

**ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ  
И ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА РЭС**  
(учебное пособие)

Евстафьев В.В., Енгибарян И.А., Сахаров И.А.  
ФГБОУ ВПО «Донской государственный  
технический университет», Ростов-на-Дону,  
e-mail: sakharov.i.a@yandex.ru

Учебное пособие подготовлено в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования и предназначено для бакалавров, обучающихся по направлениям подготовки 11.03.01 – «Радиотехника» и 11.03.02 – «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

В учебном пособии приведено систематическое и доступное изложение теоретических основ и принципов организации проектирования радиоэлектронной аппаратуры, представлены основные сведения в области конструирования электронных модулей различного уровня конструктивной иерархии. Даны сведения о нормативно-технической документации, действующих стандартах, рассмотрены задачи конструирования электронных средств различного назначения с учетом внешних воздействующих факторов. Особое внимание в пособии уделяется вопросам выбора элементной базы, конструкции, а также теплофизическому конструированию, электромагнитной совместимости электронных средств, их надежности и уровню качества. Рассмотрены перспективные методы конструирования современных электронных средств.

Приведены примеры математического моделирования объектов проектирования с использованием приложения MATLAB пакета System Identification Toolbox для решения конкретных задач с подробным пояснением выполняемых операций. Значительное внимание уделено визуализации результатов работы.

Приведены типовые проектно-конструкторские задачи и даны рекомендации по их решению, предложены методики расчетов частных и комплексных показателей надежности РЭС, обеспечивающие надежную работу аппаратуры. Изложены правила конструирования, технологические процессы формообразования и технологии производства печатных плат РЭС с учетом влияния тепловых воздействий и электромагнитной совместимости.

Методический уровень изложения материала, соответствует современным требованиям высшей школы, предмет дисциплины излагается логично и точно, определения и формулировки соответствуют общепринятой научной терминологии. Пособие написано технически грамотным языком.

Пособие ориентирует студентов на системный подход к разработке конструкции и технологии РЭС, поиск и принятие оптимальных технических решений в процессе проектирования.

**СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДИКИ  
ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
ПРОЦЕССОВ (УПОРЯДОЧИВАНИЕ  
ПОНЯТИЙ ВОСПРОИЗВОДИМОСТИ  
И ПРИГОДНОСТИ)**  
(методические указания)

Егоров С.Б., Капитанов А.В.,  
Локтев Д.А., Егорова Т.П.  
ФГБОУ ВО «Московский государственный  
технологический университет «СТАНКИН»,  
Москва, e-mail: egorovsergey@yandex.ru

Большинство программных продуктов для расчета индексов воспроизводимости и пригодности, имеющихся сегодня на рынке, используют устаревшие алгоритмы. Эти алгоритмы уже не соответствуют ни здравому смыслу, ни сложившейся мировой практике, ни принятым российским (ГОСТ) и международным (ИСО) нормам.

Как правило, все эти продукты основаны на методике, принятой в 90-х годах прошлого века. К этому времени идея расчета индексов воспроизводимости уже получила достаточно широкое распространение, но идеология определения и применения индексов была достаточно примитивной. Тем не менее, была создана методика расчета индексов возможностей процессов, вошедшая, в том числе, в действующие на тот момент рекомендации по системе управления качеством в автомобильной промышленности QS9000. Для понимания отметим основные пункты этой методики (закрепленной в ГОСТ Р 50779.44-2001 и ГОСТ Р 51814.3-2001):

- Для всех процессов принимается нормальная модель распределения.

- На основании результатов измерения оценивается два вида изменчивости процесса – собственная изменчивость  $\sigma_I$  и полная изменчивость  $\sigma_T$ .

- Собственная изменчивость  $\sigma_I$  рассчитывается на основании построенных для процесса контрольных карт Шухарта с помощью эмпирических коэффициентов.

- Полная изменчивость  $\sigma_T$  рассчитывается как стандартное отклонение для всех результатов измерения.

- Отношение величины поля допуска к собственной изменчивости процесса  $\left(\frac{\text{ВГПД} - \text{НГПД}}{6\sigma_I}\right)$  является индексом воспроизводимости процесса  $C_p$ .

- Отношение величины поля допуска к полной изменчивости процесса  $\left(\frac{\text{ВГПД} - \text{НГПД}}{6\sigma_T}\right)$  является индексом пригодности процесса  $P_p$ .

- Для оценки центрирования процесса применяются индексы  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$ , рассчитываемые как минимальные значения из  $\frac{\text{ВГПД} - \bar{X}}{3\sigma_I (3\sigma_T)}$

и  $\frac{\bar{X} - \text{НГПД}}{3\sigma_i (3\sigma_T)}$ , соответственно для собственной и полной изменчивости.

В то же время конец 90-х годов прошлого века ознаменовался началом повсеместного применения статистических методов управления процессами, прежде всего в автомобильной промышленности всего мира. Достаточно быстро пришло понимание, что данные методики не всегда соответствуют истинному положению вещей в производстве. В середине 90-х годов прошлого века фирмы Daimler и Ford провели независимые исследования и установили, что в отлаженном автомобильном производстве, как правило, от 2 до 5% процессов распределены по нормальному закону распределения. Все остальные процессы имеют другие законы. Таким образом, был разрушен основной постулат, на котором была основана существующая методика расчета индексов возможностей процессов – предположение о нормальном законе распределения. И уже в начале 2000 годов крупные автомобильные компании стали вводить собственные директивы, регламентирующие соответствующие методы расчета индексов воспроизводимости и пригодности, отличающиеся от рассмотренной выше методики.

Объединяющий документ был принят ИСО в 2006 году (с изменениями в 2007 году) и стал впоследствии российским стандартом ГОСТ Р ИСО 21747-2010 Статистики пригодности и воспроизводимости процесса для количественных характеристик качества. С выходом этого ГОСТа был отменен упомянутый выше стандарт ГОСТ Р 50779.44-2001, определяющий рассмотренную выше методику.

#### **Современная методика – упорядочивание понятий воспроизводимости и пригодности**

Помимо рассмотренной проблемы с процессами, распределенными по законам, отличным от нормального закона, внедренная в середине 2000 годов методика решила еще одну проблему – расчет индексов воспроизводимости и пригодности по разным формулам, в основе которых лежали разные понятия изменчивости.

Уже в старой методике был определен один из основных принципов анализа процессов – надо четко различать, находится ли процесс в состоянии статистической управляемости (иными словами, стабилен ли процесс со статистической точки зрения). В качестве решения старая методика предлагала рассчитать два индекса. Один, индекс воспроизводимости,  $C_p$ , рассчитывался на основе собственной изменчивости процесса, предполагая при этом, что собственная изменчивость зависит только от общих причин. Процесс, на который действуют только общие причины, является статистически стабильным. Таким образом, индекс воспроизводимости  $C_p$  показывал возможности процесса в стабильном состоянии. Второй индекс, индекс пригодности,  $P_p$ , рассчитывался на основе

общей изменчивости процесса, которая учитывает также воздействие случайных причин. Если на процесс воздействуют случайные причины, то его стабильность не подтверждается. И индекс пригодности  $P_p$  показывал возможности процесса в состоянии, когда стабильность не подтверждена.

Новая методика подошла к этому вопросу немного с другой стороны. В «новых» стандартах было определено, что процесс не может быть воспроизводимым, если он не является стабильным. Индекс возможностей процесса в этом случае рассчитывается по одной и той же формуле – отношение поля допуска к опорному интервалу

$$\frac{\text{ВПД} - \text{НГПД}}{X_{99,865\%} - X_{0,135\%}}$$

Но обозначается и называется этот индекс по-разному, в зависимости от того, находится процесс в стабильном или в нестабильном состоянии. Для процесса с подтвержденной стабильностью получаем индекс воспроизводимости  $C_p$ , а для процесса, стабильность которого не подтверждается, индекс пригодности  $P_p$ .

Стабильность процесса подтверждается контрольной картой. Если на карте нет нарушения заданных критериев стабильности, то процесс является стабильным. Более подробно оценка стабильности процессов будет рассмотрена в одной из следующих статей.

Таким образом,  $P_p$  и  $C_p$  рассчитываются по одной и той же формуле. Если построенная контрольная карта не имеет нарушений стабильности, то индексу присваивается обозначение  $C_p$ . Если нарушения были, то присваивается индекс  $P_p$ . Проиллюстрируем этот принцип на двух примерах.

В первом примере (рис. 1) процесс имеет минимальное рассеяние. Значение индекса отличное – 3,67 после центрирования процесса и 2,15 в настоящий момент. Но контрольная карта показывает наличие нарушений стабильности. И этот процесс сразу становится не воспроизводимым и индексу присваивается обозначение  $P_p$ .

Второй пример (рис. 2) показывает ситуацию, когда изменчивость процесса слишком большая по отношению к полю допуска и значение индекса меньше единицы. Но, поскольку контрольная карта стабильная, это индекс воспроизводимости  $C_p$ .

Все сказанное выше про индексы  $C_p$  и  $P_p$  в равной степени относится и к индексам  $C_{pk}$  и  $P_{pk}$ , учитывающим смещение процесса.

В настоящее время нормативно закреплена новая методика расчета индексов воспроизводимости и пригодности. Основными отличиями новой методики от старой является возможность оценивать процессы по их реальному закону распределения (а не только по нормальному закону) и расчет индексов пригодности и воспроизводимости по одной формуле с определением статуса (воспроизводимость или пригодность) в зависимости от стабильности процесса.

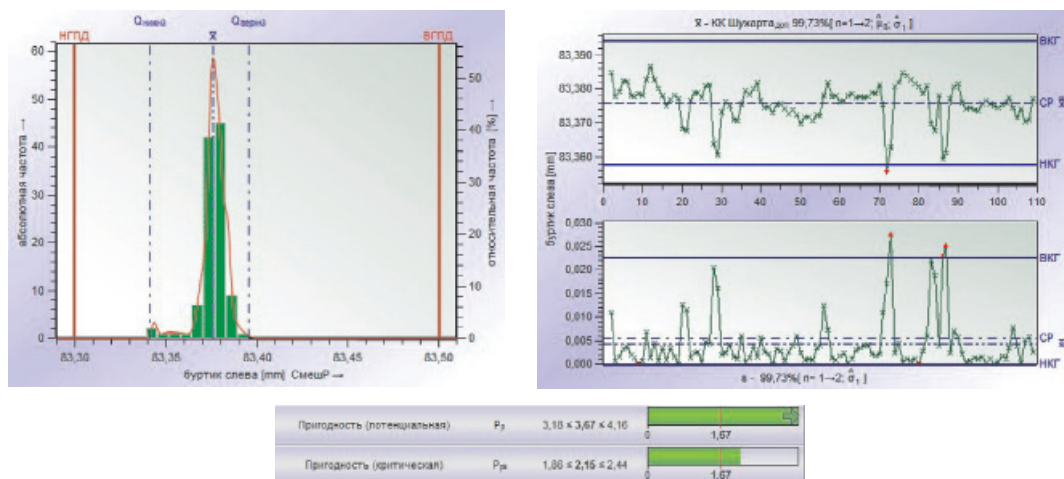


Рис. 1

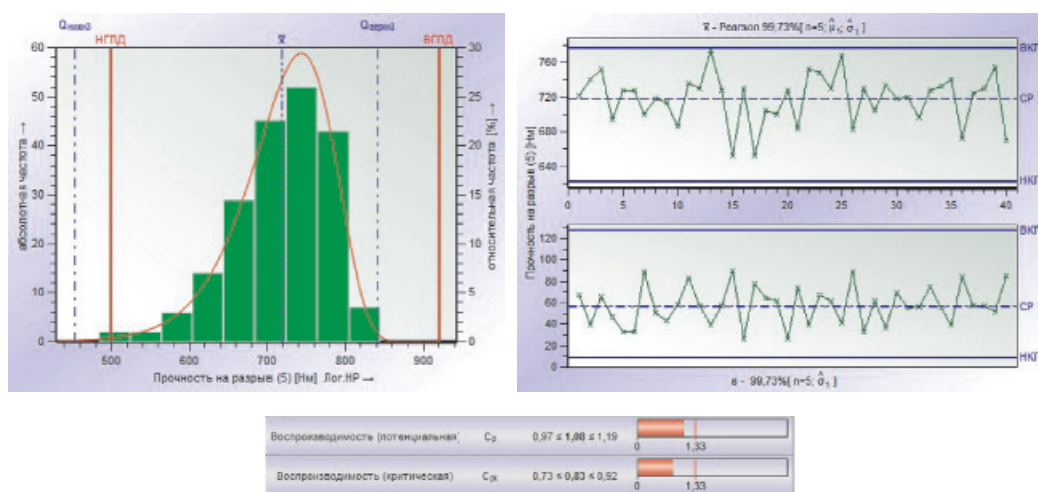


Рис. 2

*Настоящие методические указания были разработаны в рамках прикладного научного исследования проводимого при финансовой поддержке Министерства образования РФ в рамках соглашения № 14.574.21.0127 от 28 ноября 2014 г. Уникальный идентификатор проекта RFMEFI57414X0127.*

**РАЗРАБОТКА И ПРИМЕНЕНИЕ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ  
С ТРЕБУЕМЫМИ СВОЙСТВАМИ  
(монография)**

Звездина М.Ю.

*Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону,  
e-mail: Zvezdina\_m@mail.ru*

Актуальность материалов монографии обусловлена тем, что композиционные материалы давно используются в различных областях человеческой деятельности. Так, решение жилищной проблемы человечества без применения бетона и саманного кирпича было бы практически не-

возможно. В то же время технический прогресс вызвал необходимость изучения новых аспектов. В строительной практике ухудшение экологической обстановки, в частности, выпадение кислотных дождей, потребовало проведения исследований их влияния на стойкость бетонных конструкций. В антенной технике новый скачок в развитии композитные материалы получили в конце XX века после экспериментального доказательства американскими учеными (Pendry J.V. и др.) аномальных свойств материалов с отрицательным показателем преломления. Последние двадцать лет усилия ученых были направлены на построение композитных радиоматериалов со свойствами, существенно отличающимися от свойств его составляющих, получивших название метаматериалов, а также их применение для управления структурой электромагнитного поля, излучаемого антенной или рассеянного объектом. Поскольку аномальные свойства метаматериалов обусловлены возбуждением или, наоборот, подавлением направляемых волн структуры, то применение композитных