

Представленные данные показывают, что точность измерительного оборудования в видимой области спектра выше точности используемого эталона. Однако даже первичные эталоны [3] имеют расширенную неопределенность порядка 1 %, что делает невозможным удовлетворение требований метрологического обеспечения о более высокой точности эталона.

Предложенная методика позволяет уменьшить неопределенность измерений СПЭЯ, вызванную особенностями конструкции компаратора и его неточной привязкой по длинам волн, лишь незначительно увеличивая объем измерений.

#### Литература

1. Метрологический комплекс для аттестации спектрометрической и видеоспектральной аппаратуры «Камелия-М» / Беляев Б. И. [и др.] // Приборы для научных исследований : каталог приборов, комплексов, установок, разработанных по ГКНТ «Приборы для научных исследований» ; под. ред. акад. В. С. Буракова. – Минск, 2006. – С. 13–16.
2. Калибровочные лампы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.newport.com/f/pencil-style-calibration-lamps/>. – Дата доступа: 01.10.2021.
3. Государственный первичный эталон единиц радиометрических и спектрометрических величин в диапазоне длин волн от 0,2 до 25,0 мкм (ГЭТ 86-2017) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vniiofi.ru/depart/m4/get86-2017.html>. – Дата доступа: 01.10.2021.

УДК 621.317.7; 51-74; 519.816

### ЭКСПЕРТНОЕ ОЦЕНИВАНИЕ КАК ИНСТРУМЕНТ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ КОНСТРУИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ НА МОДУЛЬНОМ ПРИНЦИПЕ

Воронова Т.С.<sup>1</sup>, Серенков П.С.<sup>1</sup>, Ермак А.О.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет

<sup>2</sup>ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»  
Минск, Республика Беларусь

**Аннотация.** Рассмотрены проблемы проектирования и разработки технологии изготовления сложных электронных устройств, предложен алгоритм выбора компонентов на стадии проектирования, основанный на использовании методов экспертного оценивания. Обоснована необходимость создания сложной специализированной экспертной системы с интегрированной базой готовых конструктивных решений компонентов.

**Ключевые слова:** микроэлектроника, проектирование, экспертная система, экспертные методы, метод альтернатив.

### EXPERT EVALUATION AS A TOOL FOR SUPPORTING DECISION-MAKING IN THE PROCESS OF DESIGNING COMPLEX ELECTRONIC SYSTEMS BASED ON A MODULAR PRINCIPLE

Voronova T.<sup>1</sup>, Serenkov P.<sup>1</sup>, Ermak A.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Belarusian National Technical University

<sup>2</sup>United Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus  
Minsk, Belarus

**Abstract.** The problems of designing and developing the technology for manufacturing complex electronic devices are considered, an algorithm of selecting components at the design stage, based on the use of expert evaluation methods, is proposed. The necessity of creating a complex specialized expert system with an integrated base of ready-made design solutions for components has been substantiated.

**Key words:** microelectronics, design, expert system, expert methods, method of alternatives.

Адрес для переписки: Воронова Т.С., пр. Независимости, 65, г. Минск 220113, Республика Беларусь  
e-mail: voronovats@bntu.by

Процесс проектирования и разработки технологии изготовления сложных электронных устройств представляет собой емкую многоэтапную задачу, результат которой во многом определяется решениями, принятыми на различных стадиях реализации. Часть таких решений принимается разработчиком в условиях полной неопределенности, и часто основано лишь на субъективном опыте разработчика и его компетентности в определенной

области, что не позволяет судить о рациональности и эффективности принятого решения.

Задачей данного исследования являлось повышение качества процесса проектирования и разработки сложных электронных устройств с помощью применения экспертных методов оценки для поддержки решений, принимаемых на различных этапах процесса, а также снижение нагрузки по принятию решений на проектиров-

щика за счет применения специализированной экспертной системы.

В данной работе рассмотрен этап решения задачи, включающий в себя обоснованный выбор составляющих компонентов технически сложных устройств.

Было предложено решение задачи проектирования и разработки разбить на несколько последовательных этапов в предположении, что тип и целевое назначение устройства изначально определены:

– этап 1, заключающийся в установлении рациональной совокупности целевых свойств, которые характеризуют конечное изделие и их ранжирование по степени значимости в отношении решаемой задачи;

– этап 2, заключающийся в членении конструкции устройства на отдельные конструкционные модули;

– этап 3, заключающийся в определении комплекса показателей, в достаточной мере характеризующих заданный модуль, установлении допустимых диапазонов численных характеристик показателей относительно выявленным на этапе 1 свойствам;

– этап 4, заключающийся в выборе подходящего конструкционного решения модуля из множества существующих готовых вариантов исполнения, либо принятие решения о необходимости разработки оригинальной конструкции.

Этап 1. На начальной стадии разработки сложного устройства имеющаяся информация часто ограничивается лишь типом изделия и его целевым назначением, поэтому первой задачей, требующей решения, является выделение рациональной совокупности целевых свойств, характеризующих готовое устройство. Эта задача в своем решении имеет две подзадачи: выявление максимально полной совокупности целевых свойств и выделение из выявленной этой совокупности подмножества наиболее значимых (влияющих). Для решения обеих выявленных подзадач авторы предлагают использовать оригинальные экспертные методы оценивания [1–3].

Мировой опыт управления качеством предлагает большой набор специальных технологий экспертного оценивания для задачи по установлению множества свойств, определяющих изделие [4–6]. Очевидно, что результативность действий исследовательской группы при решении первой подзадачи зависит, прежде всего, от уровня квалификации и опыта экспертов. Это наиболее «слабое звено» предлагаемой стратегии в силу абсолютно субъективного характера экспертных оценок (мнений).

Процедура определения необходимого и достаточного комплекса свойств, в свою очередь, требует реализации алгоритма ранжирования выявленных свойств и оценивания их приори-

тетности. Учитывая высокие риски некорректного решения в данной ситуации, авторами предложено применить для решения второй подзадачи оригинальный «метод альтернатив» [3, 4].

Этап 2 представляет собой решение тривиальной конструкторской задачи, результат которой напрямую зависит от квалификации разработчика и его опыта в данной сфере. Если у специалиста возникают сложности с выбором глубины членения изделия на отдельные элементы – модули, или в случае иной необходимости, на данном этапе возможно подключение к работе группы разработчиков, либо использование мнения экспертов-консультантов в смежных областях.

Этап 3 также представляет собой решение комплексной задачи – для каждого выделенного единичного конструкционного модуля необходимо определить комплекс показателей, в достаточной мере его характеризующих, после чего требуется установить допустимые диапазоны числовых характеристик показателей, либо установить иные критерии, если выявленное свойство не является количественным.

Предлагаемый авторами алгоритм решения первой части задачи аналогичен описанному для этапа 1 – группой экспертов производится выявление некоторого множества показателей, которые традиционно или применительно к решаемой задаче характеризуют отдельный конструкционный модуль, после чего, с использованием «метода альтернатив», происходит ранжирование и количественная оценка показателей с последующим выделением подмножества наиболее значимых.

Вторая часть решаемой задачи на этапе 3, заключающаяся в установлении количественных и качественных характеристик определенного комплекса свойств, должна решаться с учетом целевых свойств готового изделия, определенных на первом этапе. Существует множество способов решения данной задачи, выбор которых обусловлен и сложностью исследуемой характеристики, и возможной корреляционной зависимостью между некоторыми характеристиками комплекса.

Этап 4 представляет собой задачу выбора подходящего конструкционного решения единичного модуля, опираясь на определенный на предыдущем этапе комплекс свойств и их количественных и качественных характеристик. В первую очередь поиск подходящего варианта, удовлетворяющего комплексу показателей, производится среди готовых существующих решений, что позволяет повысить унификацию и ремонтпригодность готового изделия и снизить временные и материальные затраты на его изготовление. Если подходящего готового решения не найдено – принимается решение о создании уникальной конструкции рассматриваемого модуля с установленным комплексом свойств, либо частичная модернизация существующего готового решения.

Безусловно, результативность поиска существующего готового решения напрямую зависит от квалификации, осведомленности и практического опыта разработчика. Для снижения влияния субъективной составляющей на поиск решения авторами предлагается создание постоянно обновляемой единой международной базы готовых конструктивных решений модулей и интегрирование ее в специализированную экспертную систему.

**Литература**

1. Серенков, П. С. Методы менеджмента качества. Методология управления риском стандартизации / П. С. Серенков [и др.]. – Минск, 2012. – 243 с.

2. Подиновский, В. В. О некорректности метода анализа иерархий / В. В. Подиновский, О. В. Подиновская // Проблемы управления. – 2011. – № 1. – С. 8–13.  
 3. Серенков, П. С. Системный подход к качеству физкультурно-оздоровительных услуг / П. С. Серенков, А. С. Хорлоогийн // Стандарты и качество. – 2017. – № 10. – С. 98–101.  
 4. Методы менеджмента качества. Методология управления риском стандартизации / П.С. Серенков [и др.]. –Минск, 2012. – 243 с.  
 5. Окрепилов, В.В. Менеджмент качества / В.В. Окрепилов. – СПб.: Наука, 2003. – 992 с.  
 6. Альтшуллер, Г. С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. – Изд. 3-е, дополненное / Г. С. Альтшуллер. – Петрозаводск : Скандинавия, 2003. – 240 с.

УДК 621

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМНОГО ПОДХОДА В ЦИРКУЛЯРНОЙ ЭКОНОМИКЕ**

**Гавриленкова Е.В.**

*Белорусский национальный технический университет  
 Минск, Республика Беларусь*

**Аннотация.** Изменить образ мышления для существования в экономике замкнутого цикла. После истечения срока пользования товарами мы можем принять культуру возврата и обновления, в которой продукты и компоненты предназначены для разборки и восстановления.

**Ключевые слова:** замкнутый, цикл, переработка, ремонт.

**PROVIDING A SYSTEMS APPROACH IN A CIRCULAR ECONOMY**

**Gavrilenkova E.**

*Belarusian National Technical University  
 Minsk, Belarus*

**Annotation.** Change the way of thinking to exist in a circular economy. After expiration, we can adopt a return and product culture in which products are designed to be disassembled and refurbished.

**Key words:** closed, cycle, processing, repair.

В настоящее время общество склонно к линейному подходу в экономике: мы добываем, создаем и выбрасываем.

Только изменив образ мышления можно существовать в экономике замкнутого цикла. В этом случае после истечения срока пользования товарами мы можем принять культуру возврата и обновления, в которой продукты и компоненты предназначены для разборки и восстановления.

Понятие циркулярной экономики относится ко всему жизненному циклу продукции, компонентов и материалов. Центральную роль здесь играет система обращения с отходами, поскольку в циркулярной экономике отходов следует избегать.

Для того, чтобы наглядно представить выводы о текущей ситуации в Беларуси я воспользуюсь инструментом менеджмента SWOT-анализом.

Кратко опишу переработку пластмасс.

Термопласты – это пластичный полимер, который становится мягким при нагревании и

твердым при охлаждении, повторять такой процесс можно не один раз.

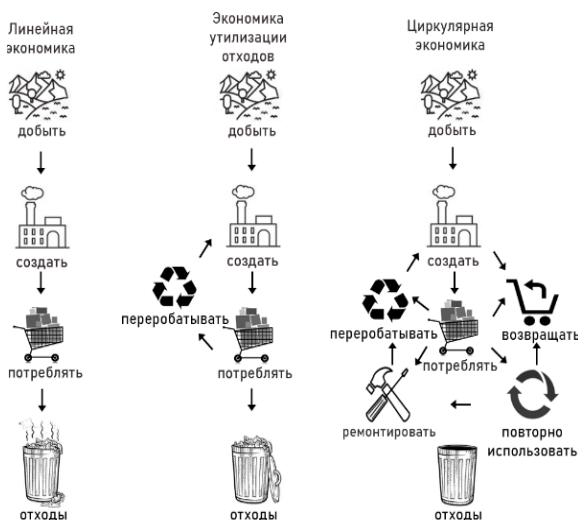


Рисунок 1 – Концепции