а какую – вспомогательной зависит от того, с какой из них начнется установка волновода при монтаже.



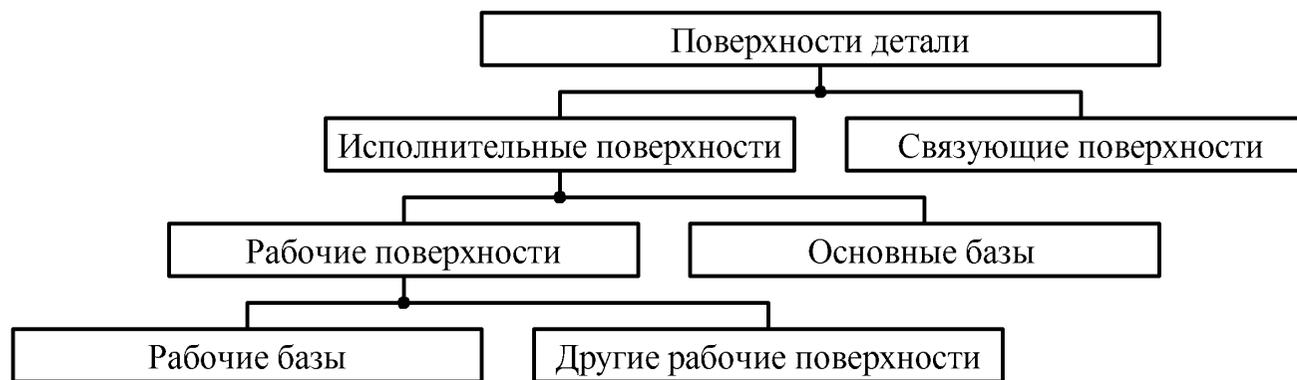
← Рис. 6. Примеры поверхностей кронштейна (а) и волновода (б)

В классификации поверхностей, приведенной в учебнике [35] (рис. 7, а), некоторые из этих недостатков устранены, но и эта классификация не для конструирования. Не подходит для задач конструирования и классификация поверхностей деталей по их функциональной роли в сборочных соединениях (рис. 7, б) [36]. Поверхность А волновода (рис. 6, б) является функциональной, но несопрягающейся.



← Рис. 7. Некоторые схемы классификации поверхностей деталей

В науке о конструировании поверхности деталей (а также и некоторых сборочных единиц), по моему мнению, лучше классифицировать в соответствии со схемой на рис. 8.



← Рис. 8. Классификация поверхностей изделий для задач конструирования

В процессе выполнения деталью или сборочной единицы своего служебного назначения ее исполнительные поверхности находятся в полезном взаимодействии с окружающей средой: соприкасаются (сопрягаются) с другими

изделиями, проводят электрический ток, отражают или поглощают световые лучи, электромагнитные поля и т. д.

Вспомогательные базы по стандарту [16] предназначены для выполнения деталию или сборочной единицей одной из ее функций, потому их следует относить к рабочим поверхностям.

«Свободные поверхности» по стандарту [16] совсем не свободные. Термин «связующая поверхность» из учебника [35] правильнее отражает назначение этих поверхностей – объединить исполнительные поверхности в единую замкнутую пространственную поверхность, ограничивающую тело детали или сборочной единицы.

⁸⁾ Кинематический, полукинематический и силовой принципы базирования в литературе (например, в [23, 37]) неудачно, по моему мнению, называют кинематическим (или геометрическим), полукинематическим и машиностроительными методами конструирования. Поскольку приводимые в литературе определения методов содержат только самые общие положения (идеи), а не конкретные указания или рекомендации к действиям, правильнее использовать термин «принцип». Прилагательное «машиностроительный» в наименовании одного из «методов» не согласуется с общетехническим их применением. Область использования этих принципов – базирование, т. е. более узкая, чем конструирование вообще.

Библиографический список

1. Бобков Н. М. Основы конструирования. Проблемы терминологии // Вестник машиностроения. – 2002. — № 9.
2. Бобков Н. М. Что такое конструирование радиоэлектронных средств? // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. – 2008. – № 1, 2.
3. Бобков Н. М. Вуз или колледж? О качестве подготовки конструкторов радиоэлектронных средств // Стандарты и качество. – 2011. – № 10.
4. Бобков Н. М. ЕСКД и СРПП в учебных конструкторских разработках // Стандарты и качество. – 1999. – № 6.
5. Бобков Н. М. Применение положений стандартов ЕСКД в публикациях по конструированию: Типичные ошибки // Стандарты и качество. – 2004. – № 8.
6. Новый политехнический словарь / Гл. ред. А. Ю. Ишлинский. – М.: «Большая Российская энциклопедия», 2000.
7. Крайнев А. Ф. Механика. Фундаментальный словарь. – М.: Машиностроение, 2001.
8. Краткое методическое пособие по разработке и упорядочению научно-технической терминологии. – М.: Наука, 1979.
9. Р 50.1.075 – 2011. Рекомендации по стандартизации. Разработка стандартов на термины и определения.
10. Амиров Ю. Д. Стандартизация и проектирование технических систем. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
11. ГОСТ 2.101 – 68. ЕСКД. Виды изделий.

12. Бобков Н. М. Категории науки о конструировании // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. – 2010. – № 1, 2.
13. Бобков Н. М. Радиоэлектронные средства как строительные сооружения // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. – 2010. – № 1, 2.
14. Бобков Н. М. О конструкторской терминологии национальных стандартов // Стандарты и качество. – 2012. – № 9.
15. Бобков Н. М. Агрегатное и модульное проектирование технических систем // Справочник. Инженерный журнал. – 2009. – № 5.
16. ГОСТ 21495 – 76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения.
17. ГОСТ Р 53386 – 2009. Платы печатные. Термины и определения.
18. РД 50-703 – 91. Инструкция. Конструкции базовые несущие радиоэлектронных средств. Технологические требования.
19. ГОСТ Р 52003 – 2002. Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств. Термины и определения.
20. Кофанов Ю. Н. Теоретические основы конструирования, технологии и надежности радиоэлектронных средств: Учебник для вузов. – М.: Радио и связь, 1992.
21. ГОСТ Р 51676 – 2000. Конструкции несущие базовые радиоэлектронных средств. Термины и определения.
22. Детали и механизмы металлорежущих станков. В 2-х т. Т. 1. Общие основы конструирования: направляющие и несущие системы. – М.: Машиностроение, 1972.
23. Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов: Учеб. пособие для вузов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1982.
24. ГОСТ 2.102 – 68. ЕСКД. Виды и комплектность конструкторских документов.
25. Постыка В. М. Научно-методические проблемы стандартизации и пути их решения. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
26. Р 50-54-103 – 88. Рекомендации. Модульные и базовые конструкции изделий. Основные положения.
27. Р 50-605-80 – 93. Рекомендации. СРПП. Термины и определения.
28. ГОСТ 23945.0 – 80. Унификация изделий. Основные положения.
29. ГОСТ 23887 – 79. Сборка. Термины и определения.
30. ГОСТ 20504 – 81. Система унифицированных типовых конструкций агрегатных комплексов ГСП. Типы и основные размеры.
31. Справочник конструктора РЭА: Общие принципы конструирования / Под ред. Р. Г. Варламова. – М.: Сов. радио, 1980.
32. Конструирование приборов. В 2-х кн. / Под ред. В. Краузе; Пер. с нем. – Кн. 1 – М.: Машиностроение, 1987.
33. Диденко К. И., Розен Ю. В., Хромов В. Г. Унификация и стандартизация типовых конструкций для приборов автоматизации, контроля и управления // Стандарты и качество. – 1989. – № 4.
34. Маталин А. А. Технология машиностроения: Учебник для вузов. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1985.
35. Базров Б. М. Основы технологии машиностроения: Учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2005.
36. Моисеев М. П. Экономика технологичности конструкций. – М.: Машиностроение, 1973.
37. Базовый принцип конструирования РЭА / Е. М. Парфенов, В. Ф. Афанасьев, В. И. Владимиров, Е. М. Саушкин; Под ред. Е. М. Парфенова. – М.: Радио и связь, 1981.

Бобков Н. М.

КАТЕГОРИИ НАУКИ О КОНСТРУИРОВАНИИ

Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

В этой статье проанализированы содержания нескольких общих понятий, которые можно рассматривать в качестве категорий науки о конструировании технических систем (*t*-систем). На основе этих категорий уточнены определения некоторых отраслевых понятий науки о конструировании радиоэлектронных средств (РЭС).

Система

Общенаучное понятие «система» в науке о конструировании *t*-систем также является одним из ключевых.

D1. Система – непустое множество взаимосвязанных компонентов, рассматриваемое в данном исследовании как нечто целостное, единое по отношению к окружающей среде.

В качестве систем могут рассматриваться объекты различной природы и сложности, например: солнечная система, система математических уравнений, промышленность страны, автомобиль, крепежная шайба, радиоприемник, ракетно-космическая система, Единая система конструкторской документации (ЕСКД), система «человек-машина», экологическая система и т. д.

Компонентами системы являются подсистемы и элементы. Элемент представляет собой часть системы, неделимую на части в данном исследовании. В качестве элементов систем могут рассматриваться объекты народного хозяйства, атомы, природные космические объекты, математические уравнения, юридические нормы, понятия и обозначающие их термины, представители животного или растительного мира и т. д. В технике элементами систем могут быть машины, приборы, технологические процессы, технические нормы, отдельные детали, поверхности и размеры деталей и т. д.

В некоторых случаях системы делятся на элементы не сразу, а предварительным делением на подсистемы – компоненты более крупные (более сложные), чем элементы, но менее крупные (менее сложные), чем система в целом.

Будучи компонентом системы, подсистема в свою очередь оказывается системой по отношению к элементам, ее составляющим. Любая система может рассматриваться как элемент системы более высокого порядка (суперсистемы или надсистемы), в то время как ее элементы при более детальном исследовании могут выступать в качестве систем более

низкого порядка (подсистем). С этой точки зрения вся материя представляется как бесконечная система систем [3].

Выделение системы из окружающей среды, деление ее на подсистемы и элементы зависят от многих обстоятельств: вида систем, целей и требуемой точности проводимого исследования, а также субъективных предпочтений исследователя, его научных или технических взглядов.

Изложенное здесь общее представление о системах является обычным для литературы по системотехнике. Система может состоять из любого числа элементов. Несмотря на то, что появление системотехники как научного направления обусловлено потребностью в изучении сложных объектов с большим числом элементов и взаимосвязей, сложность и число взаимосвязей не являются существенными признаками понятия «система». Неправильно относить к системам исключительно сложные объекты, как это часто бывает в публикациях по конструированию. Например, определение из учебника [4] (понятие «система» в технике означает сложную совокупность объектов и связей между, предназначенную для реализации заданных функций) сужает содержание понятия «система» до содержания понятия «сложная система».

С категории «система» начинаются многие цепочки понятий, в том числе, важные в строительном конструировании РЭС:

система→*t*-система→изделие,

система→*t*-система→радиоэлектронная система→радиоэлектронное изделие,

система→*t*-система→несущая система→несущее изделие.

В публикациях по конструированию понятие «система» часто отождествляется с понятием «*t*-система», т. е. общенаучная категория используется в узкоотраслевых целях. Это ошибка может привести к путанице в понятиях. *T*-системы – это только один из видов систем, используемых в технике. Они являются объектами конструирования в общем случае.

Недостаток существующих определений понятия «*t*-система» состоит в том, что они даются без ссылки на родовое понятие «система», из-за чего не видны взаимосвязь и различия между ними. Понятие «*t*-система» необходимо вводить с использованием категории «система». Так определение из книги [5] (*t*-система – многокомпонентное, структурно-организованное целое, искусственно созданное человеком из материалов и процессов природы на основе действующих в ней закономерностей с учетом достижений науки и техники с целью реализации определенных функций труда и жизнедеятельности человека) целесообразно переформулировать так:

D2. Техническая система (*t*-система) – система, искусственно созданная человеком из материалов и процессов природы на основе действующих в ней закономерностей с учетом достижений науки и техники с целью реализации определенных функций труда и жизнедеятельности человека.

В науке о конструировании могут рассматриваться как реально существующие *t*-системы, которые еще не изготовлены, но которые планируются к изготовлению в будущем, на которые есть или разрабатывается техническая документация.

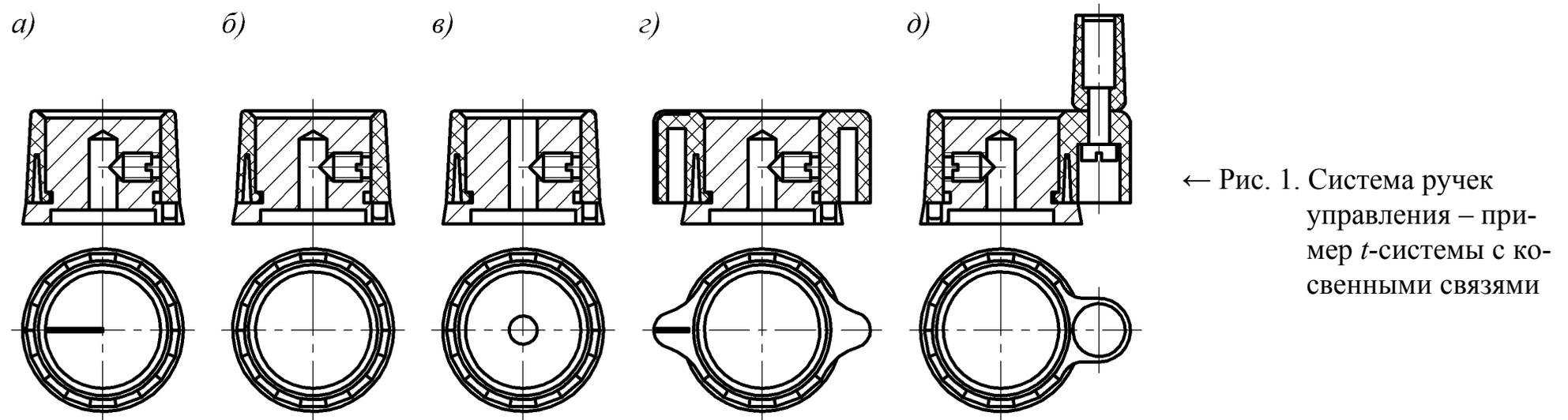
Связи между компонентами *t*-системы могут прямыми (непосредственными) и косвенными (опосредственными) [5]. Широко распространены *t*-системы, для которых характерны прямые связи между компонентами, – механические, гидравлические, электрические, акустические, информационные и т. д. Примеры *t*-систем с прямыми связями: автомобиль, телевизионный приемник, линия радиосвязи (две радиостанции, поддерживающие связь между собой).

В *t*-системах с косвенными связями элементы «взаимодействуют» через параметры внешней среды. Компоненты таких систем относительно автономны и могут не вступать в непосредственное взаимодействие на протяжении всего периода их функционирования. «Взаимодействие» компонентов таких *t*-систем проявляется каждый раз, как только наступает необходимость рассмотреть их как единую систему взаимодействующих по главному признаку (параметру, способу действия и т. п.) и периоду проявления объектов разработки или потребления (эксплуатации) в масштабах отрасли техники или народного хозяйства. Эти связи проявляются во взаимодействии *t*-системы со средой. Примеры *t*-систем с косвенными связями: системы базовых несущих изделий РЭС, совокупность соединителей одного типа (например, совокупность соединителей 2РМ [6]), любая совокупность однотипных изделий, составляющих параметрический или типоразмерный ряд.

На рис. 1 приведены пять типов ручек управления по ОСТ4.425.000 – 81 [7]. Каждый тип образует типоразмерный ряд ручек, отличающихся друг от друга цветом, наружным диаметром и диаметром оси, на которую ручка должна устанавливаться. Совокупность ручек одного типа представляет собой *t*-систему с косвенными связями. Все ручки в целом также можно рассматривать как *t*-систему с косвенными связями. Ручки объединены в систему взаимной унификацией и общими художественно-конструкторскими решениями. Каждая ручка в отдельности является *t*-системой с прямыми связями.

Частный случай *t*-системы – изделие. В конструировании целесообразно использовать термин «изделие», в значении, установленном ЕСКД (ГОСТ 2.101 – 68 [8]): изделием называется любой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии.

Это определение неполное. В нем отсутствуют некоторые существенные признаки изделия. Вырванное из контекста стандартов это определение не может до конца раскрыть содержание понятия и перестает выполнять свою функцию. Предметы и наборы предметов являются изделиями в значении по ЕСКД только в том случае, если для их изготовления необходим комплект конструкторской документации (КД) и, как минимум, основной конструкторский документ.



← Рис. 1. Система ручек управления – пример t -системы с ковенными связями

Определение понятия «изделие», соответствующего ЕСКД по объему и содержанию, правильнее сформулировать так:
D3. Изделие – t -система, обладающая следующими признаками:

- а) t -система представляет собой предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению на предприятии;
- б) конструкция t -системы установлена техническими документами (например, конструкторскими документами по ЕСКД, стандартами);
- в) t -системе в установленном порядке присвоено обозначение, позволяющее однозначно идентифицировать ее.

Любое изделие представляет собой t -систему, но не всякая t -система является изделием. Примеры t -систем – изделий: автомобиль, радиоприемник, мужской костюм, школьная тетрадь, столовый сервиз, отдельная тарелка, то есть любые предметы или наборы предметов производства, конструкция и состав которых определен конструкторской документацией по ЕСКД.

Не являются изделиями такие t -системы как автоматическая система регулировки усиления в радиоприемнике, несущая система РЭС, соединение двух волноводов. Не является, например, изделием t -система, изображенная на рис. 2, – соединение коаксиальных волноводов по ГОСТ 20265 – 83 [9]. Но розетка и вилка, изображенные на рис. 3, присоединительные размеры которых соответствуют ГОСТ 20265 – 83 (рис. 2), есть изделия.

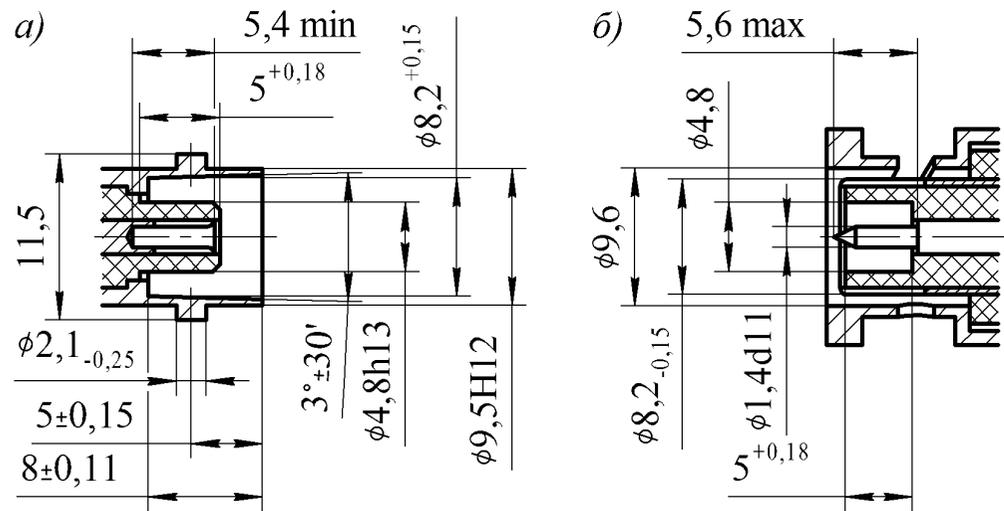


Рис. 2. Соединитель типа V по ГОСТ 20265 – 83 – пример *t*-системы, не являющейся изделием:
а) розетка, б) вилка

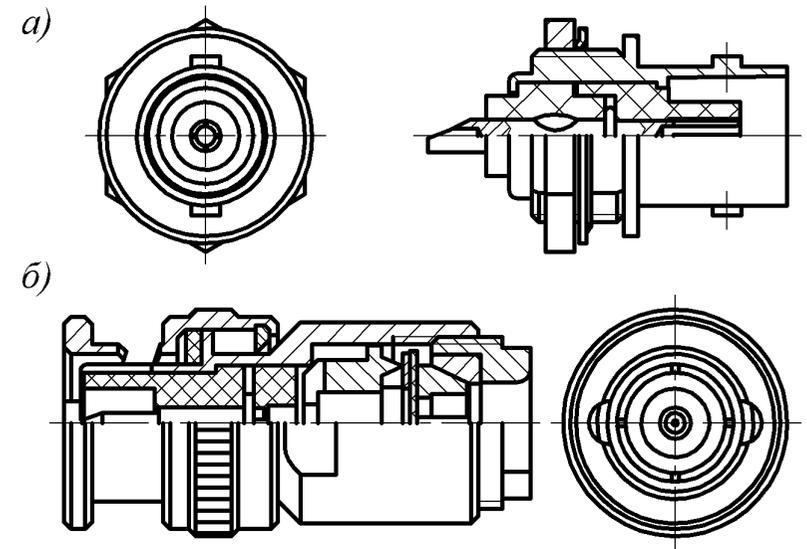
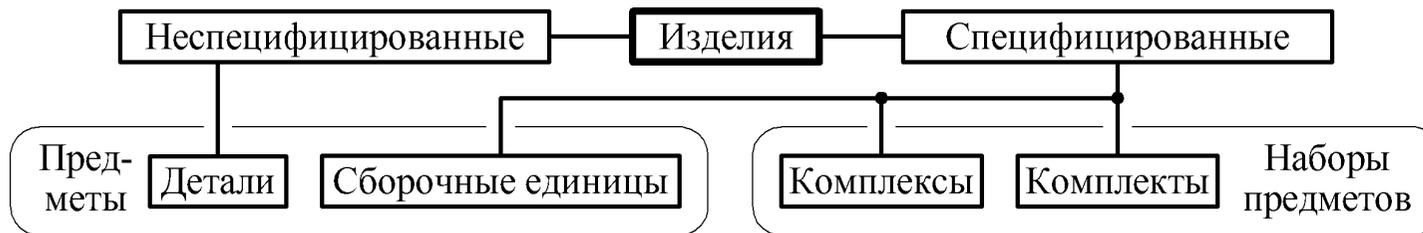


Рис. 3. Розетка (а) и вилка (б) – изделия, сконструированные в соответствии с требованиями ГОСТ 20265 – 83 (см. рис. 2)

Схема деления понятия «изделие» по ЕСКД приведена на рис. 4.



← Рис. 4. Схема деления понятия «изделие» по ЕСКД

Объектами изучения науки о конструировании РЭС являются конструкции РЭС и методы конструирования РЭС. РЭС представляют собой один из видов t -систем. По ГОСТ Р 52003 – 2002 [10] радиоэлектронное средство (РЭС) – изделие и его составные части, в основу функционирования которых положены принципы радиотехники и электроники.

В стандарте не дано определений понятий «изделие» и «составная часть». Можно предположить, что стандарт использует эти понятия в соответствии с ЕСКД. По ЕСКД составные части изделия также являются изделиями. Это значит, что по определению этого стандарта любое РЭС должно представлять собой изделие. Но приведенная в приложении №2 к ГОСТ Р 52003 – 2002 в качестве примера РЭС аэродромная автоматизированная система управления воздушным движением явно не является изделием в значении по ЕСКД. В публикациях по конструированию понятие «радиоэлектронное средство» часто также имеет больший объем, чем понятие «радиоэлектронное изделие». В определении понятия «РЭС» ГОСТ Р 52003 – 2002 допущена ошибка, которую в логике [11] называют ошибкой слишком узкого определения.

Такая же ошибка допущена в этом стандарте и при определении понятия «радиоэлектронная система».

Радиоэлектронная система – радиоэлектронное средство, представляющее собой функционально законченную совокупность радиоэлектронных комплексов и устройств, образующее свойством перестроения своей структуры для рационального решения тактических и (или) технических задач при изменении условий эксплуатации. Любое РЭС по ГОСТ Р 52003 – 2002 (радиоэлектронная система, радиоэлектронный комплекс, радиоэлектронное устройство, радиоэлектронный функциональный узел) представляет собой t -систему в значении, используемом в работах по системному конструированию техники (в соответствии с $D2$), т. е. любое радиоэлектронное средство есть система и, естественно, радиоэлектронная система. Использование понятия «радиоэлектронная система» в качестве видового по отношению к понятию «радиоэлектронное средство» есть ошибка. Термины «радиоэлектронное средство» и «радиоэлектронная система» следует использовать как синонимы.

$D4$. Радиоэлектронная система (радиоэлектронное средство, РЭС) – t -система, в основу функционирования которой положены принципы радиотехники и электроники.

Для наименования понятия, которое в ГОСТ Р 52003 – 2002 названо радиоэлектронной системой, необходимо найти новый термин. Можно в соответствии с традициями системотехники использовать термин «сложная радиоэлектронная система».

Качество

Категория «качество продукции» (*t*-системы и изделия – виды продукции) в отличие от философской категории «качество» охватывает только свойства продукции, которые связаны с возможностью удовлетворения определенных или личных потребностей в соответствии с ее назначением.

D5. Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Нет смысла рассматривать эту категорию подробно. Публикаций, где это уже сделано, существует много, например ГОСТ 15467 – 79 [12].

Конструкция

Слово «конструкция» является одним из самых распространенных и, вместе с тем, самых непонятных слов, используемых в публикациях по конструированию. Обычно это слово используется без каких-либо определений и пояснений, несмотря на его непонятность. В словаре [13] для него даны два определения:

конструкция – 1) совокупность признаков изделия, характеризующая его состав, взаимное расположение и связь частей, форму и взаимное расположение поверхностей деталей и соединений, их состояние, размеры, материалы и информационную выразительность (например, конструкция машины – равноценно понятию устройство машины в смысле, как она устроена); 2) сооружения и части сооружений, механические соединения частей, несущие части машин и т. п. (например, сварные конструкции, металлоконструкции, железобетонные конструкции и др. устройства в смысле названия изделий, предметов).

Во втором значении слово «конструкция» употребляется в следующих случаях.

1. Это слово заменяет слова «сооружение», «машина», «прибор» и т. д. по стилистическим соображениям, чтобы не перегружать текст одинаковыми словами.

2. В текстах, в которых говорится об общетехнических вопросах конструирования, понятие «конструкция» используется как обобщение частных понятий «сооружение», «машина», «прибор» и т. д.

3. Словом «конструкция» называют технические объекты, к которым по смыслу не подходят наименования

«сооружение», «машина», «прибор», «изделие» и т. д.

В некоторых документах слово «конструкция» в нарушение норм построения терминологии [14 – 16] используется в обоих значениях. Например, во вводной фразе одного из государственных стандартов – «Настоящий стандарт устанавливает *конструкцию* и размеры базовых несущих *конструкций* ... » – первое слово «конструкция» имеет первое значение, второе слово «конструкция» – второе значение.

Иногда использование слова «конструкция» вообще лишено смысла, например, в требовании «конструкция детали должна иметь форму, обеспечивающую ориентированную установку в накопителях» [17]. Эту фразу правильнее изложить так: «деталь должна иметь форму, обеспечивающую ориентированную установку в накопителях».

Многозначность терминов – грубое нарушение научных принципов и стандартизованных норм построения терминологии. Термин «конструкция» в науке о конструировании должен иметь только одно первое значение и использоваться для выражения важнейшей специальной категории науки о конструировании *t*-систем.

D6. Конструкция *t*-системы – система заранее, т. е. до изготовления самой *t*-системы, продуманных свойств *t*-системы, характеризующая состав, назначение, взаимное расположение, форму, размеры, материалы и взаимосвязи элементов *t*-системы [18].

Конструкция *t*-системы есть идеальная модель этой *t*-системы. В начале конструирования конструкция формируется как интуитивная модель. В процессе конструирования она уточняется и преобразуется в знаковую, при «бумажном» способе оформления КД – графическую. Как модель конструкция используется в мысленных экспериментах, проводимых при разработке *t*-системы, с целью оценки соответствия *t*-системы предъявляемым требованиям. Знаковая форма этой модели, отраженная в КД, служит средством передачи информации о характеристиках *t*-системы от ее разработчиков к ее изготовителям и эксплуатационникам. С точки зрения теории познания конструкция *t*-системы представляет собой мысленный образ *t*-системы, созданный продуктивным творческим воображением конструктора. Можно рассматривать конструкцию как записанную в КД информацию, необходимую для изготовления *t*-системы. В любом случае недопустимо рассматривать конструкцию как материальный объект.

Конструкция состоит из конструктивных решений.

D7. Конструктивное решение – любой элемент конструкции.

Не следует под элементами конструкции понимать материальные части *t*-систем (винты, рифты, ребра жесткости и т. д.). К конструктивным решениям относятся не сами материальные части, а свойства этих частей: форма детали, состав сборочной единицы, способ соединения двух деталей, материалы деталей и т. д.

Конструкция изделия представляет собой множество конструктивных решений, отраженных в КД и необходимых для

изготовления изделия. Например, конструкция детали включает в себя следующую совокупность конструктивных решений:

материал детали;

форма детали;

размеры элементов детали;

термообработка;

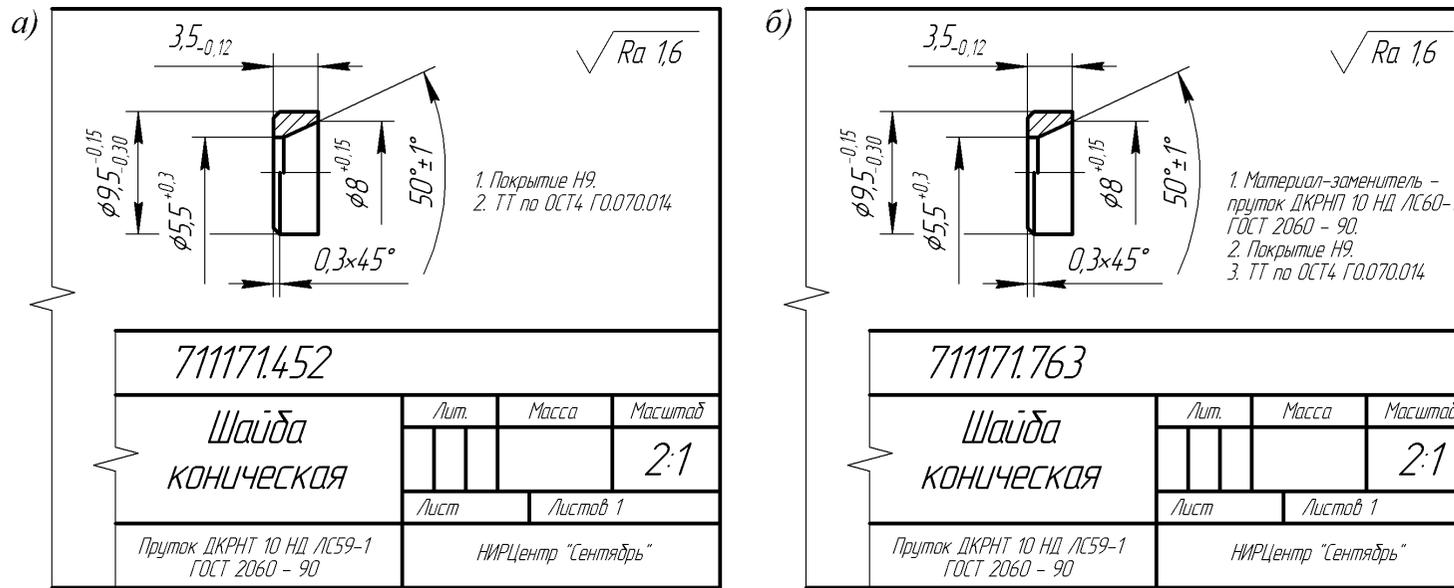
состояние поверхности;

покрытие поверхности;

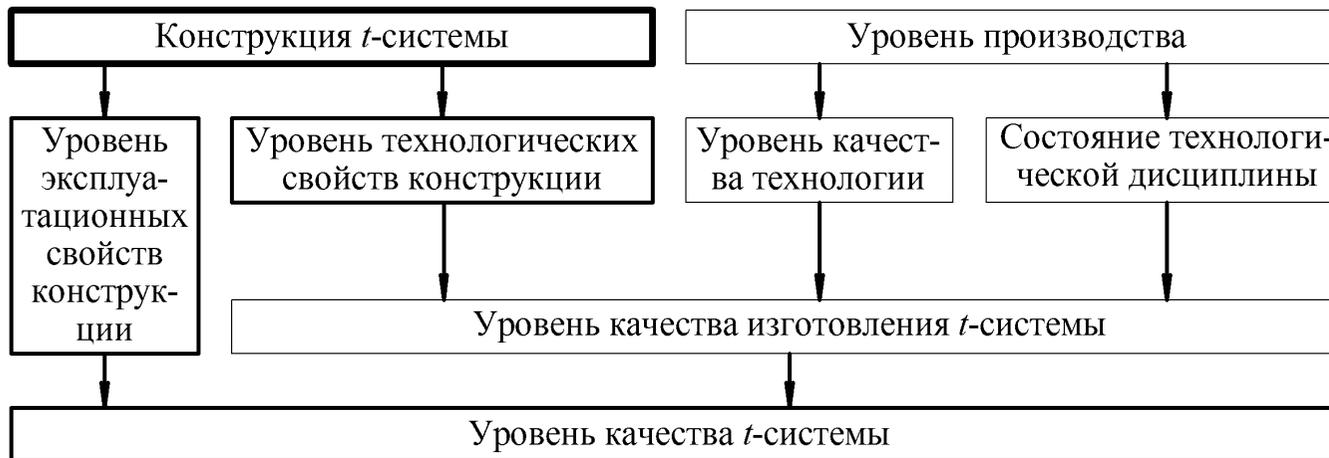
допустимые отклонения и варианты конструктивных решений (предельные отклонения размеров, формы и расположения поверхностей, материалы-заменители и т. д.).

Изделия имеют одинаковую конструкцию, если у них совпадают все конструктивные решения. Так две детали, изображенные на рис. 5, имеют разную конструкцию – в конструкции детали по рис. 5, *а* нет материала-заменителя, предусмотренного конструкцией детали по рис. 5, *б*.

Конструкция определяет уровень качества *t*-системы в эксплуатации как непосредственно (через уровень эксплуатационных свойств, заложенных в ней), так и косвенно через качество изготовления *t*-системы, которое зависит, в свою очередь, и от уровня технологических свойств конструкции (рис. 6).



← Рис. 5. Примеры деталей разной конструкции



← Рис. 6. Влияние конструкции t-системы на уровень ее качества

Потребность и рыночный спрос

Учет структуры и динамики общественных потребностей при конструировании новых t -систем – содержание социологического принципа конструирования. Начиная конструирование новой t -системы, конструктор должен исходить из того, что социальная задача любого производства – удовлетворение потребностей людей.

Учет затрат живого и овеществленного труда с целью создания экономически целесообразной, рентабельной t -системы – содержание экономического принципа конструирования. Конструктор также должен исходить из того, что экономическая задача любого производства – получение прибыли от продажи t -системы на рынке, а для этого t -системы должны иметь рыночный спрос.

Для использования социально-экономических понятий «потребность» и «рыночный спрос» в качестве категорий науки о конструировании их содержания необходимо уточнить.

D8. Потребность (Пт) – объективное рассогласование фактического и необходимого состояния индивида или социальной общности (человека, социальной группы или общества) [19, 20].

Необходимое состояние (норма) определяется мерой человека, системой тех качеств, которые обеспечивают оптимальное функционирование человека в системе общества. Фактическое состояние определяется наличными реальными условиями бытия человека.

D9. Удовлетворение потребности – это преодоление рассогласованности, приведение фактического состояния в соответствие с необходимым [19, 20].

D10. Спрос (Сп) – субъективная форма проявления потребности [20].

В современном обществе большинство потребностей удовлетворяется с помощью рынка. Отражением потребности на рынке является рыночный спрос.

D11. Рыночный спрос (С) – часть спроса на товар обеспеченная денежными средствами покупателей.

Рыночный спрос на рынке удовлетворяется предложением товаров.

D12. Предложение (П) – количество произведенного товара, доставленного на рынок для продажи.

Предложение может быть как равно, так и больше или меньше потребности и рыночного спроса. Часто для обозначения товара, которого нет в достаточном количестве, используют слово «дефицит». Для науки о конструировании понятие «дефицит» разделим на два понятия – «реальный дефицит» и «рыночный дефицит».

D13. Реальный дефицит (РД) – разность между потребностью в некотором товаре и предложением его ($РД = Пт - П$).

D14. Рыночный дефицит (D) – разность между рыночным спросом на некоторый товар и предложением его ($D = C - П$).

Потребности, спрос, рыночный спрос, предложение и дефициты могут измеряться как в физических величинах (килограммах, метрах, штуках и т. д.), так и в ценах. В этой статье предполагается, что эти параметры измеряются в физических величинах.

Потребности зависят от многих факторов: назначения и качества товара, численности населения, национальных традиций, исторических условий, уровня развития науки и технологии и достигнутого уровня производства, климатических условий, моды и т. д., но не зависят от цены ($Ц$) на товар и доходов населения.

В отличие от потребности рыночный спрос зависит также от цены товара и доходов населения. График зависимости $C = f(Ц)$ – кривая спроса – изображен на рис. 7, *a* [21].

Общая характеристика потребностей и их классификация изложены в справочнике [22]. Эта классификация со следующим уточнением может быть использована и в науке о конструировании. В справочнике [22] потребности делятся на разумные (рациональные) и иррациональные. Это деление не соответствует такому признаку понятия «потребность» как объективность рассогласования состояния человека (см. определение *D8*). Логичнее считать, что потребности всегда разумны, рациональны, общественно полезны. Неразумными, нерациональными, вредными могут быть спрос и рыночный спрос.

Потребность и рыночный спрос – основные объекты исследований при внешнем проектировании t -системы. Понятие «потребность» в применении к задачам конструирования подробно рассмотрены в монографии [23]. Прогнозирование потребности и ее точное определение в процессе создания новой техники в этой книге поставлено в один ряд с конструированием, изготовлением и эксплуатацией.

Количественное определение потребностей (за исключением, возможно, довольно стабильных потребностей, обеспечивающих биологическое существование людей) представляет собой сложную со многими неопределенностями задачу. В советской экономике объемы производства товаров, удовлетворяющих наиболее важные потребности, определялись государственными органами (Госпланом и др.) на основе так называемых норм рационального потребления, рекомендуемых наукой, с учетом существующих производственных мощностей. Объемы производства доводились до отдельных производителей в виде директивных плановых заданий. Цены товаров также определялись государством.

Эта система управления имела большие недостатки. Прежде всего – это постоянный рыночный дефицит товаров нередко в отсутствие реального дефицита. При фиксированных ценах возникший по какой-либо причине рыночный дефицит можно устранить только увеличением предложения. Но, так как мощности производства всегда ограничены, то увеличить предложение и восстановить рыночное равновесие было сложно.

Второй недостаток такого управления – постоянная тенденция к снижению качества товаров. Более качественный товар пользуется большим рыночным спросом (кривая А на рис. 7, б), чем аналогичного назначения товар, имеющий такую же цену Π_1 , но меньшего качества (кривая Б на рис. 7, б). Производитель в условиях рыночного дефицита имеет возможность увеличить свои доходы, увеличивая предложение с величины Π_1 (точка 1 на рис. 7, б) до величины Π_2 (точка 2 на рис. 7, б), расширяя производство товара за счет снижения себестоимости в ущерб качеству. Снижение качества естественно приводит к некоторому снижению рыночного спроса с величины C_1 (точка 4 на рис. 7, б) до величины C_2 (точка 3 на рис. 7, б), рыночный дефицит уменьшается с величины D_1 до величины D_2 и при некоторых условиях может исчезнуть совсем, т. е. равновесие установится при более низком уровне качества товара.

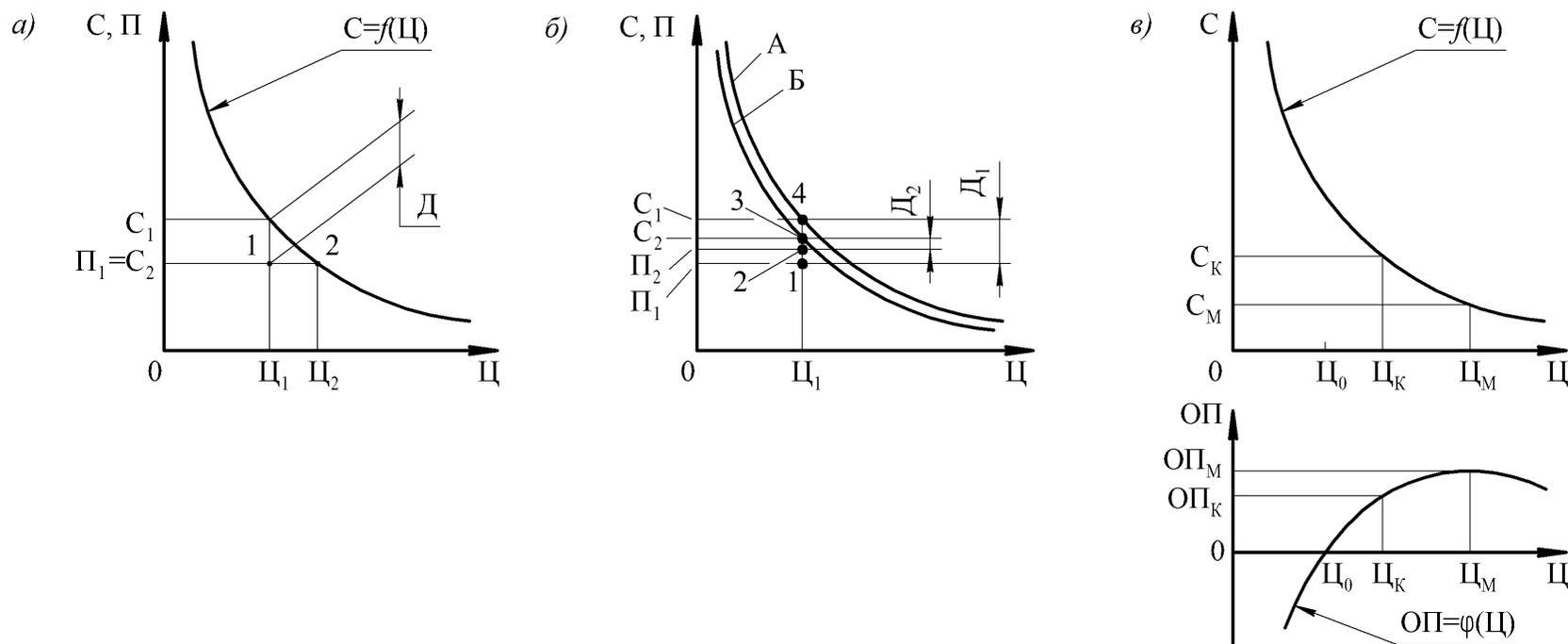
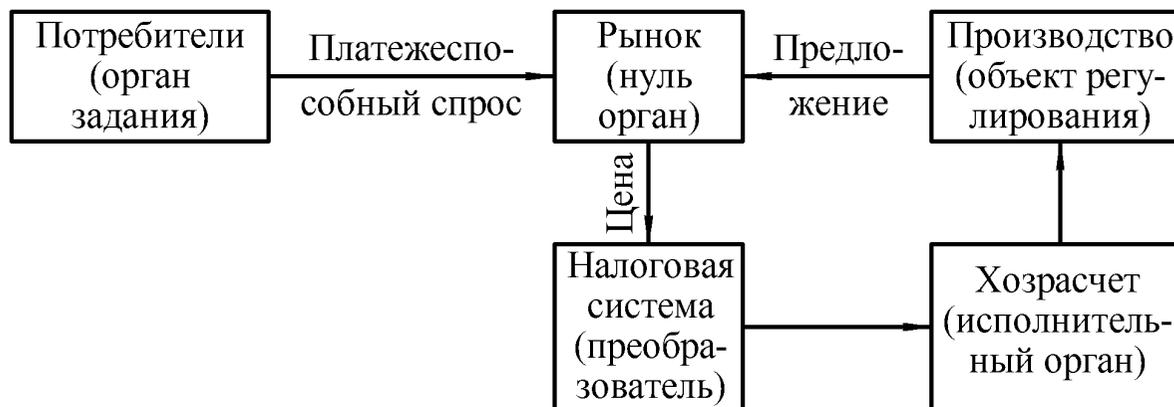


Рис. 7. Кривые рыночного спроса

В рыночной экономике рыночный спрос и рыночный дефицит являются эффективными средствами управления производством. При свободных ценах, если предложение Π_1 при цене Π_1 (точка 1 на рис. 7, а) меньше рыночного спроса C_1 и есть рыночный дефицит D , действие объективных рыночных законов приводит к повышению цены на товар до величины Π_2 . Рыночный спрос уменьшается до величины $C_2 = \Pi_1$, и рыночное равновесие устанавливается в точке 2 кривой спроса.

Всякое отклонение системы по каким-либо причинам от равновесия приводит к уменьшению или увеличению цены и, как следствие, к уменьшению или увеличению прибыли от производства и продажи товара, а это, в свою очередь, ведет к уменьшению или увеличению объемов производства и предложения товара и восстановлению равновесия. Таким образом, рыночная система автоматически регулирует производство товара и поддерживает равновесие между рыночным спросом и предложением. В этом качестве рыночная система регулирования производства аналогична t -системам автоматического регулирования (САР) по отклонению (рис. 8) [24].



←Рис. 8. Структурная схема рыночной системы автоматического регулирования

Так же, как и технические САР, рыночные САР представляют собой замкнутые обратной связью динамические системы, поддерживающие с некоторой точностью равенство значений регулируемых переменных (предложений товаров) значениям задающих переменных (рыночным спросам на товары).

Зависимость общей прибыли ОП от продажи всего товара данного вида по цене, обеспечивающей равенство рыночного спроса предложению (т. е. при условии, что точка (Π, C) лежит на кривой спроса – верхней кривой на рис. 7, в), соответствует нижней кривой на рис. 7, в, где C – рыночный спрос на товар; Π – цена единицы товара; Π_0 – себестоимость

единицы товара.

Вид нижней кривой на рис. 7, в обосновывается следующими рассуждениями. При цене, близкой к нулю, рыночный спрос и убытки от продажи товара будут значительными (прибыль ОП < 0). По мере повышения цены убытки будут уменьшаться (прибыль расти) за счет одновременного увеличения цены Ц и снижения объемов производства и предложения, вызванных падением рыночного спроса. При цене, равной себестоимости ($C = C_0$), прибыль ОП = 0. Дальнейший рост цены сначала будет сопровождаться ростом прибыли. Но рост прибыли не может быть бесконечным. Так как денежные средства даже самых богатых покупателей ограничены, то должна существовать цена, при которой рыночный спрос и, как следствие, общая прибыль становятся равными нулю. Из этого следует, что функция, выражающая зависимость общей прибыли от цены, должна иметь при некоторой цене C_M максимум ОП_М. Отклонение цены в любую сторону от C_M ведет к снижению прибыли.

Если продавец на рынке один, он может устанавливать и цену, и общий объем рыночного спроса. При монопольной цене C_M рыночный спрос будет равен C_M , и, если объем предложения P_M будет ему равен, общая прибыль, получаемая этим продавцом, будет максимальной. Рыночная САР в этом случае будет иметь рабочую точку (C_M, C_M).

Если на рынке некоторый товар предлагают много независимых друг от друга продавцов, то каждый отдельный продавец не может управлять ни общим объемом рыночного спроса, ни соответствующей ему ценой на товар. В стремлении получить максимальную прибыль каждый продавец будет стремиться увеличивать объем продаваемого товара до тех пор, пока на рынке не установится равновесие при общем объеме предложения P_K , соответствующего цене C_K , обеспечивающей некоторую считающуюся нормальной прибыль (рис. 7, в). Несогласованные действия продавцов, конкуренция между ними обычно приводят к тому, что рабочая точка рыночной САР устанавливается в точке (C_K, C_K) при большем объеме предложения ($P_K > P_M$), меньшей цене на товар ($C_K < C_M$) и меньшей общей прибыли (ОП_К < ОП_М), получаемой всеми продавцами, чем при монополии.

Основное преимущество рыночного управления производством – способность автоматически поддерживать равновесие между рыночным спросом и предложением товаров. Рыночный дефицит легко устраняется увеличением цены. Но отсутствие рыночного спроса не означает отсутствие дефицита реального. Основным недостатком рыночного управления состоит в том, что по своему принципу действия оно задачу удовлетворения потребностей в общем случае решить не может. Без вмешательства государства рыночные САР удовлетворительно (с точки зрения обеспечения именно потребностей, а не рыночного спроса) решают задачу регулирования производства только тех товаров, на которые (в силу случайного стечения разных обстоятельств) рыночный спрос близок к потребности (отношение $k = C_K/P_T = 1$). При $k < 1$ в свободной рыночной экономике неизбежен реальный дефицит товаров; рыночный спрос и предложение товаров, имеющих показатель $k > 1$,

всегда будет превышать потребность в них, что, как минимум, ведет к расточительному расходованию ресурсов на их производство.

Совпадение рыночного спроса с потребностью можно наблюдать далеко не для всех товаров, поэтому можно сделать важный для науки о конструировании вывод: одновременная оптимальная реализация социологического и экономического принципов конструирования в общем случае невозможна.

Технологичность конструкции

D15. Технологичность конструкции *t*-системы – совокупность свойств *t*-системы, определяющих приспособленность ее конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве, эксплуатации и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий проведения работ.

Категория «технологичность конструкции» подробно рассмотрена в [25].

Преемственность конструкции

Конструкция каждой *t*-системы – итог работы конструкторов нескольких поколений. Связь и взаимодействие между старым и новым в процессе развития науки и техники, природы и общества характеризует преемственность.

D16. Преемственность конструкции *t*-системы – совокупность свойств *t*-системы, выражающих ее технологичность с точки зрения единства изменяемости и повторяемости принятых конструктивных решений.

Категория «преемственность конструкции» подробно рассмотрена в [5].

Совместимость

T-системы при эксплуатации в той или иной форме взаимодействуют с окружающей средой, которая может включать в себя и другие *t*-системы. При конструировании новой *t*-системы необходимо учитывать необходимость и предусматривать

возможность такого взаимодействия.

D17. Совместимость – пригодность продукции, процессов или услуг к совместному, но не вызывающему нежелательных взаимодействий использованию при заданных условиях для выполнения установленных требований (ГОСТ Р 1.12 – 2004 [26]).

При конструировании *t*-систем должны быть обеспечена техническая совместимость входящих в нее частей.

D18. Техническая совместимость – совместимость изделий, их составных частей, горюче-смазочных материалов, технологических процессов изготовления и контроля.

Техническая совместимость подразделяется на виды согласно ГОСТ 30709 – 2002 [27].

Взаимозаменяемость

По определению из справочника [28] взаимозаменяемость – пригодность одного изделия, процесса или услуги для использования вместо другого изделия, процесса или услуги в целях выполнения одних и тех требований. Для науки о конструировании Т-систем определение категории «взаимозаменяемость» целесообразно давать с использованием категории «техническая совместимость».

D19. Взаимозаменяемость – свойство совокупности независимо изготовленных одинаковых частей некоторой Т-системы сохранять техническую совместимость с ее другими частями при любом допустимом отклонении параметров и размеров этих составных частей.

Различают следующие виды взаимозаменяемости:

а) эксплуатационную, вызываемую требованиями надежности и рационального использования составных частей (ответственные и точные сопряжения и функциональные параметры, запасные и сменные части, присоединительные элементы агрегатов и т. п.);

б) производственную, вызываемую требованиями рационального производства (сокращения пригоночных и ручных работ, механизации и автоматизации процессов, удешевление изготовления и т. п.).

Категория «взаимозаменяемость» подробно изложена в [5, 29, 30].

Заключение

В этой статье приведены и проанализированы содержания категорий, наиболее общих и необходимых при изложении вопросов строительного конструирования РЭС. Частные понятия будут вводиться в следующих статьях по мере необходимости.

Категориями, рассмотренными в статье, список категорий науки о конструировании *t*-систем не исчерпывается. Определение более или менее полной системы категорий науки о конструировании *t*-систем требует специальных исследований. Поскольку содержание любой науки зависит от того, как определены исходные максимально широкие для данной науки понятия, формирование системы категорий науки о конструировании *t*-систем в целом фактически равноценно формированию самой этой науки.

Литература

1. Кондаков Н. И. Логический словарь-справочник. – М.: Наука, 1975.
2. Ивлев Ю. В. Логика: Учебник. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008.
3. Алексеев П. В., Панин А. В. Философия: Учебник. – М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2006.
4. Гель П. П., Иванов-Есипович Н. К. Конструирование и микроминиатюризация радиоэлектронной аппаратуры: Учебник для вузов. – Л.: Энергоатомиздат (Ленингр. отд-ние), 1984.
5. Амиров Ю. Д. Стандартизация и проектирование технических систем. – М.: Изд-во стандартов, 1985.
6. Лярский В. Ф., Мурадян О. Б. Электрические соединители: Справочник. – М.: Радио и связь, 1988.
7. ОСТ4.425.000 – 81 Конструкции базовые несущие «Надел-75». Ручки управления электронных измерительных приборов. Конструкция и размеры.
8. ГОСТ 2.101 – 68. ЕСКД. Виды изделий.
9. ГОСТ 20265 – 83. Соединители радиочастотные общего применения. Присоединительные размеры.
10. ГОСТ Р 52003 – 2003. Уровни разукрупнения радиоэлектронных средств. Термины и определения.
11. Кириллов В. И., Старченко А. А. Логика: Учебник для вузов. – М.: ЮристЪ, 2004.
12. ГОСТ 15467 – 79. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.
13. Крайнев А. Ф. Механика. Фундаментальный словарь. – М.: Машиностроение, 2001.
14. Краткое методическое пособие по разработке и упорядочению научно-технической терминологии. – М.: Наука, 1979.
15. Р 50-603-1 – 89. Рекомендации. Разработка стандартов на термины и определения. – М.: ВНИИКИ, 1990.

16. Р 50.1038 – 2002. Стандартизация терминов и определений в области оборонной продукции. Общие положения.
17. РД 50–703–91. Конструкции базовые несущие радиоэлектронных средств. Технологические требования.
18. Бобков Н. М. Что такое конструирование радиоэлектронных средств? // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. – 2008. – № 1, 2.
19. Зеленов Л. А., Владимиров А. А., Щуров В. А. История и философия науки: Учеб. пособие. – М.: Флинта: Наука, 2008.
20. Зеленов Л. А. История и теория дизайна: Учеб. пособие. – Н. Новгород: Нижегородский государственный инженерно-строительный университет, 2000.
21. Спиринов А. А., Фомин Г. П. Экономико-математические методы и модели в торговле. – М.: Экономика, 1988.
22. Баранова Л. Я., Левин А. И. Потребности, доходы, потребление: экономический словарь-справочник. – М.: Экономика, 1988.
23. Дитрих Я. Проектирование и конструирование: Системный подход / Пер. с польск. – М.: Мир, 1981.
24. Бобков Н. М. Категории науки о конструировании технических систем // Радиопромышленность: Науч.-техн. сборник: Труды научно-технической конференции «Радиолокация. Теория и практика», посвященной 60-летию Нижегородского НИИ радиотехники. – 2008. – Вып. 2.
25. Технологичность конструкции изделия: Справочник / Ю. Д. Амиров, Т. К. Алферова, П. Н. Волков и др.; Под общ. ред. Ю. Д. Амирова. – М.: Машиностроение, 1990.
26. ГОСТ Р 1.12 – 2004. Стандартизация в Российской Федерации. Термины и определения.
27. ГОСТ 30709 – 2002. Техническая совместимость. Термины и определения.
28. Качество продукции, испытания, сертификация. Терминология: Справочное пособие. – Вып. 4. – М.: Изд-во стандартов, 1989.
29. Дунин-Барковский И. В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник. – М.: Изд-во стандартов, 1987.
30. Справочник по производственному контролю в машиностроении / Под ред. А. К. Кутая. – Л.: Машиностроение (Ленингр. отд-ние), 1974.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ К РАЗРАБАТЫВАЕМЫМ (МОДЕРНИЗИРУЕМЫМ) ТЕХНИЧЕСКИМ СИСТЕМАМ

(Из ГОСТ 15.016 – 2016 Система разработки и постановки продукции на производство.
Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению)

ГОСТ 15.016 – 2016 устанавливает требования к построению, содержанию, изложению, оформлению, порядку согласования и утверждения технического задания (ТЗ) на выполнение научно-исследовательских (НИР) и опытно-конструкторских работ (ОКР) в области изделий машиностроения и приборостроения.

6.1.1 ТЗ на ОКР рекомендуется предусматривать учет интересов всех возможных потребителей.

Не допускается включать в ТЗ требования, которые противоречат действующему законодательству и обязательным требованиям стандартов и технических регламентов.

В ТЗ должна быть предусмотрена реализация всех обязательных требований стандартов и технических регламентов, распространяющихся на данную продукцию, и указана предусмотренная законодательством форма подтверждения соответствия продукции этим требованиям.

ТЗ на ОКР может состоять из разделов, располагаемых в следующем порядке:

- наименование, шифр ОКР, основание, исполнитель и сроки выполнения ОКР;
- цель выполнения ОКР, наименование и обозначение изделия;
- технические требования к изделию;
- технико-экономические требования;
- требования к видам обеспечения;
- требования к сырью, материалам и комплектующим изделиям межотраслевого применения (КИМП);
- требования к консервации, упаковке и маркировке;
- требования к учебно-тренировочным средствам (при необходимости);
- специальные требования;
- требования к документации;
- этапы выполнения ОКР;

– порядок выполнения и приемки этапов ОКР.

ТЗ на ОКР может быть дополнено приложениями.

В зависимости от особенностей разрабатываемого (модернизируемого) изделия, условий его применения и эксплуатации допускается вводить в ТЗ на ОКР другие разделы или исключать разделы, в которых нет необходимости.

6.1.4 В разделе «Технические требования к изделию» указывают требования, характеристики, нормы, показатели и другие параметры, определяющие назначение, эксплуатационные характеристики, условия эксплуатации и применения изделия. Раздел может состоять из следующих подразделов:

- состав изделия;
- требования назначения;
- требования электромагнитной совместимости (для радиоэлектронных средств);
- требования живучести и стойкости к внешним воздействиям;
- требования надежности;
- требования эргономики, обитаемости и технической эстетики;
- требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта;
- транспортирование;
- требования безопасности;
- требования стандартизации, унификации и каталогизации;
- требования технологичности;
- конструктивные требования.

При необходимости изложения специфических требований допускается вводить и другие подразделы.

6.1.4.2 В подразделе «Требования назначения» устанавливают:

– характеристики (параметры), обеспечивающие выполнение изделием своих функций в заданных условиях применения, в том числе с учетом аварийных ситуаций, а также нормы и количественные показатели, определяющие эффективность изделия (пространственные пределы работы, точность выполнения операций, время готовности к работе и т. д.);

– технические характеристики (параметры) изделия, обеспечивающие выполнение возложенных на него задач (мощность, чувствительность, коэффициент полезного действия, грузоподъемность и т. д.), если их значения по каким-либо соображениям (например, экологической безопасности) должны быть ограничены или нормированы;

– порядок и способы взаимодействия с сопрягаемыми объектами, параметры воздействий (сигналов), поступающих на

сопрягаемые объекты от создаваемого изделия или поступающих на создаваемое изделие от сопрягаемых объектов, необходимость обмена информацией и способы обмена ею, а также требования к автономности применения (при необходимости);

– вероятностно-временные и другие характеристики и показатели, определяющие целевое использование создаваемого изделия, или показатели, значения которых по соображениям безопасности должны быть нормированы (время готовности к использованию, время непрерывной или циклической работы и т. д.).

6.1.4.3 В подразделе «Конструктивные требования» устанавливают совокупность требований к конструкции создаваемого изделия, соблюдение которых обеспечивает соответствие изделия его целевому назначению и заданному уровню качества в процессе создания, производства и эксплуатации, и указывают:

– основные конструктивные требования к изделию и его составным частям (СЧ) (габаритные, установочные и присоединительные размеры; способ крепления; запасы регулировки управления);

– требования конструктивной приспособленности изделия к консервации;

– вид исполнения (контейнерное, блочное, моноблочное);

– требование к конструктивному оформлению изделия, к разработке его в качестве базового и приспособленности конструкции изделия к дальнейшей модернизации;

– требования комплексной миниатюризации радиоэлектронной аппаратуры изделия;

– требования к порядку заимствования ранее разработанных СЧ изделия и использования СЧ и КИМП, включенных в каталог продукции согласно национальному законодательству;

– массу изделия (при необходимости) и ограничения по массе отдельных или изымаемых СЧ изделия;

– требования приспособленности конструкции изделия к контролю технических характеристик в процессе производства и эксплуатации.

Если планируемое к разработке изделие должно иметь несколько модификаций (вариантов поставки или изготовления), то в ТЗ определяют базовую конструкцию и приводят состав каждой модификации (комплектации).

6.1.4.5 В подразделе «Требования живучести и стойкости к внешним воздействиям» устанавливают требования, обеспечивающие способность изделия выполнять свои функции в условиях влияния окружающей среды (ОС), сопрягаемых и других объектов, а также при возможных повреждениях и в аварийных ситуациях. Номенклатуру, характеристики внешних воздействующих факторов и содержание требований по стойкости устанавливают с учетом требований ГОСТ 21964. В подразделе в зависимости от вида и назначения изделия устанавливают требования в части:

– восстановления и поддержания работоспособности изделия после эксплуатационного повреждения;

– воздействия климатических условий (колебаний и предельных значений температуры, влажности воздуха и атмосферного давления, солнечной радиации, атмосферных конденсированных осадков, агрессивных сред, пыли, воды и т. д.);

– стойкости к воздействию механических нагрузок (вибрационных, ударных, скручивающих, ветровых и др.);

– износостойкости (в том числе к абразивному действию пыли и песка, к воздействию снега, обледенения и др.);

– устойчивости к влиянию внешних физических полей (магнитного, электрического);

– устойчивости к моющим средствам, топливу, маслам, биологическим факторам;

– схемного, конструктивного, производственно-технологического и эксплуатационного обеспечения живучести.

6.1.4.6 В подразделе «Требования надежности» в соответствии с порядком и правилами, регламентированными ГОСТ 27.003, устанавливают:

– номенклатуру и значения показателей надежности;

– критерии отказов и предельных состояний, применительно к которым устанавливают показатели надежности;

– количественные показатели назначенного ресурса, срока службы, срока хранения (включают при необходимости);

– требования к конструктивным, производственным и эксплуатационным способам обеспечения надежности в заданных условиях и режимах эксплуатации;

– требования надежности математического и других видов обеспечения, в том числе метрологической надежности средств измерения (включают при необходимости);

– общие требования к методам оценки (контроля) соответствия изделия заданным требованиям надежности на различных этапах жизненного цикла;

– количество изделий, выделяемых для испытаний на надежность, и указание о том, с какими испытаниями можно совмещать испытания на надежность;

– необходимость разработки методики ускоренных испытаний на надежность и требование к ним.

6.1.4.7 В подразделе «Требования эргономики, обитаемости и технической эстетики» устанавливают:

– эргономические требования к организации и средствам деятельности человека-оператора (к распределению функций, алгоритмам работы операторов, способам решения поставленных задач, пространственно-временной организации выполняемых операций, циклограммам деятельности, усилиям, требуемым для управления и обслуживания, режиму труда и отдыха, средствам отображения информации, организации рабочего места и т. п.), а также порядок и последовательность учета эргономических факторов на всех этапах создания изделия и учебно-тренировочных средств к нему;

– требования к изделию к обитаемости (условиям жизни и деятельности), содержащие нормы и требования к

физическим, химическим, биологическим и социально-психологическим факторам, обеспечивающим сохранение здоровья и работоспособности персонала;

– требования технической эстетики, определяющие композиционную целостность, информационную выразительность, рациональность формы и культуру производственного исполнения создаваемого изделия, в том числе: стилового соответствия формы современному уровню развития техники, согласованности и соразмерности формы и объемно-пространственной структуры изделия, соответствия цветового решения и отделки изделия.

6.1.4.8 В подразделе «Требования к эксплуатации, хранению, удобству технического обслуживания и ремонта» устанавливают требования:

– к рабочим и предельным условиям эксплуатации, во время и после которых изделие не должно разрушаться, сохраняя свои параметры в пределах установленных норм с заданным уровнем отклонения величин;

– к эксплуатационным режимам;

– к условиям хранения на открытых площадках, под навесами, в хранилищах, в составе законсервированного изделия.

6.1.4.9 В подразделе «Транспортирование» устанавливают требования, определяющие приспособленность изделия к перевозке, и указывают:

– виды транспорта, которым может осуществляться перевозка;

– показатели транспортирования изделия каждым видом транспорта (дальность, скорость, продолжительность перевозок, количество погрузок, перегрузок, выгрузок и др.) и массогабаритные характеристики изделия;

– условия перевозки (в том числе по климатическим условиям), возможность перевозки в готовом к функционированию в составе более сложного изделия состоянии, параметры допустимых механических воздействий (статических, динамических нагрузок, перепады давления при разгерметизации грузовых кабин летательных аппаратов), необходимость защиты изделия от внешних воздействующих факторов при перевозке.

6.1.4.10 В подразделе «Требования безопасности» устанавливают требования, характеризующие конструктивно-технические особенности создаваемого изделия, обеспечивающие безопасность персонала, местного населения, сопрягаемых и других близко расположенных объектов, а также окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла изделия.

6.1.4.11 Подраздел «Требования стандартизации, унификации и каталогизации» должен состоять из двух частей, устанавливающих:

– требования стандартизации и унификации;

– требования каталогизации.

6.1.4.11.1 В подразделе «Требования стандартизации и унификации» устанавливают количественные требования стандартизации и унификации изделия, в том числе требования совместимости, обеспечивающие повышение эффективности применения по назначению в составе сложных изделий.

6.1.4.11.2 В подразделе «Требования каталогизации» излагают требования согласно национальному законодательству.

6.1.4.12 В подразделе «Требования технологичности» устанавливают требования к производственной, эксплуатационной технологичности, обеспечивающие достижение заданных показателей качества создаваемого изделия при минимальных затратах на его изготовление, техническое обслуживание и ремонт, а также требования технологической рациональности системных, схемных и конструктивных решений.

В подразделе при необходимости устанавливают требования технологической независимости изделий, создаваемых с применением электрорадиоизделий (ЭРИ) и электронно-вычислительной техники (ЭВТ) иностранного производства, которая должна обеспечиваться:

- в изделиях, подлежащих единичному производству, – путем закупки необходимого количества ЭРИ и ЭВТ иностранного производства для проведения исследований и испытаний, комплектации в процессе разработки и изготовления опытного образца изделия, обеспечения ремонтных предприятий, создания страховых запасов на период применения изделия;
- в изделиях, подлежащих серийному производству, – путем последующей замены ЭРИ и ЭВТ иностранного производства в установленные сроки на отечественные аналоги.

Требования технологичности задают в соответствии с ГОСТ 14.201.

6.1.5 В разделе «Технико-экономические требования» устанавливают требования, выполнение которых обеспечивает разработку изделия, отвечающего условию экономической целесообразности его создания по критерию «эффективность – стоимость».

6.1.6 В подразделе «Требования к видам обеспечения» устанавливают требования и нормы по видам обеспечения изделия для достижения заданной эффективности в процессе его применения и эксплуатации. Раздел должен состоять из подразделов:

- требования к нормативно-техническому обеспечению;
- требования к метрологическому обеспечению;
- требования к диагностическому обеспечению;
- требования к математическому, программному и информационно-лингвистическому обеспечению.

СОДЕРЖАНИЕ ХРЕСТОМАТИИ

Тема 1. ПРЕДИСЛОВИЕ

Тема 2. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Бобков Н. М. О подготовке конструкторов РЭС в средних специальных учебных заведениях // Среднее профессиональное образование. 2002. № 11

Бобков Н. М. Основы конструирования. Проблемы терминологии // Вестник машиностроения. 2002. № 9

Бобков Н. М. Что такое конструирование радиоэлектронных средств? // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2008. № 1, 2

Функциональные системы и конструктивные уровни РЭС (Каленкович Н. И., Фастовец Е. П., Шамгин Ю. В. Механические воздействия и защита радиоэлектронных средств: учеб. пособие. Минск, 1989. С. 9 – 11)

Бобков Н. М. Конструирование и строительное конструирование РЭС // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

Бобков Н. М. Систематизация терминологии в области конструирования радиоэлектронных систем // Труды Нижегородского государственного технического университета имени Р. Е. Алексеева. 2014. № 3

Бобков Н. М. Категории науки о конструировании // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

Общие требования к разрабатываемым (модернизируемым) техническим системам (Из ГОСТ 15.016 – 2016 Система разработки и постановки продукции на производство. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению)

Тема 3. ТИПОВОЙ ПОРЯДОК РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Бобков Н. М. Конструкторская документация и порядок ее разработки // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

Бобков Н. М. Применение положений стандартов ЕСКД в публикациях по конструированию: типичные ошибки // Стандарты и качество. 2004. № 8

Бобков Н. М. Типовой порядок разработки технических систем // Справочник. Инженерный журнал. 2018. № 2

Тема 4. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ, ХРАНЕНИЯ И ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ РЭС

Основные понятия

Влияние физических параметров окружающей среды (Поляков К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. М. 1982. С. 140 – 143)

Воздействие на РЭА внешних механических факторов (Поляков К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. М. 1982. С. 143 – 145)

Основные эффекты, вызываемые воздействием отдельных внешних факторов (Из ГОСТ 28198 – 89 Основные методы испытаний на воздействие внешних факторов. Часть 1. Общие положения и руководство по применению)

Предельные нормы эксплуатации (Поляков К. П. Конструирование приборов и устройств радиоэлектронной аппаратуры. М. 1982. С. 145 – 147)

Бобков Н. М. Механические воздействия и нагрузки на элементы несущих систем РЭС // Кварц: радиоизмерения и электроника: научно-технический и рекламно-коммерческий периодический журнал НИИПИ «Кварц». 1998. Вып. № 7

Общие требования к РЭС в части стойкости к механическим ВВФ при эксплуатации (Из ГОСТ 30631 – 99 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации)

Общие требования к РЭС в части условий хранения и транспортирования (Из ГОСТ Р 51908 – 2002 Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части условий хранения и транспортирования)

Испытание на прочность при транспортировании (Из ГОСТ Р 51909 – 2002 Методы испытаний на стойкость к внешним воздействующим факторам машин, приборов и других технических изделий. Испытания на транспортирование и хранение)

Общие требования к РЭС в части стойкости к климатическим ВВФ при эксплуатации (Из ГОСТ 15150 – 99 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды)

Тема 5. МЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ РЭС

Механические системы (Справочник металлиста. В 5-ти т. Т. 1. М., 1976. С. 18 – 22)

Основные сведения о механизмах (Фаддеева Л. А. Теория механизмов и детали приборов: учебник. Л., 1983. С. 5 – 11)

Сопротивление материалов, теория упругости и прочее ... (Феодосьев В. И. Десять лекций-бесед по сопротивлению материалов. М., 1975. С. 5 – 6)

Неизменяемые, изменяемые и мгновенно изменяемые системы (Киселев В. А. Строительная механика. Общий курс: учебник. М., 1986. С. 12, 13)

Реакции связей почти мгновенно изменяемых систем (Киселев В. А. Строительная механика. Общий курс: учебник. М., 1986. С. 25, 26)

Классификация плоских систем (Киселев В. А. Строительная механика. Общий курс: учебник. М., 1986. С. 30, 31)

Бобков Н. М. Радиоэлектронные средства как строительные сооружения // Системы и средства связи, телевидения и радиовещания. 2010. № 1, 2

Кинематический анализ стержневых систем (Спицына Д. Н. Строительная механика стержневых систем: учеб. пособие. М., 1977. С. 8 – 15)

Образование и кинематический анализ плоских систем (Живейнов Н. Н., Карасев Г. Н., Цвей И. Ю. Строительная механика и металлоконструкции строительных и дорожных машин: учебник. М., 1988. С. 10, 11)

Тема 6. ПРОЧНОСТЬ НЕСУЩИХ СИСТЕМ РЭС

Сведения из теории сопротивления материалов (Еленев С. А. Холодная штамповка: учебник. М., 1981. С. 9 – 16)

Переменные напряжения. Выбор допускаемых напряжений (Красновский Е. Я., Дружинин Ю. А., Филатова Е. М. Расчет и конструирование механизмов приборов и вычислительных систем: учеб. пособие. М., 1991. С. 171 – 178)

Бобков Н. М. Оценка усталостной прочности несущих деталей БНК при воздействии вибрации // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. 1997. № 4

Прочность и жесткость конструкций (Роцин Г. И. Несущие конструкции и механизмы РЭА: учебник. М.: 1981. С. 33 – 42)

Тема 7. ВОПРОСЫ БАЗИРОВАНИЯ В КОНСТРУИРОВАНИИ

Основные положения теории базирования (ГОСТ 21495 – 79 Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. Приложение 1)

Базирование деталей (Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие. М., 2008. С. 57 – 64)

Основы базирования (Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов: учеб. пособие. Л., 1982. С. 24 – 30, 34 – 41, 44 – 50)

Тема 8. КОНСТРУИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ

Основы конструирования деталей (Кулагин В. В. Основы конструирования оптических приборов: учеб. пособие. Л., 1982. С. 9 – 16)

Справочное руководство по конструированию элементов радиоэлектронных средств (Приложение 2 к промежуточному отчету № 1 о НИР «Наледь. Исследование конструкций несущих систем, электроустановочных изделий и других элементов РЭС. Составление комплекса методических пособий «Конструкции элементов РЭС в примерах и задачах» / Нижегородский технический колледж; руководитель Н. М. Бобков; № ГР 01990006251; Инв. № 02200000313. Н. Новгород, 1999)

Тема 9. ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Модульные и базовые конструкции изделий, базовые изделия (Из рекомендаций Р 50-54-103 – 88 Модульные и базовые конструкции изделий. Основные положения)

Бобков Н. М. Принцип базового проектирования в радиоаппаратостроении // Справочник. Инженерный журнал. 2003. № 2

Бобков Н. М. Агрегатное и модульное проектирование технических систем // Справочник. Инженерный журнал. 2009. № 5

Бобков Н. М. Базовые несущие конструкции аппаратуры Нижегородского приборостроительного. Проектирование оболочек герметичных корпусов // Кварц: радиоизмерения и электроника: научно-технический и рекламно-коммерческий периодический журнал НИИПИ «Кварц». 1996. Вып. № 5

Тема 10. УНИФИКАЦИЯ И СТАНДАРТИЗАЦИЯ РЭС

Унификация изделий (Из ГОСТ 23945.0 – 80 Унификация изделий. Основные положения)

Расчет показателей уровня унификации и стандартизации изделий (Из методических указаний РД 50-33 – 80 Определение уровня унификации и стандартизации изделий)

Оценка состояния государственной стандартизации БНК в России (Раздел 3 промежуточного отчета № 1 о НИР «Берилл. Несущие системы и базовые несущие изделия РЭС специального и общего применения. История конструкций, современные требования, перспективы» / Нижегородский научно-производственный центр современных технологий «Берег-Волна»; руководитель Н. М. Бобков; № ГР У83485; инв. № Г36590. Н. Новгород, 2000)

Эволюция БНК Нижегородского научно-исследовательского приборостроительного института «КВАРЦ» (Разделы 1 – 4 заключительного отчета о НИР «Берилл. Несущие системы и базовые несущие изделия РЭС специального и общего применения. История конструкций, современные требования, перспективы» / Нижегородский научно-производственный центр современных технологий «Берег-Волна»; руководитель Н. М. Бобков; № ГР У83485; инв. № Г38225. Н. Новгород, 2000)

Тема 11. ОСНОВНЫЕ НОРМЫ ВЗАИМОЗАМЕЯЕМОСТИ

Допуски и посадки гладких цилиндрических и плоских соединений (Допуски и посадки: справочник. В 2-х ч. Ч. 1. Л., 1982. С. 8 – 10, 12 – 19, 28 – 31)

Шероховатость поверхности (Орлов П. И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие. В 2-х кн. Кн. 1. М., 1988. С. 287 – 295)

Обозначения шероховатости поверхностей (из ГОСТ 2.309 – 73 ЕСКД. Обозначения шероховатости поверхностей)

Тема 12. ЭЛЕМЕНТЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ ТОНКОСТЕННЫХ СИСТЕМ

Кручение брусьев прямоугольного поперечного сечения (Бородин Н. А. Сопротивление материалов: учебник. М., 1992. С. 74 – 76)

Кручение брусьев тонкостенного профиля (Бородин Н. А. Сопротивление материалов: учебник. М., 1992. С. 76 – 78)

Некоторые общие вопросы теории тонкостенных стержней (Бояршинов С. В. Основы строительной механики машин: учеб. пособие. М., 1985. С. 5 – 7)

Кручение тонкостенных брусьев (Любощиц М. И., Ицкович Г. М. Справочник по сопротивлению материалов. Минск, 1969. С. 157 – 164)

Кручение тонкостенных брусьев открытого профиля (Глушков Г. С., Синдеев В. А. Курс сопротивления материалов: учебник. М., 1965. С. 236, 237)

Тема 13. ПРЕДОХРАНЕНИЕ РЕЗЬБОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ОТ САМООТВИЧИВАНИЯ

Трение покоя при вибрации (Литвин Ф. Л. Проектирование механизмов и деталей приборов. Л., 1973. С. 46 – 48)

Предохранение резьбовых соединений от самоотвинчивания (Решетов Д. Н. Детали машин: учебник для вузов. М., 1989. С. 135 – 138)

Способы и виды предохранения резьбовых соединений от самоотвинчивания (Из ОСТ 4Г 0.019.200 Соединения резьбовые. Способы и виды предохранения от самоотвинчивания. Технические требования)

Тема 14. ОСНОВЫ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Термины и определения основных понятий (Из ГОСТ Р 27.102 – 2021 Надежность в технике. Надежность объекта. Термины и определения)

Проектирование радиоаппаратуры с учетом требований надежности (Фрумкин Г. Д. Расчет и конструирование радиоаппаратуры: учебник для техникумов. М., 1989. С. 16 – 37)

Интенсивности отказов элементов электронной аппаратуры в номинальном режиме ($T = +20$ °С и $K_n = 1$) и поправочные коэффициенты (Теория надежности радиэлектронных систем в примерах и задачах / Под ред. Г. В. Дружинина. М., 1976. С. 136 – 138, С. 339 – 347)

Николай Михайлович Бобков – преподаватель Нижегородского радиотехнического колледжа, конструктор Нижегородского научно-производственного объединения имени М. В. Фрунзе.

E-mail: n.bobkov@mail.ru