**Технологичность изделия, ее показатели и пути обеспечения**

Под технологичностью конструкции изделия (ГОСТ 14.205-83) понимается совокупность свойств конструкции изделия, проявляемых в возможности оптимальных затрат труда, средств, материалов и времени при технической подготовке производства, изготовлении, эксплуатации и ремонте по сравнению с соответствующими показателями однотипных конструкций изделий того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества и принятых условий изготовления, эксплуатации и ремонта. К ус-

ловиям изготовления или ремонта изделия относятся: тип производства, его специализация и организация, годовая программа и повторяемость выпуска, а также применяемые технологические процессы.

Стандарты ЕСТПП предусматривают обязательную отработку РЭА на технологичность на всех стадиях ее создания с целью повышения производительности труда, снижения затрат и времени на проектирование, технологическую подготовку производства, изготовление, техническое обслуживание и ремонт при обеспечении необходимого качества изделий.

Количественная оценка технологичности РЭА строится на системе показателей (ГОСТ 14.201-73), которая включает, базовые показатели технологичности, достигнутые при разработке изделия и внесенные в стандарты или ТУ.

Различают производственную и эксплуатационную технологичность. Первая проявляется в сокращении затрат при подготовке и изготовлении изделий, вторая - в сокращении затрат на обслуживание и ремонт. При отработке изделия на технологичность для условий производства необходимо учитывать: объемы выпуска н уровень специализации рабочих мест, виды заготовок и методы их получения; виды и методы обработки, виды и методы сборки, монтажа, настройки, контроля и испытаний, возможность использования типовых технологических процессов, имеющегося технологического оборудования и оснастки: возможность механизации и автоматизации процессов изготовления и технологической подготов-

ки производства; условия материально-технического обеспечения, квалификационный уровень рабочих.

При рассмотрении РЭА как объекта эксплуатации анализируются условия работы с аппаратурой, удобства обслужи

вания, ремонта, требования техники безопасности, возможности хранения и трансдортировки.

**Показатели технологичности РЭА, характеризующие конструкцию.**

Коэффициент унификации конструкции изделия



где Еу - количество унифицированных сборочных единиц в изделии; Ду - количество унифицированных деталей, являющихся составными частями изделия и не вошедших в Еу (стандартные крепежные детали не учитываются); Е - количество сборочных единиц в изделии; Д - общее количество деталей в изделии без учета стандартного крепежа.

Коэффициент унификации сборочных единиц



Коэффициент унификации деталей

Коэффициент стандартизации изделия



где Ест - количество стандартных сборочных единиц, в изделии Дст - число стандартных деталей, являющихся составными частями изделия и не входящих в Ест (стандартные крепежные детали не, учитываются).



Коэффициент стандартизации сборочных единиц



Коэффициент стандартизации деталей

Коэффициент контролепригодности изделия



где Нкп - количество контролируемых параметров в изделии;Нтк - количество точек контроля в изделии. Коэффициент повторяемости марок монтажного провода в изделии



где Ммпр - количество марок монтажного провода в изделии Коэффициент повторяемости электрорадиоэлементов (ЭРЭ) в изделии



где Нтэрэ - количество типоразмеров ЭРЭ в изделии; Нэрэ - количество ЭРЭ в изделии.

Коэффициент применяемости интегральных схем (ИС в изделии)



где Нэлис - сумма элементов, входящих в интегральные схемы изделия (определяются по ТУ на каждую ИС); Нэл - количество радиоэлементов в изделии. Коэффициент применяемости полупроводниковых приборов в изделии



где Hпп- количество ПП в изделии; Нрл - количество радиоламп в изделии.

Коэффициент регулируемости схемы изделия на элементной базе



где Ннрэл , Нрэл - количество нерегулируемых и регулируемых радиоэлементов.

**Показатели технологичности РЭА, характеризующие технологию изготовления изделий.**

Трудоемкость изготовления изделия



где Тi, - трудоемкость изготовления, сборки, монтажа, настройки, контроля и испытаний i-й составной части изделия, нормо-ч.

Технологическая себестоимость изделия



где Cм - расходы на сырье и материалы (без стоимости отходов), руб.; Сз - основная заработная плата производственных рабочих с начислениями, руб.; Син - расходы на износ инструмента и приспособлений целевого назначения, руб., Со - расходы на содержание и эксплуатацию оборудования, руб.

Коэффициент применения, типовых технологических процессов



где Ттп - трудоемкость операций, выполняемых по типовым технологическим процессам.

Коэффициент автоматизации и механизации технологических процессов



где Там - трудоемкость операций, выполняемых с помощью средств механизации и автоматизации.

Коэффициент автоматизации установки радиоэлементов на печатные платы



где Нау- количество радиоэлементов, устанавливаемых с помощью средств автоматизации; Нpy - количество радиоэлементов, устанавливаемых вручную.

Коэффициент автоматизации и механизации технологических процессов контроля



где Тмак, - трудоемкость операций контроля, выполняемых с помощью средств автоматизации и механизации; Тк - общая трудоемость контроля изделий.

Коэффициент применения печатного монтажа



где Нкпг - количество контактных площадок в изделии, пайка которых осуществляется групповым методом; Нпс - общее количество паяных соединений в изделии.

Относительная трудоемкость сборочно-монтажных работ при изготовлении изделия



где Тсми - трудоемкость операций сборочно-монтажных работ.

Относительная трудоемкость настроечно-регулировочных работ



где Тнри - трудоемкость настроечно-регулировочных работ.

Коэффициент использования материала



где Мзд - масса заготовки детали .

**Базовые показатели и уровень технологичности конструкции РЭА.**

На основании отраслевого стандарта все блоки РЭА по номенклатуре используемых показателей технологичности условно разбиты на четыре класса: электронные, электромеханические, механические и радиотехнические. В специальную группу блоков выделены соединительные, коммутационные и распределительные устройства. Для каждого класса установлен состав показателей технологичности, которые принимаются как базовые для данного класса. Общее количество показателей, характеризующих технологичность блоков каждого класса, не должно превышать 7.

К перечисленным выше показателям технологичности, из которых выбираются базовые, добавляется еще ряд обобщенных базовых показателей или один из них. К последним относится трудоемкость изготовления блока



где Та - трудоемкость конструкции-аналога проектируемого блока или трудоемкость, полученная по данным статистики; Ксл - коэффициент сложности блока, определяемый сравнением соответствующих технических требований к старым и новым конструкциям или как отношение технических параметров проектируемой конструкции к параметрам аналога или прототипа; Кт - коэффициент снижения трудоемкости изготовления изделия,



где Кпт - планируемый рост производительности труда; t –период времени от начала проектирования до запуска в производство.

Удельный базовый показатель трудоемкости изготовления изделия определяется как отношение базового показателя трудоемкости изготовления Tб к номинальному значению



основного технического параметра Р ( ). Уровень

технологичности изделия (блока) определяется как отношение значения достигнутого показателя технологичности к базовому. Числовые значения базовых показателей устанавливаются и утверждаются для каждого конкретного предприятия с учетом специфики выпускаемых изделий и достигнутого организационно-технического уровня производства. Естественно, что ниже уровня базовых показателей технологичности новая разрабатываемая конструкция РЭА быть не должна.

Основным показателем оценки технологичности конструкции является комплексный показатель технологичности К, который определяется с помощью базовых показателей по формуле



где кi - значение показателя по таблице базовых показателей соответствующего класса блоков; ϕi - весовая значимость i-го показателя, s - общее количество показателей. Независимо от полноты состава определяемых показателей на различных стадиях проектирования ϕi принимается для каждого показателя в соответствии с установленной весовой значимостью.

В целях обеспечения высокого технического уроння изделий для всех предприятий отрасли, разрабатывающих и выпускающих РЭА, устанавливаются нормативы комплексных показателей, которые характеризуют достигнутый предел технологичности, ниже которого показатели вновь разрабатываемого изделия быть не должны.

Расчет нормативного комплекса показателя проводится по формуле



где Ка - комплексный показатель изделия-аналога; Ксл - коэффициент сложности (технического совершенства) нового изделия по сравнению с аналогом; Кту - коэффициент, учитывающий изменения технического уровня основного производства завода-изготовителя нового изделия по отношению к заводу-изготовителю изделия аналогам; Коп и Кот - коэффициенты, учитывающие изменения уровня организации производства и труда завода-изготовителя нового изделия по отношению к заводу-изготовителю изделия-аналога; Кп - коэффициент, учитывающий изменения типа производства (отношение коэффициента серийности нового изделия по отношению к

изделию-аналогу).

**Показатели технологичности конструкций узлов и блоков РЭА.**

Коэффициент применяемости деталей



где Дтор - количество типоразмеров оригинальных деталей в блоке, Дт - общее количество деталей (типоразмеров) в блоке без учета нормализованного крепежа. Коэффициенты применяемости и повторяемости электрорадиоэлементов:



где Нторэ - количество типоразмеров оригинальных ЭРЭ в блоке, Нтэ - общее количество типоразмеров в блоке; Нэ - общее количество ЭРЭ в блоке, шт. К оригинальным деталям относятся те, которые впервые разрабатываются самим предприятием или в порядке кооперации. К электрорадиоэлементам относятся транзисторы, диоды, резисторы, конденсаторы, катушки индуктивности, разъемы, дроссели, трансформаторы, микросхемы, микромодули и т. п. Под типоразмером ЭРЭ понимается габаритный размер (без учета номинальных значений).

Коэффициент использования микросхем и микросборок



где Нмс - общее количество микросхем и микросборок в блоке, шт. Коэффициент автоматизации и механизации монтажа блока



где Нам - количество монтажных соединений, осуществляемых механизированным или автоматизированным способом, Нм – общее количество монтажных соединений.

Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу



где Кмпэ - количество ЭРЭ, подготовка которых к монтажу может быть механизирована или автоматизирована, шт.

Коэффициент автоматизации и механизации операций контроля и настройки электрических параметров



где Нмкн - количество операций контроля и настройки, осуществляемых автоматизированным или механизированным способом. В число таких операций включаются и те, которые не требуют использования средств механизации; Нкн - общее количество операции контроля и настройки.

Коэффициент прогрессивности формообразования деталей:



где Дпр - количество деталей, заготовки которых или сами детали получены прогрессивными методами формообразования (штамповкой, прессованием, порошковой металлургией, литьем по выплавляемым моделям, под давлением и в кокиль, пайкой, сваркой, склеиванием, из профилированного материала), шт.

Все остальные показатели технологичности конструкции блоков определяются аналогично показателям технологичности для изделий, формулы расчета которых приведены выше.