



Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

Методические указания

Э.Н. КАМЫШНАЯ, В.В. МАРКЕЛОВ,
В.А. СОЛОВЬЕВ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КОНСТРУКТОРСКИХ РАСЧЕТОВ РЭС И ЭВС

ЧАСТЬ 6

**Исследование и отработка изделий
ЭВС (РЭС) на технологичность**

Издательство МГТУ имени Н.Э. Баумана

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
им. Н.Э.БАУМАНА

Э.Н.КАМЫШНАЯ, В.В.МАРКЕЛОВ,
В.А.СОЛОВЬЕВ

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ
КОНСТРУКТОРСКИХ РАСЧЕТОВ
РЭС И ЭВС

ЧАСТЬ 6

Исследование и обработка изделий
ЭВС (РЭС) на технологичность

*Методические указания
к курсовому и дипломному проектированию*

Москва
Издательство МГТУ им. Н.Э.Баумана
2000

УДК 621.3.038+621.396.6

ББК 32.973+32.844

К18

Рецензент *Г.Р.Сагателян*

К18 Камышная Э.Н., Маркелов В.В., Соловьев В.А.

Программное обеспечение конструкторских расчетов ЭЭС и ЭВС. Часть 6. Исследование и отработка изделий ЭВС (РЭС) на технологичность: Методические указания. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000. 43 с., ил.

ISBN 5-7038-1594-0

Рассмотрены вопросы отработки изделий электронно-вычислительных средств (ЭВС) и радиоэлектронных средств (РЭС) на технологичность. Приведены схема алгоритма и программа расчета. Предыдущие пять частей (без указания номера части) были выпущены издательством МГТУ им. Н.Э. Баумана в 1994 – 1999 гг.

Для студентов приборостроительных специальностей.

Ил. 3. Табл. 19. Библиогр. 2 назв.

УДК 621.3.038+621.396.6

ББК 32.973+32.844

ISBN 5-7038-1594-0

© МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2000

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Расчет технологичности изделий — один из элементов формирования конструкторско-технологических характеристик изделия, обуславливающих наиболее эффективную технологию изготовления, технического обслуживания и ремонта. Расчет проводится для установления степени соответствия технических решений изделия требованиям тактико-технического задания (ТТЗ) или технического задания (ТЗ) другим нормативно-техническим документам, а также требованиям перспективной технологии, обеспечивающей внедрение гибких автоматизированных производств, снижение материальных, энергетических, временных и трудовых затрат.

Под технологичностью конструкции изделия, согласно ГОСТ 18831-73, понимают совокупность свойств конструкции изделия, оптимизирующую затраты 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 установленных показателях качества и принятых условиях изготовления, эксплуатации и ремонта. К условиям изготовления или ремонта изделия относятся тип, специализация и организация производства, готовая программа и повторяемость выпуска, а также применяемые технологические процессы. Стандарты Единой системы технологической подготовки производства (ЕСТПП) предусматривают обязательную обработку изделий на технологичность на всех стадиях их создания. Основная цель обработки — обеспечение высокого технического уровня (конструкторско-технологических характеристик) изделий на основе внедрения прогрессивных технических (системотехнических, схемотехнических, конструктивных) и технологических решений, а также повышение эффективности работ при проектировании, производстве, эксплуатации; исключение необоснованной переработки конструкторской документации на этапе освоения.

В основу системы обеспечения технологичности положены следующие принципы: унификация и стандартизация изделий,

их составных частей и технических решений, технологических процессов; нормирование требований технологичности изделий в соответствии с их классификацией по функционально-конструктивному и конструктивно-технологическому подобию; обеспечение технологичности всех составных частей изделия; контроль и учет уровня технологичности составных частей при комплексной оценке технологичности изделия; варьирование частными критериями технологичности с учетом их нормативных значений; автоматизация работ по определению технологичности и техническому анализу разрабатываемых изделий.

Работы по обеспечению технологичности включают следующие основные этапы: планирование требований технологичности; реализация установленных требований технологичности; оценка и контроль технологичности.

Требования технологичности конкретных изделий указываются в техническом задании на их разработку. Достижение требований по технологичности обеспечивается: выполнением рекомендаций, приведенных в руководящих указаниях по конструированию (РУК) и пояснительной записке на эскизный и технический проекты, а также рекомендаций по применению элементной базы, методов монтажа, конструкционных материалов и методов обработки, деталей и элементов конструкций; использованием прогрессивных методов конструирования на основе микроминиатюризации, модульного построения изделий, внедрения систем автоматизации проектных работ (САПР); выполнением положений стандартов, регламентирующих перспективные схемотехнические и конструкторские решения; использованием в разработках унифицированных и стандартизованных конструкций и их элементов; применением прогрессивных методов формообразования деталей и функциональных связей для получения соединений электрического монтажа; проведением анализа и оценки технологичности всех принимаемых решений с последующей реализацией (при необходимости) мероприятий, направленных на повышение их технологичности.

Различают качественные и количественные требования (характеристики) технологичности. Сравнение конструкторских характеристик изделия с установленными технологическими требованиями является качественной оценкой технологичности, которая предшествует количественной. При этом определяют технологичность систем, комплексов, устройств, электронных модулей, кабельно-жгутовых, намоточных, механических изделий и деталей, получаемых различ-

ными методами. К качественным относятся такие требования, как взаимозаменяемость, регулируемость, контролепригодность, инструментальная доступность конструкции и т. п. Эти требования регламентированы отдельно для изделий, получаемых методами штамповки, сборки, монтажа, переработки пластмасс, резания, литья, сварки, пайки.

Количественная оценка технологичности основывается на сравнении достигнутых значений показателей технологичности, отражающих соответствующие конструкторско-технологические характеристики (признаки), с базовыми значениями соответствующих показателей технологичности. Под базовым показателем понимают количественное значение показателя технологичности, принятое за исходное при сравнительной оценке технологичности. Результатом такой оценки является уровень технологичности изделия. Основные количественные характеристики:

- использование микросхем и микросборок;
- повторяемость микросхем и микросборок;
- сложность печатных плат;
- использование плоских кабелей в межузловых и межблочных соединениях;
- применяемость пластмасс;
- стандартизация конструкции изделия (коэффициент применяемости);
- унификация конструкции изделия (коэффициент повторяемости);
- применение базовых несущих конструкций;
- применение унифицированных вторичных источников питания;
- применение унифицированных элементов систем охлаждения;
- автоматизация и механизация установки электрорадиоэлементов на печатных платах;
- автоматизация и механизация монтажа;
- автоматизация и механизация контроля, технического диагностирования и настройки (контролепригодности);
- применение типовых технологических процессов;
- применение металлопорошков;
- использование металла.

Эти характеристики регламентированы отдельно для электронных систем, комплексов, устройств и модулей, кабельно-жгутовых и намоточных изделий, механических средств и систем, деталей, получаемых методами литья, порошковой металлургии, резания, штамповки и переработки пластмасс.

Любое изделие стремятся сделать технологичным с момента разработки эскизного проекта и до момента изготовления опытного образца и серии изделий. Характер отработки изделий на технологичность зависит не только от стадии проектирования, но и от вида производства и объема выпуска, типа, назначения изделия, методов изготовления, прогрессивности оборудования и оснастки, организации производства.

Результаты постоянно проводимого анализа технического уровня изделия и технического уровня производства используются разработчиком при установлении требований технологичности в тактико-техническом задании или техническом задании. При выполнении технического предложения разработчик (конструкторские отделы, занятые разработкой системотехнических и схемотехнических решений) анализирует состояние и перспективы развития технологии, материалов, средств технологического оснащения, сравнительную оценку технологичности предлагаемых вариантов изделия по установленной в ТТЗ (ТЗ) номенклатуре показателей. На этапе эскизного проектирования разработчик (конструкторские отделы) устанавливает требования по применению определенной элементной базы, несущих конструкций, средств вторичного электропитания, а также требования технологичности изделия и его составных частей.

Совместно с изготовителем разработчик анализирует принципиальные схемотехнические решения, номенклатуру используемых материалов, комплектующих изделий, расчленение на составные части, возможность заимствования составных частей серийно выпускаемых изделий, организационный уровень производства предприятия-изготовителя, проектирование и изготовление специальных средств технологического оснащения, необходимость создания новых материалов и проектирование технологических процессов, оценивает технологичность изделия, осуществляет технологический контроль конструкторской документации.

На этапах технического проекта и разработки рабочей документации опытного образца проводятся анализ и оценка технологичности изделий.

Целесообразной является отработка изделия на технологичность уже на ранних этапах его проектирования. Изделие можно создать из большого числа простых деталей, изготовленных с помощью точения, штамповки, прессования и других методов, или из небольшого числа сборочных единиц и сложных деталей, изготовленных под давлением, точным литьем и т. п.

2. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Прежняя методика расчета технологичности, основанная на ГОСТ 18831-73, приведена в [1,2]. В данных методических указаниях предлагается методика, основанная на ОСТ 107.15.2011-86. Она позволяет провести отработку изделия на технологичность.

2.1. Конструкторско-технологический классификатор

Конструкторско-технологическая классификация изделий и деталей осуществляется по признакам, определяющим технологический процесс их изготовления. Ее основная цель – сгруппировать изделия по общности технологических процессов и установить на этой основе методы решения следующих задач:

- разработка групповых технологических процессов (ГТП);
- обеспечение технологичности производственных изделий;
- управление трудоемкостью;
- организация специализированных производств;
- формирование базы данных для систем автоматизированного поиска и проектирования;
- планирование работ по унификации и стандартизации технологических процессов.

В основе классификации лежит конструкторско-технологический код. Код содержит 14 знаков. Основная часть кода (первые 6 знаков) соответствует признакам, определяющим основное содержание ГТП изготовления изделий и деталей (для электронных систем, комплексов и механических устройств – основное содержание работ по монтажу, стыковке, контролю и техническому диагностированию). Дополнительная часть (8 знаков) регламентирует количественные характеристики конструкции и иерархически раскрывающиеся признаки основной части технологического кода, уточняющие содержание ГТП. Указанные группы знаков отделены друг от друга точкой, разрядам конструкторско-технологического кода соответствуют признаки классификации изделий (рис. 1).

1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14
X	X	X	X	X	X	.	X	X	X	X	X	X	X	X
Основная часть							Дополнительная часть							

Рис. 1. Структура технологического кода

Основная часть (см. рис. 1): 1 — класс изделий (технологический метод изготовления); 2 — подкласс (уровень разукрупнения изделия); 3 — группа (конструктивное или структурное исполнение изделия); 4 — подгруппа (тип составных частей изделия); 5 — вид (способ образования связи составных частей изделия); 6 — подвид (метод контроля параметров изделия).

Дополнительная часть: 7 — количество составных частей; 8 — количество типоразмеров составных частей; 9 — уровень механических средств (тип механических составных частей); 10 — уточнение вида функциональной связи составных частей; 11 — вид защиты от внешних воздействий; 12 — количество параметров изделия, регулируемых при сборке; 13 — количество крепежных деталей и прочих составных частей; 14 — количество контролируемых параметров изделия.

Кодовые обозначения по указанным признакам сведены в классификационные таблицы и закреплены ГОСТом. Для изделий, получаемых с применением электромонтажной сборки, классификационные таблицы сведены в РД 107.7.3001-86, для механических изделий — в РД 107.7.3002-86, для деталей — в РД 107.7.3003-86.

2.2. Требования к технологичности сборочных единиц

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

Требования к составу сборочных единиц:

- сборочная единица должна расчленяться на рациональное число составных частей с учетом принципа агрегатирования;
- конструкция сборочной единицы должна обеспечивать возможность компоновки из стандартных и унифицированных частей;
- сборка изделия не должна обуславливать применения сложного технологического оснащения;
- виды использованных соединений, их конструкции и месторасположение должны соответствовать требованиям механизации и автоматизации сборочных работ;

– конструкция сборочной единицы должна предусматривать базовую составную часть, которая является основой для расположения остальных составных частей;

– компоновка конструкции сборочной единицы должна позволять производить сборку при неизменном базировании составных частей;

– в конструкции базовой составной части необходимо предусматривать возможность использования конструктивных сборочных баз в качестве технологических и измерительных;

– компоновка сборочной единицы должна обеспечивать общую сборку без промежуточной разборки и повторных сборок составных частей;

– компоновка составных частей сборочной единицы должна обеспечивать удобный доступ к местам, требующим контроля, регулировки, проведения других работ, регламентированных технологией подготовки изделия к функционированию и техническому обслуживанию;

– компоновка сборочной единицы и способы соединений должны обеспечивать легкоъемность составных частей с малым ресурсом.

Требования к конструкции соединений составных частей:

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

– места соединений составных частей должны быть доступны для механизации сборочных работ и контроля качества соединений;

– соединения составных частей не должны требовать сложной и необоснованно точной обработки сопрягаемых поверхностей;

– конструкции соединений составных частей не должны требовать дополнительной обработки при сборке;

– при выборе метода сборки следует учитывать трудоемкость сборочных работ и затраты на изготовление составных частей с точностью, необходимой для данного метода сборки.

2.3. Методика оценки технологичности

Оценка технологичности является одним из элементов управления процессом выбора и обоснования оптимальных технических решений и проводится путем сравнения фактических количественных значений показателей технологичности с базовыми (нормативными). Результаты количественной оценки технологичности выражаются уровнем выполнения установленных требований по технологичности. Значение уровня выполнения требований по технологичности U рассчитывается по формуле:

$$Y = \frac{K_{\text{факт}}}{K_{\text{баз}}}$$

где $K_{\text{факт}}$ — фактическое значение показателя технологичности,
 $K_{\text{баз}}$ — базовое значение показателя технологичности.

При необходимости выражения уровня выполнения требований по технологичности в баллах перевод осуществляется по 4-балльной шкале по формуле:

$$Y^0 = 4 \cdot Y.$$

За базовое значение показателей технологичности принимают:

— значения, установленные в ТТЗ на ОКР при оценке деятельности разработчика;

— нормативные значения показателей технологичности, устанавливаемые для соответствующих групп изделий в ОСТ 107.15.2011-86 при оценке технического уровня разработки. Нормативные значения комплексного показателя технологичности K_n приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование класса изделий	Стадии разработки рабочей документации		
	Опытный образец (партия)	Установочная серия	Установившееся серийное производство
Электронные	0,4 – 0,7	0,45 – 0,75	0,5 – 0,8
Радиотехнические	0,4 – 0,6	0,75 – 0,8	0,8 – 0,85
Электромеханические и механические	0,3 – 0,5	0,4 – 0,55	0,45 – 0,6
Соединительные, коммутационные, распределительные	0,35 – 0,55	0,5 – 0,7	0,55 – 0,75

Оценка технологичности изделия проводится по комплексному показателю, а при значении уровня выполнения требований технологичности $Y < 1$ — по обобщенным и частным показателям. Значение комплексного показателя технологичности изделия K рассчитывается по формуле:

$$K = \prod_{i=1}^n K_i,$$

где K_i — значение i -го частного показателя технологичности; n — количество частных показателей.

Для специфицируемых изделий технологичность составных частей учитывается в комплексном показателе изделия как значение одного из частных показателей, определяемое усредненным значением комплексных показателей технологичности составных частей. Значение усредненного показателя технологичности составных частей $K_{сч}$ определяется по формуле:

$$K_{сч} = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot \alpha_i \cdot K_{сч i}}{\sum_{i=1}^m \lambda_i \cdot \alpha_i},$$

где λ_i — коэффициент весомости составных частей i -го типа; α_i — применяемость составной части i -го типа в изделии; $K_{сч i}$ — значение комплексного показателя технологичности составной части i -го типа; m — количество типов составных частей.

С целью обеспечения дифференцированной оценки технологичности схмотехнических и конструктивных решений комплексный показатель технологичности изделия рассчитывается по формуле

$$K = K_{сх} \cdot K_k \cdot K_{сч},$$

где $K_{сх}$ — значение показателя, характеризующего технологичность схмотехнического решения; K_k — значение показателя, характеризующего технологичность конструктивного решения.

Значение показателя технологичности схмотехнического решения $K_{сх}$ определяется по формуле:

$$K_{сх} = \prod_{j=1}^4 K_j,$$

где K_j — значение j -го частного показателя, характеризующего схмотехническое решение; 4 — количество частных показателей, характеризующих технологичность схмотехнического решения.

Значение показателя технологичности конструктивного решения K_k рассчитывается по формуле:

$$K_k = \prod_{i=1}^3 K_i,$$

где K_i — значение i -го частного показателя, характеризующего технологичность конструктивного решения, Z — количество частных показателей, характеризующих технологичность конструктивного решения.

Фактическое число частных показателей технологичности определяется в следующем порядке:

1. Проводится анализ технических решений изделия (детали) и формирование технологического кода.

2. Рассчитывается значение частных показателей технологичности изделия (детали) как нормированное значение показателя технологичности в соответствии с технологическим кодом (номенклатура, нормированные значения и нормативы частных показателей сведены в ОСТ 107.15.2010-86).

При вычислении значения комплексного показателя технологичности изделия на этапах эскизного или технического проекта, когда значение комплексного показателя технологичности составных частей еще не определено, $K_{сч}$ принимается равным нормативному для соответствующих изделий.

Значение показателя технологичности покупных составных частей принимается равным 1.

Заемствованные и унифицированные изделия, не поставляемые централизованно, подлежат анализу на технологичность по обычной методике. Решение о применении заимствованных изделий, имеющих показатель технологичности ниже 1, принимается главным конструктором ОКР.

Решение по использованию для изготовления единичных образцов изделия (опытного образца) методов, отличных от предусмотренных в КД, принимается предприятием-изготовителем исходя из экономической рациональности и согласовывается с предприятием-разработчиком.

3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПО ГОСТ 18831-76 и ОСТ 107.15.2010-86

Оба метода расчета технологичности — прежний (ГОСТ 18831-76) и новый (ОСТ 107.15.2010-86) — обладают рядом преимуществ и недостатков:

1. Прежний метод предусматривает расчет частных показателей технологичности для каждого конкретного изделия в соответствии с количественными характеристиками изделия. Это позволяет точно и однозначно определять соответствующие показатели. Любое изменение количественных характеристик изделия, даже незначительное (например, увеличение или уменьшение на 1 числа

элементов в сложной схеме), помечает изменение частного и, как следствие, комплексного показателя технологичности. Недостатком такого способа является большое число расчетов, что увеличивает время, необходимое для оценки технологичности. Новый метод предусматривает разделение изделий по каждому из частных показателей на ряд групп. Граничные характеристики каждой из групп и их значения показателей сведены в таблицы. Процесс оценки в данном случае подразумевает лишь выбор из таблиц соответствующих значений. Это позволяет сократить время, требуемое для оценки технологичности. Точность метода ограничена двумя знаками после запятой, ошибка составляет $\pm 0,005$ (0,5%) по каждому из частных показателей. При использовании семи частных показателей с максимальными односторонними отклонениями ошибка комплексного показателя составит 3,5%, что вполне допустимо.

2. Расчет комплексного показателя по старой методике предусматривает усреднение частных показателей с учетом коэффициентов значимости. По новой методике комплексный показатель определяется перемножением частных. Причем весовые коэффициенты частных показателей, как и их номенклатура, учтены при составлении таблиц частных показателей в соответствии с накопленным производственным опытом. Данный подход также упрощает расчеты.

3. Новая методика облегчает процесс отработки на технологичность за счет введения промежуточных показателей — обобщенных показателей технологичности. Они отвечают за технологичность конструктивного и схмотехнического решений и позволяют в самом начале процесса отработки сконцентрировать усилия на одном, наиболее нетехнологичном направлении.

4. По сравнению с прежним у нового метода более обширная база данных, предусматривающая более глубокую классификацию изделий и соответствующую иерархию показателей, что позволяет для каждого конкретного изделия более точно подобрать номенклатуру наиболее весомых показателей и соответствующих им нормативных значений. Данное обстоятельство сглаживает неточности, вызванные дискретизацией частных показателей технологичности.

5. Новая методика тесно связана с конструкторско-технологическим классификатором изделий. Данное обстоятельство значительно упрощает разработку конструкторской документации, так как не нужно выполнять двойную работу на каждом из этапов.

Тем не менее в рамках нового метода сохранился ряд старых расчетных зависимостей. Общим для обоих методов является процесс отработки изделия на технологичность, включающий поэтапную доработку конструкции изделия и повторную оценку до момента достижения требований по технологичности. Сохранился способ учета технологичности составных частей по принципу усреднения показателей. Не изменилась привычная форма представления результата в виде уровня технологичности и балла по четырехбалльной шкале. Это позволяет при более адекватной оценке технологичности не изменять существующие правила по дальнейшему исследованию изделий и принятию решений на их доработку или запуск в производство.

Таким образом, новая методика оценки технологичности, является более простой, полной, учитывающей многообразие типов изделий. Она связана с существующими правилами оформления документации, единой для всех видов изделий и деталей, и позволяет полностью заменить старую методику. При использовании вычислительной техники для хранения баз данных, автоматизации поиска информации и проведения расчетов новая методика станет мощным средством для оценки и отработки изделий на технологичность.

4. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ПО ОСТ 107.15.2010-86

При разработке алгоритма необходимо учитывать следующие особенности:

1. Алгоритм должен содержать не только расчет технологичности изделия по известному технологическому коду, но и составление самого кода.
2. В алгоритме должна быть предусмотрена работа с базами данных как по технологическому коду, так и по частным показателям технологичности.
3. При расчете комплексного показателя нужно учитывать технологичность составных частей.
4. Составные части могут быть покупными, стандартизованными, унифицированными, нормативными и изготавливаемыми.
5. Для изготавливаемых составных частей в рамках алгоритма необходимо предусмотреть полный расчет комплексного показателя технологичности, включая составление кода и определение

по нему частных показателей. Вложенность составных частей может достигать пятого уровня (комплекс – стойка – блок – ячейка – микросборка – кристалл).

6. Должен быть предусмотрен вариант отсутствия у изделия составных частей.

7. Некоторые изделия имеют обобщенные показатели технологичности.

Рассмотрим алгоритм, приведенный на рис. 2. Модуль 1 предполагает ввод информации для составления технологического кода непосредственно из базы данных. Формирование кода осуществляется человеком в диалоговом режиме с использованием введенной информации в модуле 2. Модули 3 и 4 предназначены для выбора из таблицы нормативного коэффициента для данного изделия путем указания функционального назначения и типа производства изделия.

Процесс ввода составных частей осуществляется в цикле (модули 5...11). Составные части (если они есть) описываются до их завершения. При этом покупные, унифицированные и стандартные составные части получают комплексный показатель, равный 1. Для нормативных частей происходит рекурсивное обращение к блоку А, включающему необходимые для поиска нормативного значения комплексного показателя операции. Для изготавливаемых частей используется рекурсивный вызов всего алгоритма, включая составление кода, определение частных и обобщенных показателей, а также ввод составных частей и расчет комплексного показателя.

По окончании составления технологического кода и ввода прочей предварительной информации переходим к расчетной части алгоритма. Модуль 12 выполняет ввод из базы данных, составленной в соответствии с ОСТ 107.15.2010-86, информации по частным показателям. Модуль 13 осуществляет выбор требуемой номенклатуры и значений частных показателей и номенклатуры обобщенных показателей технологичности. Выбор происходит без помощи человека, полностью автоматически, так как вся необходимая информация заключена в технологическом коде. Модули 14...25 осуществляют выбор метода расчета и расчет комплексного показателя технологичности, а также обобщенных, если они есть. Модуль 26 выполняет расчет уровня и балла технологичности по комплексному и обобщенным показателям технологичности. Модуль 27 отвечает за вывод результатов.

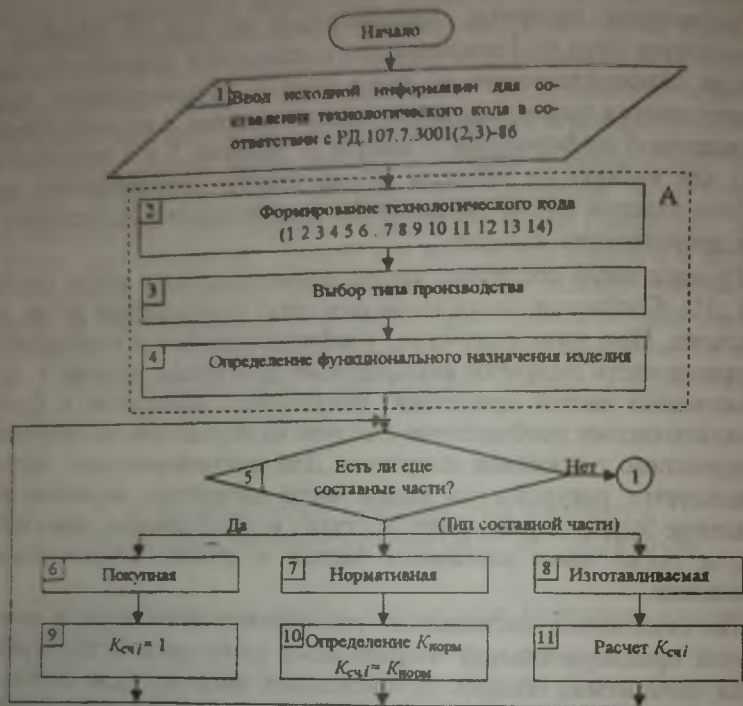
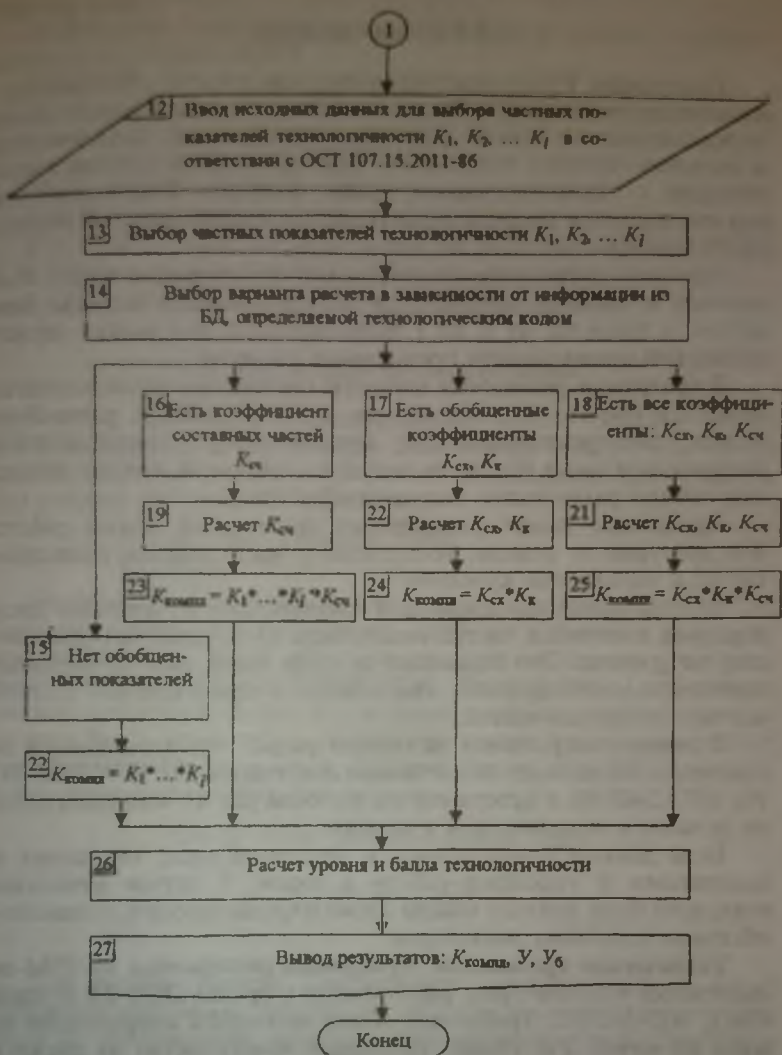


Рис. 2. Алгоритм расчета изделий



ЭВС (РЭС) на технологичность

5. ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ

5.1. Общие сведения

Программа ТЕСН предназначена для расчета обобщенных и комплексного показателей технологичности конструкции $K_{\text{компл}}$, определяемых на основе частных показателей K_j . Номенклатура и значения частных показателей берутся из базы данных в соответствии с технологическим кодом изделия. Технологический код составляется по ряду характеристик и особенностей исследуемого изделия.

Значения расчетного комплексного показателя, а также обобщенных и частных показателей технологичности должны находиться в пределах от 0 до 1 включительно, что может служить проверкой правильности проводимых расчетов.

В программе реализован алгоритм составления технологического кода и расчета технологичности для электронных, радиотехнических, электромеханических, механических, коммутационных, распределительных устройств любой вложенности, а также деталей, получаемых различными методами обработки.

Программа имеет улучшенный диалоговый режим работы. Все действия за редким исключением выполняются клавишами ВВОД и управления курсором.

За счет хранения введенной информации на жестком диске иерархия составных частей может быть вложенной без ограничения по уровню. Это позволяет за один сеанс работы оценивать технологичность крупных комплексов с многократной вложенностью составных частей.

В связи с отсутствием на момент разработки программы и составления баз данных нормативных документов РД 107.7.3002-86 и РД 107.7.3003-86 в программу не включен расчет технологичности по деталям и механическим изделиям.

Базы данных представлены в текстовом виде, что делает их понятными и упрощает работу с ними. В случае изменений стандарта базы данных можно легко отредактировать с помощью обычных текстовых редакторов.

Технические требования. Программа реализована на IBM-совместимых компьютерах, работающих в средах DOS 3.0 и выше, OS/2, WINDOWS. Требуемый объем свободной оперативной памяти не менее 256 кБайт. Требуемое пространство на диске не менее 100 кБайт. Для расчета составных изделий на диске необходимо пространство более 1 МБайт.

Состав программы. Программа состоит из следующих основных файлов:

ТЕСН.EXE — собственно программа,

TECHCODE.LIB – библиотека для составления технологического кода,

PARTS.LIB – библиотека номенклатуры и весовых коэффициентов составных частей,

FACTOR.LIB – библиотека номенклатуры обобщенных и частных коэффициентов, а также значений частных показателей и нормативов.

Вспомогательные файлы:

TECH.DOC – описание программы,

TECH.PAS – исходный текст программы,

TECH.ME – краткая инструкция по эксплуатации,

*.TCH – рабочие файлы (описания устройств),

*.TXT – файлы-отчеты с результатами расчетов.

5.2. Инструкция по эксплуатации

Вход в программу осуществляется путем запуска файла **TECH.EXE** в режиме DOS или в DOS-сессии **WINDOWS**. После запуска на экране появится запрос об имени файла для сохранения рабочей информации об объекте:

Введите имя рабочего файла :

FileName <WORK.TCH>:_

Необходимо ввести имя файла и нажать на клавишу **ENTER**. Если имя введено без расширения, то будет добавлено стандартное расширение **.TCH**. Если ввести пустую строку, то будет взято стандартное имя **WORK.TCH**. Если файл с указанным именем существует на диске в текущем каталоге, то информация из него будет загружена, в противном случае программа создаст пустой файл. После этого программа входит в режим главного меню, которое появляется на экране:

Составление технологического кода

Расчет технологичности изделия

Просмотр отчета

Выход в DOS

При выборе пункта "Составление технологического кода" программа предложит ввести код изделия либо создать его, выбирая из предлагаемых списков характеристик устройства (детали) наиболее подходящие. После ввода кода будут запрошены другие характеристики объекта (функциональное назначение, тип производства). Если объект имеет составные части, то будет предложен список допустимых для данного устройства классов частей, например:

Ввод составных частей завершен
Модули I-го уровня
Несущие конструкции
Кабельно-жгутовые изделия

Для каждой разновидности составной части необходимо выбрать класс, задать количество аналогичных частей, определить, изготавливается ли данная группа частей вместе с основным устройством или покупается. Для изготавливаемых частей также составляется технологический код и запрашиваются остальные параметры. Пункт меню "Ввод составных частей завершен" завершает процесс ввода составных частей и осуществляет возврат в главное меню (или на процесс ввода составных частей объекта более высокого уровня).

ВНИМАНИЕ! При вводе информации о сложных вложенных конструкциях (например, стойка — блок — ячейка — микросборка) необходимо следить за иерархическим уровнем составных частей во избежание нарушения их общей структуры.

По окончании ввода информации об объекте программа возвратится в главное меню. Над меню будет высвечена ключевая информация об изделии. (То же, если был загружен непустой файл). При выборе пункта меню "Расчет технологичности изделия" программа запросит имя текстового файла, в который будет помещен отчет, включающий исходную информацию с расшифровкой и рассчитанный результат. Если ввести пустое имя, то отчет будет выведен на принтер. По окончании расчета над главным меню появится ключевая расчетная информация.

Если отчет был выведен в файл, то его можно увидеть в режиме просмотра (пункт меню "Просмотр отчета"), не выходя из программы.

6. ТЕСТОВЫЕ ПРИМЕРЫ ОТРАБОТКИ ИЗДЕЛИЯ НА ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ

6.1. Анализ технологичности блока генераторов импульсов БГИ1

БГИ1 — электромонтажный блок приборного типа. Составные части — 3 ячейки, электромонтажный жгут, 11 унифицированных и 40 стандартных покупных конструкционных и крепежных деталей, в том числе 4 сборочные единицы, 8 унифицированных конструкционных деталей, 16 покупных механизмов настройки, 27 стандартных элементов крепления.

Ячейки тип 1 (2 шт.) — прямоугольные 100×200 мм двухсторонние печатные платы с контактными штырями, микросхемами и электрорадиоэлементами количеством до 30 шт. на плату, до 15 типонаименований, лакированные.

Ячейка тип 2 (i шт.) – прямоугольная 40×60 мм двухсторонняя печатная плата с контактными штырями и электрорадиоэлементами количеством до 20 шт., до 3 типономиналов, лакированная.

Жгут электромонтажный, до 60 проводов, до 25 типоразмеров, скрепленный изоляционными лентами без элементов контактирования.

Конструкционные детали – унифицированные, покупные или получаемые прогрессивными методами в массовом масштабе.

Крепежные детали – стандартные покупные.

Расчет технологичности изделия выполняется в соответствии с ОСТ 107.15.2010-86.

Основное изделие: БГИ1. Данное изделие является преобразователем и обработчиком аналоговых сигналов. Тип производства – единичное повторяющееся. Технологический код: 856475-43A21483.

Исходя из анализа исследуемого изделия, формируем код (табл. 2).

Таблица 2

Позиция	Наименование признака	Выбранный код
1	2	3
Основная часть		
1	Технологический метод (класс)	8 (Электромонтажная сборка)
2	Уровень разукрупнения изделия (подкласс)	5 (Электронные модули 2-го уровня, выполненные в виде блока, панели, субблока)
3	Конструктивно-структурное исполнение изделия (группа)	6 (Приборные)
4	Уровень разукрупнения составных частей (подгруппа)	4 (Модели 1-го уровня с микросхемами и/или ЭРЭ)
5	Вид функциональной связи составных частей (вид)	7 (Провода (жгуты))
6	Метод и средства контроля/диагностирования (подвид)	5 (Внешними средствами с демонтажем для обеспечения доступа к контрольным точкам)

1	2	3
	Дополнительная часть	
7	Количество составных частей	4 (15 – 30)
8	Количество типоразмеров составных частей	3 (5 – 10)
9	Уровень разукрупнения механических сборок, входящих в состав изделия	A (Унифицированная несущая конструкция и комбинации механизмов)
10	Уточнение вида функциональной связи составных частей	2 (Провода МГШВ 0.2)
11	Вид защиты от внешних воздействий	1 (Негерметичный кожух (корпус))
12	Количество параметров, регулируемых при настройке	4 (Свыше 8 до 12)
13	Количество крепежных деталей и прочих составных частей	8 (Свыше 35 до 50)
14	Количество контролируемых параметров	3 (Свыше 5 до 10)

Частные показатели технологичности приведены в табл.3.

Таблица 3

Показатель	Значение
$K_{тр}$ (показатель технологической рациональности элементной базы)	0,96
$K_{мп}$ (показатель монтажепригодности)	0,92
$K_{кл}$ (показатель контролепригодности)	0,97
$K_{слн}$ (показатель сложности настройки)	0,97
$K_{тл}$ (показатель типоразмерной характеристики)	0,97
$K_{бнк}$ (показатель применения унифицированных несущих конструкций)	1
$K_{слоб}$ (показатель сложности механической сборки)	0,92

Рассчитаем обобщенные показатели технологичности. Показатель технологичности схемотехнического решения $K_{сх} = 0,814$ при уровне выполнения нормы 0,857 и нормативе 0,95. Балл выполнения нормы 3,427.

Показатель технологичности конструктивного решения $K_k = 0,892$ при уровне выполнения нормы 0,930 и нормативе 0,96. Балл выполнения нормы 3,718.

Коэффициент составных частей $K_{сч} = 0,916$.

Комплексный показатель технологичности $K_{компл} = 0,6655$ при уровне выполнения нормы 0,842 и нормативе 0,79. Балл выполнения нормы 3,369.

Выполним расчет технологичности составных частей изделия.

Количество типов составных частей 4.

Изготавливаемая составная часть 1-го типа 2-го уровня – модуль 1-го уровня (преобразователь и обработчик аналоговых сигналов). Количество частей 2. Коэффициент весомости 0,75. Тип производства – единичное повторяющееся. Технологический код: 863573-44122000 (табл. 4).

Таблица 4

Позиция	Наименование признака	Выбранный код
1	2	3
Основная часть		
1	Технологический метод (класс)	8 (Электромонтажная сборка)
2	Уровень разукрупнения изделия (подкласс)	6 (Электронные модули 1-го уровня, выполненные в виде ячейки, ТЭЗа)
3	Конструктивно-структурное исполнение изделия (группа)	3 (Одноплатные, одно- и (или) двухслойные, прямоугольные, с подсоединением пайкой, накруткой и т.п.)
4	Уровень разукрупнения составных частей (подгруппа)	5 (Микросхема и/или ЭРЭ и детали)
5	Вид функциональной связи составных частей (вид)	7 (Полупостоянное и крепёжное соединение)
6	Метод и средства контроля/диагностирования (подвид)	3 (Внешними средствами без демонтажа)
Дополнительная часть		
7	Количество составных частей	4 (15 – 30)
8	Количество типоразмеров составных частей	4 (10 – 15)
9	Уровень разукрупнения механических сборок, входящих в состав изделия	1 (Унифицированная несущая конструкция и контакты, штыри)

1	2	3
10	Уточнение вида функциональной связи составных частей	2 (Соединения при помощи винтов и пайки)
11	Вид защиты от внешних воздействий	2 (Лакирование и установка прокладок на клей)
12	Количество параметров, регулируемых при настройке	0 (Регулировка параметров не требуется)
13	Количество крепежных деталей и прочих составных частей	0 (Нет)
14	Количество контролируемых параметров	0 (Визуальный контроль внешнего вида)

Частные показатели технологичности приведены в табл. 5

Таблица 5

Показатель	Значение
$K_{тр}$ (показатель технологической рациональности элементной базы)	0,96
$K_{мп}$ (показатель монтажепригодности)	0,94
$K_{кт}$ (показатель контролепригодности)	0,96
$K_{стн}$ (показатель сложности настройки)	1
$K_{тх}$ (показатель типоразмерной характеристики)	0,97
$K_{бнк}$ (показатель применения унифицированных несущих конструкций)	1
$K_{слсб}$ (показатель сложности механической сборки)	0,99

Рассчитаем обобщенные показатели технологичности.

Показатель технологичности схмотехнического решения $K_{сх} = 0,866$ при уровне выполнения нормы 0,922 и нормативе 0,94. Балл выполнения нормы 3,686.

Показатель технологичности конструктивного решения $K_k = 0,96$ при уровне выполнения нормы 0,99 и нормативе 0,97. Балл выполнения нормы 3,96.

Комплексный показатель технологичности $K_{компл} = 0,832$ при уровне выполнения нормы 1,053 и нормативе 0,79. Балл выполнения нормы 4,212.

Изготавливаемая составная часть 2-го типа 2-го уровня – модуль 1-го уровня (преобразователи и обработчики аналоговых сигналов). Количество частей 1. Коэффициент весомости 0,75. Тип производства – единичное повторяющееся. Технологический код: 863535-42111000 (табл. 6).

Таблица 6

Позиция	Наименование признака	Выбранный код
Основная часть		
1	Технологический метод (класс)	8 (Электромонтажная сборка)
2	Уровень разукрупнения изделия (подкласс)	6 (Электронные модули 1-го уровня, выполненные в виде ячейки, ТЭЗа)
3	Конструктивно-строительное исполнение изделия (группа)	3 (Одноплатные, одно- и (или) двухслойные, прямоугольные, с подсоединением пайкой, накруткой и т.п.)
4	Уровень разукрупнения составных частей (подгруппа)	5 (Микросхемы и/или ЭРЭ и детали)
5	Вид функциональной связи составных частей (вид)	3 (Полупостоянное соединение)
6	Метод и средства контроля/диагностирования (подвид)	5 (Внешними средствами с демонтажем для обеспечения доступа к контрольным точкам)
Дополнительная часть		
7	Количество составных частей	4 (15 – 30)
8	Количество типоразмеров составных частей	2 (2 – 5)
9	Уровень разукрупнения механических сборок, входящих в состав изделия	1 (Унифицированная несущая конструкция и контакты, штыри)
10	Уточнение вида функциональной связи составных частей	1 (Пайка припоем ПОС 61)
11	Вид защиты от внешних воздействий	1 (Лакирование (обволакивание))
12	Количество параметров, регулируемых при настройке	0 (Регулировка параметров не требуется)
13	Количество крепежных деталей и прочих составных частей	0 (Нет)
14	Количество контролируемых параметров	0 (Визуальный контроль внешнего вида)

Частные показатели технологичности приведены в табл.7.

Таблица 7

Показатель	Значение
$K_{тр}$ (показатель технологической рациональности элементной базы)	0,96
$K_{см}$ (показатель монтажепригодности)	0,98
$K_{кн}$ (показатель контролепригодности)	0,92
$K_{слн}$ (показатель сложности настройки)	1
$K_{тх}$ (показатель типоразмерной характеристики)	0,99
$K_{бнх}$ (показатель применения унифицированных несущих конструкций)	1
$K_{слсб}$ (показатель сложности механической сборки)	0,99

Рассчитаем обобщенные показатели технологичности.

Показатель технологичности схемотехнического решения $K_{сх} = 0,866$ при уровне выполнения нормы 0,921 и нормативе 0,94. Балл выполнения нормы 3,683.

Показатель технологичности конструктивного решения $K_k = 0,98$ при уровне выполнения нормы 1,01 и нормативе 0,97. Балл выполнения нормы 4,042.

Комплексный показатель технологичности $K_{компл} = 0,848$ при уровне выполнения нормы 1,074 и нормативе 0,79. Балл выполнения нормы 4,295.

Изготавливаемая составная часть 3-го типа 2-го уровня – кабельно-жгутовое изделие (жгут сигнальный низкочастотный). Количество частей 1. Коэффициент весомости 0,05. Тип производства – единичное повторяющееся. Технологический код: 885195-66003000 (табл. 8).

Таблица 8

Позиция	Наименование признака	Выбранный код
1	2	3
Основная часть		
1	Технологический метод (класс)	8 (Электромонтажная сборка)
2	Уровень разукрепления изделия (подкласс)	8 (Кабельно-жгутовые изделия)
3	Конструктивно-структурное исполнение изделия (группа)	5 (Разветвленные без замкнутых участков)

1	2	3
4	Уровень разукрупнения составных частей (подгруппа)	1 (Проводники неэкранированные)
5	Вид функциональной связи составных частей (вид)	9 (Вязка изоляционными лентами)
6	Метод и средства контроля/диагностирования (подвид)	5 (Визуальный и электрический неавтоматизированный контроль)
Дополнительная часть		
7	Количество составных частей	6 (50 – 80)
8	Количество типоразмеров составных частей	6 (25 – 40)
9	Уровень разукрупнения механических сборок, входящих в состав изделия	0 (Без механических средств и деталей)
10	Уточнение вида функциональной связи составных частей	0 (Без уточнения)
11	Вид защиты от внешних воздействий	3 (Изоляционные ленты)
12	Количество параметров, регулируемых при настройке	0 (Регулировка параметров не требуется)
13	Количество крепежных деталей и прочих составных частей	0 (Нет)
14	Количество контролируемых параметров	0 (Визуальный контроль внешнего вида)

Частные показатели технологичности приведены в табл.9.

Таблица 9

Показатель	Значение
1	2
$K_{трсс}$ (показатель технологической рациональности структурного состава)	1
$K_{троп}$ (показатель технологической рациональности метода объединения проводников)	0,9

1	2
$K_{\text{кп}}$ (показатель контролепригодности)	0,94
$K_{\text{зщ}}$ (показатель сложности защиты)	0,98
$K_{\text{тх}}$ (показатель типоразмерной характеристики)	0,94
$K_{\text{ср}}$ (показатель сложности раскладки)	1

Комплексный показатель технологичности $K_{\text{компл}} = 0,779$ при уровне выполнения нормы 0,82 и нормативе 0,95. Балл выполнения нормы 3,281.

Покупная составная часть 4-го типа 2-го уровня — несущая конструкция. Количество частей 11. Коэффициент весомости 0,20. Комплексный показатель технологичности $K_{\text{компл}} = 1$.

По результатам проведенного расчета комплексного показателя технологичности блока БГИ1 можно сделать вывод о значительном несоответствии технологичности рассматриваемого блока нормативам на модули 2-го уровня электронной промышленности, предназначенные для обработки аналоговых сигналов. При существующем нормативе на изделия данного класса 0,79 (см. табл. 1) технологичность исследуемого блока составила всего 0,66. Необходимо повысить технологичность блока. Для этой цели разработана схема алгоритма отработки изделия БГИ1 на технологичность (рис. 3). В соответствии с алгоритмом проведем первый шаг отработки изделия БГИ1 — разработку конструкции БГИ2.

В соответствии с первым шагом алгоритма необходимо повысить технологичность блока БГИ1, по возможности не внося существенных изменений в его конструктив, без существенного повышения его себестоимости и значительных изменений в существующей технологии изготовления блока. Это можно сделать следующими путями:

1. Произвести доработку конструкции блока по частным показателям:

- показатель сложности механической сборки,
- показатель контролепригодности,
- показатель монтажепригодности.

2. Повысить технологичность составных частей:

- ячейка строчной развертки,
- ячейка кадровой развертки,
- ячейка задатчика времени,
- электромонтажный кабель.

3. По возможности сократить количество составных частей — ячеек.

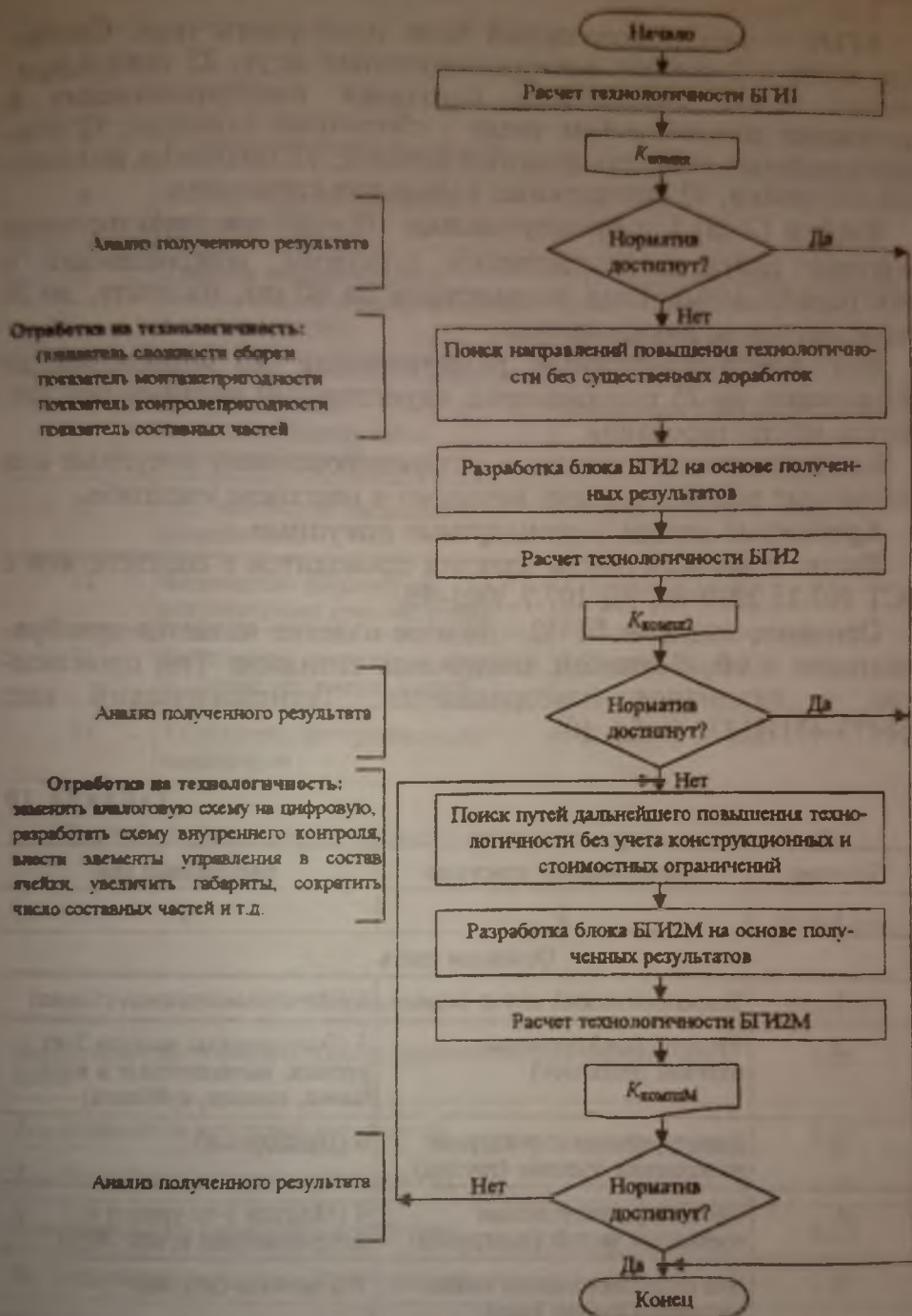


Рис. 3. Схема алгоритма отработки изделия БГИ1 на технологичность

6.2. Анализ технологичности блока генераторов импульсов БГИ2

БГИ2 – электромонтажный блок приборного типа. Составные части – 2 ячейки, электромонтажный жгут, 22 унифицированных и 51 стандартных покупных конструкционных и крепежных деталей, в том числе 3 сборочные единицы, 12 унифицированных конструкционных деталей, 17 покупных механизмов настройки, 43 стандартных элемента крепления.

Ячейки (2 шт.) – прямоугольные 100×200 мм двухсторонние печатные платы с контактными штырями, микросхемами и электрорадиоэлементами количеством до 60 шт. на плату, до 20 типонаименований, лакированные.

Жгут электромонтажный, разветвленный без зациклений, до 80 проводов, до 25 типоразмеров, скрепленный нитками без элементов контактирования.

Конструкционные детали – унифицированные, покупные или получаемые прогрессивными методами в массовом масштабе.

Крепежные детали – стандартные покупные.

Расчет технологичности изделия проводится в соответствии с ОСТ 107.15.2010-86, РД 107.7.3001-86.

Основное изделие: БГИ2. Данное изделие является преобразователем и обработчиком аналоговых сигналов. Тип производства – единичное повторяющееся. Технологический код: 856473-431И1373 (табл. 10).

Таблица 10

Позиция	Наименование признака	Выбранный код
1	2	3
Основная часть		
1	Технологический метод (класс)	8 (Электромонтажная сборка)
2	Уровень разукрупнения изделия (подкласс)	5 (Электронные модули 2-го уровня, выполненные в виде блока, панели, субблока)
3	Конструктивно-структурное исполнение изделия (группа)	6 (Приборные)
4	Уровень разукрупнения составных частей (подгруппа)	4 (Модули 1-го уровня с микросхемами и/или ЭРЭ)
5	Вид функциональной связи составных частей (вид)	7 (Провода (жгуты))
6	Метод и средства контроля/диагностирования (подвид)	3 (Внешними средствами без демонтажа)

1	2	3
Дополнительная часть		
7	Количество составных частей	4 (15 – 30)
8	Количество типоразмеров составных частей	3 (5 – 10)
9	Уровень разукрупнения механических сборок, входящих в состав изделия	1 (Унифицированная несущая конструкция и механизмы фиксированной ручной настройки барабанного типа)
10	Уточнение вида функциональной связи составных частей	И(Провода НВ ГОСТ 17515-72)
11	Вид защиты от внешних воздействий	1 (Негерметичный кожух (корпус))
12	Количество параметров, регулируемых при настройке	3 (Свыше 5 до 8)
13	Количество крепежных деталей и прочих составных частей	7 (Свыше 25 до 35)
14	Количество контролируемых параметров	3 (Свыше 5 до 10)

Частные показатели технологичности приведены в табл.11.

Таблица 11

Показатель	Значение
$K_{тр}$ (показатель технологической рациональности элементной базы)	0,96
$K_{мл}$ (показатель монтажепригодности)	0,95
$K_{кп}$ (показатель контролепригодности)	0,96
$K_{сли}$ (показатель сложности настройки)	0,99
$K_{тх}$ (показатель типоразмерной характеристики)	0,97
$K_{бнк}$ (показатель применения унифицированных несущих конструкций)	1
$K_{слсб}$ (показатель сложности механической сборки)	0,98

Рассчитаем обобщенные показатели технологичности. Показатель технологичности схемотехнического решения $K_{сх} = 0,867$ при уровне выполнения нормы 0,912 и нормативе 0,95. Балл выполнения нормы 3,650.

Показатель технологичности конструктивного решения $K_k = 0,951$ при уровне выполнения нормы 0,99 и нормативе 0,96. Балл выполнения нормы 3,961.

Коэффициент составных частей $K_{сч} = 0,967$.

Комплексный показатель технологичности $K_{кмпл} = 0,797$ при уровне выполнения нормы 1,008 и нормативе 0,79. Балл выполнения нормы 4,033.

Выполним расчет технологичности составных частей изделия. Количество типов составных частей 3.

Изготавливаемая составная часть 1-го типа 2-го уровня – модуль 1-го уровня (преобразователь и обработчик аналоговых сигналов). Количество частей 2. Коэффициент весомости 0,75. Тип производства – единичное повторяющееся. Технологический код: 863531-54111000 (табл. 12).

Таблица 12

Позиция	Наименование признака	Выбранный код
1	2	3
Основная часть		
1	Технологический метод (класс)	8 (Электромонтажная сборка)
2	Уровень разукрупнения изделия (подкласс)	6 (Электронные модули 1-го уровня, выполненные в виде ячейки, ТЭЗа)
3	Конструктивно-структурное исполнение изделия (группа)	3 (Одноплатные, одно- и (или) двухслойные, прямоугольные, с подсоединением пайкой, накруткой и т.п.)
4	Уровень разукрупнения составных частей (подгруппа)	5 (Микросхемы и/или ЭРЭ и детали)
5	Вид функциональной связи составных частей (вид)	3 (Полупостоянное соединение)
6	Метод и средства контроля/диагностирования (подвид)	1 (Встроенными средствами)
Дополнительная часть		
7	Количество составных частей	5 (30 – 50)
8	Количество типоразмеров составных частей	4 (10 – 15)

1	2	3
9	Уровень разукрупнения механических сборок, входящих в состав изделия	1 (Унифицированная несущая конструкция и контакты, штыри)
10	Уточнение вида функциональной связи составных частей	1 (Пайка припоем ПОС 61)
11	Вид защиты от внешних воздействий	1 (Лакирование (обволакивание))
12	Количество параметров, регулируемых при настройке	0 (Регулировка параметров не требуется)
13	Количество крепежных деталей и прочих составных частей	0 (Нет)
14	Количество контролируемых параметров	0 (Визуальный контроль внешнего вида)

Частные показатели технологичности приведены в табл. 13.

Таблица 13

Показатель	Значение
$K_{тр}$ (показатель технологической рациональности элементной базы)	0,96
$K_{мл}$ (показатель монтажепригодности)	0,98
$K_{кл}$ (показатель контролепригодности)	1
$K_{слн}$ (показатель сложности настройки)	1
$K_{тх}$ (показатель типоразмерной характеристики)	0,97
$K_{бнк}$ (показатель применения унифицированных несущих конструкций)	1
$K_{слсб}$ (показатель сложности механической сборки)	0,99

Рассчитаем обобщенные показатели технологичности. Показатель технологичности схмотехнического решения $K_{сх} = 0,941$ при уровне выполнения нормы 1,001 и нормативе 0,94. Балл выполнения нормы 4,003.

Показатель технологичности конструктивного решения $K_{к} = 0,96$ при уровне выполнения нормы 0,99 и нормативе 0,97. Балл выполнения нормы 3,96.

Комплексный показатель технологичности $K_{компл} = 0,904$ при уровне выполнения нормы 1,144 и нормативе 0,79. Балл выполнения нормы 4,574.

Изготавливаемая составная часть 2-го типа 2-го уровня – кабельно-жгутовое изделие (жгут сигнальный низкочастотный). Количество частей 1. Коэффициент весомости 0,05. Тип производства – единичное повторяющееся. Технологический код: 885154-75013006 (табл. 14). Комплексный показатель технологичности $A_{\text{компл}} = 0,867$. Уровень выполнения нормы 0,913. Норматив 0,95. Балл выполнения нормы 3,651.

Таблица 14

Позиция	Наименование признака	Выбранный код
Основная часть		
1	Технологический метод (класс)	8 (Электромонтажная сборка)
2	Уровень разукрупнения изделия (подкласс)	8 (Кабельно-жгутовые изделия)
3	Конструктивно-структурное исполнение изделия (группа)	5 (Разветвленные без замкнутых участков)
4	Уровень разукрупнения составных частей (подгруппа)	1 (Проводники неэкранированные)
5	Вид функциональной связи составных частей (вид)	5 (Вязка нитками)
6	Метод и средства контроля/диагностирования (подвид)	4 (Электрический неавтоматизированный контроль)
Дополнительная часть		
7	Количество составных частей	7 (80 – 120)
8	Количество типоразмеров составных частей	5 (15 – 25)
9	Уровень разукрупнения механических сборок, входящих в состав изделия	0 (Без механических средств и деталей)
10	Уточнение вида функциональной связи составных частей	1 (Непрерывная вязка нитками)
11	Вид защиты от внешних воздействий	3 (Изоляционные ленты)
12	Количество параметров, регулируемых при настройке	0 (Регулировка параметров не требуется)
13	Количество крепежных деталей и прочих составных частей	0 (Нет)
14	Количество контролируемых параметров	6 (Свыше 50 до 100)

Показатель	Значение
$K_{тркс}$ (показатель технологической рациональности структурного состава)	1
$K_{трон}$ (показатель технологической рациональности метода объединения проводников)	0,96
$K_{кп}$ (показатель контролепригодности)	0,96
$K_{слз}$ (показатель сложности защиты)	0,98
$K_{тх}$ (показатель типоразмерной характеристики)	0,96
$K_{слр}$ (показатель сложности раскладки)	1

Покупная составная часть 3-го типа 2-го уровня — несущая конструкция. Количество частей 15. Коэффициент весомости 0,20.

Комплексный показатель технологичности $K_{компл} = 1$.

В результате принятых мер технологичность изделия значительно повысилась и достигла 0,796 при существующем нормативе 0,790. При этом уровень технологичности составил 1,008. Также повысился уровень технологичности составных частей:

- ячеек: 0,90/0,79 вместо 0,83/0,79;
- жгута: 0,87/0,95 вместо 0,77/0,95.

Последний элемент за счет малого коэффициента значимости практически не влияет на общую технологичность изделия. Использование покупных, стандартных и унифицированных конструкционных деталей и крепежных элементов предпочтительно, так как для них коэффициент технологичности принимают равным 1. Несмотря на невысокий коэффициент значимости элементов конструкции в комплексном показателе технологичности изделия, при их массовом использовании они окажут на технологичность конструкции существенное влияние.

6.3. Поиск путей повышения технологичности БГИ2

Возьмем за основу конструкцию блока БГИ2. Можно увеличить его габариты, так как пространство стойки позволяет. Это потребует пересмотреть компоновку стойки, возможно вызовет замену ее конструкции, зато позволит провести следующие мероприятия:

1. Внести элементы регулировки и внешний разъем на печатные платы. Это даст возможность значительно сократить число внешних связей ячеек, коммутацию электрической схемы с элементами управления осуществить посредством монтажных плат.

2. Отказаться от жгута и использовать для коммутации ячеек монтажную плату.

3. Дополнить схему электрическую принципиальную блока логическими элементами, следящими за состоянием выходных сигналов и элементом индикации исправности для осуществления контроля параметров блока встроенными средствами.

Таким образом получаем блок БГИ2М (модифицированный), обладающий следующими характеристиками:

- приборный блок - обработчик аналоговых сигналов;
- составные части - ячейки (2шт.);
- коммутация - монтажная плата;
- конструкционные детали - унифицированные, покупные или получаемые прогрессивными методами в массовом масштабе;
- крепежные детали - стандартные покупные.

Некоторые конструкционные детали придется изготавливать на имеющемся технологическом оборудовании, но из-за малого коэффициента влияния и небольшого количества таких деталей в дальнейших расчетах ими можно пренебречь.

Применение указанных мер значительно увеличит технологичность блока, но в то же время повысит его стоимость. Соответствующей комбинацией мер можно достичь средних (приемлемых по технологичности и стоимости) результатов.

Расчет технологичности изделия выполняется в соответствии с ОСТ 107.15.2010-86.

Основное изделие: БГИ2М. Данное изделие является преобразователем и обработчиком аналоговых сигналов. Тип производства - единичное повторяющееся. Технологический код: 856411-43111373 (табл. 16).

Таблица 16

Позиция	Наименование признака	Выбранный код
Основная часть		
1	2	3
1	Технологический метод (класс)	8 (Электромонтажная сборка)
2	Уровень разукрупнения изделия (подкласс)	5 (Электронные модули 2-го уровня, выполненные в виде блока, панели, субблока)
3	Конструктивно-структурное исполнение изделия (группа)	6 (Приборные)

1	2	3
4	Уровень разукрупнения составных частей (подгруппа)	4 (Модули 1-го уровня с микросхемами и/или ЭРЭ)
5	Вид функциональной связи составных частей (вид)	1 (Монтажная плата)
6	Метод и средства контроля/диагностирования (подвид)	1 (Встроенными средствами)
Дополнительная часть		
7	Количество составных частей	4 (15 – 30)
8	Количество типоразмеров составных частей	3 (5 – 10)
9	Уровень разукрупнения механических сборок, входящих в состав изделия	1 (Унифицированная несущая конструкция и механизмы фиксированной ручной настройки барабанного типа)
10	Уточнение вида функциональной связи составных частей	1 (Односторонние или двухсторонние печатные платы с соединителями)
11	Вид защиты от внешних воздействий	1 (Негерметичный кожух (корпус))
12	Количество параметров, регулируемых при настройке	3 (Свыше 5 до 8)
13	Количество крепежных деталей и прочих составных частей	7 (Свыше 25 до 35)
14	Количество контролируемых параметров	3 (Свыше 5 до 10)

Частные показатели технологичности приведены в табл. 17.

Таблица 17

Показатель	Значение
$K_{\text{тп}}$ (показатель технологической рациональности элементной базы)	0,96
$K_{\text{мп}}$ (показатель монтажепригодности)	1
$K_{\text{кп}}$ (показатель контролепригодности)	1
$K_{\text{слн}}$ (показатель сложности настройки)	0,99
$K_{\text{тл}}$ (показатель типоразмерной характеристики)	0,97
$K_{\text{кпн}}$ (показатель применения унифицированных несущих конструкций)	1
$K_{\text{свб}}$ (показатель сложности механической сборки)	0,98

Рассчитаем обобщенные показатели технологичности. Показатель технологичности схмотехнического решения $K_{сх} = 0,95$ при уровне выполнения нормы 1 и нормативе 0,95. Балл выполнения нормы 4,002.

Показатель технологичности конструктивного решения $K_k = 0,951$ при уровне выполнения нормы 0,99 и нормативе 0,96. Балл выполнения нормы 3,961.

Коэффициент составных частей $K_{сч} = 0,956$.

Комплексный показатель технологичности $K_{компл} = 0,864$ при уровне выполнения нормы 1,093 и нормативе 0,79. Балл выполнения нормы 4,372.

Выполним расчет технологичности составных частей изделия. Количество типов составных частей 2.

Изготавливаемая составная часть 1-го типа 2-го уровня – модуль 1-го уровня (преобразователи и обработчики аналоговых сигналов). Количество частей 2. Коэффициент весомости 0,8. Тип производства – Единичное повторяющееся. Технологический код : 861531-64311000 (табл. 18).

Таблица 18

Позиция	Наименование признака	Выбранный код
1	2	3
Основная часть		
1	Технологический метод (класс)	8 (Электромонтажная сборка)
2	Уровень разукрупнения изделия (подкласс)	6 (Электронные модули 1-го уровня, выполненные в виде ячейки, ТЭЗа)
3	Конструктивно-структурное исполнение изделия (группа)	1 (Одноплатные с прямым контактированием, одно- и (или) двухслойные, прямоугольные)
4	Уровень разукрупнения составных частей (подгруппа)	5 (Микросхема и/или ЭРЭ и детали)
5	Вид функциональной связи составных частей (вид)	3 (Полупостоянное соединение)
6	Метод и средства контроля/диагностирования (подвид)	1 (Встроенными средствами)
Дополнительная часть		
7	Количество типоразмеров составных частей	6 (50 – 80)
8	Количество типоразмеров составных частей	4 (10 – 15)

1	2	3
9	Уровень разукрупнения механических сборок, входящих в состав изделия	3 (Унифицированная несущая конструкция и механизмы фиксированной ручной настройки барабанного типа)
10	Уточнение вида функциональной связи составных частей	1 (Пайка припоем ПОС 61)
11	Вид защиты от внешних воздействий	1 (Лакирование (обволакивание))
12	Количество параметров, регулируемых при настройке	0 (Регулировка параметров не требуется)
13	Количество крепежных деталей и прочих составных частей	0 (Нет)
14	Количество контролируемых параметров	0 (Визуальный контроль внешнего вида)

Частные показатели технологичности приведены в табл. 19

Таблица 19

Показатель	Значение
$K_{тр}$ (показатель технологической рациональности элементной базы)	0,96
$K_{мп}$ (показатель монтажепригодности)	0,98
$K_{кп}$ (показатель контролепригодности)	1
$K_{сдп}$ (показатель сложности настройки)	1
$K_{тх}$ (показатель типоразмерной характеристики)	0,97
$K_{бик}$ (показатель применения унифицированных несущих конструкций)	1
$K_{слб}$ (показатель сложности механической сборки)	0,97

Рассчитаем обобщенные показатели технологичности.

Показатель технологичности схмотехнического решения $K_{сх} = 0,941$ при уровне выполнения нормы 1,001 и нормативе 0,94. Балл выполнения нормы 4,003.

Показатель технологичности конструктивного решения $K_k = 0,941$ при уровне выполнения нормы 0,97 и нормативе 0,97. Балл выполнения нормы 3,88.

Комплексный показатель технологичности $K_{к\text{омпл}} = 0,885$ при уровне выполнения нормы 1,121 и нормативе 0,79. Балл выполнения нормы 4,482.

Покупная составная часть 2-го типа 2-го уровня – несущая конструкция. Количество частей 15. Коэффициент весомости 0,17. Комплексный показатель технологичности $K_{\text{компл}} = 1$.

6.4. Выводы

После ряда шагов по доработке конструктива и компоновки исходного блока (БГИ1) получены следующие результаты.

БГИ1:

$$K_{\text{компл}} = 0,666;$$

уровень выполнения нормы 0,842;

балл выполнения нормы 3,369.

БГИ2:

$$K_{\text{компл}} = 0,797;$$

уровень выполнения нормы 1,008;

балл выполнения нормы 4,033;

БГИ2М:

$$K_{\text{компл}} = 0,864;$$

уровень выполнения нормы 1,093;

балл выполнения нормы = 4,372.

Таким образом, в БГИ2 в результате перекомпоновки ячеек, незначительного изменения элементной базы, разработки внешней контрольной аппаратуры удалось значительно повысить технологичность блока и достичь номинального значения без особого увеличения стоимости блока.

С помощью других усовершенствований возможно дальнейшее повышение технологичности, но оно связано со значительными конструкционными и схемными доработками, что при малом объеме выпуска существенно и неоправданно увеличит стоимость блока.

Помимо перечисленных способов повышения технологичности можно предложить следующее:

1. Использование высокостабильных источников питания и элементов с малыми допусками, что сделает ненужными настройку и корректировку параметров блока;

2. Переход от аналоговой элементной базы к цифровой, от дискретных ЭРЭ к микропроцессорам и большим интегральным схемам, что существенно сократит количество элементов и их типоразмеров.

Указанные методы также требуют либо значительного удорожания изделия, либо полной переработки схемы и конструкции, что при малом объеме выпуска также вызовет удорожание.

Таким образом, на сегодняшний день оптимальной границей технологичности и стоимости является нормативный показатель технологичности, указанный в ГОСТе для данного типа изделий:

1) нормальная стоимость, низкая технологичность — для БГИ1;

2) нормальная стоимость, нормальная технологичность — для БГИ2;

3) высокая стоимость, высокая технологичность — БГИ2М.

В результате выбираем блок БГИ2.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Еськин А.К., Нестеров Ю.И., Маркелов В.В. Методические указания по выполнению технологической части дипломных проектов / Под ред. Б.И. Белова. М.: МВТУ им. Н.Э. Баумана, 1981.

2. Еланцев А.В., Маркелов В.В. Методы расчета технологичности электронно-вычислительных и радиоэлектронных средств: Методические указания для курсового и дипломного проектирования / Под ред. Б.И. Белова. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1989.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1. Общие положения	3
2. Методика расчета технологичности	7
2.1. Конструкторско-технологический классификатор	7
2.2. Требования к технологичности сборочных единиц	8
2.3. Методика оценки технологичности	9
3. Сравнительный анализ методов расчета технологичности по ГОСТ 18831-76 и ОСТ 107.15.2010-86	12
4. Разработка алгоритма расчета технологичности по ОСТ 107.15.2010-86	14
5. Программная реализация	18
5.1. Общие сведения	18
5.2. Инструкция по эксплуатации	19
6. Тестовые примеры отработки изделия на технологичность... 20	
6.1. Анализ технологичности блока генераторов импульсов БГИ1	20
6.2. Анализ технологичности блока генераторов импульсов БГИ2	30
6.3. Поиск путей повышения технологичности БГИ2	35
6.4. Выводы	40
Список литературы	41