Уткина О.Н., Петров Б.М.

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРРЕКТИРУЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОТБРАКОВОЧНЫХ ИСПЫТАНИЙ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ НАДЕЖНОСТИ БРЭС НА ЭЛЕМЕНТНОМ УРОВНЕ

Анализ проводится с целью определения **эффективности корректирующих действий** (КД) при проведении **отбраковочных испытаний (ОИ) при обеспечении надежности изделий на элементном уровне.** Анализ проводится на этапе технико-экономического обоснования принимаемых решений по конкретному изделию с целью создания бортовых радиоэлектронных систем (БРЭС), удовлетворяющих заданным в НТД требованиям к надежности. КД предпринимаются для устранения причин фактических несоответствий, возникающих на различных этапах жизненного цикла БРЭС.

Для повышения экономической эффективности мероприятий (ЭЭМ) по сертификации системы качества необходимо прогнозировать затраты (потери) на этапе разработки и производства изделия при расчете и обеспечении надежности и учитывать их в себестоимости при составлении и согласовании договора. При этом определяются суммарные затраты (по трудоемкости) на обеспечение надежности.

$$З_{КД}=З_{АО}+З_{ОР}+З_{РР}+З_{ОФ}+З_{ШС}+З_{ВП}+З_{ПСИ}+З_{САО}. \quad (1)$$

Затраты на корректирующие действия $З_{КД}$ по обеспечению надежности включают следующие составляющие: $З_{АО}$ - затраты на обнаружение и анализ отказов, $З_{ОР}$ - затраты на введение облегченных режимов работы ЭРИ (электрических, климатических, механических, радиационных), $З_{РР}$ – затраты на ремонтные работы по восстановлению характеристик, $З_{ОФ}$ - стоимость обменного фонда с учетом изолирования и списания неустранимого брака, $З_{ШС}$ - стоимость штрафных санкций по рекламационным актам, $З_{ВП}$ – затраты на проведение работ по выбору поставщиков (первого и второго), $З_{ПСИ}$ – затраты на проведение повторных приемосдаточных испытаний, $З_{САО}$ – затраты на разработку системы сбора, анализа информации по отказам, на обучение и аттестацию исполнителей.

Одной из главных задач сертификации технических средств БРЭС при защите прав потребителя от недобросовестных разработчиков и изготовителей, является проверка соблюдения рекомендаций ТУ по использованию применяемой элементной базы и введение облегченных электрических, климатических и механических режимов работы ЭРИ. Анализ отказов БРЭС показал, что более 60% отказов ЭРИ происходит из-за нарушения рекомендаций по электрическим и тепловым режимам работы ЭРИ.

При сертификации очень важно оценить ущерб от отказов БРЭС с учетом технико-экономических мероприятий, направленных на повышение надежности ЭРИ за счет использования ОИ. Проведение ОИ требует значительных материальных, временных и производственных затрат, поэтому изготовители БРЭС очень неохотно используют ОИ.

Для определения технико-экономической эффективности мероприятий по ОИ БРЭС используются следующие экономические и технические показатели: годовой экономический эффект (ГЭЭ); затраты на реализацию мероприятий на обеспечение надежности; уменьшение затрат, связанных с устранением отказов; уменьшение потерь вследствие отказов. Эти показатели отражают особенности БРЭС и их функциональное назначение. При определении экономической эффективности мероприятий по обеспечению надежности БРЭС учитывается суммарная экономия всех производственных ресурсов, которую получает предприятие в результате использования БРЭС более надежных.

Расчет экономической эффективности мероприятий по разработке и внедрению многоэтапных ОИ, позволяющих разработать БРЭС с повышенной надежностью, обеспечивающих заданный уровень безотказности по наработке на неисправность, ошибку, отказ, производится на элементном уровне.

Расчет затрат проводится по каждому из возможных этапов ужесточения ОИ для повышения надежности БРЭС на всех стадиях жизненного цикла системы с учетом затрат на проектирование, производство и эксплуатацию. Проводится выбор температурных, электрических режимов и схемно-конструктивных решений микропроцессоров и СВЧ-устройств при минимальных приведенных затратах с учетом режимной избыточности, а главное обосновывается выбор режимов проведения ОИ, обеспечивающих максимальный уровень надежности.

Проводится расчет ГЭЭ в сфере производства и эксплуатации, полученного при разработке БРЭС с повышенной надежностью, за счет внедрения новых режимов отбраковочных испытаний БРЭС. и выбора новых температурных и электрических режимов работы элементной базы, обеспечивающих экономию производственных ресурсов, производится по формуле $$Э=(З_1-З_2)\ А_2, \quad (2)$$

где $З_1$ и $З_2$ – приведенные затраты единицы продукции по прежним и новым режимам ОИ для БРЭС, руб. (возможны отрицательные величины потерь);

$А_2$ – годовой объем производства изделий повышенной надежности в натуральных единицах.

$$З=((С_1-С_2)-Е_Н(К_2-К_1))\ А_2, \quad (3)$$

где $С_1$, $С_2$ – себестоимость изготовления единицы продукции по прежним режимам ОИ и новым режимам ОИ (прежней и повышенной надежности), руб.; $К_1$, $К_2$ – удельные капитальные вложения в производство БРЭС прежней и повышенной надежности, руб.; $Е_Н$ – нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

$$З_{Кi} = (0_{Кi} / 30)\ Д_i\ 2{,}15 = 13{,}62\ Д_i\ , \quad (4)$$

где $З_{Кi}$ - затраты на заработную плату, накладные и командировочные расходы i-го исполнителя на К -м этапе, руб.; $0_{Кi}$ – оклад и накладные расходы i-го исполнителя, занятого на К -м этапе (затраты на накладные расходы, дополнительную заработную плату и отчисление на соцстрах); $Д_i$ – количество дней, необходимое для выполнения i-го этапа.

Экономический эффект, получаемый по формуле (2), за счет уменьшения потерь от брака, уменьшения количества возвратов изделий на доработку не зависит от капитальных затрат у Получателя, поэтому $К_1=К_2=0$, а формула (2) преобразуется к виду

$$З=С_1А_2-С_2А_2\ . \quad (5)$$

Анализ особенностей БРЭС позволяет сделать выбор наилучшего схемно-конструктивного варианта из множества рассматриваемых вариантов. Исходные данные для расчета по формуле (8).

Обозначим через $К_1$ - количество конкурирующих вариантов при учете технологии изготовления, типа корпуса, температурных режимов работы ЭРИ, а через $К_2$ - число выбранных вариантов. Тогда в соответствии с формулой (5) и данными таблицы имеем

$$С_1А_2= З_1К_1 + З_{МВ}К_1 + З_2К_1К_2 + С_{К1}\ , \quad (6)$$

где $З_1$ - затраты Получателя при использовании прежних режимов ОИ; $З_2$ - затраты Получателя при использовании новых режимов ОИ; $З_{МВ}$ - затраты, включающие оплату машинного моделирования времени отказа при различных законах распределения и механизмах отказов; $С_{К1}$ - затраты на дополнительное оборудование (при их наличии $С_{К1}=0$).

В соответствии с формулой (5) затраты Получателя при использовании новых режимов ОИ описываются формулой $$С_2А_2=(З_П+З_{МВ1})К_1К_2 \quad (7)$$

где $З_П$ - затраты Получателя на оплату проверки расчетных данных (при использовании новых режимов ОИ); $З_{МВ1}$- затраты Получателя на оплату машинного моделирования времени отказа при различных законах распределения и механизмах отказов при анализе и расчете надежности выбранного варианта БРЭС.

С учетом выражений (6) и (7) формула (5) будет иметь вид

$$Э_{1.1}=(З_1+З_{МВ1}+З_2К_2)К_1-(З_П+З_{МВ1})\ К_1\ К_2, \quad (8)$$

Расчет ГЭЭ в сфере производства и эксплуатации при внедрении новых режимов ОИ с учетом разработки БРЭС с повышенной надежностью на элементном уровне (наработка на отказ - $Т_О$) определяется по формуле

$$З_{1.2}=(C_{Р1}(1-exp-1/T_{О1})-C_{Р2}(1-exp-1/T_{О2}))T_{СР}A), \quad (9)$$

где $Т_{О1}$ и $Т_{О2}$ - наработка на отказ БРЭС по прежним режимам ОИ и новым режимам ОИ (прежней и повышенной надежности); $С_{Р1}$ и $С_{Р2}$ - стоимость одного ремонта БРЭС прежней и повышенной надежности. Стоимость $С_{Рi}$ определяется по формуле $C_{Pi}=\sum_{i=1}^{n}C^*_{Pi}$, где $i=\overline{1,n}$ -число элементов затрат, связанных с ремонтом БРЭС; $C^*_{Р1}$ - затраты на поиск неисправностей; $C^*_{Р2}$ - стоимость материалов и комплектующих устройств, необходимых для ремонта; $C^*_{Р3}$ - стоимость всех ремонтных операций; $C^*_{Р4}$ - стоимость послеоперационного контроля; $C^*_{Р5}$ - расходы на содержание и эксплуатацию оборудования; $C^*_{Р6}$ - затраты на комплектование ЗИПа; $C^*_{Р7}\div C^*_{Рn}$ общепроизводственные (общецеховые) затраты на подготовку и освоение производства, на износ инструментов и приспособлений целевого назначения. Отметим, что затраты $C^*_{Р7}\div C^*_{Рn}$ при расчете $С_Р$ при внедрении мероприятий по повышению безотказности не учитываются

T_{CP} - среднее значение годовой наработки устройства, $T_{CP}=\frac{T_1}{t_1}\approx\frac{T_2}{t_2}$, где T_1 и T_2 – ресурс БРЭС прежней и повышенной надежности; t_1 и t_2 - срок службы БРЭС прежней и повышенной надежности; А - годовой объем производства БРЭС, в натуральных единицах.