

АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬЮ ИЗДЕЛИЙ ЭЛЕКТРОНИКИ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА

А. А. Адамова, А. П. Адамов, Г. Х. Ирзаев

Введение

Эффективный вывод современных изделий электронной техники на рынок напрямую связан с их технологичностью, которая должна обеспечиваться с самых ранних стадий конструкторско-технологического проектирования и производства. Для нормирования технологичности и ее формирования в процессе разработки изделий электронной техники установлена система оценок технологического качества (ТК) изделий. Под оценкой ТК изделия понимают комплекс взаимосвязанных мероприятий, включающих последовательное выявление технологичности отдельных составных элементов изделия в целом на основе сопоставления выявленных свойств данного изделия со свойствами изделия-аналога, которое принято в качестве базы сравнения, и представление результатов сопоставления в форме, приемлемой и, по мнению специалистов, оптимальной для принятия управленческих решений по совершенствованию анализируемой конструкции разрабатываемого изделия и технологии его изготовления [1, 2]. Достоверные и своевременные оценки ТК изделий занимают важное место в комплексной системе обеспечения их технологичности, так как влияют непосредственно на эффективность обработки изделий на технологичность.

В рамках данной работы проведен анализ подходов к технологической подготовке производства и классификация методов оценки технологичности промышленности изделий на два больших класса: качественные (дифференциальные) и количественные (интегральные) [3].

Качественная оценка позволяет установить соответствие принимаемых конструктивных решений при проектировании изделия в целом и его составных частей к требованиям, направленным на улучшение технологических процессов изготовления, эффективной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта [4]. При проектировании деталей, сборочных единиц, функциональных узлов изделий в целом конструктор часто сталкивается с задачей выбора наиболее рационального технического и экономического решения из ряда технически возможных альтернатив без количественных расчетов. Решение этой задачи должно проводиться с применением качественных критериев путем оценки их соответствия требованиям технологических процессов механообработки, сборки, монтажа, регулировки и базируется на интуиции и профессиональном опыте специалистов. При проведении такого качественного анализа большое значение имеют и практический опыт, и интуиция конструктора, и его знания по методам прогрессивной технологии (обработка, сборка, контроль и испытания), а также основных требований структуры и содержания этих методов.

Однако не всегда можно и нужно полагаться только на субъективный эмпирический подход. Технологические требования, предъявляемые к тем или иным процессам изготовления анализируемого изделия, должны формулироваться специалистами-технологами с обобщением коллективного опыта на основе соответствующей нормативно-технической и справочной документации (ГОСТ, ОСТ, руководящие материалы и др.). Эти документы, безусловно, подлежат периодическому пересмотру и уточнению по мере развития теории и накопления опыта, а решения, принимаемые конструктором, должны соответствовать технологическим требованиям и рекомендациям.

При проведении качественной оценки ТК необходимо учитывать тип и вид изделия и процессы его изготовления, а также требования нормативно-технической документации с учетом следующих факторов:

- технологичность конструкций по процессам их изготовления с общими требованиями к выбору материалов, заготовок, термической обработке, сварке, деталям, изготавливаемым из неметаллов, защитным покрытиям, сборке и т.д.;
- особенности производственной программы, вид изделия, его структурные составляющие, новизну и перспективность спроса, объемы выпуска;
- производственные факторы предприятий-изготовителей, производственно-технологическую структуру предприятия, применение новых высокопроизводительных методов и процессов изготовления.

Однако остается нерешенной проблема согласования методов дифференциального и интегрального анализов технологичности. Так, ГОСТ 14.202-73 и отраслевые стандарты рекомендуют использовать качественную оценку, характеризующую ТК «...обобщенно на основании опыта исполнителя», перед основной количественной оценкой. Для качественной оценки рекомендуется использовать по-прежнему критерии типа «хорошо – плохо», «допустимо – недопустимо», «технологично – не технологично». Однако такая качественная оценка, являясь субъективной, не позволяет получить требующийся эффект от предлагаемых изменений или замены одного варианта конструкции другим, хотя именно он должен являться определяющим при выборе оптимальных решений.

Несмотря на субъективный характер результатов, качественный метод оценки технологичности до сих пор используется на практике из-за сравнительно незначительных затрат на проведение оценки, но тем не менее почти всегда в сочетании с количественной оценкой ТК изделия. Для снижения субъективности и повышения достоверности метода предлагается выражать конструктивно-технологические признаки изделия в виде качественных факторов с переводом интенсивности этих факторов в комплексную количественную оценку технологичности. При этом рекомендуется использовать метод измеряемых экспертных оценок с привлечением к экспертизе опытных специалистов разработчиков и изготовителей, знакомых с особенностями оцениваемого изделия и условиями его производства (например, использования контрольных карт).

Однако выбор наиболее технологичного варианта изделия, исключающего элемент субъективизма и позволяющего оптимизировать параметры технологичности, должен обеспечиваться на основании системного анализа, сопоставления результатов количественной оценки свойств конструкции [5, 6]. Количественные оценки являются контрольной проверкой ранее проведенных качественных оценок и принимаемых на их основе технических решений.

Анализ комплексной методики количественной (интегральной) оценки технологичности

Впервые предложенная и обоснованная идея Н. А. Бородачева о количественной оценке ТК изделий позднее была развита и регламентирована в виде стандартов и методик ЕСТПП по системе количественных оценок ТК, охватывающей всю совокупность свойств изделий любого вида и позволившей определять экономическую целесообразность новой конструкции на всех стадиях ее жизненного цикла [7, 8].

Эта система включает:

- базовые показатели ТК представителя группы изделий, обладающих общими конструктивно-технологическими признаками;
- показатели технологичности, достигнутые при разработке изделия;
- показатели уровня технологичности разрабатываемого изделия, равные отношению достигнутых показателей к базовым. Схема количественной оценки ТК изделий представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема количественной оценки технологичности изделия приборостроения

В процессе проектирования для количественной оценки изделия используют разнообразные показатели технологичности. Это многообразие обусловлено многообразием свойств современных промышленных изделий. Как известно, в зависимости от области проявления технологичности конструкции различают показатели производственной, эксплуатационной, ремонтной технологичности. По числу характеризующих свойств показатели делятся на частные, групповые и комплексные [9, 10].

Частные показатели удобно использовать в тех случаях, когда явно выделяются отдельные свойства конструкции, подлежащие изучению, измерению (оценке), с точки зрения оказываемого ими воздействия на общий уровень технологичности изделия. Например, оценка возможной параллельной сборки нескольких сборочных единиц в изделие в виде частного коэффициента параллельности сборки позволяет рассчитать величину экономии затрат труда на оптимизацию сборочных работ.

Групповые показатели характеризуют группу родственных свойств, «входящих» в технологичность конструкции изделия. Групповыми можно считать показатели материалоемкости, куда входят частные показатели (сухая масса, коэффициент использования материала, коэффициент применяемости материала и др.), выражающие единый вид затрат материальных ресурсов.

Комплексные показатели технологичности характеризуют совокупность однородных свойств, рассматриваемых в различных областях проявления технологичности, либо совокупность разнородных свойств, рассматриваемых в одной области проявления технологичности конструкции.

В зависимости от стадии определения показатели технологичности можно также классифицировать на **прогнозные, базовые и текущие**. Первые используются для прогнозирования предстоящих затрат на более ранних стадиях проектирования изделия, при необходимости учета перспектив развития технологии, техники, организации производства, т.е. для предсказания отдельных частных свойств его технологичности.

Базовые показатели используются для установления исходных требований к технологичности изделий, управления процессом проектирования на всех его стадиях и итоговой оценки достигнутого уровня технологичности на конкретный период, т.е. уровень качества всех конструкторско-технологических решений. На примере аналогов базовые показатели признаются обобщающими для конкретного вида техники и условий производства.

Все многообразие известных показателей ТК промышленных изделий может быть сведено к пяти важнейшим группам показателей:

- трудоемкость изделия (относительный уровень трудоемкости);
- себестоимость изделия (относительный уровень себестоимости);
- материалоемкость (элементоемкость) изделия;
- применяемость унифицированных и стандартизированных решений;
- повторяемость конструктивных решений.

В настоящее время одной из актуальных проблем в науке и технике по-прежнему является разработка и развитие научно обоснованных методов измерения и оценки ТК изделий. Достоверность определения их параметров для использования при управлении процессами разработки изделий, обеспечивающих наибольшую достоверность определения их параметров для использования при управлении процессами разработки изделий. При этом необходимо постоянно учитывать взаимосвязи и взаимообусловленность разнообразных частных свойств, из которых складываются отдельные группы более сложных родственных свойств, крупные совокупности этих групп (комплексы свойств) и в конечном итоге – интегральное качество всего изделия в целом.

Формализация и автоматизация анализа технологичности

Рассматривая проблему автоматизации оценки технологичности изделий электронной техники, в первую очередь следует выделить задачи формализации показателей технологичности и задачу формализации процедур расчета.

Решение **первой задачи** формализации показателей технологичности усложняется разнообразием используемых в практике систем показателей технологичности, что обусловлено необходимостью достижения наибольшей объективности и достоверности оценки для целенаправленного совершенствования конструкторско-технологических решений при ТПП и в серийном

производстве изделий. Однако отсутствие четких критериев отбора показателей, неполный учет исходных данных и действующих в производственной среде факторов, вариация информационной емкости показателей в зависимости от вида изделия и стадии проектирования способствуют возникновению серьезных проблем у специалистов как при выборе оптимальных систем показателей технологичности изделий, так и при получении современных и объективных оценок ТК. Вопросы использования различных схем для выбора системы показателей сегодня слабо исследованы и требуют существенных уточнений в различных отраслях промышленности.

Правильный выбор основных и дополнительных показателей технологичности является одним из принципиальных вопросов создания системы управления ТК. Однако если по выбору основных показателей ТК имеются четкие методические указания (в качестве основных стандартами и существующими методиками предлагаются показатели трудоемкости изготовления как меры затрат живого труда и технологической себестоимости как меры затрат живого и прошлого труда при изготовлении изделия), то в выборе дополнительных показателей ТК нет конкретных и даже общих рекомендаций. Это обусловлено тем, что различные изделия в зависимости от их особенностей могут характеризоваться варьируемым множеством свойств. Вместе с тем очевидна актуальность этой проблемы, которая состоит в том, чтобы не только обеспечить единый методический подход к выбору дополнительных показателей ТК, но и разработать обоснованные практические рекомендации в пределах каждой отрасли.

Задача выбора дополнительных показателей ТК – это, по существу, также является серьезной задачей по определению их значимости, удельного веса в формировании значения комплексного показателя, т.е. оценка экономической эквивалентности.

Вторая задача количественных оценок ТК промышленных изделий состоит в необходимости автоматизации процедур расчета. Она является особенно острой для серийных предприятий промышленности, методология жизнеобеспечения и управления которыми опирается на современные информационные технологии (ИТ) производственных систем. Она представляет собой совокупность процессов и средств обработки информации в реальном масштабе времени. В последнее время для формализации и иерархической декомпозиции при модульной и комплексной оценке технологичности все шире используются визуальные методы системного анализа [11–13].

Предприятия-производители наукоемких изделий развиваются в направлении полного перехода на информационные технологии проектирования, производства, реализации, эксплуатации и утилизации продукции – CALS-технологии информационной поддержки жизненного цикла изделий [14–16].

Обеспечение конкурентоспособности предприятия в настоящее время невозможно без внедрения технологии **интегрированной** совместной работы над изделием, которая обеспечивает создание среды параллельной разработки изделия (синхронных технологий), создание структурированного электронного описания изделия, управление конфигурацией на всех этапах жизненного цикла изделия (проектирование, технологическая подготовка производства, серийное производство, производственное сопровождение), сокращение времени и снижение затрат конструкторско-технологического проектирования и согласования технической документации за счет поддержки электронного документооборота. Эти процессы только начинают внедряться в производство и основой их является безбумажное кодовое представление информационной модели изделия как электронного макета. Разработка национальных стандартов для этих целей создает базу для организации единого информационного пространства предприятия.

В этих условиях на предприятии должна создаваться комплексная автоматизированная информационная система, в которой предусматриваются хранение, обработка и передача информации в компьютерных средах, оперативный доступ к данным в нужное время и в нужном месте. Применение комплексных автоматизированных систем на предприятиях позволяет существенно сократить объемы проектных работ, так как описание многих составных частей оборудования, машин и систем, проектировавшихся ранее, хранится в базах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю. Задача комплексной автоматизации производства довольно сложная, многоплановая, трудоемкая, а потому требует серьезных исследований, методических проработок, и ее целесообразно решать по отдельным подсистемам.

Функциональная структура проектно-производственной подсистемы, формирующая содержательное описание целевой функции информационной модели предприятия-изготовителя и реализуемая в единой информационной среде, может быть представлена в виде, показанном на рис. 2.

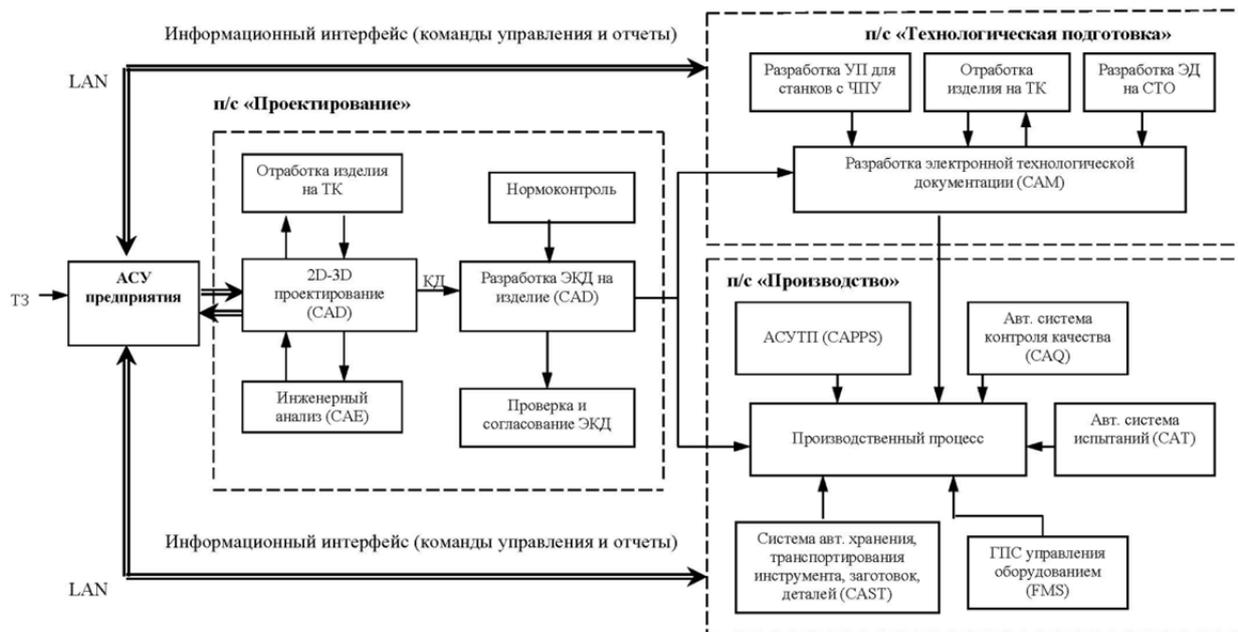


Рис. 2. Схема интеграции показателей технологичности на основных стадиях жизненного цикла изделий электронной техники: ЭКД – электронная конструкторская документация; ТЗ – техническое задание; УП – управляющая программа; ЧПУ – числовое программное управление; ГПС – гибкие производственные системы; АСУТП – автоматизированная система управления технологическими процессами; СТО – средства технологического оснащения

Рассмотрим некоторые особенности информационных технологий, используемых на различных стадиях жизненного цикла промышленных изделий и затрагивающих вопросы обработки изделий на технологичность конструкций.

Если раньше САПР (CAD) являлись инструментом, повышающим качество и скорость проектирования, то сегодня это незаменимое звено в проектировании и производстве промышленных изделий. Сегодня наибольший эффект дает использование интеллектуальных САПР с интегрированными ресурсами, реализующими сквозной цикл проектирования, позволяющих проектировать изделия, начиная с создания принципиальной схемы до получения конструкторской документации или создания управляющих программ для технологического оборудования [17, 18].

CAD в условиях современных синхронных технологий должна удовлетворять следующим требованиям:

- поддержка системы сквозного проектирования в реальном времени и в рамках единого проекта с выдачей комплекта конструкторской документации (КД) в соответствии с требованиями ЕСКД;
- обеспечение интеграции между пакетами прикладных программ внутри системы и возможность «экспорта/импорта» данных с другими системами;
- контроль над целостностью проекта;
- возможность интеграции с импортными и отечественными базами данных элементов функциональных узлов;
- наличие удобного графического представления проектных данных;
- полный контроль над процессом проектирования и управления проектами.

CAD/CAM/CAE системы являются одним из важнейших инструментов в силу важности их функционального назначения и массовости использования. Однако не любые CAD/CAM/CAE системы эффективны в качестве основных компонентов корпоративной информационной системы. При их выборе нужно учитывать как особенности предприятия, так и соответствие внедряемых систем мировым тенденциям развития.

Проведенный анализ современных CFAD/CAM/CAE систем показывает, что в них по-прежнему автоматизированы только численные и в большей степени расчетные процедуры.

Автоматизированная поддержка профессионального творчества, задач поискового конструирования, качественного анализа и прогнозирования еще слабо представлена в инструментах

CALS-технологий. Задачи, возникающие на ранних стадиях проектирования технических объектов (формирование технического задания, разработка технического предложения, эскизное проектирование), решаются в интерактивном режиме инженером-проектировщиком. Реализуемые при этом процедуры связаны с решением слабоструктурированных и трудно формализуемых задач, характеризующихся наличием неполной и нечеткой информации как о создаваемой технической системе, так и о методах ее синтеза, и поэтому с трудом поддаются автоматизации в рамках существующей методологии автоматизированного проектирования [19–21].

Однако, к сожалению, задачи оценки и прогнозирования технологичности создаваемых новых изделий не выделены в самостоятельные подсистемы, а реализуются в виде количественных расчетов при их комплексном математическом моделировании [22].

Укрупненно можно выделить следующий состав задач технологического проектирования, требующих автоматизированного решения на различных этапах жизненного цикла промышленных изделий.

На этапе технического предложения и эскизного проекта:

- технологический анализ отечественных и зарубежных аналогов изделий для определения возможности заимствования конструкторско-технологических решений, применения новых материалов и технологий, возможности технологической реализации новых решений и структурно-технологической преемственности;

- предварительный расчет показателей производственной технологичности, формирование возможного перечня оборудования и специальной оснастки для реализации выбранных начальных конструкторско-технологических решений;

- выбор схем применения материалов, комплектующих, конструктивно-технологического членения изделий, конструктивно-технологического исполнения стыков, разъемов и других основных видов соединений;

- формирование возможных схем сборки, базирования, увязки оснастки, оценка возможности применения высокопроизводительного автоматизированного оборудования;

- разработка ориентировочного проектного графика создания изделия, схем возможной производственной кооперации.

Исходными данными являются при этом разработанные на этих этапах варианты структурной модели конструкции изделия, в том числе и аналогов.

На этапах технического, рабочего проекта и подготовки производства:

- уточнение принятых ранее схем конструктивно-технологического членения, сборки, монтажа, увязки сборочной и контрольной технологической оснастки;

- технологический анализ электронной КД, отработка электронных макетов деталей, сборочных единиц на технологичность;

- разработка директивных технологических процессов на узловую и агрегатную сборку, регулировку и испытание изделий;

- изготовление элементов конструкции из новых материалов, изготовление типовых и оригинальных деталей;

- разработка маршрутных техпроцессов, уточнение состава, характеристик затрат на проектирование и изготовление средств технологического оснащения (в том числе сборочных приспособлений, контрольно-испытательных стендов);

- передача заводу-изготовителю полного комплекса электронной КД (обеспечение доступа через сеть).

При постановке изделия на производство:

- доработка конструкции изделия с учетом обоснованных требований завода-изготовителя, схемы кооперации и участием ведущих специалистов завода-изготовителя, а также разработчика по результатам государственных контрольных испытаний и предложением заказчика;

- приемка КД заводом-изготовителем;

- автоматизированное проектирование рабочих технологических процессов изготовления и сборки изделия, а также проектирование средств технологического оснащения.

На этапе опытного производства и выпуска установочной серии:

- корректирование КД, а также технологических процессов при внесении соответствующих изменений в документацию и контроль за их проведением;

- возможные корректировки в технологических планировках, маршрутах и оборудовании;

– формирование комплекса сопроводительной технологической документации;
– передача данных в подсистемы управления производством и логистической поддержки для решения задач планирования, управления и материально-технического обеспечения.

Отработка на технологичность конструкций изделий связана с проведением трудоемких расчетных работ по определению численных значений показателей и обработкой больших информационных массивов. Особенно она усложняется, когда изделие является многофункциональным, сложным по структуре и обладает большим многообразием применяемых марок материалов, комплектующих и типоразмеров составных частей. В более широком плане отработка конструкции на технологичность должна включить и вопросы группирования деталей и сборочных единиц, отнесения их к типовым или групповым технологическим процессам, выбор рациональных технологий сборки, монтажа, контроля и регулировки, наиболее полного и рационального использования оборудования и технологической оснастки. Решение всех этих вопросов должно быть комплексным с учетом взаимной увязки и иерархической подчиненности, что обеспечивают современные методы визуального проектирования [12, 19, 20]. Конечно, при таком подходе значительно увеличиваются объемы обрабатываемой информации. Качественное проведение таких работ невозможно без применения вычислительной техники. Автоматизированная подсистема количественной оценки ТК изделий и управления ее отработкой должна быть составной частью комплексной системы обеспечения и управления качеством выпускаемых на предприятии изделий [5, 6, 22].

Заключение

При реализации комплексных систем интегрированной информационной среды конструкторско-технологического проектирования в условиях синхронных технологий увеличивается значимость автоматизированного расчета показателей ТК изделий, оценки комплексного показателя технологичности. Нерешенным остается ряд проблем, среди которых научно обоснованный выбор изделия-аналога для определения базовых показателей технологичности изделий в автоматизированном режиме с использованием информационных баз по классам изделий; многокритериальная оптимизация выбора состава дополнительных показателей технологичности, зависящего от типа производства, вида изделия, условий изготовителя и других факторов; автоматизированная оценка весовых коэффициентов показателей технологичности объектов с выделением существенных входных и наиболее информативных весовых переменных.

Предложенные комплексные методологические принципы обеспечивают формализацию и автоматизацию ТК на всех этапах жизненного цикла современных промышленных изделий, в том числе с учетом возможностей интеллектуальных информационных технологий.

Список литературы

1. Адамов, А. П. Методологические основы обеспечения технологичности электронных средств: модели, алгоритмы, программные комплексы, механизмы реализации, прогнозирование / А. П. Адамов, Г. Х. Ирмаев, А. А. Адамова. – СПб. : Политехника, 2008. – 312 с.
2. Гришко, А. К. Методология управления качеством сложных систем / А. К. Гришко, Н. К. Юрков, И. И. Кочегаров // Труды международного симпозиума Надежность и качество. – 2014. – Т. 2. – С. 377–379.
3. Адамова, А. А. Методика оценки технологичности электронных изделий на этапах проектирования и производства / А. А. Адамова, А. П. Адамов, В. А. Шахнов // Труды международного симпозиума Надежность и качество. – 2015. – Т. 2. – С. 352–356.
4. Адамов, А. П. Дифференциальные коэффициенты оценки технологичности электронных средств и их применение при структурно-функциональном моделировании производственных систем / А. П. Адамов, А. А. Адамова, А. И. Власов // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Сер.: Приборостроение. – 2015. – № 5 (104). – С. 109–123.
5. Маркелов, В. В. Системный анализ процесса управления качеством изделий электронной техники / В. В. Маркелов, А. И. Власов, Э. Н. Камышная // Надежность и качество сложных систем. – 2014. – № 1 (5). – С. 35–42.
6. Системный анализ параметров и показателей качества многоуровневых конструкций радиоэлектронных средств / А. К. Гришко, Н. К. Юрков, Д. В. Артамонов, В. А. Канайкин // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2014. – № 2 (26). – С. 77–84.

7. Ирзаев, Г. Х. Автоматизация процесса формирования системы показателей для оценки технологичности конструкции изделия / Г. Х. Ирзаев, А. А. Адамова // Автоматизация. Современные технологии. – 2014. – № 11. – С. 27–33.
8. Камышная, Э. Н. Методика расчета технологичности конструкций электронной аппаратуры / Э. Н. Камышная, В. В. Маркелов, В. А. Соловьев // Вестник Московского государственного технического университета им. Н. Э. Баумана. Сер.: Приборостроение. – 2003. – № 1. – С. 116–125.
9. Адамова, А. А. Многоуровневая модель формирования технологичности электронных средств на этапах проектирования и производства / А. А. Адамова, А. П. Адамов // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2013. – № 11 (23). – С. 12–13.
10. Адамов, А. П. К проблеме автоматизированной количественной оценки технологичности современных электронных средств / А. П. Адамов, Г. Х. Ирзаев, А. А. Адамова // Проектирование и технология электронных средств. – 2006. – № 1. – С. 19–22.
11. Власов, А. И. Визуальные модели управления качеством на предприятиях электроники / А. И. Власов, А. М. Иванов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. – 2011. – № 11. – С. 34–35.
12. Власов, А.И. Пространственная модель оценки эволюции методов визуального проектирования сложных систем / А. И. Власов // Датчики и системы. – 2013. – № 9 (172). – С. 10–28.
13. Адамова, А. А. Визуальное моделирование адаптации подготовки производства к выпуску новой продукции / А. А. Адамова, А. И. Власов // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2014. – № 2 (154). – С. 46–56.
14. Власов, А. И. Информационно-управляющие системы для производителей электроники / А. И. Власов, А. Е. Михненко // Производство электроники. – 2006. – № 3. – С. 15–21.
15. Власов, А. И. Принципы построения и развертывания информационной системы предприятия электронной отрасли / А. И. Власов, А. Е. Михненко // Производство электроники. – 2006. – № 4. – С. 5–12.
16. Тимошкин, А. Г. О стратегии и тактике маркетинговой политики многопрофильной компьютерной фирмы / А. Г. Тимошкин, А. И. Власов // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 1996. – № 9. – С. 59–61.
17. Применение методов искусственного интеллекта в САПР технологических процессов производства электронной аппаратуры / В. П. Григорьев, Э. Н. Камышная, Ю. И. Нестеров, С. А. Никитин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1998. – 48 с.
18. Дембицкий, Н. Л. Применение методов искусственного интеллекта в проектировании и производстве радиотехнических устройств / Н. Л. Дембицкий, А. В. Назаров. – М., 2009. – 228 с. – (Научная библиотека МАИ).
19. Методы генерационного визуального синтеза технических решений в области микро- /наносистем / А. И. Власов, Л. В. Журавлева, Г. Г. Тимофеев // Научное обозрение. – 2013. – № 1. – С. 107–111.
20. Журавлева, Л. В. Визуализация творческих стратегий с использованием ментальных карт / Л. В. Журавлева, А. И. Власов // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2013. – № 1 (21). – С. 133–140.
21. Власов, А. И. Применение методов визуального моделирования для формализации конструкторско-технологической информации / А. И. Власов // Информатизация образования – 2012 : материалы Международ. науч.-практ. конф. – Орел : Орлов. гос. ун-т им. И. С. Тургенева, 2012. – С. 70–78.
22. Системный анализ в управлении предпринимательскими организациями / А. П. Адамов, А. А. Адамова, М. А. Сенькина, И. Т. Исмаилова. – СПб. : Политехника, 2002. – 251 с.

Адамова Арина Александровна

кандидат технических наук, доцент,
кафедра проектирования и технологии производства
электронной аппаратуры,
Московский государственный технический
университет им. Н. Э. Баумана
(105005, Россия, г. Москва,
2-я Бауманская ул., 5, стр. 1)
E-mail: arina.adamova@rambler.ru

Адамов Александр Петрович

доктор технических наук, профессор,
кафедра микроэлектроники,
Дагестанский государственный технический
университет
(367006, Россия, Республика Дагестан,
г. Махачкала, ул. Пирамидальная, д. 49)
E-mail: arina.adamova@rambler.ru

Adamova Arina Aleksandrovna

candidate of technical sciences, associate professor, sub-
department of design and production technology
of electronic equipment,
Moscow State Technical University
named after N. E. Bauman
(105005, 2-nd Baumanskaya street, apartment 5,
building 1, Moscow, Russia)

Adamov Aleksandr Petrovich

doctor of technical sciences, professor,
sub-department of microelectronics,
Dagestan State Technical University
(367006, 49 Piramidal'naya street, Mahachkala,
Dagestan, Russia)

Ирзаев Гамид Хайбулаевич

кандидат технических наук, доцент,
кафедра информационных технологий и прикладной информатики,
Дагестанский государственный технический университет
(367006, Россия, Республика Дагестан,
г. Махачкала, ул. Пирамидальная, д. 49)
E-mail: irzajev@mail.ru

Аннотация. Представлены стадии конструкторско-технологического проектирования и производства. Проведен анализ комплексной методики количественной (интегральной) оценки технологичности. Разработана схема количественной оценки технологичности изделий приборостроения. Под оценкой ТК изделия понимают комплекс взаимосвязанных мероприятий, включающих последовательное выявление технологичности отдельных составных элементов изделия в целом на основе сопоставления выявленных свойств данного изделия со свойствами изделия-аналога, которое принято в качестве базы сравнения, и представление результатов сопоставления в форме приемлемой и, по мнению специалистов, оптимальной для принятия управленческих решений по совершенствованию анализируемой конструкции разрабатываемого изделия и технологии его изготовления. Представлена схема интеграции показателей технологичности на основных стадиях жизненного цикла электронной техники.

Ключевые слова: технологичность, электронная аппаратура, технологическая подготовка производства.

УДК 004.75

Адамова, А. А.

Анализ проблем автоматизации управления технологичностью изделий электроники в условиях глобального обеспечения качества / А. А. Адамова, А. П. Адамов, Г. Х. Ирзаев // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 4 (16). – С. 67–75. DOI 10.21685/2307-4205-2016-4-10.

Irzaev Gamid Khaybulaevich

candidate of technical sciences, associate professor,
sub-department of information technologies
and applied informatics,
Dagestan State Technical University
(367006, 49 Piramidal'naya street, Mahachkala,
Dagestan, Russia)

Abstract. The article presents the stages of engineering and design and production. The analysis of the complex techniques of quantitative (integral) evaluation of adaptability. Developed a scheme for the quantitative evaluation of manufacturability of products of instrumentation. Under evaluation of TC products understand the complex of interrelated measures, including the consistent identification of adaptability of the individual constituent elements of the product as a whole based on matching the identified properties of this product with the properties of products-analogue, which is taken as a base of comparison, and presentation of the results of the comparison in a form acceptable and, according to experts, the best for making management decisions to improve the analyzed structure of the developed product and technology of its manufacture. A scheme of the integration of indicators of technological at key stages of the life cycle of electronic equipment.

Key words: technology, electronic instrumentation, technological preparation of production.