


## SECTION 13. COMPUTER AND SOFTWARE ENGINEERING

---

**Алексеев Виктор Федорович** 

канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем  
*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь»*

**Сыс Анна Дмитриевна**

магистр техн. наук,  
аспирант кафедры проектирования информационно-компьютерных систем  
*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь»*

**Пискун Геннадий Адамович**

канд. техн. наук, доцент кафедры проектирования информационно-компьютерных систем  
*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники, Республика Беларусь»*

---

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК СРЕДСТВО ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАМЕТРОВ СИЛОВЫХ ИНТЕГРАЛЬНЫХ МИКРОСХЕМ**

В условиях становления рыночных отношений возникла проблема создания конкурентоспособных изделий электронной техники (ИЭТ) и многих других изделий бытового и промышленного назначения. Несоответствие существующих теоретических и методологических подходов к проектированию, особенности их построения и реализации на ранней стадии разработки приводит к существенному снижению эффективности и качества производимого продукта, отставанию внедрения передовых технологий в перспективные научно-технические разработки.

На ранних стадиях разработки силовых интегральных микросхем (ИМС) одной из основных задач является проектирование конкурентоспособного продукта, либо его оптимизация.

Конкурентоспособность – это набор потребительских и ценовых характеристик, определяющих степень успеха товара на рынке. Понятие конкурентоспособности продукции включает в себя все, что отличает ваш товар от других. Это степень удовлетворения запросов потребителей в сравнении с аналогичными товарами, которые представлены на этом же рынке. Иными словами, конкурентоспособность – это способность товара отвечать рыночным требованиям и пожеланиям клиентов. Узнайте, как создать лучший продукт на рынке [1].

Конкурентоспособность товара закладывается еще на стадии проектирования и основным ее условием должны быть качество и затраты. Определение (моделирование) уровня конкурентоспособности продукции является необходимым условием ее реализации на рынке. К сожалению, производители неоднократно сталкивались с ситуацией выпуска новых изделий электронной техники, которые по своим характеристикам значительно уступали аналогичным товарам, а затраты на его производство были значительно выше.

Также не редки случаи, когда выпускаемые ИМС, в силу очень долгой стадии проектирования, утрачивали свою актуальность к моменту выпуска, и все затраты и усилия по разработке данных электронных изделий были потрачены напрасно. Такая ситуация влечет за собой огромные убытки для производителя.

Во избежание вышеописанных ситуаций, в работе рассмотрены и предложены методы по оптимизации ИМС, затрагивающие экономическую сферу проектирования, поскольку их оптимизация напрямую зависит от конкурентоспособности проектируемого устройства.

На сегодняшний день существует большое число работ в области определения конкурентоспособности проектируемых изделий на ранних этапах проектирования (Е.П. Голубков, Р.А. Фатхутдинов, И.М. Лемешевский, М.М. Юзбашев); о стандарте моделирования бизнес-процессов IDEF и CALS-технологии (И.В. Емельянович, И.Б. Кушнир, А.Н. Самоделов, Е.Д. Пожидаев, В.П. Стрельников, А.В. Федухин). Среди зарубежных авторов особый интерес вызывают работы Ж.Ж. Ламбена, Уэллсфорда Ларри Р, в которых описано построение IDEF0 моделей бизнес-процессов управления при проектировании устройств.

Разработка методов, математических моделей, алгоритмов и бизнес-процессов для оценки конкурентоспособности ИЭТ является актуальной задачей.

Для оценки конкурентоспособности силовых интегральных микросхем необходимо математическое обеспечение, состав которого приведен на рисунке 1.



Рис. 1. Состав математического обеспечения

Как видно из рисунка 1, в состав математического обеспечения входят модели прогнозирования объема спроса, себестоимости объекта проектирования и модели расчета его себестоимости. Под прогнозированием объема спроса понимается предсказание значения этого показателя в будущем, или иначе термин «Прогнозирование» используется в соответствии с его классическим определением [2–4]. В отличие от этого определения прогнозирование себестоимости относится к данному моменту времени и означает приближенную оценку экономического показателя на этапе анализа технического задания, степень точности которого всегда меньше расчета себестоимости объекта проектирования во время эскизного проектирования. При прогнозировании объема спроса пользуются регрессионными моделями.

В процессе инновационной деятельности участвуют структурные подразделения предприятия. Информационная поддержка процесса управления инновационной деятельностью в сложных системах, отличается от традиционного представления об управлении производственной деятельностью предприятия [5].

При решении задач создания конкурентоспособных ИМС на начальной стадии разработки немаловажным является маршрут проектирования с оптимальной последовательностью выполнения проектных процедур. Маршрут проектирования основывается на системном анализе сложных объектов. Характерная особенность этого маршрута состоит в том, что после процедур, относящихся к этапу маркетинговых исследований, составления технического задания и выбора изделия-аналога осуществляется прогнозирование технических и экономических показателей (этап анализа технического задания), а затем рассчитываются значения этих показателей на этапе эскизного проектирования, если процедуры прогнозирования показателей качества и прогнозирования себестоимости привели к положительному результату.

В процессе оптимизации параметров ИМС необходимо учитывать тепловые воздействия, которые возникают в процессе работы ИЭТ [6-11]. Так, например, в [7] показана необходимость численного моделирования тепловых процессов, протекающих в микроэлектронных структурах. Отмечается, что трудности расчета температурных полей в микроэлектронных структурах увеличиваются вследствие непрерывного увеличения плотности упаковки, числа топологических слоев, уменьшения размеров элементов. Предлагается в качестве метода моделирования выбрать метод конечных элементов, как эффективный способ численного решения краевых задач теплообмена.

Сегментирование рынка следует осуществлять опытно-интуитивными и автоматическими методами. Для автоматической сегментации рынка предложен метод, основанный на анализе диаграмм рельефа рынка. Сегментирование рынка завершается выбором одного или нескольких наиболее перспективных сегментов. После сегментирования рынка в каждом сегменте выбирается эталонный объект сравнения, объективно характеризующий запросы потребителей и их покупательную способность [12, 13].

В качестве эталонного объекта сравнения может быть реально существующее изделие, которое необходимо модернизировать в соответствии с запросами и возможностями потребителей или некоторое гипотетическое изделие, привлекательное для потребителей с позиций удовлетворения обусловленных потребностей и приемлемой стоимости. Показатели эталонного объекта сравнения формируются по результатам опроса потребителей и производителей. Эталонный объект сравнения рассматривается как главный конкурент другим изделиям, к показателям которого следует приблизиться при проектировании нового изделия.

Представляется также целесообразной процедура качественной оценки технологичности конструкций изделий-конкурентов и входящих в них конструктивов различной структурной иерархии. При таком алгоритме анализа изделий-конкурентов становится возможным определение направлений обеспечения конкурентоспособности ИМС.

Цель прогнозирования объема спроса заключается в выявлении вероятностных альтернатив развития рынка для принятия эффективных решений и выработки стратегии деятельности предприятия.

По степени новизны объекты проектирования можно выделить в три группы:

1. Изделия, воспроизводящие имеющиеся конструкции без существенных схемных, конструктивных и размерных изменений, приводящих к улучшению одного, двух и более показателей качества.

2. Изделия, модифицирующие существующие конструкции путем разработки электрических схем и конструкций.

3. Изделия, не имеющие аналогов, новые по схемному и конструктивному исполнению.

Наибольшее улучшение показателей качества имеет место в изделиях третьей группы. Их проектирование базируется на научно-исследовательских работах, завершающихся составлением технического задания, в связи с чем отпадает необходимость проведения процедур внешнего проектирования.

Для повышения эффективности анализа технического задания целесообразно пользоваться моделью, отражающей зависимость показателей качества от этапов схмотехнического, конструкторского, технологического проектирования и производства.

Для решения описанных задач можно воспользоваться методикой комплексного математического моделирования, интегрированной с инструментами CALS, которые наиболее адекватно воспроизводят весь комплекс физических процессов, происходящих в ИМС и связанных с ним режимах работы устройства.

CALS-технологии (*англ.* Continuous Acquisition and Lifecycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла продукции), или ИПИ (информационная поддержка процессов жизненного цикла продукции) – подход к проектированию и производству высокотехнологичной и высокотехнологичной продукции, заключающийся в использовании компьютерной техники и информационных технологий на всех этапах жизненного цикла продукции.

Благодаря постоянной информационной поддержке обеспечиваются единые способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла: потребителей продукции, поставщиков, производителей продукции, оперативного и обслуживающего персонала. Информационное обеспечение осуществляется в соответствии с требованиями системы международных стандартов, регулирующих правила такого взаимодействия, в основном посредством электронного обмена данными.

Использование технологий CALS позволяет значительно сократить объем проектных работ, так как описания многих компонентов оборудования, машин и систем, которые были спроектированы ранее, хранятся в унифицированных форматах данных сетевых серверов, доступных любому пользователю. Решение проблем ремонтпригодности, интеграции продукции в различные системы и среды, адаптации к меняющимся условиям эксплуатации, специализации проектных организаций значительно облегчен.

#### **Список использованных источников:**

1. Конкуренентоспособность продукции: как вычислить и повысить // Журнал коммерческий директор [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа: <https://www.kom-dir.ru/article/2353-konkurentosposobnost-produktsii> – Дата доступа: 17.09.2021.
2. Гаскаров, Д.В. Прогнозирование технического состояния и надежности радиоэлектронной аппаратуры / Д.В. Гаскаров, Т.А. Голинкевич, А.В. Мозгалевский; Под ред. Т.А. Голинкевича. – М.: Сов. радио, 2004. – 224 с.
3. Донец, А.М. Анализ методов прогнозирования себестоимости радиоэлектронных средств на этапе внешнего проектирования / А.М. Донец [и др.] // Системные проблемы качества, математического моделирования, информационных и электронных технологий – Материалы Междунар. науч.-техн. конф. Москва – Воронеж – Сочи, 2003. – Ч.8. Секция 9. – С. 62-64.

4. Модели прогнозирования надежности интегральных схем с учетом воздействия электростатического разряда / В.Ф. Алексеев [и др.] // Slovak international scientific journal. – 2018. – Vol. 1, №24. – Pp. 47–62.
5. Алексеев, В.Ф. Информационная поддержка управления инновационной деятельностью предприятия / В.Ф. Алексеев, Д.В. Лихачевский, В.В. Хорошко // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 3 / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск: Бестпринт, 2020. – С. 412 – 417.
6. Алексеев, В.Ф. Моделирование тепловых полей электронных систем в среде ANSYS / В.Ф. Алексеев, Д.В. Лихачевский, Г.А. Пискун // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 3 / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск: Бестпринт, 2020. – С. 282 – 286.
7. Алексеев, В.Ф. Методика численного моделирования тепловых процессов в микроэлектронных структурах / В.Ф. Алексеев, Д.В. Лихачевский, Г.А. Пискун // BIG DATA and Advanced Analytics = BIG DATA и анализ высокого уровня: сб. материалов VI Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 20-21 мая 2020 года: в 3 ч. Ч. 3 / редкол.: В. А. Богуш [и др.]. – Минск: Бестпринт, 2020. – С. 34 – 37.
8. Алексеев, В.Ф. Воздействие разрядов статического электричества на полупроводниковые структуры и интегральные схемы / В.Ф. Алексеев, Г.А. Пискун, А.А. Лисовский // Danish Scientific Journal. – 2018. – Vol.1, №19. – Pp. 31–41.
9. Алексеев, В.Ф. Численное моделирование тепловых процессов электронных модулей на базе моделей, созданных в Altium Designer и SolidWorks / В.Ф. Алексеев, А.А. Константинов // Danish Scientific Journal. – 2018. – Vol.1, №19. – Pp. 16–30.
10. Zhuravliov, V. Thermal conductivity influence on failures of semiconductor ICs under powerful EMP action / Vadim Zhuravliov, Victor Alexeev // The 2003 IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility (EMC): Symp. Rec. - 2003. – Vol. 2. – P. 1040–1042.
11. Алексеев, В. Ф. Тепловые модели отказов полупроводниковых структур при воздействии мощных электромагнитных импульсов / В. Ф. Алексеев // Доклады БГУИР. – 2005. – №2. – С. 65 – 72.
12. Донец, А.М. Прогнозирование объема спроса изделий / А.М. Донец [и др.] // Интеллектуальные информационные системы – Тр. Всерос. конф. Воронеж, 2001. Ч.2. – С. 23.
13. Донец, А.М. Подсистема оценки качества и конкурентоспособности РЭС / А.М. Донец, Н.Э. Самойленко, С.А. Донец // Проблемы обеспечения надежности и качества приборов, устройств и систем – Межвуз. сб. науч. тр. Воронеж: ВГТУ, 2000. – С. 29-34.