

Библиотеки электронных компонентов для отечественных САПР

И. Белков, к. т. н.¹, Ю. Еремеев², И. Малышев, к. т. н.³

УДК 004.4 | ВАК 05.27.01

Современные радиоэлектронные средства (РЭС) разрабатывают с применением систем автоматизированного проектирования (САПР). Конкурентоспособность, уменьшение времени морального старения во многом определяют сроки и качество проектирования. Несмотря на высокий уровень развития существующих САПР при создании опытных образцов выявляются недостатки изделий, требующие дополнительных доработок. Отсутствие информационных данных или их упрощение для отдельных составляющих изделия может негативно сказаться на качестве проектирования. Одними из широко применяемых составляющих в РЭС являются пассивные компоненты: резисторы, индуктивности, конденсаторы и т. п. Для эффективного использования всех этих компонентов разработчикам крайне необходимо описание изделий в цифровом формате.

Компания «НПО «ЭРКОН» выпускает пассивные электронные компоненты (резисторы, резистивные плотители, чип-индуктивности и специальные изделия) и разрабатывает их модели и библиотеки, включая условные графические обозначения (УГО), посадочные места, трехмерные и поведенческие модели. Библиотеки моделей адаптированы для применения в различных средах проектирования, таких как Delta Design [1]. На сайте АО «НПО «ЭРКОН» доступны библиотеки выпускаемых компонентов [2] для САПР Delta Design. Перечень разработанных и доступных библиотек приведен во врезке.

Библиотеки компонентов классифицированы по типам – компоненты одного типа объединяются в семейство.

Семейство указывает на принадлежность компонента к тому или иному типу, а также определяет позиционное обозначение на электрической схеме и перечень технических характеристик. Такой механизм ведения базы компонентов позволяет четко выстраивать структуру библиотеки в соответствии с типом и техническими характеристиками, присущими компонентам [3].

Библиотечный компонент может содержать информацию о целой линейке компонентов. Для этого используется механизм элементов серии, где элементом серии является конкретная технологическая реализация компонента. Элементы серии отличаются друг от друга значением какого-либо технического параметра и/или корпусом, но при этом,

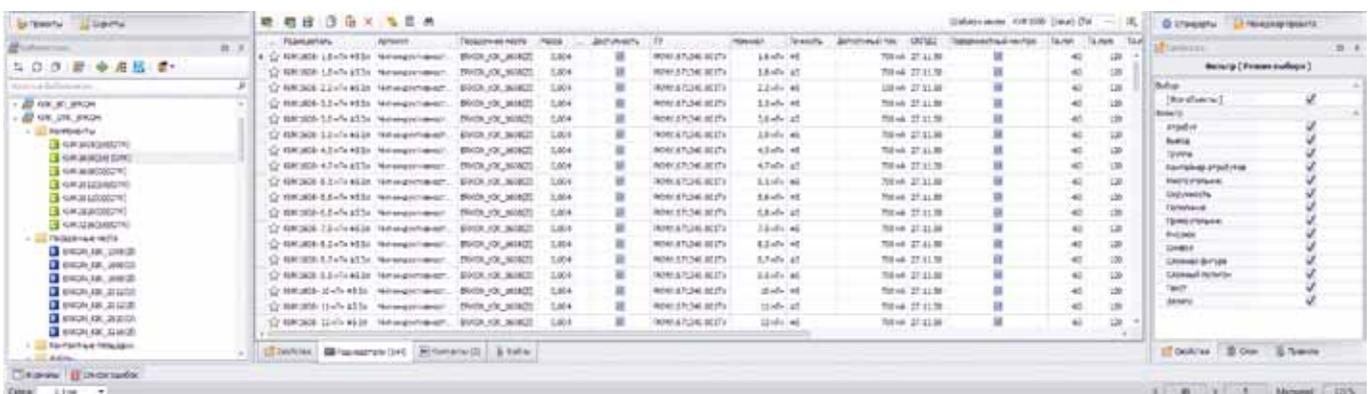


Рис. 1. Пример библиотеки электронных компонентов в DeltaDesign

¹ АО «НПО «ЭРКОН», заместитель руководителя группы разработок, belkov@erkon-nn.ru.

² АО «НПО «ЭРКОН», руководитель группы разработок, eremeev@erkon-nn.ru.

³ АО «НПО «ЭРКОН», директор по развитию, mip@erkon-nn.ru.

принципиально, являются одним компонентом. Такой механизм позволяет установить однозначное соответствие между компонентом в базе данных и техническим описанием (datasheet) (рис. 1). Такой подход позволяет упростить базу данных, так как не требует создания отдельного компонента для каждого элемента серии.

Для описания компонента используются следующие данные:

- набор условных графических обозначений (УГО);
- набор топологических посадочных мест (ТПМ) – отображение компонента на печатной плате,

представленное в виде участка платы, на котором расположен компонент;

- технические характеристики компонента (атрибуты);
- список параметров, который определяется семейством, к которому принадлежит компонент. Значения параметров задаются для каждого конкретного компонента и могут быть переданы для отображения на УГО и ТПМ (рис. 2).

В большинстве случаев в САПР УГО является связующим звеном, предоставляя доступ к основным свойствам

Доступные библиотеки АО «НПО «ЭРКОН» для САПР Delta Design

Чип-индуктивности

- Чип-индуктивности КИК РКМУ.671340.001ТУ;
- чип-индуктивности КИК РКМУ.671340.002ТУ;
- чип-индуктивности КИК1 РКМУ.671340.003ТУ;
- чип-индуктивности КИФ РКМУ.671340.001ТУ;
- чип-индуктивности КИФ РКМУ.671340.002ТУ;
- чип-индуктивности КИФ РКМУ.671340.002ТУ.

Прецизионные резисторы

- Резисторы прецизионные тонкопленочные P1-37 АБШК.434110.022ТУ;
- чип-резисторы постоянные непроволочные P1-8МП ОЖО.467.164ТУ;
- чип-резисторы постоянные непроволочные P1-8П ОЖО.467.164ТУ;
- чип-резисторы постоянные непроволочные P1-8М ОЖО.467.164ТУ;
- чип-резисторы прецизионные тонкопленочные P1-16 P1-16П АЛЯР.434110.002ТУ;
- чип-резисторы прецизионные тонкопленочные P1-16 P1-16П РКМУ.434110.003ТУ;
- резисторы прецизионные неизолированные C2-36 ОЖО.467.089ТУ;
- резисторы прецизионные тонкопленочные C2-14 ОЖО.467.151ТУ4;
- чип-резисторы прецизионные P1-81 АЛЯР.434110.015ТУ;
- резисторы прецизионные тонкопленочные C2-29В АИ ОЖО.467.130ТУ;
- резисторы прецизионные тонкопленочные C2-29В ОЖО.467.099ТУ;
- резисторы постоянные непроволочные прецизионные C2-29В ОЖО.467.130ТУ;
- резисторы прецизионные тонкопленочные C2-29С ОЖО.467.130ТУ дополнение 1;
- резисторы малогабаритные прецизионные тонкопленочные C2-29М ОЖО.467.130ТУ дополнение 2;
- резисторы прецизионные тонкопленочные C2-29ВМ ОЖО.467.130ТУ дополнение 3;
- резисторы прецизионные изолированные C2-36АИ АБШК.434110.016ТУ;
- резисторы прецизионные P1-72 РКМУ.434110.005ТУ;
- резисторы прецизионные P1-72 АБШК.434110.049ТУ

ВЧ- и СВЧ-резисторы

- Чип-резисторы постоянные непроволочные P1-8 ОЖО.467.164ТУ;
- чип-резисторы постоянные непроволочные P1-8В ОЖО.467.164ТУ;
- чип-резисторы перемычки P1-8В ОЖО.467.164ТУ;
- резистор постоянный непроволочный сверхвысокочастотный P1-47 АБШК.434110.039ТУ;
- чип-резисторы сверхвысокочастотные P1-158 РКМУ.434110.022ТУ;
- чип-резисторы сверхвысокочастотные P1-85 РКМУ.434110.007ТУ;
- чип-резисторы сверхвысокочастотные P1-160 РКМУ.434110.023ТУ;

- резистор постоянный непроволочный сверхвысокочастотный P1-1 ОЖО.467.149ТУ;
- резисторы высокочастотные неизолированные C2-10 ОЖО.467.072ТУ

Высокоомные высоковольтные резисторы

- Резисторы постоянные непроволочные высокоомные P1-154 РКМУ.434110.026ТУ;
- чип-резисторы высокоомные P1-33 АЛЯР.434110.008ТУ;
- резисторы высокоомные, высоковольтные P1-35 АБШК.434110.021ТУ;
- резисторы высокоомные, высоковольтные C2-33НВ ОЖО.467.173ТУ дополнение 1;
- резисторы постоянные непроволочные высокоомные высоковольтные P1-135 РКМУ.434110.010ТУ;
- резисторы постоянные непроволочные высокоомные P1-153 РКМУ.434110.025ТУ;
- резисторы толстопленочные с расширенным диапазоном сопротивлений P1-34 АБШК.434110.020ТУ;
- резисторы прецизионные высокоомные P1-43 АБШК.434110.031ТУ;
- резисторы высокоомные, высоковольтные P1-32 АБШК.434110.018ТУ

Мощные резисторы

- Резисторы фольговые мощные P2-108 РКМУ.434150.002ТУ;
- резисторы мощные P1-150 А, Б РКМУ.434110.020ТУ;
- резисторы неизолированные мощные P1-40 БШК.434110.026ТУ

Резисторы общего применения

- Чип-резисторы постоянные непроволочные P1-8В ОЖО.467.164ТУ;
- чип-резисторы толстопленочные P1-12 АЛЯР.434110.005ТУ;
- чип-перемычки постоянные непроволочные P1-12М АБШК.434110.023ТУ;
- резисторы тонкопленочные общего применения P1-71 АБШК.434110.048ТУ;
- резисторы тонкопленочные общего применения C2-33Н АИ ОЖО.467.173ТУ;
- резисторы постоянные непроволочные высоконадежные P1-161 РКМУ.434110.028ТУ;
- резисторы постоянные непроволочные безвыводные P1-155 РКМУ.434110.027ТУ;
- резисторы общего применения тонкопленочные C2-33 ОЖО.ТУ.467.093ТУ;
- резисторы постоянные непроволочные общего применения C2-33АИ ОЖО.467.093;
- резисторы постоянные непроволочные общего применения C2-33Н ОЖО.467.093ТУ

Низкоомные фольговые резисторы

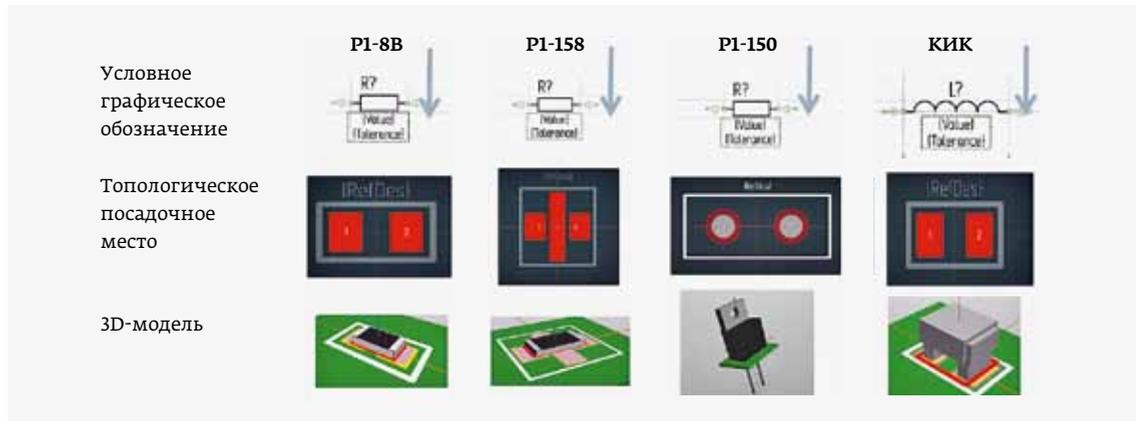
- Резисторы постоянные фольговые P2-105 РКМУ.434150.001ТУ

Специальные изделия

- Чип-резисторы постоянные непроволочные пиротехнические P1-151 РКМУ.434110.016ТУ

Рис. 2.

Содержание библиотек АО «НПО «ЭРКОН» в САПР Delta Design



и другим модельным реализациям. В зависимости от САПР с УГО могут быть связаны топологические посадочные места, spice-модели, атрибуты.

Атрибуты – это набор параметров изделия (номинальные значения основных характеристик, допускаемые отклонения, параметры надежности и т.д.), они приведены в табл. 1. Атрибуты являются справочными данными компонента.

В зависимости от типа компонента атрибуты могут содержать более 30 параметров, в том числе характеристики

надежности, массу, номинальную температуру, КСВН, граничную частоту.

Размещение компонентов с использованием библиотеки посадочных мест позволяет:

- выполнить предварительную компоновку;
- учесть расположение компонента относительно соседних компонентов и элементов конструкции.

Размеры посадочных мест для компонентов выполнены с учетом ТУ, размеров конструкции резисторов и рекомендаций соответствующих

Таблица 1. Пример атрибутов для резисторов в САПР Delta Design

Наименование атрибута	Примечание	Наименование атрибута	Примечание
Доступность	«Да» / «Нет»	Рассеиваемая мощность	Ватт
ОКПД2	Классификатор	Максимальное напряжение	Вольт
Категория качества	ОТК, ВП	Токовый шум, мкВ / В	Число
Поверхностный монтаж	«Да» / «Нет»	ТКС	Число
Максимальная температура эксплуатации	°С	Точность	Процент
Минимальная температура эксплуатации	°С	Номинал	Ом
Рабочая (номинальная) температура эксплуатации	°С	Максимальная частота диапазона для КСВН	Частота
Примечание	Дополнительная информация	КСВН	Число
Посадочное место	ПМ, созданного в этой библиотеке	Максимальная частота диапазона для КСВН 2	Частота
Радиодеталь	Имя модели	КСВН 2	Число
Артикул	Артикул	Гамма-процентная наработка до отказа	Число
ТУ	ТУ	Интенсивность отказов	Число
Масса	Грамм	Доверительная вероятность	Число
		Средний срок службы до списания (полный)	Число



Акционерное общество

ЭРКОН

Научно-производственное объединение

ПРОИЗВОДСТВО, РАЗРАБОТКА
И ПОСТАВКА ПОСТОЯННЫХ
РЕЗИСТОРОВ, АТТЕНУАТОРОВ
И ЧИП-ИНДУКТИВНОСТЕЙ

- Современная производственная база
- Высокое качество
- Индивидуальный подход к потребителю

НОВИНКИ

Эквиваленты нагрузок ПР1-24 (50 Вт)

Аттенуаторы ПР1-25 (50 Вт, 100 Вт, 150 Вт, 250 Вт, 300 Вт, 500 Вт, 1000 Вт)

ТПИ – тепловые чип-перемычки

СВЧ-резисторы Р1-160 (до 40 ГГц)

Мощные СВЧ-резисторы Р1-170 (до 1000 Вт)



603104, г. Нижний Новгород, ул. Нартова, д.6.
тел.: 8 (831) 202 - 25 - 52, доб. 2-61 (группа развития)
8 (831) 202 - 25 - 52 (отдел продаж)

E-mail: info@erkon-nn.ru

www.erkon-nn.ru

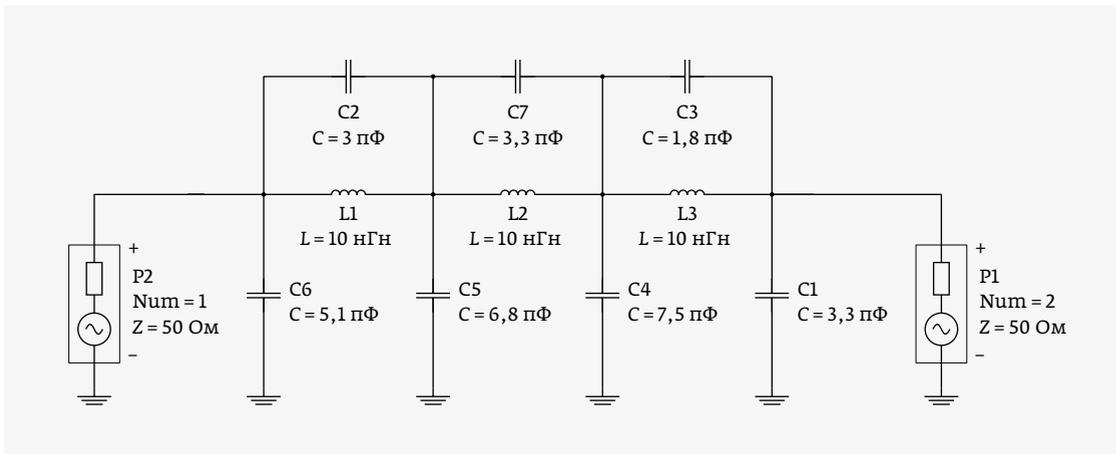


Рис. 3.
Модель ФНЧ,
выполненная
в симуляторе
электронных
цепей QUCS

международных стандартов ГОСТ Р МЭК 61188-5-1-2012, ГОСТ IEC 61188-5-2-2013, IPC-7351A [4–6]. При реализации моделей изделий АО «НПО «ЭРКОН» в библиотеках посадочных мест и соответствующих 3D-моделей учтены возможности различной установки (рис. 2).

Для решения задач функционального проектирования РЭС необходимы поведенческие модели. В отличие от УГО, посадочных мест и трехмерных моделей, разработка которых не представляет принципиальных сложностей, хотя и требует знания конструкции компонента и определенных трудозатрат, создание адекватной поведенческой модели сложная техническая задача. Для резисторов и катушек индуктивности в зависимости

от типа и задач при моделировании схем поведенческие модели могут включать различные свойства компонента: волновые параметры рассеяния, температурный коэффициент сопротивления (ТКС), зависимость индуктивности от тока и т. д. Некоторые параметры компонентов могут значительно изменяться от особенностей монтажа (например, частотные параметры). Для таких случаев разрабатывают общие модели, учитывающие различные влияющие факторы. Модель описывает компоненты одного типа с различными характеристиками (сопротивление, габариты и т. д.) без изменения общей структуры, используя набор значений параметров схемы замещения или коэффициентов математических зависимостей.

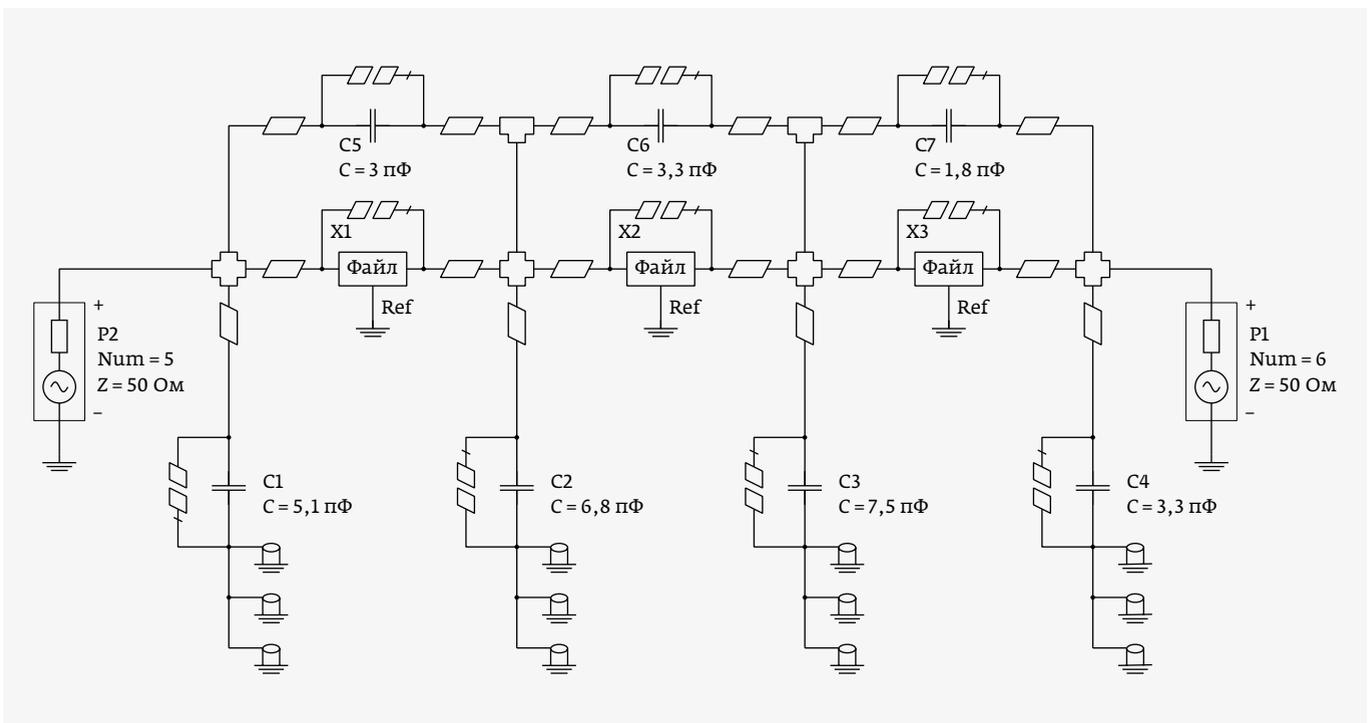


Рис. 4. Модель ФНЧ с моделями чип-индуктивностей и топологической структурой

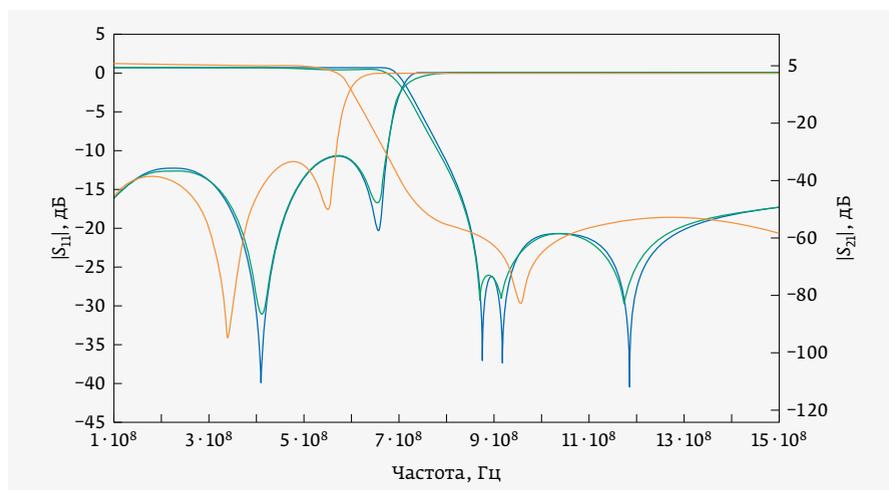


Рис. 5. Частотные характеристики ФНЧ

В большинстве современных САПР реализация поведенческих моделей выполняется с использованием SPICE-симулятора. В качестве примера ниже приведен пример такой модели для резистора P1-161-0,06-50 Ом \pm 5%, реализованной в САПР Delta Design с использованием стандартных выражений:

```
.subckt R1_161_0402 1 3
+PARAMS: R_nom=500hm P_nom=0.06W T=20
+0tk1_Rn= -5 0tk1_Rv=5 0tk1_R=0 Cp=0 Ls=0
R_o 1 2 Model_Ro R_nom
.MODEL Model_Ro RES (
+T_MEASURED=T
+TC1=IF(R_nom<=10, IF(T>=20,250E-6,500E-6),
IF(T>=20,100E-6,250E-6))
C_p 1 2 {Cp}
L_s 2 3 {Ls}
.ends
```

Использование такой модели позволяет получить резистор с зависимым от температуры значением сопротивления, при этом температурный коэффициент сопротивления (ТКС) также будет зависеть от номинального значения сопротивления резистора и температуры моделирования.

При разработке поведенческих моделей в частотной области используют метод оптимизации, включающий в себя поиск коэффициентов – значений параметров элементов эквивалентной схемы, характеристики которой тождественны результатам измерений. Результаты измерений отражают неидеальность компонента, которую модель учитывает в виде паразитных активных и реактивных элементов или прямых измерений.

В качестве примера использования моделей на рис. 3 и 4 рассмотрена схема фильтров нижних частот. В первом случае использованы идеальные элементы, а во втором – модели чип-индуктивностей КИК 0603 10 нГн и топологические неоднородности печатной платы.

На рис. 5 представлены частотные характеристики идеального фильтра в сопоставлении с характеристиками того же фильтра при замене идеальных элементов моделями чип-индуктивностей КИК 0603 10 нГн, а также характеристики с учетом влияния топологических неоднородностей.

Расчет с использованием моделей, включающих паразитные параметры, а также с учетом топологических неоднородностей позволяет на этапе проектирования точнее прогнозировать характеристики изделия и внести необходимые коррективы в конструкцию.

* * *

Формирование библиотек моделей является актуальной задачей. Это позволяет в удобной форме в рамках единой цифровой среды получить полное представление о компоненте – трехмерной визуализации, посадочных местах и основных технических характеристиках в различных условиях применения. На предприятии АО «НПО «ЭРКОН» целенаправленно и систематически разрабатывают модели выпускаемых изделий, адаптированные под разные задачи проектирования РЭС. Проводится работа по совершенствованию имеющихся моделей и расширению применяемых САПР. Модели размещены для использования в свободном доступе на официальном сайте www.erkon-nn.ru отдельно и в виде библиотек для САПР. Применение моделей АО «НПО «ЭРКОН» при проектировании позволит получить достоверные результаты, а также сократить сроки разработки РЭС.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЭРЕМЕКС. САПР электроники Delta Design. <https://www.eremex.ru/products/delta-design/> (дата обращения: 14.03.2022).
2. ЭРКОН. – <https://www.erkon-nn.ru/> (дата обращения: 14.03.2022).
3. ЭРЕМЕКС. САПР электроники Delta Design <https://www.eremex.ru/products/delta-design/liberty/> (дата обращения: 14.03.2022).
4. ГОСТ Р МЭК 61188-5-1-2012. Печатные платы и печатные узлы. Проектирование и применение. Часть 5–1. Анализ соединений (посадочные места для монтажа компонентов).
5. ГОСТ ИЕС 61188-5-2-2013. Печатные платы и печатные узлы. Проектирование и применение
6. IPC-7351A. Общие требования по конструированию контактных площадок и печатных плат с применением технологии поверхностного монтажа.