

Д.Э. Цыганков<sup>1</sup>, Г.Р. Шайхеева<sup>1</sup>, И.В. Горбачев<sup>2</sup>  
(г. Ульяновск, <sup>1</sup> АО «Ульяновский механический завод»,  
<sup>2</sup> Ульяновский государственный технический университет)

## АВТОМАТИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОАКСИАЛЬНЫХ СВЧ УСТРОЙСТВ

COAXIAL MICROWAVE DEVICES CONSTRUCTIVE & FUNCTIONAL  
DESIGN AUTOMATION

*Рассматривается подход к автоматизации конфигурирования и модификации проектных решений в САПР на основе модульного принципа, позволяющий перейти к терминам предметной области при создании 3D-модели и обеспечить удобство ее повторного использования.*

*The article is deals an approach to design solution configuration and modification in a CAD-system. The approach based on a modular principle and allows operating on the terms of the designed product subject area in the process of its 3D-model creation and increases the convenience of its design data reuse.*

*Ключевые слова: САПР, конструкция, 3D-модель, модификация, проектирование, конструктивно-функциональное представление, автоматизация.*

*Keywords: CAD-system, construction, 3D-model, modification, design, constructive & functional representation, automation.*

На сегодняшний день, в условиях все более возрастающей роли информационных технологий в производственном процессе, САПР стали неотъемлемым инструментом в задачах эскизного и технического проектирования на этапе опытно-конструкторских работ. Следствием чего является возможность накопления и систематизации проектных решений в удобном для повторного использования виде [1]. Актуальность повторного использования проектных решений не вызывает сомнений: разработка нового изделия на уровне функционального узла зачастую основана на каком-либо уже полученном ранее результате, внедренном и проработанном в производстве. Т.е. разработка как процесс может представлять собой **модификацию** наиболее близкого проектного решения в САПР. Это наиболее удобно (в плане визуализации и проработки) при представлении проектных решений в виде электронных 3D-моделей [2], хоть и сопровождается рядом сложностей, из которых основные – временные и трудовые затраты, требуемые для модификации [3].

Класс коаксиальных СВЧ устройств, включающий в свой состав множество изделий, таких как переходы (волноводные/полосковые), соединители, разъемы, нагрузки и т.д., отличающихся как конструктивом, так и назначением, описывается относительно узкой предметной областью, а

также ограниченным набором нормативной документации [4], что проявляется в широком творческом просторе для конструирования.

Принимаемые в процессе конструирования локальные проектные решения имеют свои плюсы и минусы, как с точки зрения конструкции (надежности, обеспечения электрических параметров), так и с точки зрения технологичности; их комбинация приводит к требуемому и желаемому результату.

На рис. 1 представлена вариативность гайки накладки – детали из состава соединителя коаксиального (вилки) типа III по ГОСТ 20265-83: имея идентичный функционал, данные компоненты отличаются конструктивом и, следовательно, технологическим процессом их изготовления.

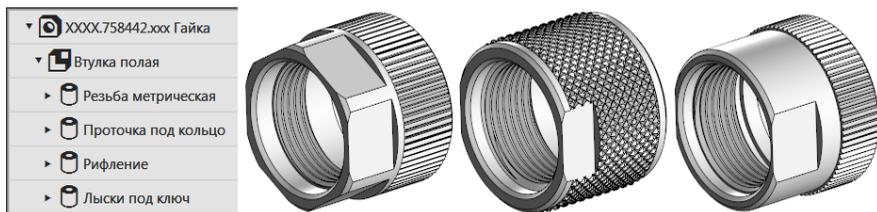


Рис. 1. Вариативность конструкции гайки из состава вилки коаксиальной

Конфигурирование детали на уровне конструктивных элементов соответствует модульному принципу [5], важнейшим преимуществом которого является типизация и унификация проектных решений на уровне типовых элементов, следствием чего является минимизация временных затрат на формирование проектного решения в виде 3D-модели. При этом стоит отметить, что одна и та же требуемая (номинальная) функциональность может быть достигнута множеством различных модификаций.

Подобные локальные конфигурации деталей-компонент в общем случае задают вариативность параметров (а также способ собираемости) изделий на уровне подузлов и узлов, которая, в свою очередь, определяет диапазон требуемых функциональных параметров.

На рис. 2 представлена сборка фиксирующей части разъема из состава вышеупомянутой вилки, состоящая из 4 деталей-компонент. Такая сборочная 3D-модель содержит ~10 сопряжений между компонентами.

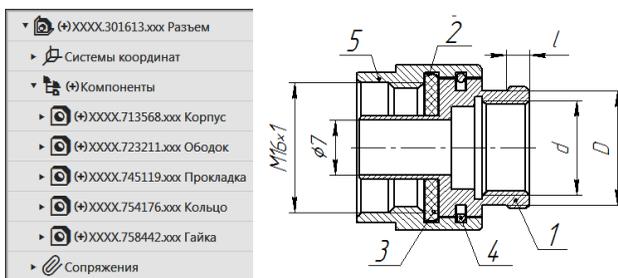


Рис. 2. Пример под сборки из состава вилки коаксиальной

Вариативность данной подборки, вызванная различиями в конструкторских параметрах на уровне деталей-компонент, представлена на рис. 3. Как видно, сборки отличаются параметрами деталей «Корпус» и «Гайка».



*Рис. 3. Вариативность конструкции подборки из состава вилки коаксиальной*

Один из важнейших аспектов конструктивно-функционального проектирования заключается в сопряжении компонент не к геометрическим, а к **структурным** элементам друг друга, что позволяет сохранять корректность конструкции и нивелирует потребность в переопределении всех сопряжений. Представленные на рис. 3 модификации могут быть получены путем изменения параметров деталей-компонент без перестраивания 3D-сборки.

Различаясь структурой и составом компонент, данные изделия относятся к единой предметной области и образуют **класс**, определяющий их конструктивно-функциональную специфику. Возможность конфигурирования изделий в строгих рамках единого класса повысит эффективность автоматизации в задачах повторного использования проектных решений, а также позволит воспроизводить заложенный в исходное решение конструкторский замысел.

Технология конструктивно-функционального проектирования, впервые представленная в работе [6] направлена на разработку изделий, образующих единый класс. Данный подход основан на модульном принципе, дополненным критерием конструктивно-функциональной целостности. Конструктивно-функциональное представление проектного решения в САПР заключается в его отображении в виде системы типовых элементов в дереве построения 3D-модели (см. рис. 1). На уровне каждого такого элемента задаются наборы параметров, описывающие его возможные исполнения, а также ассоциативные связи, обеспечивающие привязки к другим элементам при формировании 3D-модели изделия (см. рис. 3). Задаваемая на уровне такого элемента система предусловий обеспечивает формирование только конструктивно корректного проектного решения [7], т.е. анализируется, прежде всего, не геометрия или структура изделия, а его смысловое содержание (при обязательной корректности и геометрии и структуры).

Сформированное проектное решение в виде 3D-модели впоследствии предоставляет возможность автоматической генерации 2D-фрагментов, представляющих собой компиляцию информационных образов типовых

конструктивно-функциональных элементов с отображением значений исполнительных размеров, которые после ручной доработки в итоге представляют собой полноценный рабочий чертеж (конструкторский документ). То же самое касается и сборочных 3D-моделей: отдельные размеры могут быть указаны как исполнительные/справочные и отображаться на сборочном чертеже.

Автоматизация конструктивно-функционального проектирования коаксиальных СВЧ устройств на этапе конструирования реализуется разработанным комплексом программных средств [8]; дальнейшее развитие предлагаемого подхода связано с интеграцией с САЕ-системой и возможностью конфигурирования конструкции разрабатываемого изделия по итогам проведенного электромагнитного расчета для получения требуемых параметров.

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Ульяновской области в рамках научного проекта №18-47-730028.*

### Список литературы

1. Ларссон, Я. Важность повторного использования проектных решений / Я. Ларссон (J. Larsson) // САПР и графика. – 2014. – № 2 (208). – С. 70-73. – URL: <https://sapr.ru/article/24386> (дата обращения: 03.09.2020).

2. Райкова, Л.С. 3D-визуализация как современная технология повышения качества проектных решений / Л.С. Райкова, С.С. Анисимов, Д.А. Петренко // САПР и ГИС автомобильных дорог – 2014. – № 1(2). – С. 20-24

3. Цыганков, Д.Э. Автоматизация модификации механических узлов в САД-системе / Д.Э. Цыганков, Г.Р. Шайхеева // Автоматизированное проектирование в машиностроении: материалы VII Международной научно-практической конференции. – Новокузнецк: НИЦ МС, 2019. – № 7. – С. 93-97.

4. ГОСТ 20263-83. Соединители радиочастотные коаксиальные. Присоединительные размеры. – М.: Издательство стандартов, 1984. – 12 с.

5. Базров, Б.М. Модульная технология в машиностроении / Б.М. Базров. – М.: Машиностроение, 2001. – 368 с.

6. Цыганков, Д.Э. Методы и средства конструктивно-функционального проектирования механических узлов радиотехнических изделий на основе процессной модели проектной деятельности: специальность 05.13.12 «Системы автоматизации проектирования»: дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук/ Цыганков Денис Эдуардович; Ульян. гос. техн. ун-т. – Ульяновск, 2018. – 248 с.

7. Похилько, А.Ф. Формирование функционально адаптируемого представления класса технических объектов / А.Ф. Похилько, И.В. Горбачев, Д.Э. Цыганков // Системный анализ в проектировании и управлении: сб. науч. тр. XVIII Междунар. науч.-практ. конф. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2014. – Ч.2. – С.123-124.

8. Свидетельство № 2019666872. Модуль проектирования соединителей радиочастотных коаксиальных типа III «Экспертиза» по ГОСТ 20265-83: свидетельство о гос. рег. программы для ЭВМ / Д.Э. Цыганков, М.Г. Царев, Г.Р. Шайхеева; заявитель и правообл. Ульян. гос. техн. ун-т. – № 2019665973; заявл. 06.12.2019; зарегистр. 16.12.2019; опубл. 16.12.2019, Бюл. № 12. – 1 с.

*Материал поступил в редколлегию 06.10.20.*