ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 70607— 2022

Системы автоматизированного проектирования электроники

СОСТАВ И СТРУКТУРА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

Издание официальное

Москва
Российский институт стандартизации
2023

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью «Научно-исследовательский институт «АСОНИКА» (ООО «НИИ «АСОНИКА»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 165 «Системы автоматизированного проектирования электроники»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2022 г. № 1673-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

*Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (*gost.e-ecolog.ru

© Оформление. ФГБУ «Институт стандартизации», 2023

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Введение

Причиной разработки настоящего стандарта является необходимость автоматизированного проектирования печатных узлов (ПУ) электронной аппаратуры (ЭА), включая создание схемы, топологии и конструкции, схемотехническое и конструкторское моделирование и виртуальные испытания на внешние воздействующие факторы (ВВФ), создание карт рабочих режимов (КРР) электронной компонентной базы (ЭКБ), анализ показателей надежности ЭА и создание цифрового двойника ПУ ЭА, для снижения затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Стандарт распространяется на систему автоматизированного проектирования (САПР) ПУ ЭА. Его целью является автоматизация проектирования ПУ ЭА с применением математического моделирования и виртуальных испытаний ПУ ЭА на ВВФ на ранних этапах проектирования, снижение затрат на разработку, производство и обслуживание за счет повышения качества разработок.

Применение математического моделирования и виртуальных испытаний ПУ ЭА на ВВФ на ранних этапах проектирования до изготовления опытного образца позволит избежать отказов ЭКБ и ПУ ЭА или их значительно сократить на этапе испытаний опытного образца, сокращая тем самым количество испытаний опытного образца, возможные итерации по доработке схем и конструкций, затраты на разработку ПУ ЭА при одновременном повышении качества и надежности, в том числе в критических режимах работы, делая ЭА конкурентоспособной на отечественном и международном рынке (см. [1]—[3], ГОСТ Р 70201—2022, ГОСТ Р 70290—2022, ГОСТ Р 70291—2022, ГОСТ Р 70292—2022, ГОСТ Р 70293—2022, ГОСТ Р 60.0.7.2—2020, ГОСТ Р 60.0.7.3—2020, ГОСТ Р 60.0.7.4—2020, ГОСТ Р 60.0.7.5—2020).

Использование при создании ПУ ЭА натурных испытаний на ВВФ невозможно, так как схема и конструкция ПУ ЭА создаются еще до изготовления опытного образца. Виртуализация испытаний ПУ ЭА на ВВФ на ранних этапах проектирования является безальтернативной. Без применения математического моделирования нельзя определить показатели стойкости к ВВФ и надежности. Такой подход является информативным, так как благодаря ему на этапе проектирования отслеживается большинство возможных отказов ЭКБ и ПУ ЭА по электрическим, тепловым, механическим, электромагнитным и другим характеристикам, и эффективным, так как из-за недоработок проектирования ПУ ЭА, выявленных уже путем натурных испытаний, возможно множество итераций: доработка проекта — испытания опытного образца — доработка проекта и т. д., что значительно увеличивает сроки и стоимость разработки.

Настоящий стандарт определяет требования к составу и структуре САПР ПУ ЭА на основе математического моделирования и виртуальных испытаний ПУ ЭА на ВВФ при проектировании.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Системы автоматизированного проектирования электроники

СОСТАВ И СТРУКТУРА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕЧАТНЫХ УЗЛОВ

Electronics automated design systems.
Composition and structure of the computer-aided design of printed circuit assemblies

Дата введения — 2023—02—01

1 Область применения

1.1 Настоящий стандарт предназначен для применения предприятиями промышленности и организациями при использовании цифровых двойников электроники и CALS-технологий на ранних этапах проектирования, изготовления и испытаний ПУ ЭА, а также на всех последующих этапах жизненного цикла ПУ ЭА.

1.2 САПР ПУ ЭА применяется на ранних этапах проектирования ПУ ЭА следующего назначения: промышленная, для энергетики, оборонно-промышленного комплекса, аэрокосмической отрасли, судостроения, медицинская, автомобильная, для навигации и радиолокации, потребительская, фискального и торгового оборудования, связи (телекоммуникации), вычислительной техники, автоматизации и интеллектуального управления, систем безопасности, светотехники, автоматизированного транспорта и движущейся робототехники.

1.3 ПУ состоит из печатных плат и ЭКБ (микросхем, транзисторов, резисторов и т. д.).

1.4 На ПУ ЭА оказывают влияние внешние дестабилизирующие факторы — электрические, тепловые, механические, климатические, биологические, радиационные, электромагнитные, специальных сред и термические. Внешние дестабилизирующие факторы могут приводить к несоответствиям ЭКБ и ПУ ЭА требованиям к их прочности и устойчивости к ВВФ. Настоящий стандарт устанавливает состав и структуру САПР ПУ ЭА на основе математического моделирования и виртуальных испытаний ПУ ЭА на ВВФ при проектировании.

2 Сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

БД — база данных;
ВВФ — внешние воздействующие факторы;
ИПЯ — информационно-поисковый язык;
КРР — карты рабочих режимов;
КСАП — комплекс средств автоматизации проектирования;
ПМК — программно-методический комплекс;
ПТК — программно-технический комплекс;
ПУ — печатный узел;
САПР — система автоматизированного проектирования;
ЭА — электронная аппаратура;
ЭКБ — электронная компонентная база;
ЯП — язык проектирования

Издание официальное

3 Общие положения

3.1 САПР ПУ ЭА — инструментарий проектировщика, предназначенный для автоматизации проектирования ПУ ЭА, включая создание схемы, топологии и конструкции, схемотехническое и конструкторское моделирование и виртуальные испытания на внешние воздействующие факторы, создание КРР ЭКБ, анализ показателей надежности ПУ ЭА и создание цифрового двойника ПУ ЭА, на конкретном предприятии на всех этапах — от выдачи технического задания до передачи проекта предприятию-изготовителю, включающий в себя семь видов обеспечения: техническое, математическое, лингвистическое, программное, информационное, методическое, организационное.

3.2 Взаимодействие подразделений проектной организации с КСАП регламентируется организационным обеспечением.

3.3 Основная функция САПР ПУ ЭА состоит в выполнении автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования ПУ ЭА.

4 Основные принципы создания САПР ПУ ЭА

4.1 При создании САПР ПУ ЭА и ее составных частей следует руководствоваться следующими основными принципами:

- системного единства;
- совместимости;
- типизации;
- развития.

4.2 Принцип системного единства должен обеспечивать целостность системы и системную связность проектирования отдельных элементов и всего объекта проектирования в целом (иерархичность проектирования).

4.3 Принцип совместимости должен обеспечивать совместное функционирование составных частей САПР ПУ ЭА и сохранять открытую систему в целом.

4.4 Принцип типизации заключается в ориентации на преимущественное создание и использование типовых и унифицированных элементов САПР ПУ ЭА.

Типизации подлежат элементы, имеющие перспективу многократного применения. Типовые и унифицированные элементы периодически проходят экспертизу на соответствие современным требованиям САПР ПУ ЭА и модифицируются по мере необходимости.

Создание САПР ПУ ЭА с учетом принципа типизации должно предусматривать:

- разработку базового варианта КСАП ПУ ЭА и (или) его компонентов;
- создание модификации КСАП ПУ ЭА и (или) его компонентов на основе базового варианта.

4.5 Принцип развития должен обеспечивать пополнение, совершенствование и обновление составных частей САПР ПУ ЭА, а также взаимодействие и расширение взаимосвязи с автоматизированными системами различного уровня и функционального назначения.

4.6 Работы по развитию САПР ПУ ЭА, модернизации составных частей САПР ПУ ЭА выполняют по техническому заданию.

5 Состав и структура САПР ПУ ЭА

5.1 Составными структурными частями САПР ПУ ЭА, жестко связанными с организационной структурой проектной организации, являются подсистемы, в которых при помощи специализированных комплексов средств решается функционально законченная последовательность задач САПР ПУ ЭА.

5.2 По назначению подсистемы разделяют на проектирующие и обслуживающие.

5.2.1 Проектирующие подсистемы имеют объектную ориентацию и реализуют определенный этап (стадию) проектирования или группу непосредственно связанных проектных задач.

Примеры проектирующих подсистем:

- подсистема схемотехнического моделирования;
- подсистема проектирования печатных плат;
- подсистема автоматизированного анализа показателей надежности ЭА.

5.2.2 Обслуживающие подсистемы имеют общесистемное применение и обеспечивают поддержку функционирования проектирующих подсистем, а также оформление, передачу и выдачу полученных в них результатов.

Примеры обслуживающих подсистем:

- автоматизированный банк данных;
- подсистема документирования;
- подсистема графического ввода/вывода.

5.2.3 Системное единство САПР ПУ ЭА обеспечивается наличием комплекса взаимосвязанных моделей, определяющих ПУ ЭА в целом, а также комплексом системных интерфейсов, обеспечивающих указанную взаимосвязь.

Системное единство внутри проектирующих подсистем обеспечивается наличием единой информационной модели той части ПУ ЭА, проектное решение по которой должно быть получено в данной подсистеме.

5.3 Формирование и использование моделей ПУ ЭА в прикладных задачах осуществляется КСАП системы или подсистемы.

5.3.1 Структурными частями КСАП в процессе его функционирования являются ПМК и ПТК (далее — комплексы средств), а также компоненты организационного обеспечения.

Комплексы средств могут объединять свои вычислительные и информационные ресурсы, образуя локальные вычислительные сети подсистем или систем в целом.

5.3.2 Структурными частями комплексов средств являются компоненты следующих видов обеспечения: программного, информационного, методического, математического, лингвистического и технического.

5.4 Эффективное функционирование КСАП и взаимодействие структурных частей САПР ПУ ЭА всех уровней должно достигаться за счет ориентации на стандартные интерфейсы и протоколы связи, обеспечивающие взаимодействие комплексов средств.

Эффективное функционирование комплексов средств должно достигаться за счет взаимосогласованной разработки (согласования с покупными) компонентов, входящих в состав комплексов средств.

5.5 КСАП обслуживающих подсистем, а также отдельные ПТК этих подсистем могут использоваться при функционировании всех подсистем.

5.6 Структурная схема САПР ПУ ЭА показана на рисунке 5.1.

В процессе проектирования в соответствии с требованиями CALS-технологий на базе подсистемы управления данными при моделировании (PDM-системы) с использованием подсистем моделирования происходит формирование электронной модели. С помощью специального графического редактора вводится электрическая схема, которая сохраняется в базе данных проектов в подсистеме управления данными и передается в виде файла в системы анализа электрических схем, а также в системы размещения и трассировки печатных плат. Выходные файлы системы размещения и трассировки печатных плат в формате IDF либо сохраняются в подсистеме управления моделированием, либо направляются в системы 3D-моделирования для создания чертежей и сохраняются в подсистеме управления моделированием.

В подсистему управления моделированием также передаются 3D-модели ПУ, созданные в системах 3D-моделирования в форматах IGES и STEP.

Чертежи ПУ и спецификации к ним, а также файлы в форматах PDIF и IDF передаются из подсистемы управления моделированием в подсистему для комплексного анализа тепловых и механических процессов в ПУ (1). В процессе импорта ПУ из файлов в форматах PDIF и IDF геометрические, физико-механические, усталостные, теплофизические, электрические и надежностные параметры ЭКБ автоматически считываются из интегрированной базы данных ЭКБ и материалов (2). Полученные в результате моделирования температуры и ускорения ЭКБ сохраняются в подсистеме управления моделированием (3). Результаты усталостного анализа, полученные в подсистеме анализа усталостной прочности, также сохраняются в подсистеме управления моделированием (4).

Перечень ЭКБ, файлы с электрическими характеристиками ЭКБ (5), температурами и ускорениями ЭКБ (6) передаются из подсистемы управления моделированием в подсистему формирования КРР ЭКБ. Полученные в результате КРР сохраняются в подсистеме управления моделированием (7).

Перечень ЭКБ (8), файлы с электрическими характеристиками ЭКБ (9), температурами, ускорениями ЭКБ и результатами усталостного анализа (10) передаются из подсистемы управления моделированием в подсистему анализа показателей надежности электроники. Полученные в результате показатели надежности электроники сохраняются в подсистеме управления моделированием (11).

Описанная интеграция дает возможность развития и внедрения CALS-технологий на предприятиях. Интеграция программных продуктов позволяет выполнить сквозное автоматизированное проектирование ПУ ЭА на основе комплексного моделирования физических процессов.

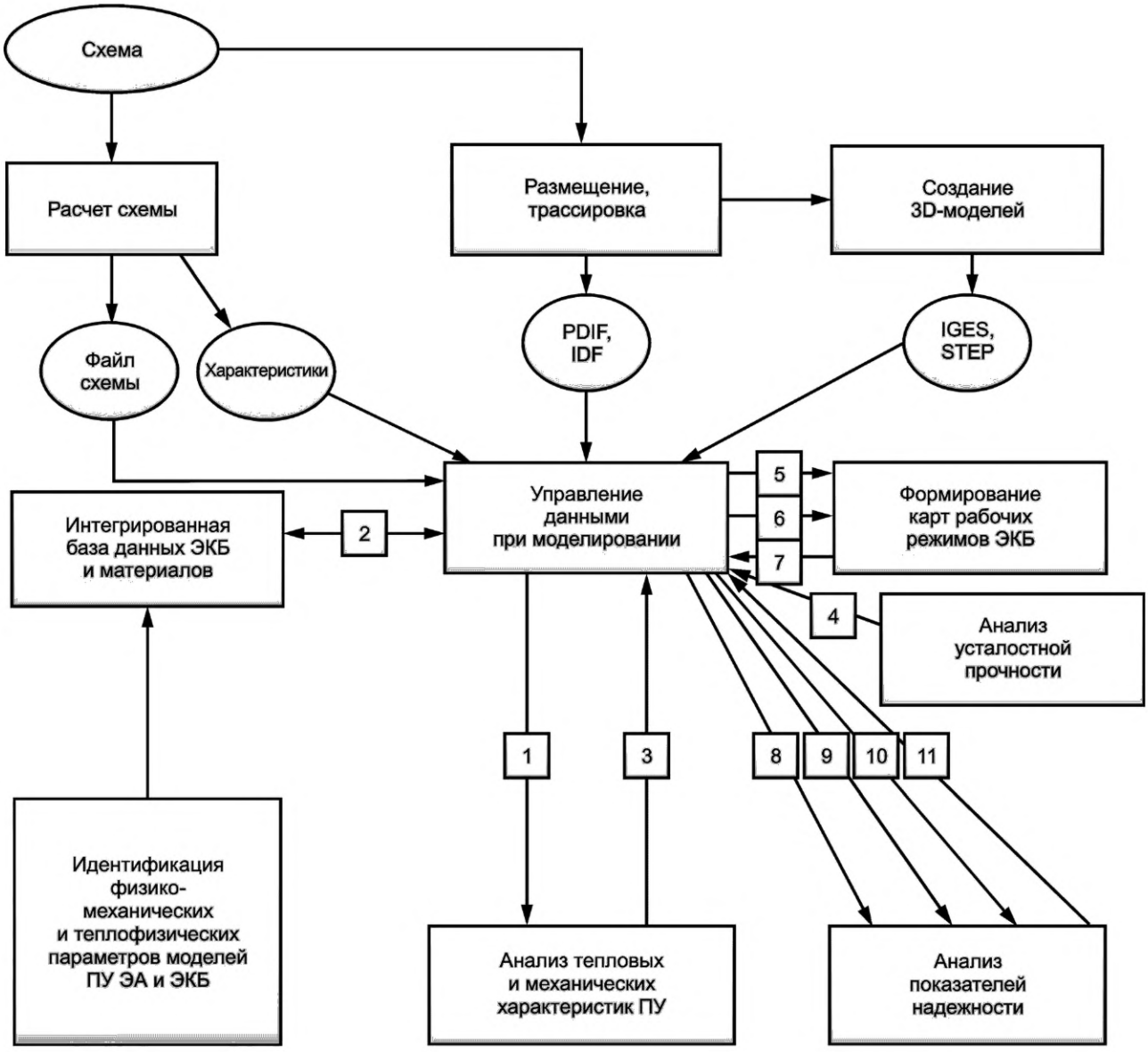


Рисунок 5.1 — Структурная схема САПР ПУ ЭА

6 Требования к компонентам видов обеспечения

6.1 Требования к компонентам программного обеспечения

6.1.1 Компоненты программного обеспечения, объединенные в ПМК, должны иметь иерархическую организацию, в которой на верхнем уровне размещается монитор управления компонентами нижних уровней программными модулями.

6.1.2 Программный модуль должен: регламентировать функционально законченное преобразование информации; быть написанным на одном из стандартных языков программирования; удовлетворять соглашениям о представлении данных, принятым в САПР ПУ ЭА.

6.1.3 Монитор предназначен для управления функционированием набора программных модулей ПМК, включая контроль последовательности и правильности исполнения; реализации общения пользователя с ПМК и программных модулей с соответствующими БД; сбора статистической информации.

6.2 Требования к компонентам информационного обеспечения

6.2.1 Основной формой реализации компонентов информационного обеспечения являются БД в распределенной или централизованной форме, организация данных в которых обеспечивает их оптимальное использование в конкретных применениях.

6.2.2 Совокупность БД САПР ПУ ЭА должна удовлетворять принципу информационного единства, т. е. использовать термины, символы, классификаторы, условные обозначения, способы представления данных, принятые в САПР ПУ ЭА.

6.2.3 Независимо от логической организации данных БД должны обеспечивать:

- информационную совместимость проектирующих и обслуживающих подсистем САПР ПУ ЭА;
- независимость данных на логическом и физическом уровнях, в том числе инвариантность к программному обеспечению. Возможность одновременного использования данных из различных БД и различными пользователями;
- возможность интеграции неоднородных БД для совместного их использования различными подсистемами САПР;
- возможность наращивания БД;
- контролируемую избыточность данных.

6.2.4 Создание, поддержка и использование БД, а также взаимосвязь между информацией в БД и обрабатывающими ее программными модулями осуществляются системой управления базами данных, являющейся, как общесистемный ПМК, частью одной из обслуживающих подсистем.

6.3 Требования к компонентам методического обеспечения

6.3.1 К компонентам методического обеспечения относят: утвержденную документацию инструктивно-методического характера, устанавливающую технологию автоматизированного проектирования; правила эксплуатации КСАП, ПТК и ПМК; нормативы, стандарты и другие руководящие документы, регламентирующие процесс и ПУ ЭА.

6.3.2 Компоненты методического обеспечения должны размещаться на машинных носителях информации, позволяющих осуществлять как долговременное хранение документов, так и их оперативный вывод в форматах, установленных соответствующими стандартами.

6.4 Требования к компонентам математического обеспечения

6.4.1 К компонентам математического обеспечения относят методы математического моделирования ПУ ЭА и процессов проектирования, математические модели ПУ ЭА и процессов проектирования, алгоритмы решения задач в процессе проектирования.

6.4.2 Взаимосвязи между компонентами математического обеспечения должны обеспечивать формализацию процесса проектирования и его целостность.

6.5 Требования к компонентам лингвистического обеспечения

6.5.1 К компонентам лингвистического обеспечения относят ЯП, ИПЯ и вспомогательные языки, используемые в обслуживающих подсистемах и для связи с ними проектирующих подсистем.

6.5.2 Компоненты лингвистического обеспечения должны быть согласованными с компонентами обеспечения других видов, быть относительно инвариантными к конкретному содержанию баз данных, предоставлять в компактной форме средства для описания всех объектов и процессов заданного для систем класса с необходимой степенью детализации и без существенных ограничений на объект описания, быть рассчитанными в основном на диалоговый режим их использования.

6.5.3 ЯП должны базироваться на терминах, принятых в конкретной системе, обеспечивать описание, управление и контроль процесса проектирования, быть ориентированными на пользователей с различным уровнем профессиональной подготовки (в том числе не имеющих специальной подготовки в области программирования), обеспечивать однозначное представление информации, стандартное описание однотипных элементов и высокую надежность идентификации описания.

6.5.4 ЯП должны представлять собой набор директив, используя которые пользователь осуществляет процесс формирования модели ПУ ЭА и ее анализ, обеспечивать возможность эффективного контроля заданий пользователя, иметь средства выдачи пользователю справок, инструкций и сообщений об ошибках, предусматривать возможность использования механизма выбора альтернативных директив из определенного набора (функциональная клавиатура и др.).

6.5.5 ИПЯ должны включать словари, правила индексирования входной информации и правила формирования поисковых предписаний. Словари ИПЯ должны содержать термины (в том числе стандартизованные) соответствующей области электроники и другие лексические единицы, необходимые для индексирования и поиска проектной информации с высокой точностью и полнотой.

6.6 Требования к компонентам технического обеспечения

6.6.1 К компонентам технического обеспечения относят устройства вычислительной и организационной техники, средства передачи данных, измерительные и другие устройства и их сочетания, обеспечивающие функционирование ПТК и КСАП, в том числе диалоговый, многопользовательский и многозадачный режимы работы, а также построение иерархических и сетевых структур технического обеспечения.

6.6.2 В качестве предпочтительной для САПР ПУ ЭА следует использовать двухуровневую структуру технического обеспечения, включающую центральный вычислительный комплекс и автоматизированные рабочие места (терминальные станции).

6.6.3 Компоненты технического обеспечения должны представлять возможность кодирования и ввода информации с ее визуальным контролем и редактированием; передачи информации по различным каналам связи; хранения, контроля и восстановления информации; загрузки, хранения и исполнения программного обеспечения; оперативного предоставления запрашиваемой информации на устройства вывода.

6.7 Требования к компонентам организационного обеспечения

6.7.1 Компоненты организационного обеспечения должны устанавливать организационную структуру системы и подсистем, включая взаимосвязи ее элементов; задачи и функции службы САПР ПУ ЭА и связанных с нею подразделений проектной организации; права и ответственность должностных лиц по обеспечению создания и функционирования САПР ПУ ЭА; порядок подготовки и переподготовки пользователей САПР ПУ ЭА.

Приложение А
(справочное)

Пример состава и структуры САПР ПУ ЭА

На рисунке А.1 представлена структурная схема САПР ПУ ЭА, построенная на базе российской автоматизированной системы обеспечения надежности и качества аппаратуры АСОНИКА (gost.e-ecolog.ru), предназначенной для анализа и обеспечения стойкости ЭА и ЭКБ к комплексным тепловым, механическим, электромагнитным воздействиям, усталостной прочности к тепломеханическим воздействиям, создания КРР ЭКБ, анализа показателей надежности ЭА и создания цифровых двойников ЭА и ЭКБ.

АСОНИКА — это замена натурных испытаний опытных образцов ЭА и ЭКБ виртуальными испытаниями на внешние механические, тепловые, электромагнитные и другие воздействия еще до их изготовления. Это значительная экономия денежных средств и сокращение сроков создания ЭА и ЭКБ при одновременном повышении качества и надежности за счет сокращения количества натурных испытаний.

Используют следующие подсистемы системы АСОНИКА:

АСОНИКА-БД: подсистема управления базами данных ЭКБ и материалов по геометрическим, физико-механическим, усталостным, теплофизическим, электрическим и надежностным параметрам;

АСОНИКА-ИД: подсистема идентификации физико-механических и теплофизических параметров моделей ЭА и ЭКБ;

АСОНИКА-ТМ: подсистема анализа конструкций ПУ ЭА на тепловые и механические воздействия;

АСОНИКА-УСТ: подсистема анализа усталостной прочности конструкций печатных плат и ЭКБ при механических и тепловых воздействиях;

АСОНИКА-Р: подсистема автоматизированного заполнения КРР ЭКБ;

АСОНИКА-Б: подсистема анализа показателей надежности ЭА с учетом реальных режимов работы ЭКБ и расчета комплектов «Запасные части, инструменты и принадлежности»;

АСОНИКА-ЦДЭ: подсистема управления виртуальными испытаниями ЭА и ЭКБ при проектировании и создании цифровых двойников ЭА и ЭКБ.

Система АСОНИКА включает в себя следующие конверторы с известными САПР:

- для передачи перечня ЭКБ и геометрии печатной платы и ЭКБ в стандартном формате (IDF) из систем проектирования печатных плат;
- для передачи геометрии произвольной конструкции в стандартном формате (STEP, IGES) из CAD-системы.

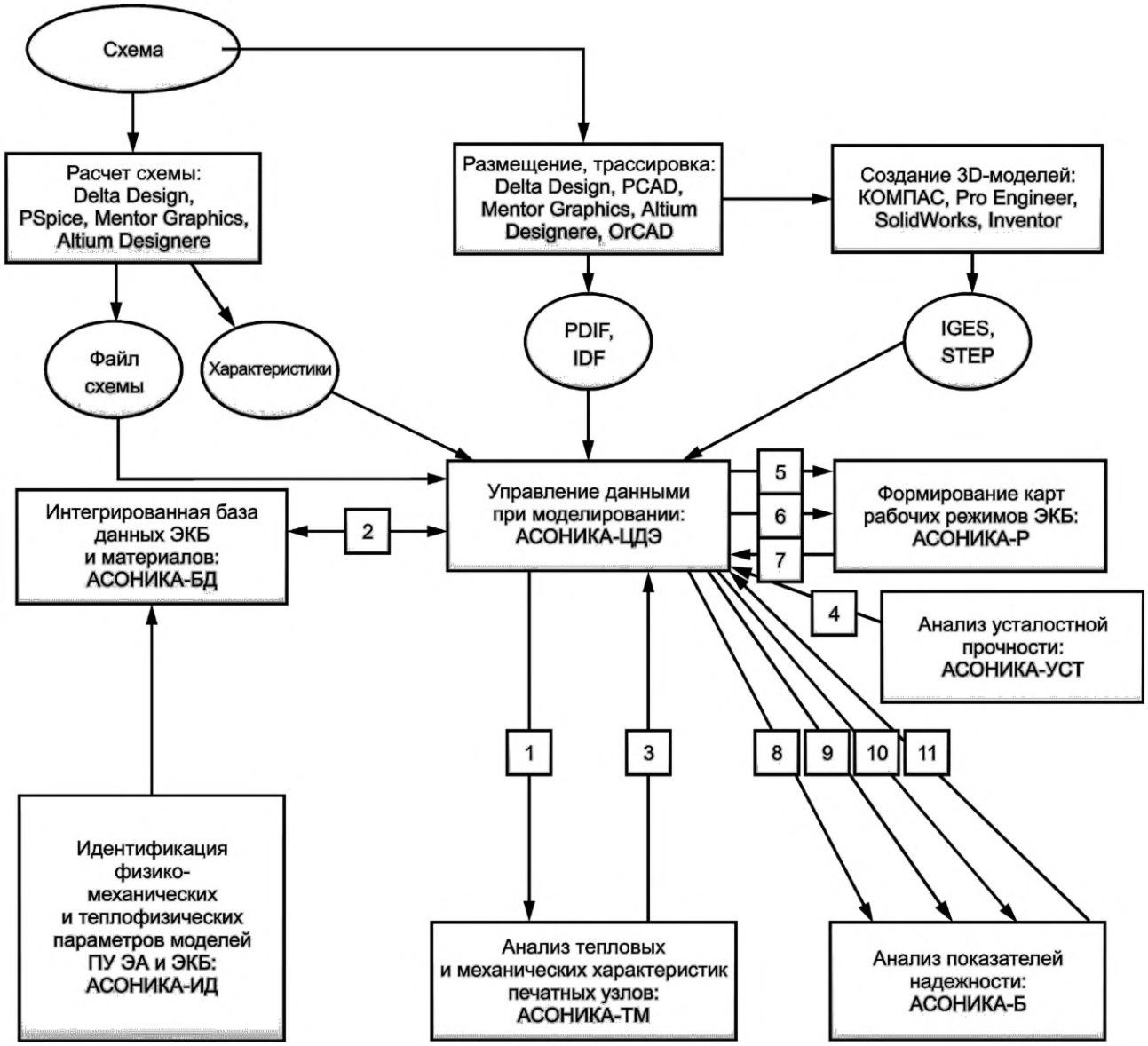


Рисунок А.1 — Структурная схема САПР ПУ ЭА, построенная на базе российской автоматизированной системы обеспечения надежности и качества аппаратуры АСОНИКА

Библиография

[1] Шалумов А.С. Дорожная карта развития «САПР электроники выше мирового уровня». Ковров: ООО «НИИ «АСОНИКА», 2020. 24 с. — Режим доступа: gost.e-ecolog.ru

[2] Автоматизированная система АСОНИКА для моделирования физических процессов в радиоэлектронных средствах с учетом внешних воздействий/ Под ред. А.С. Шалумова. М.: Радиотехника, 2013. 424 с.

[3] Шалумов М.А., Шалумов А.С. Виртуальная среда проектирования РЭС на основе комплексного моделирования физических процессов. — Владимир: Владимирский филиал РАНХиГС, 2016. 87 с.

УДК 621.865:8:007.52:006.354

ОКС 31.020
29.100.01

Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, печатный узел, электронная аппаратура, состав, структура, математическое моделирование, виртуальные испытания

Редактор *Л.В. Коретникова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *С.И. Фирсова*
Компьютерная верстка *И.А. Налейкиной*

Сдано в набор 30.12.2022. Подписано в печать 18.01.2023. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,40. Уч.-изд. л. 1,12.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

Создано в единичном исполнении в ФГБУ «Институт стандартизации»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.

gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru