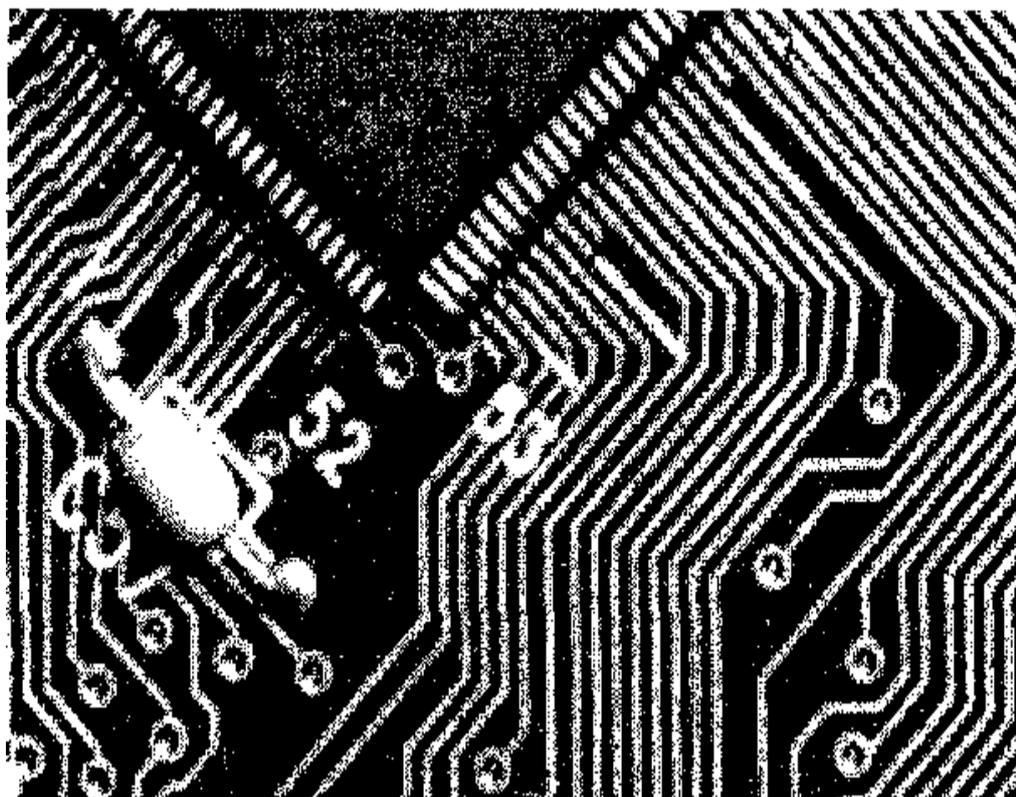


ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический
университет»

Кафедра конструирования и производства радиоаппаратуры

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе " Оценка технологичности конструкции изделия"
по дисциплине «Технология приборов и систем» «Технология производства
электронных средств» для студентов направлений 12.03.01«Приборостроение»
(профиль «Приборостроение») и 11.03.03 «Конструирование и технология
электронных средств» (профиль «Проектирование и технология
радиоэлектронных средств»)
очной и заочной форм обучения



Воронеж 2015

УДК 621.396

Составитель канд. техн. наук А.Б. Антиликаторов

Методические указания к лабораторной работе " Оценка технологичности конструкции изделия" по дисциплине «Технология приборов и систем» «Технология производства электронных средств» для студентов направлений 12.03.01 «Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 11.03.03 «Конструирование и технология электронных средств» (профиль «Проектирование и технология радиоэлектронных средств») очной и заочной форм обучения /ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»; сост. А.Б. Антиликаторов. Воронеж, 2015, 26 с.

В работе представлены методики оценки технологичности конструкции изделия, а также порядок и правила отработки конструкции РЭС на технологичность на всех стадиях проектирования.

Методические указания подготовлены в электронном виде в текстовом редакторе MSWord 2003 и содержатся в файле ЛР_ОТК.doc

Табл. 1. Ил. I. Библиогр.: 2 назв.

Рецензент канд. техн. наук, доц. А.В. Турецкий

Ответственный за выпуск зав. кафедрой д-р техн. наук, проф. А.В. Муратов

Издается по решению редакционно-издательского совета Воронежского государственного технического университета.

© ФГБОУ ВПО «Воронежский
государственный технический
университет», 2015

1. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ РАБОТЫ

Цель работы - приобретение практических навыков оценки технологичности конструкции радиоэлектронного изделия.

В данной лабораторной работе объектами исследования и проведения количественной оценки технологичности являются электронные или электронно-механические изделия РЭС.

2 ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ЕГО ВЫПОЛНЕНИЮ

Изучить порядок и правила отработки конструкции РЭС на технологичность.

2.1. Общие положения

Под технологичностью конструкции изделия (ТКИ) понимают 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 того же назначения при обеспечении установленных значений показателей качества и принятых условиях изготовления, эксплуатации и ремонта.

Основная задача отработки конструкции изделия на технологичность - достижение установленных техническим заданием (ТЗ) трудоемкости и себестоимости изготовления.

Отработка конструкции изделия на технологичность направлена на повышение технического уровня и качества изготовления изделия, сокращение времени на проектирование и техническую подготовку производства изделия, повышение производительности труда. При отработке изделия на технологичность следует предусматривать возможность применения типовых технологических процессов, стандартизации и унификации составных частей изделия, механизации и автоматизации процессов изготовления и технологической подготовки производства.

Вид технологичности определяется признаками, характеризующими область проявления ТКИ. По области проявления ТКИ различают следующие виды технологичности: производственную и эксплуатационную.

Производственная ТКИ проявляется в сокращении затрат средств и времени на конструкторскую подготовку производства, технологическую подготовку производства, процессы изготовления, в том числе контроля и испытаний.

Эксплуатационная ТКИ проявляется в сокращении затрат времени и средств на техническое обслуживание - и ремонт изделия.

Главными факторами, определяющими требования к ТКИ, являются: вид изделия, объём выпуска, тип производства.

Вид изделия (деталь, сборочная единица, комплекс, комплект) определяет главные конструктивные и технологические признаки, обуславливающие основные требования к ТКИ. Объём выпуска и тип производства определяет степень технологического оснащения, механизации и автоматизации технологических процессов и специализацию всего производства.

Вид оценки характеризует метод сравнения конструктивных решений. Оценка ТКИ может быть двух видов: качественной и количественной.

Качественные показатели представляются в безразмерных величинах по ранговому признаку. Каждому качественному показателю присваиваются оценки-ранги по заранее выбранной шкале: двухбалльной, пятибалльной и т.д. Ранговый показатель, имеющий дискретную область определения, в простейшем случае содержит два значения: технологично, нетехнологично; ремонтнопригодно, неремонтнопригодно; хуже, лучше и т.д.

Эффективность оценки ТКИ по качественным показателям зависит от уровня квалификации исполнителя, его знаний состояния и тенденций развития схемотехники, конструирования, технологии и умения принимать оригинальные решения, существенно улучшающие технологичность изделий всех видов. При высокой квалификации и достаточном опыте исполнителя во многих случаях не требуется вычисление значений некоторых количественных показателей, в связи с чем сокращаются затраты времени на проектирование изделия.

Качественная оценка предшествует количественной и определяет её целесообразность.

Количественная оценка ТКИ выражается показателями, численные значения которых характеризуют степень удовлетворения требований к ТКИ. Номенклатура и методика их определения устанавливаются в зависимости от вида изделий, типа производства и стадии разработки конструкторской документации (КД). Количество показателей должно быть минимальным, но достаточным для оценки технологичности.

Количественная оценка ТКИ основана на трех видах показателей:

- ✓ базовых показателях технологичности;
- ✓ показателях проектируемой конструкции, достигнутых в процессе отработки её на технологичность;
- ✓ показателях уровней технологичности конструкции.

Показатель уровня технологичности конструкции определяется как отношение достигнутого показателя проектируемой конструкции к соответствующему базовому показателю, заданному в ТЗ. Уровень технологичности конструкции может определяться по одному или нескольким частным и комплексным показателям.

Показатели проектируемой конструкции разделяются на основные и дополнительные. Для более полной и детальной отработки изделия на технологичность не следует отдавать предпочтение только качественным или количественным показателям, нужно рационально сочетать оба вида оценки ТКИ.

2.2. Содержание работ по обеспечению ТКИ в зависимости от стадии разработки конструкторской документации (КД)

Основное содержание работ по обеспечению ТКИ в зависимости от стадии разработки КД устанавливается отраслевыми стандартами или стандартами предприятия.

При разработке **технического задания** для обеспечения ТКИ в общем случае проводят:

- ✓ сбор информации о ТКИ аналогов;
- ✓ установление требований к технологичности разрабатываемой конструкции изделия;
- ✓ выбор номенклатуры и расчет значений базовых показателей ТКИ.

На стадии разработки **технического предложения** проводят анализ возможных конструктивных решений изделия и выявляют оптимальный с точки зрения технологичности вариант. На этой же стадии проводят анализ принципиальной схемы и компоновки изделия, номенклатуры оригинальных составных частей, требующих при изготовлении применения новых технологических процессов и специальных средств технологического оснащения.

На стадии разработки **эскизного проекта** должны быть выполнены следующие основные работы по отработке ТКИ:

- ✓ анализ принципиальных конструктивных решений с учетом номенклатуры используемых материалов, габаритных размеров и конструкции составных частей, общего представления об устройстве изделия и принятие решений о технологичности членения конструкции, сборки и технического обслуживания изделия;

✓ оценка общей компоновки изделия соответственно требованиям агрегатирования из сборочных единиц, позволяющим провести полное испытание составной части до установки её на изделие, т.е. до общей сборки, при этом количество отдельных деталей, устанавливаемых на изделие при общей сборке, должно быть минимальным;

✓ соблюдение' преемственности унифицированных и стандартных сборочных единиц;

✓ реализация взаимозаменяемости сборочных единиц;

✓ определение электрических параметров, при контроле и регулировке которых можно применять автоматизированные средства;

✓ установление - возможности сокращения номенклатуры основных материалов и сортамента, а также комплектующих изделий, марок кабельных изделий и проводов, крепёжных изделий, смазочных и консервационных материалов;

✓ оценка микроминиатюризации изделия.

На стадии разработки **технического проектане** необходимо:

✓ принять окончательное решение о технологичности конструкции и точности изготовления изделия и его составных частей на основе окончательных конструкторских решений и полного представления об устройстве изделия;

✓ достичь максимального применения микросхем, микросборок, микропроцессоров, монтажных соединений на печатных платах (ПП), покупных комплектующих изделий, встроенных автоматизированных средств контроля и регулировки, а также минимального применения регулировок, марок материалов, кабельных изделий, проводов, смазочных и консервационных материалов, типоразмеров крепежных и комплектующих изделий;

✓ осуществлять технологический контроль конструкторской документации, обеспечивающий выполнение работ, указанных выше.

ТКИ на данной стадии разработки оценивают по приближенным значениям показателей, указанных в ТЗ.

На стадии **разработки рабочей документации** должна быть обеспечена технологичность конструкции и точность изготовления изделия и его составных частей. На этой стадии отработка конструкции на технологичность в основном должна быть закончена. На этой же стадии в соответствии с типом производства и предполагаемым объемом выпуска следует провести конкретизацию использования типовых технологических процессов, переналаживаемой оснастки и технологического оборудования.

На стадии разработки рабочей документации необходимо использовать рациональные конструктивные и технологические решения, обеспечивающие:

- ✓ технологичность изготовления деталей литьём, обрабатываемых резанием, получаемых методом холодной штамповки, изготавливаемых порошковой металлургией, на ГАП, из полимерных материалов;
- ✓ удобство сборки, увеличение повторяемости типоразмеров деталей в изделии;
- ✓ уменьшение массы изделия за счет перевода деталей на другие виды материалов;
- ✓ максимальное применение составных частей изделия, освоенных на предприятии-изготовителе, применение заготовок, приближающихся к форме готовой детали;
- ✓ увеличение количества деталей, изготавливаемых прогрессивными методами формообразования, при широком использовании современных средств технологического оснащения;
- ✓ максимальное применение типовых технологических процессов при изготовлении, сборке, регулировке, контроле и испытании изделия и его составных частей;
- ✓ получение необходимой шероховатости поверхности и точности обработки, совмещение обработки поверхностей;
- ✓ рациональное использование основных материалов, идущих на изготовление составных частей изделия;
- ✓ соответствие габаритных размеров и конструкции ПП требованиям нормативных документов, уменьшение типоразмеров ПП в изделии;
- ✓ возможность механизации и автоматизации подготовки электрорадиоэлементов к монтажу, а также установка их на ПП.
- ✓ возможность применения средств автоматизации (механизации) регулировки и контроля электрических параметров;
- ✓ параллельную сборку сборочных единиц;
- ✓ взаимное соответствие размеров различных элементов конструкции изделия, например, диаметров отверстий и валов, диаметров резьб и т.д.

Рациональные конструктивные и технологические решения должны обеспечить минимальные трудовые и материальные затраты при изготовлении изделия и оптимальную структуру его себестоимости. При отработке конструкции изделия на технологичность на стадии разработки рабочей документации следует осуществлять технологический контроль КД.

На этой стадии следует производить оценку уровня ТКИ по номенклатуре базовых показателей технологичности, заданных в ТЗ на разработку изделия.

2.3. Требования к технологичности конструкции сборочной единицы

Конструкция сборочной единицы должна удовлетворять требованиям изготовления, эксплуатации и ремонта наиболее производительными и экономичными способами при заданных условиях производства. Конструкция сборочной единицы отрабатывается на технологичность комплексно, учитывая взаимозависимость производственной и эксплуатационной технологичности составных частей сборочной единицы и изделия, в которое данная сборочная единица входит как составная часть.

Для обеспечения технологичности конструкции сборочной единицы необходимо учитывать целый ряд предъявленных к ней требований, которые можно разделить на следующие группы:

- ✓ требования к составу,
- ✓ требования к конструкции составных частей,
- ✓ требования к точности и методу сборки.

Требования к составу:

- 1) сборочная единица должна расчленяться на рациональное число составных частей с учетом принципа агрегатирования;
- 2) конструкция сборочной единицы должна обеспечивать возможность компоновки из стандартных и унифицированных частей;
- 3) сборка изделия не должна обуславливать применения сложного технологического оснащения;
- 4) виды используемых соединений, их конструкция и месторасположение должны соответствовать требованиям механизации и автоматизации сборочных работ;
- 5) конструкция сборочной единицы должна предусматривать базовую составную часть, которая является основной для расположения остальных составных частей;
- 6) компоновка конструкции поверхности сборочной единицы должна позволять производить сборку при неизменном базировании составных частей;
- 7) компоновка сборочной единицы должна обеспечивать общую сборку без промежуточной разборки и повторныхборок составных частей;

8) компоновка составных частей сборочной единицы должна обеспечивать удобный доступ к местам, требующим контроля, регулировки и проведения других работ, регламентированных технологией подготовки изделия к использованию по назначению;

9) компоновка сборочной единицы и способы соединения должны обеспечивать легкоосъемность составных частей с малым ресурсом.

Требования к конструкции соединений составных частей:

1) количество поверхностей и мест соединений составных частей в общем случае должно быть наименьшим;

2) соединение составных частей не должно требовать сложной и необоснованно точной обработки сопрягаемых поверхностей;

3) конструкции соединений составных частей не должны требовать дополнительной обработки в процессе сборки.

Требования к точности и методу сборки:

1) точность расположения составных частей должна быть обоснована и взаимосвязана с точностью изготовления составных частей; • |

2) выбор метода сборки для данного объема выпуска и типа производства должен производиться на основании расчета и анализа размерных цепей, расчет размерных цепей следует проводить, используя методы максимума-минимума или вероятностный;

3) при выборе метода сборки следует учитывать трудоемкость сборочных работ, производительность труда, затраты на изготовление составных частей с требуемой точностью. По убывающей производительности труда методы сборки располагаются в следующем порядке:

- ✓ с полной взаимозаменяемостью,
- ✓ с неполной взаимозаменяемостью,
- ✓ с групповой взаимозаменяемостью,
- ✓ с регулировкой компенсаторами,
- ✓ с пригонкой.

2.4. Требования к технологичности детали

Конструктивно детали следует отрабатывать на технологичность комплексно с учетом технологичности исходной заготовки детали и технологичности сборочной единицы, в которую эта деталь входит как составная часть. При отработке конструкции детали на технологичность следует руководствоваться ниже перечисленными требованиями:

- 1) конструкция детали должна состоять из стандартных и унифицированных конструктивных элементов или быть стандартной в целом;
- 2) детали должны изготавливаться из стандартных или унифицированных заготовок;
- 3) размеры и поверхности детали должны иметь соответственно экономически и конструктивно обоснованные точность и шероховатость;
- 4) физико-химические и механические свойства материала, жесткость детали, её форма и размеры должны соответствовать требованиям технологии изготовления, хранения и транспортировки;
- 5) заготовки должны быть получены рациональным способом с учетом заданного объема выпуска и типа производства;
- 6) метод изготовления должен обеспечивать возможность одновременного изготовления нескольких деталей;
- 7) конструкция детали должна обеспечивать возможность применения ; типовых и стандартных технологических процессов её изготовления.

Последовательность и содержание работ по обеспечению технологичности детали определяют в зависимости от сложности и принадлежности детали. По принадлежности следует различать детали: взаимосвязанные и самостоятельные.

Взаимосвязанными считают детали, являющиеся составными частями какого-либо изделия. Самостоятельными' являются детали, не входящие в состав изделий.

Технологичность конструкции взаимосвязанной детали должна удовлетворять общим требованиям, предъявляемым к изделию, в состав которого она входит, и частным требованиям, связанным непосредственно с её технологичностью.

2.5. Классификация показателей ТКИ

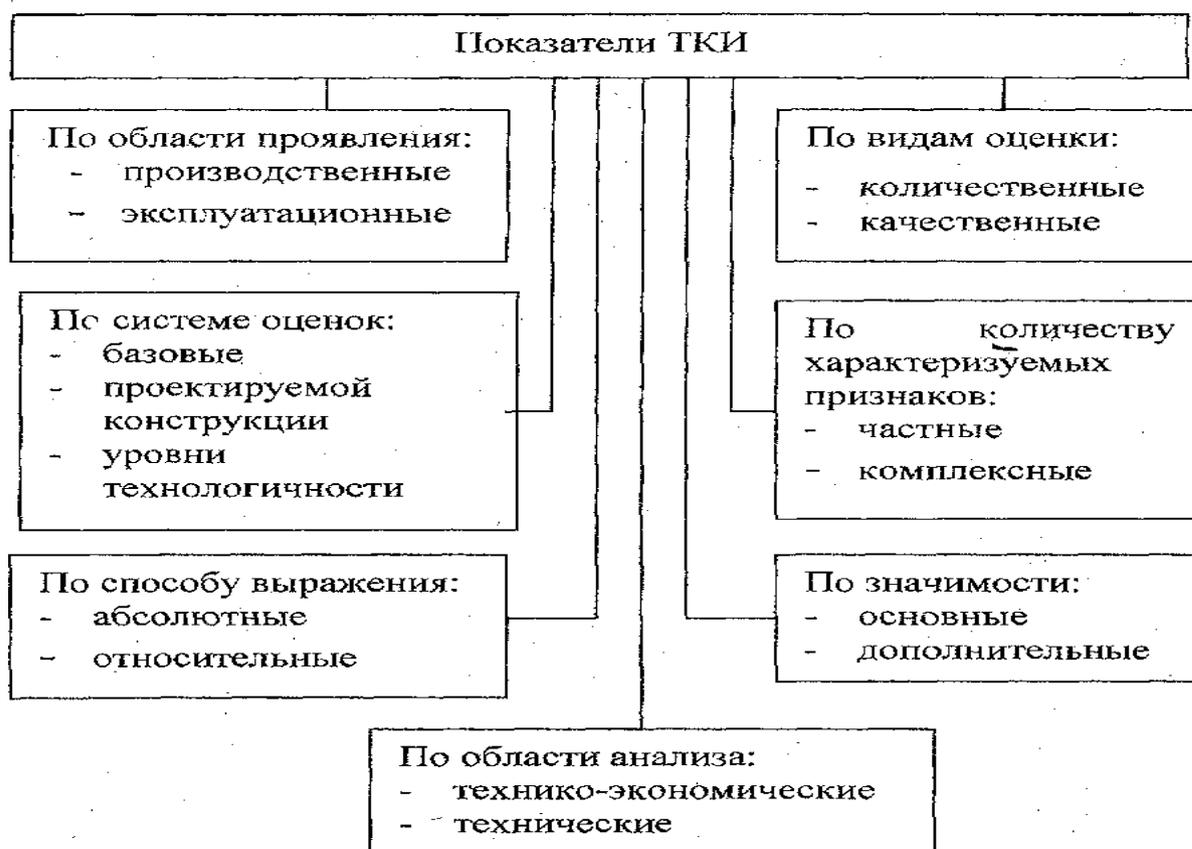
ТКИ оценивают совокупностью показателей, подразделяемых по области проявления технологичности, по значимости, по области анализа, по видам оценки, по количеству характеризующих признаков, по системе оценки и по способу выражения. Классификация показателей ТКИ представлена на рисунке.

По области проявления ТКИ подразделяется на производственную и эксплуатационную, \

По видам оценки различают качественную оценку и количественную оценку.

По системе оценки показатели разделяются на базовые, проектируемой конструкции и уровни технологичности. К базовым показателям ТКИ относятся такие показатели, которые приняты за исходные (эталонные) для оценки технологичности. Численные значения базовых показателей нормируются по классам изделий с учетом технического и организационно-технического уровня предприятий и достижений в области конструирования и технологии РЭС.

Показатели проектируемой конструкции - это показатели ТКИ, достигнутые при разработке КД и технологической документации (ТД) на изделие.



Классификация показателей ТКИ

Уровень ТКИ - показатель, выражаемый как отношение значения показателя проектируемого изделия к значению соответствующего базового показателя. По количеству характеризующих признаков показатели разделяются на частные и комплексные. Частный показатель характеризует какое-либо одно свойство изделия, а комплексный показатель два и более⁴ признаков технологичности конструкции. Частные показатели различаются единицами измерения и неодинаково представляют ТКИ, поэтому при оценке

комплексных показателей по совокупности частных показателей каждому частному показателю присваивается коэффициент весомости. Коэффициенты весомости не могут быть определены с высокой точностью вследствие их зависимости от субъективных факторов. В этом состоит основная трудность комплексной оценки ТКИ. Комплексный показатель может "покрыть" недостатки одного частного показателя за счет другого. Это необходимо учитывать при отборе частных показателей для получения комплексных показателей;

По **способу выражения** показатели делятся на абсолютные и относительные. Абсолютными показателями ТКИ являются такие, которые в абсолютных единицах отражают признаки технологичности конструкции. Относительные показатели позволяют произвести сравнительную оценку ТКИ, например, при оценке производственной ТКИ пользуются относительными показателями трудоемкости. Эти показатели позволяют установить вклад трудоёмкости по видам работ в трудоёмкость изготовления изделия.

Разделение показателей на основное и дополнительные по их **значимости** производится в соответствии с типом производства, объемом выпуска изделия, его конструктивно- технологическими особенностями, условиями изготовления и эксплуатации. Основными показателями производственной ТКИ являются трудоёмкость и технологическая себестоимость изготовления изделия. Дополнительные показатели технологичности можно выделить в следующие группы;

- ✓ относительные технико-экономические показатели трудоёмкости,
- ✓ относительные технико-экономические показатели себестоимости,
- ✓ показатели техничности конструкции.

Выбор показателей для оценки ТКИ производится из номенклатуры показателей с учетом их классификации, и главных факторов, определяющих требования к технологичности конструкции.

2.6. Контрольные вопросы к домашнему заданию

1. Какие цели преследует отработка изделия на технологичность?
2. Назовите виды технологичности подобласти её проявления.
3. Назовите главные факторы, определяющие требования к технологичности конструкции.
4. Назовите виды оценки технологичности. На чем основан каждый вид оценки?

5. В чем заключается содержание отработки конструкции изделия на технологичность на стадии разработки технического задания?

6. В чем заключается содержание отработки конструкции изделия на технологичность на стадии разработки технического предложения?

7. В чем заключается содержание отработки конструкции изделия на технологичность на стадии разработки эскизного проекта?

8. В чем заключается содержание отработки конструкции изделия на технологичность на стадии разработки технического проекта?

9. В чем - заключается содержание отработки конструкции изделия на технологичность на стадии разработки рабочей документации?

10. Какие требования предъявлялся к технологичности конструкции сборочной единицы?

И. Перечислите требования к составу сборочной единицы.

12. Перечислите требования к конструкции соединений составных частей сборочной единицы.

13. Перечислите требования к точности и методу сборки сборочной единицы.

14. Какие требования предъявляются к технологичности конструкции детали?

15. Как влияет технологичность конструкции деталей на технологичность сборочной единицы?

16. Как изменяются требования к технологичности деталей и сборочных единиц с изменением типа производства?

17. Как классифицируются показатели технологичности?

18. Назовите основные показатели технологичности. 19. Какие составляющие затрат входят в технологическую себестоимость?

3. ЛАБОРАТОРНЫЕ ЗАДАНИЯ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИХ ВЫПОЛНЕНИЮ

Для выполнения лабораторного задания необходимо получить у преподавателя исходные данные для расчета ТКИ РЭС.

3.1. **Задание первое.** Произвести расчет основных и дополнительных показателей технологичности в соответствии с методикой количественной оценки технологичности конструкции, приведенной ниже.

3.1.1. Определение основных показателей технологичности

Основными показателями ТКИ являются трудоемкость изготовления изделия $T_{и}$ и технологическая себестоимость изделия $C_{т}$.

Трудоемкость изготовления изделия определяется по видам работ по формуле

$$T_{и} = \sum_{j=1}^n T_j \quad (1)$$

где T_j - трудоемкость изготовления изделия по каждому j -му виду работ (сборка, регулировка, испытание контроль и т.д.), нормо-ч;

j -виды работ ($j = 1, 2, \dots n$).

При большом количестве составных частей в изделии трудоемкость изготовления определяется укрупнённо по типовым представителям составных частей изделия по формуле

$$T_{и} = \sum_{i=1}^n T_{ie} n_{ie} \sum_{j=1}^n T_{ид} n_{ид} + T_{co} T_p \quad (2)$$

где T_{ie} - трудоемкость изготовления и сборки i -той сборочной единицы, нормо-ч, определяется по формуле

$$T_{ie} = \sum T_{кд} n_{кд} + T_{cy} \quad (3)$$

где $T_{кд}$ - трудоемкость изготовления k -той детали, входящей в состав i -той сборочной единицы изделия, нормо-ч

$n_{кд}$ - количество k -тых деталей, шт.;

T_{cy} - трудоемкость узловой сборки, нормо-ч;

n_{ie} - количество i -тых сборочных единиц, шт.;

$T_{ид}$ - трудоёмкость изготовления i -той детали, являющейся составной частью изделия и не входящей в состав сборочной единицы при подсчете

T_{ie} , нормо-ч;

$n_{ид}$ - количество i -тых деталей, шт.;

T_{co} - трудоёмкость общей сборки изделия, нормо-ч;

T_{pk} - трудоёмкость регулировочных и контрольно-испытательных работ по изделию, нормо-ч.

Технологическая себестоимость изделия определяется по формуле

$$C_T = C_M + C_3 + C_{цр} \quad (4)$$

где C_M - стоимость материалов, затраченных на изготовление изделий, р.;

C_3 - заработная плата производственных рабочих с начислениями, р.;

$C_{цр}$ - цеховые расходы, включающие расходы на топливо; электроэнергию, потребляемую оборудованием; на ремонт и амортизацию оборудования, инструмента, приспособлений; на вспомогательные материалы, предусмотренные ТП изготовления изделия, р.

3.1.2. Определение дополнительных технико-экономических показателей трудоемкости

Дополнительные технико-экономические показатели трудоемкости определяются по следующим формулам.

Относительная трудоёмкость заготовительных работ $T_{озр}$

$$T_{озр} = T_{зр} / T_{и} \quad (5)$$

где $T_{зр}$ - трудоёмкость заготовительных работ, нормо-ч. К

заготовительным работам, выполняемым обработкой резанием, следует относить отрезные операции.

Относительная трудоёмкость обработки резанием $T_{оор}$

$$T_{оор} = \frac{T_{ор}}{T_{и}} \quad (6)$$

где $T_{ор}$ - трудоёмкость обработки резанием, нормо-ч.

Относительная трудоемкость изготовления деталей методом литейного производства $T_{ол}$

$$T_{ол} = \frac{T_{л}}{T_{и}} \quad (7)$$

где $T_{л}$ - трудоемкость литейных работ, нормо-ч.

Относительная трудоемкость изготовления деталей методом холодной штамповки $T_{ош}$

$$T_{ош} = \frac{T_{ш}}{T_{и}} \quad (8)$$

где $T_{ш}$ - трудоемкость изготовления деталей холодной штамповкой, нормо-ч. Относительная трудоемкость изготовления деталей вытяжкой $T_{овт}$

$$T_{овт} = \frac{T_{вт}}{T_{и}} \quad (9)$$

где $T_{вт}$ - трудоемкость изготовления деталей вытяжкой, нормо-ч.

Относительная трудоемкость изготовления деталей выдавливанием $T_{овд}$

$$T_{овд} = \frac{T_{вд}}{T_{и}} \quad (10)$$

где $T_{вд}$ - трудоемкость изготовления деталей выдавливанием, нормо-ч.

Относительная трудоемкость изготовления деталей из полимерных материалов (включая резину) $T_{оп}$

$$T_{оп} = \frac{T_{п}}{T_{и}} \quad (11)$$

где $T_{п}$ - трудоемкость работ по формообразованию деталей из полимерных материалов (включая резину), нормо-ч. Относительная трудоемкость работ, связанных с термообработкой $T_{от}$

$$T_{от} = \frac{T_{т}}{T_{и}} \quad (12)$$

где $T_{т}$ - трудоемкость работ, связанных с термообработкой, нормо-ч.

Относительная трудоемкость работ, связанных с нанесением покрытий $T_{опк}$

$$T_{опк} = \frac{T_{шок}}{T_{и}} \quad (13)$$

где $T_{шк}$ - трудоемкость работ, связанных с нанесением покрытий, нормо-ч. Относительная трудоемкость работ по изготовлению жгутов и подготовке кабелей, проводов и других компонентов сборки и монтажа $T_{оиж}$

$$T_{оиж} = \frac{T_{ж}}{T_{и}} \quad (14)$$

где $T_{иж}$ - трудоемкость изготовления жгутов и подготовки кабелей, проводов и др., нормо-ч. Относительная трудоёмкость сборочно-монтажных работ (включая сварку и пайку) $T_{ос}$

$$T_{ос} = \frac{T_{с}}{T_{и}} \quad (15)$$

где T_c - трудоёмкость сборочно-монтажных работ (включая сварку и пайку), нормо-ч. Относительная трудоёмкость регулировочных и контрольно-испытательных работ, $T_{орк}$

$$T_{орк} = \frac{T_{рк}}{T_{и}} \quad (16)$$

где $T_{рк}$ - трудоёмкость регулировочных и контрольно-испытательных работ, нормо-ч.

Относительная трудоёмкость работ по изготовлению печатных плат $T_{опп}$

$$T_{опп} = \frac{T_{пп}}{T_{и}} \quad (17)$$

где $T_{пп}$ - трудоёмкость работ по изготовлению печатных плат без учета сборочно-монтажных работ, нормо-ч.

3.1.3. Определение дополнительных технико-экономических показателей себестоимости

Относительная себестоимость покупных и комплектующих изделий $C_{опк}$

$$C_{опк} = \frac{C_{пк}}{C_{и}} \quad (18)$$

где $C_{пк}$ - стоимость покупных и комплектующих изделий, р.;

$C_{и}$ - себестоимость изделия, р.

Относительная технологическая себестоимость изделия $C_{от}$

$$C_{от} = \frac{C_{т}}{C_{и}} \quad (19)$$

3.1.4. Определение технических показателей

Коэффициент унификации сборочных единиц изделия $K_{ус}$

$$K_{ус} = \frac{E_y}{E} \quad (20)$$

где E_y - количество унифицированных сборочных единиц, шт.; E - общее количество сборочных единиц, шт. Коэффициент унификации деталей $K_{уд}$

$$K_{уд} = \frac{D_y}{D} \quad (21)$$

где D_y - количество унифицированных деталей, не входящих в унифицированные сборочные единицы, шт; D - общее количество деталей в изделии, шт.

В дальнейших расчетах количество деталей всех типов принимается без учета стандартных и крепежных деталей, а также без учета покупных изделий.

Коэффициент стандартизации деталей $K_{ст}$

$$K_{ст} = \frac{D_{ст}}{D + D_{ст}} \quad (22)$$

где $D_{ст}$ - количество стандартных деталей, шт.; Коэффициент освоенности деталей $K_{осв}$

$$K_{осв} = \frac{D_{тз}}{D_t} \quad (23)$$

где $D_{тз}$ - количество типоразмеров заимствованных деталей, ранее освоенных на предприятии-изготовителе, шт.;

D_t - общее количество типоразмеров деталей в изделии, шт.

Коэффициент повторяемости деталей и сборочных единиц $K_{пов}$

$$K_{пов} = 1 - \frac{n}{D + E} \quad (24)$$

где n - общее количество типоразмеров составных частей изделия, шт. t

E - общее количество сборочных единиц в изделии, шт. Коэффициент повторяемости ЭРЭ $K_{пов.эрэ}$

$$K_{пов.эрэ} = 1 - \frac{N_{т.эрэ}}{N_{эрэ}} \quad (25)$$

где $N_{т.эрэ}$ - количество типоразмеров ЭРЭ, шт.;

$N_{эрэ}$ - общее количество ЭРЭ, шт.

Коэффициент повторяемости материалов $K_{пов.м}$

$$K_{пов.м} = 1 - \frac{Q_m}{D_t} \quad (26)$$

где Q_m - количество микросортаментов материалов, применяемых для изготовления оригинальных деталей, шт.

Коэффициент повторяемости печатных плат $K_{пов.пп}$

$$K_{пов.пп} = 1 - \frac{D_{т.пп}}{D_{пп}} \quad (27)$$

где $D_{т.пп}$ - количество типоразмеров печатных плат в изделии, шт. Типоразмер печатной платы определяется габаритными размерами и материалами, используемыми в конструкции, без учета различий в рисунке проводников;

$D_{пп}$ - количество печатных плат в изделии, шт. Коэффициент точности обработки $K_{тч}$

$$K_{Тч} = 1 - \frac{D_{Тч}}{D} \quad (28)$$

где $D_{Тч}$ - количество деталей, качество размеров которых не выше десятого, шт. Точность резьбовых поверхностей при расчете не учитывается. Коэффициент шероховатости поверхности $K_{ш}$

$$K_{шп} = \frac{1}{A_{ср}} \quad (29)$$

где $A_{ср}$ - средний класс шероховатости деталей изделия.

Коэффициент использования материала $K_{им}$ в изделии

$$K_{им} = \frac{M}{\sum M_{ср}} \quad (30)$$

где M - масса изделия без учёта покупных изделий и стандартных крепежных деталей, кг,

$$M = \sum M_{ie} + \sum M_{ид} \quad (31)$$

где M_{ie} - масса i -той сборочной единицы, кг;

$M_{ид}$ - масса i -той детали, являющейся составной частью изделия, кг;

$M_{им,р}$ - масса i -того конструкционного материала, израсходованного на изготовление изделия, кг.

Коэффициент применения типовых технологических процессов $K_{тп}$

$$K_{тп} = \frac{T_{тп}}{T_{и}} \quad (32)$$

где $T_{тп}$ - трудоемкость изготовления, сборки, регулировки, контроля и испытания составных частей изделия по типовым технологическим процессам всех уровней и процессам, разработанным с использованием типовых процессов, нормо-ч. Коэффициент прогрессивности формообразования деталей $K_{ф}$

$$K_{ф} = \frac{D_{пр}}{D} \quad (33)$$

где $D_{пр}$ - количество деталей, заготовки которых или сами

детали получены прогрессивными методами (штамповкой, прессованием, литьем под давлением и т.д.), шт.;

В данном случае имеются в виду такие прогрессивные ТП, которые не ухудшают технико-экономические показатели изделия.

Коэффициент параллельности сборки $K_{псб}$

$$K_{п.сб} = \frac{E_{п.сб}}{E} \quad (34)$$

де $E_{п.сб}$ - количество сборочных единиц в изделии*

допускающих параллельную сборку, с учётом целесообразности расчленения изделия на сборочные единицы, шт.

Коэффициент автоматизации и механизации технологических процессов $K_{а.тп}$

$$K_{а.тп} = \frac{T_{а.тп}}{T_{и}} \quad (35)$$

где $T_{а.тп}$ - трудоёмкость операций, выполняемых с помощью

средств автоматизации и механизации, норма-ч. Коэффициент автоматизации и механизации подготовки ЭРЭ к монтажу $K_{м.пэрэ}$

$$K_{м.п.эрэ} = \frac{H_{м.п.эрэ}}{H_{п.эрэ}} \quad (36)$$

где $H_{м.п.эрэ}$ - количество ЭРЭ, подготовка к монтажу которых может осуществляться средствами автоматизации и, механизации по прогрессивным технологическим процессам, обеспечивающим минимальную трудоёмкость подготовки ЭРЭ, шт.;

$H_{п.эрэ}$ - общее количество ЭРЭ в изделии, которые должны подготавливаться к монтажу в соответствии с требованиями конструкторской документации, шт. Коэффициент автоматизации установки ЭРЭ на ПП $K_{а.уст}$

$$K_{а.уст} = \frac{H_{а.уст}}{H_{а.уст} + H_{ру}} \quad (37)$$

где $H_{а.уст}$ - количество ЭРЭ, устанавливаемых с помощью

средств автоматизации, шт.; $H_{ру}$ - количество ЭРЭ, устанавливаемых вручную, шт.

Коэффициент автоматизации и механизации монтажа изделия $K_{мм}$

$$K_{мм} = \frac{H_{мм}}{H_{м}} \quad (38)$$

где $H_{мм}$ - количество монтажных соединений ЭРЭ, которые предусматривается осуществлять автоматизированным или механизированным способом, шт.;

$H_{м}$ - общее количество монтажных соединений ЭРЭ в изделии, шт.

Коэффициент автоматизации и механизации регулировки и контроля $K_{арк}$

$$K_{\text{арк}} = \frac{N_{\text{арк}}}{N_{\text{рк}}} \quad (39)$$

где $N_{\text{арк}}$ - количество операций регулировки и контроля, которые предусматривается выполнять автоматизированным или механизированным способом, шт.;

$N_{\text{рк}}$ - общее количество операций регулировки и контроля, шт.

В качестве операций регулировки и контроля учитываются такие операции, которые оговорены в конструкторской документации на составные части и изделие в целом.

Коэффициент пригодности ПП для автоматизированной сборки $K_{\text{а.пп}}$

$$K_{\text{а.пп.}} = \frac{D_{\text{а.пп}}}{D_{\text{пп}}} \quad (40)$$

где $D_{\text{а.пп}}$ - количество ПП, геометрические параметры которых удовлетворяют требованиям автоматизации, шт.

Ранг показателей $K_{\text{м.п.эрэ}}$, $K_{\text{а.уст}}$, $K_{\text{мм}}$, $K_{\text{а.пп}}$ должен быть высокий при массовом выпуске изделий, поскольку при небольших программах выпуска автоматизированные средства нецелесообразны по экономическим соображениям.

Коэффициент использования (применения) микросхем и микросборок $K_{\text{мс}}$

$$K_{\text{мс}} = \frac{N_{\text{мс}}}{N_{\text{эрэ}}} \quad (41)$$

где $N_{\text{мс}}$ - общее количество микросхем и микросборок в изделии, шт.

Коэффициент материалоемкости оригинальных деталей $K_{\text{мод}}$

$$K_{\text{мод}} = 1 - \frac{M_{\text{од}}}{M_{\text{и}}} \quad (42)$$

где $M_{\text{од}}$ - масса оригинальных деталей, кг;

$M_{\text{и}}$ - масса изделия, кг.

Коэффициент использования полезного объема конструкции $K_{\text{ипо}}$

$$K_{\text{ипо}} = \frac{W_{\text{д}}}{W_{\text{ф}}} \quad (43)$$

где $W_{\text{д}}$ - минимальный полезный объем конструкции при потребляемой мощности P и предельно допустимом нагреве ЭРЭ, м³;

W_{ϕ} - полезный объем конструкции при той же мощности, м³.

Каждый из рассмотренных дополнительных технико-экономических показателей и дополнительных технических показателей отражает определенные свойства изделия и особенности технологии его изготовления. Для интегральной оценки ТКИ, на практике, пользуются комплексными показателями.

3.2. Задание второе. Рассчитать комплексные технико-экономические показатели трудоемкости и себестоимости и комплексный показатель техничности по следующим формулам.

Комплексный относительный технико-экономический показатель трудоёмкости K_T

$$K_T = \frac{\sum_{i=1}^S T_{oi} \phi_i}{\sum_{i=1}^S \phi_i} \quad (44)$$

где S - число показателей;

T_{oi} - i -тый дополнительный относительный технико-экономический показатель трудоёмкости;

ϕ_i - коэффициент весомости (значимости) i -того показателя, определяется по табл. в зависимости от класса изделия.

Значения коэффициента весомости по классам изделий

Обозначение параметра	Коэффициент весомости ϕ_i по классу изделия		
	Электронное	Электронно-механическое	Механическое
1	2	3	4
$T_{озр}$	0,2	0,5	1
$T_{оор}$	0,2	0,6	1
$T_{ол}$	0,4	0,4	0,7
$T_{ош}$	0,4	0,4	0,7
$T_{овт}$	0,3	0,4	0,6
$T_{овд}$	0,3	0,4	0,6
$T_{оп}$	0,2	0,2	0,1
$T_{от}$	0,2	0,3	0,4
$T_{опк}$	0,3	0,3	0,5

$T_{оиж}$	0,5	0,4	....
$T_{ос}$	0,8	0,6	0,4
$T_{орк}$	0,5	0,3	0,1
$T_{опп}$	1	0,2	....
$C_{опк}$	1	0,5	0,1
$C_{от}$	1	1	1
1	2	3	4
$K_{ус}$	0,7	0,7	0,7
$K_{уд}$	0,5	0,6	0,8
$K_{от}$	0,6	0,7	0,8
$K_{осв}$	0,4	0,5	0,8
$K_{пов}$	0,4	0,5	0,6
$K_{пов.ЭРЭ}$	0,3	од	....
$K_{пов.м}$	0,4	0,7	1
$K_{пов.пп}$	1	0,3	....
$K_{тч}$	0,1	0,8	0,9
$K_{ш}$	од	0,7	0,9
$K_{им}$	0,1	0,15	0,3
$K_{тп}$	1	1	1
$K_{ф}$	0,44	0,44	1
$K_{п.сб}$	0,2	0,2	0,3
$K_{а.тп}$	0,8	0,8	0,7
$K_{мп.ЭРЭ}$	1	0,3	....
$K_{а.уст}$	1	0,3	....
$K_{мм}$	1	0,7	....
$K_{арк}$	0,92	1	0,52
$K_{а.пп}$	0,8	0,5	....
$K_{мс}$	1	0,2	....
$K_{мод}$	0,4	0,7	1
$K_{ипо}$	1	0,3	....

Изтаблице видно, что каждый класс изделий характеризуется своей совокупностью наиболее значимых частных показателей технологичности. Различие в значимости φ_i проявляется также среди изделий одного класса, отличающихся конструктивно-технологическими свойствами.

Комплексный относительный технико-экономический показатель себестоимости K_c

$$K_c = \frac{\sum_{i=1}^S C_{oi} \varphi_i}{\sum_{i=1}^S \varphi_i} \quad (45)$$

где C_{oi} - i -тый дополнительный относительный технико-экономический показатель себестоимости. Комплексный относительный технический показатель $K_{тех}$

$$K_{тех} = \frac{\sum_{i=1}^S K_{oi} \varphi_i}{\sum_{i=1}^S \varphi_i} \quad (46)$$

где K_{oi} - i -тый дополнительный технический показатель.

3.3. Задание третье. Завершить количественную оценку ТКИ определением уровней технологичности.

Уровень технологичности по трудоёмкости изготовления $K_{ут}$ определяется по формуле

$$K_{ут} = \frac{T_{и}}{T_{и6}} \quad (47)$$

В этом и последующих выражениях индекс "б" означает, что данный показатель является базовым.

Уровень технологичности по технологической Себестоимости изделия $K_{ус}$ определяется по формуле

$$K_{ус} = \frac{C_{т}}{C_{т6}} \quad (48)$$

Уровень технологичности по комплексному относительному технико-экономическому показателю трудоёмкости $K_{уот}$ определяется по формуле

$$K_{уот} = \frac{K_{т}}{K_{т6}} \quad (49)$$

Уровень технологичности по комплексному относительному технико-экономическому показателю себестоимости $K_{уос}$ определяется по формуле

$$K_{уос} = \frac{K_{с}}{K_{с6}} \quad (50)$$

Уровень технологичности по комплексному техническому показателю определяется по формуле

$$K_{уотех} = \frac{K_{тех}}{K_{тех6}} \quad (51)$$

3.4. Задание четвертое. На основании проделанных расчетов сделать заключение о технологичности разрабатываемого изделия и дать предложения

по внесению изменений в КД. Значения уровней технологичности разрабатываемой конструкции должны находиться в пределах

$$0 < K_{\text{ут}} \leq 1; \quad (52)$$

$$0 < K_{\text{ус}} \leq 1; \quad (53)$$

$$0 < K_{\text{уот}} \leq 1; \quad (54)$$

$$0 < K_{\text{уос}} \leq 1; \quad (55)$$

$$1. \quad (56)$$

4. УКАЗАНИЯ ПО ОФОРМЛЕНИЮ ОТЧЕТА

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- ✓ наименование работы;
- ✓ исходные данные для определения ТКИ;
- ✓ расчет ТКИ;
- ✓ выводы по результатам количественной оценки ТКИ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология и автоматизации производства радиоэлектронной аппаратуры [Текст]: учебник для вузов / И.П. Бушминский, О.Ш. Дантов, А.П. Достанко и др.; под ред. А.П. Достанко, Ш.А. Четдарова. - М.: Радио и связь, 1989. -624 с.

2. ГОСТ 14.201 - 83 Единая система технологической подготовки производства. Общие правила обеспечения технологичности конструкции изделия.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Общие указания по выполнению работы.....	1
2. Домашнее задание и методические указания по его выполнению.....	1
2.1. Общие положения.....	1
2.2. Содержание работ по обеспечению ТКИ в зависимости от стадии разработки конструкторской документации (КД).....	3
2.3. Требования к технологичности конструкции сборочной единицы.....	5
2.4. Требования к технологичности детали.....	7
2.5. Классификация показателей ТКИ.....	8
2.6. Контрольные вопросы к домашнему заданию.....	10
3. Лабораторные задания и методические указания по их выполнению.....	12
3.1. Задание первое.....	12
3.1.1. Определение основных показателей технологичности.....	12
3.1.2. Определение дополнительных технико-экономических показателей трудоёмкости.....	13
3.1.3. Определение дополнительных технико-экономических показателей себестоимости.....	16
3.1.4. Определение технических показателей.....	16
3.2. Задание второе.....	21
3.3. Задание третье.....	23
3.4. Задание четвертое.....	24
4. Указания по оформлению отчета.....	25
Библиографический список.....	26

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к лабораторной работе " Оценка технологичности конструкции изделия"
по дисциплине «Технология приборов и систем» «Технология производства
электронных средств» для студентов направлений 200100.62
«Приборостроение» (профиль «Приборостроение») и 211000.62
«Конструирование и технология электронных средств» (профиль
«Проектирование и технология радиоэлектронных средств»)
очной и заочной форм обучения
Составитель

Антиликаторов Александр Борисович

В авторской редакции

Подписано к изданию 26.02.2015

Уч.-изд.л. 1,6

ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный технический университет»
394026 Воронеж, Московский проспект, 14