

ОПТИМИЗАЦИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЯ

Раннев Г.Г.¹⁾, Суругина В.А.²⁾, Тарасенко А.П.³⁾

¹⁾ ИПИТ, ул. Академика Королева, д.4, к.1, кв. 458, г. Москва, 129515 Россия;
email: G.G. rannev@yandex.ru

²⁾ МГМУ (МАМИ), ул. Павла Корчагина, д. 22, г. Москва, 107996 Россия;
email: syrogina@mail.ru

³⁾ МГМУ (МАМИ), ул. Павла Корчагина, д. 22, г. Москва, 107996 Россия;
email: panteleevich@mail.ru

Резюме: максимизация надежности при фиксированных сроках разработки, обеспечение требуемой точности при минимальных затратах ресурсов – основные задачи при создании СИ. Это требует от разработчиков четких требований на всех этапах разработки ТЗ, ТП, РД подготовки производства, изготовления, испытаний. Кроме того очень важен этап эксплуатации, где гарантируется срок безотказной работы СИ. Требованиям к перечисленным этапам посвящен доклад.

Ключевые слова: надежность, характеристики, требования, порядок, методики контроля, испытания, контрольные, определяющие, комплексные, выборка, число наблюдений

Максимизация надежности измерений при фиксированных затратах и обеспечение требуемой точности при минимальных затратах ресурсов – основные требования при создании СИ.

Выбор количественных характеристик надежности зависит от вида создаваемого изделия. Основные критерии надежности можно условно разделить на две группы: для невосстанавливаемых изделий и восстанавливаемых изделий.

Невосстанавливаемыми называются такие изделия, которые в процессе выполнения своих функций не допускают ремонта. Если происходит отказ такого изделия, то выполняемая операция будет сорвана и ее необходимо начинать вновь в том случае, если возможно устранение отказа. К таким изделиям относятся как изделия однократного действия (ракеты, управляемые снаряды, искусственные спутники Земли, усилители системы подводной межконтинентальной связи и т.п., так и изделия многократного действия (некоторые системы навигационного комплекса судового оборудования, системы ПВО, системы управления воздушным движением, системы управления химическими, металлургическими и другими ответственными производственными процессами и т.д.).

Восстанавливаемыми называются такие изделия, которые в процессе выполнения своих функций допускают ремонт. Если произойдет отказ такого изделия, то он вызовет прекращение функционирования изделия только на период устранения отказа. К таким изделиям относятся:

компьютер, телевизор, агрегат питания, станок, автомобиль, трактор и т.п.

К режимам работы и условиям эксплуатации изделий относятся:

- описание времени работы изделий;
- длительность цикла эксплуатации и продолжительность обслуживания;
- описание помеховой обстановки;
- значение температуры, влажности и длительности их воздействия;
- вибрационные и ударные нагрузки;
- требования к системе технического обслуживания и ремонта;
- требования к обеспечению запасными частями, приспособлениями и инструментом;
- режимы хранения и транспортирования.

Государственными стандартами устанавливается порядок внесения показателей надежности в технические задания (ТЗ), технические условия (ТУ) и стандарты на СИ, методы планирования и проведения контрольных и определяющих испытаний на надежность, способы обработки и порядок оформления результатов.

После изготовления опытных образцов и серийно выпускаемых СИ проводятся контрольные и определяющие испытания на безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость, долговечность (ресурсные испытания).

В техническом задании на разработку или модернизацию изделия в части надежности задаются:

- номенклатура и значения показателей

надежности;

- режимы работы изделий и условия эксплуатации, для которых будут работать СИ;
- порядок и методы контроля показателей надежности на различных этапах жизненного цикла;
- исходные данные для планирования испытания, если используют экспериментальный метод контроля показателей надежности;

Для планирования определительных испытаний на надежность должны быть указаны в документации:

- односторонняя доверительная вероятность;
- относительная доверительная ошибка;
- условия испытаний
- ожидаемое значение показателя надежности;
- предполагаемый коэффициент вариации (в случае, если закон распределения случайной величины нормальный, логарифмически нормальный);
- предполагаемый закон распределения случайной величины (нормальный, экспоненциальный, и т. д.)
- значения приемочного и браковочного уровней показателя надежности в соответствии с ГОСТ 27.410.40;

Поэтому на этапе разработки ТЗ расчет надежности ведется по гипотетическим структурным схемам, состоящим из ряда звеньев, узлов, а мероприятия по повышению надежности весьма разнообразны.

Обычно звенья структурной схемы надежности имеет следующий вид (рис. 1): нерезервированное (последовательное) (рис. 1,а), параллельное (рис. 1,б) и параллельнопоследовательное (рис. 1,в) соединение.

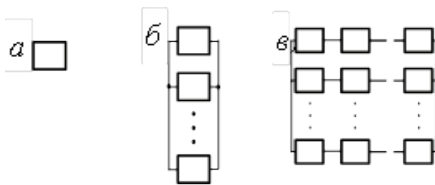


Рис. 1. Звенья структурной схемы надежности ИВС

Предварительно каждое параллельнопоследовательное звено сводится к параллельному путем объединения последовательно соединенных элементов, с пересчетом функции $p_i(t) = \prod p_{ij}(t)$,

где j пробегает по всем элементам i й цепи параллельнопоследовательного звена, $p_i(t)$ – функция надежности. Затем определяется функция $P^{(n)}(t)$ каждого (n го) параллельного звена по хорошо известным формулам, зависящим от вида резерва.

Далее следуют Государственные испытания СИ на соответствие ТЗ и показателям надежности, указанным выше.

Государственным испытаниям подлежат СИ общего применения, серийно выпускаемые предприятиями-изготовителями. СИ, прошедшие государственные испытания, вносятся в Государственный реестр.

Государственные испытания проводятся в целях обеспечения единства измерений в нашей стране, установления рациональной номенклатуры и эффективного использования парка средств измерений, постановки на производство и выпуска средств измерений, которые по техническому уровню и качеству соответствуют лучшим отечественным и зарубежным образцам или превосходят их. Существует два вида государственных испытаний: приемочные и контрольные. Государственным приемочным испытаниям подлежат опытные образцы средств измерений новых типов, предназначенные для серийного производства, а также образцы средств измерений, подлежащих ввозу изза границы партиями. Государственные приемочные испытания опытных образцов средств измерений новых типов, предназначенных для серийного производства, представляют собой завершающий этап разработки средств измерений. Положительные результаты государственных приемочных испытаний — основание для утверждения типа средств измерений Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии и выдачи разрешения на производство и выпуск в обращение установочной серии средств измерений. По решению министерства, согласованному с Федеральным агентством, допускается государственные приемочные испытания проводить на образцах из установочной серии.

Государственным контрольным испытаниям подлежат образцы выпускаемых и периодически ввозимых изза границы партиями средств измерений:

- из установочной серии (в том числе при передаче производства с одного предприятия-изготовителя на другое);
- по истечении срока действия разрешения, выданного на серийное производство (ввоз изза границы партиями) и выпуск в обра-

ние в России;

- при внесении в технологию изготовления средства измерений изменений, влияющих на нормированные МХ;
- в порядке проверки соответствия выпускаемых или периодически ввозимых изза границы партиями средств измерений утвержденным типам и требованиям НТД (в том числе при наличии сведений об ухудшении их качества).

Средства измерений на предприятии изготовителе периодически подвергаются контрольным испытаниям на надежность, которые проводят для оценки соответствия показателей надежности СИ требованиям стандартов, ТУ или ТЗ.

Методику контрольных испытаний СИ на надежность разрабатывают на основе стандарта, действующей нормативнотехнической документации, конструктивных особенностей и специфики функционирования в условиях эксплуатации.

В методике указываются:

- перечень показателей надежности, подлежащих контролю;
- план испытаний для каждого показателя надежности;
- приемочный P_α и браковочный P_β уровни показателей надежности;
- риск изготовителя α и риск потребителя β ;
- метод проведения испытаний;
- перечень и методы контроля параметров, по которым определяют состояние (работоспособность, отказ и т.п.) СИ, периодичность их проверки в процессе испытания и определение критериев отказа;
- условия испытаний и способы контроля работоспособности и восстановления СИ;
- правила оценки результатов испытаний.

В программе и методике контрольных испытаний могут указываться:

- пределы изменения параметров питания, значения входных и выходных сигналов, периодичность их измерения;
- перечень испытательного оборудования, средств измерения и требования к ним;
- порядок организации и проведения ремонтных работ, наличие ограничений по запасным инструментам и приборам;
- порядок комплектования выборки;
- объем и периодичность технического обслуживания;
- порядок учета и анализа отказов.

Для планирования контрольных испытаний

на надежность для каждого контролируемого показателя должны быть указаны исходные данные:

- значения приемочного и браковочного уровней показателя надежности;
- риск изготовителя;
- риск потребителя;
- условия проведения контрольных испытаний на надежность.

Значения браковочного уровня показателя надежности риска потребителя следует нормировать в стандартах и ТУ.

Значения приемочного уровня показателя надежности и риска изготовителя устанавливаются в зависимости от специфики изделий, возможных объемов, продолжительности и условий испытаний.

Значения рисков изготовителя и потребителя следует выбирать из табл. 4 ГОСТ 11.001 — 73.

При планировании контрольных испытаний с целью сокращения объема эксперимента допускают использовать априорную информацию. Порядок использования априорной информации должен быть согласован с потребителем.

Определительные испытания на надежность СИ проводят для определения фактических значений показателей надежности с заданной точностью и достоверностью.

Метод проведения определительных испытаний на надежность выбирается в зависимости от вида оцениваемого показателя надежности и закона распределения случайной величины.

Определение вероятности безотказной работы за заданное время, вероятности восстановления за заданное время проводится при любом законе распределения одноступенчатым методом с ограниченной продолжительностью испытаний.

Определение средней наработки на отказ, средней наработки до отказа, среднего срока сохраняемости, среднего ресурса проводится:

- в случае экспоненциального распределения одноступенчатым методом с ограниченным числом отказов;
- в случае нормального распределения — одноступенчатым методом до отказа всех испытываемых образцов.

Результаты определительных испытаний служат для:

- оценки фактического уровня показателя надежности СИ и сравнения его с требованиями ТЗ или ТУ;
- определения значений показателей надежности, вносимых в ТУ и нормативнотехническую документацию;

- уточнения значений показателей надежности, записанных в ТЗ или ТУ.

Данные, полученные при определительных испытаниях, могут быть также использованы для:

- определения межповерочного интервала;
- выявления малонадежных деталей и сборочных единиц.

Заключительным жизненным циклом СИ является его эксплуатация на предприятиях или в полевых условиях, и здесь мероприятия по надежности являются определяющими.

Как бы идеально не было разработано и изготовлено СИ, в процессе реальной эксплуатации в его элементах и узлах начинают накапливаться необратимые изменения, обусловленные различными явлениями и процессами в материалах: диффузией, коррозией, сорбцией и абсорбцией, высыханием, растрескиванием, полимеризацией, усталостью и др. Изменения материалов, элементов и узлов, в свою очередь, взаимодействуя друг с другом, приводят к изменениям механических, энергетических и тепловых режимов работы изделия, в результате чего его выходные характеристики также изменяются. Происходит процесс старения прибора. Внутренние, необратимые изменения, происходящие в приборах, вызывают изменения метрологических характеристик, которые являются одними из важнейших, так как с их помощью определяется погрешность измерения. Рано или поздно при неблагоприятных обстоятельствах эти изменения могут достигнуть таких размеров, что полученный результат измерения начнет искажать картину эксперимента и приведет к неправильным выводам. Опасные последствия вызывают скрытые отказы СИ, входящих в цепи измерения, контроля и регулирования. Таким образом, очевидна важность изучения скрытых отказов и необходимость разработки методов уменьшения их последствий. Поэтому на предприятиях разрабатываются планы поверки СИ.

В зависимости от технических возможностей и экономической целесообразности поверка СИ должна производиться комплектно (комплектная поверка) или поэлементно (поэлементная поверка).

Периодическую комплектную, а также внеочередную и инспекционные поверки СИ допускается проводить путем выборочного контроля (определения) метрологических характеристик ИК из числа однотипных каналов.

Перечень СИ, МХ которых подвергаются в соответствии с ГОСТ 8.002 — 86 и ГОСТ 8.513 84

контролю (определению), утверждается на стадии государственных испытаний или метрологической аттестации.

Поверка СИ должна быть автоматизирована. Схемы соединения элементов, алгоритмы контроля (определения) МХ СИ и требования к метрологической аттестации программного обеспечения СИ должны быть приведены в НТД на методы и средства поверки конкретных СИ в соответствии с ГОСТ 8.375 — 80.

При проведении поверки СИ должны выполняться:

- проверка состояния и комплектности технической документации;
- внешний осмотр СИ;
- контроль (определение) МХ, регламентированных в НТД на методы и средства поверки СИ;
- анализ результатов поверки и принятие решения о годности (негодности) СИ для дальнейшего применения.

Используется следующая методика комплектной поверки СИ.

На входы контролируемых СИ подаются однотипные с измеряемыми образцовые сигналы. Результаты измерений сравниваются с известными значениями информативных параметров образцовых сигналов, на основании чего определяются погрешности СИ. Таким образом, в соответствии с терминологией, принятой для поверочных схем, реализуется метод прямых измерений.

При этом методе высокие требования предъявляются к устройству воспроизведения образцовых сигналов.

В случае положительных результатов поверки СИ оформляется свидетельство соответствующей формы.

Поэлементная поверка СИ заключается в поверке ее элементов в соответствии с НТД на методы и средства поверки, распространяющейся на эти элементы. В данной НТД должна быть приведена методика расчета МХ СИ по МХ ее элементов. Результаты поэлементной поверки СИ считаются положительными, если все ее элементы по результатам поверки пригодны к дальнейшему применению. Элементы, признанные негодными, подлежат замене. При поэлементной поверке свидетельство о поверке выдается на каждый элемент системы, прошедшей поверку.

В программе поверки нужно использовать методики экспериментальных исследований и рассмотрения технической документации,

установленные в стандартах, типовых программах государственных приемочных испытаний и других нормативнотехнических документах. Если невозможно использовать эти методики, предприятие (организация), представляющее средство измерений на метрологическую аттестацию, должно предусмотреть специальные методы и средства исследования МХ.

Регламентируемая программой методика экспериментального исследования МХ должна содержать:

- требования к точности и условиям проведения измерений, а также к образцовым средствам измерения, применяемым при метрологической аттестации;
- требования к числу точек, в которых определяют значения МХ, и к их расположению в диапазоне измерений;
- требования к числу измерений в каждой выбранной точке и числу серий измерений.

Объем представительной выборки СИ.

Все СИ, подлежащие проверке, подразделяются на группы по метрологическим признакам. Объем представительной выборки из такой группы может быть рассчитан по формуле

$$n = \frac{t^2 N}{4b^2 N + t^2}, \quad (1)$$

где t — квантиль нормального распределения, определяемая в зависимости от доверительной вероятности; N — число ИС, составляющих генеральную совокупность; b — допускаемая погрешность репрезентативности, определяемая в относительных единицах.

Для нахождения n задаются допускаемой погрешностью репрезентативности и вероятностью, с которой она гарантируется. Используя значение вероятности, находят квантиль t по таблицам нормального распределения и по формуле определяют значение объема представительной выборки n .

Установление числа исследуемых точек в диапазоне измерения и числа наблюдений в этих точках. Методика установления числа исследуемых точек в диапазоне измерения зависит от того, какая из составляющих погрешности преобладает — систематическая или случайная. С точки зрения достоверности результатов исследования ИК число точек нужно увеличивать, но при этом возрастает трудоемкость исследования. Поэтому цель расчета — определить минимально допустимое число исследуемых точек.

Рассмотрим первый случай, когда преобла-

дает систематическая составляющая погрешности. В качестве исходных данных используется зависимость систематической погрешности ΔS от измеряемой величины x .

Чтобы определить число точек n , необходимо провести гармонический анализ зависимости $\Delta S(x)$. Для определения n используют следующие соотношения.

Если зависимость $\Delta S(x)$ четная, то ее можно представить в виде следующего ряда Фурье:

$$\Delta_S(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^n a_k \cos k \frac{\pi(x-a)}{b-a}, \quad (2)$$

где n — номер высшей гармоники при разложении; a, b — границы интервала разложения;

$$a_k = \frac{2}{b-a} \int_a^b \Delta_S(x) \cos k \frac{\pi(x-a)}{b-a} dx$$

Если зависимость $\Delta S(x)$ нечетная, то

$$\Delta_S(x) = \sum_{k=1}^n b_k \sin k \frac{\pi(x-a)}{b-a},$$

где

$$b_k = \frac{2}{b-a} \int_a^b \Delta_S(x) \sin k \frac{\pi(x-a)}{b-a} dx$$

Для нахождения a_k и b_k используют формулы трапеции:

$$a_k \approx \frac{2}{n} \left[\frac{1}{2} \Delta_S(x_1) \cos k \frac{\pi(x_1-a)}{b-a} + \Delta_S(x_2) \cos k \frac{\pi(x_2-a)}{b-a} + \dots + \frac{1}{2} \Delta_S(x_n) \cos k \frac{\pi(x_n-a)}{b-a} \right];$$

$$b_k \approx \frac{2}{n} \left[\frac{1}{2} \Delta_S(x_1) \sin k \frac{\pi(x_1-a)}{b-a} + \Delta_S(x_2) \sin k \frac{\pi(x_2-a)}{b-a} + \dots + \frac{1}{2} \Delta_S(x_n) \sin k \frac{\pi(x_n-a)}{b-a} \right].$$

После определения a_k и b_k оценивают их значимость относительно предела систематической составляющей погрешности Δ_{Sp} . В зависимости от выбранного числа гармоник n находят максимальное значение погрешности определения амплитуд гармоник:

$$\text{Max}|\Delta_S|_{2n} \approx 0,29A_n.$$

В качестве A_n принимают a_k или b_k .

По значению погрешности судят о достаточности числа гармоник.

Наивысшая существенная гармоника имеет амплитуду, превышающую значение погрешности.

Общее число точек, в которых необходимо проводить исследование, определяют по формуле

$$n_r = 2\gamma n_b, \quad (3)$$

где γ — число точек на полупериоде высшей существенной гармоники (значение γ рекомендуется принимать равным 1 или 2); n_b — номер высшей существенной гармоники.

Если преобладает случайная составляющая погрешности, то руководствуются положениями, приведенными далее.

Для одно и многоканальных СИ при наличии аналогового средства представления информации в качестве исследуемых рекомендуется выбирать точки, расположенные равномерно по диапазону измерения. Их должно быть не менее шести, включая точки, совпадающие с нижней (0) и верхней (100 %) границами диапазона.

Если исследование нулевой точки невозможно, то число исследуемых точек должно быть не менее пяти, а первая из этих точек должна совпадать с отметкой шкалы, в которой наблюдаются стабильные показания. Если заранее известно, что зависимость характеристик погрешности в диапазоне измерений описывается функциями, имеющими в некоторых точках разрывы и перегибы, эти особые точки должны быть дополнительно включены в число исследуемых.

Для СИ с цифровым устройством отображения информации число точек определяется в зависимости от применяемого аналогоцифрового способа преобразования. В число этих точек включаются те, в которых наибольшие погрешности появляются в наихудших ситуациях.

Для СИ с время импульсным или частотно-импульсным преобразованием выбирается не менее пяти точек, равномерно распределенных по диапазону измерений. В их число должны входить точки, которые лежат вблизи верхнего и нижнего пределов диапазона.

Для СИ, использующих кодоимпульсный принцип преобразования, число точек определяется в зависимости от принципиальной схемы преобразования и вида используемого кода.

Если при метрологических исследованиях должна определяться градуировочная характеристика СИ, то независимо от структуры СИ и выполняемых ею функций рекомендуется исследовать не менее 10 точек диапазона измерения.

Вопрос установления числа наблюдений в исследуемых точках диапазона измерения решается на основании критериев существенности той или

иной составляющей погрешности.

В методике для оценки числа наблюдений в каждой исследуемой точке в зависимости от заданной доверительной вероятности P_d используется неравенство

$$n \geq \frac{2}{1 - P_d(t)}, \quad (4)$$

Обычно в каждой точке выполняют не менее пяти наблюдений.

В последнее время, в связи с интеллектуализацией СИ: создателем интеллектуальных датчиков, контроллеров, интерфейсов и др. создаются современные, высоконадежные, с точки зрения эксплуатационной надежности, средства и системы измерений.

Литература.

- [1] **Екимов А. В., Ревяков М. И.** *Надежность средств электроизмерительной техники.* Л.: Энергоатомиздат, Ленингр. отдние, 1986, 208 с.
- [2] **Глухов Л. В. и др.** *Динамика, прочность и надежность элементов инженерных сооружений:* Учебное пособие. М.: Издательство АСВ, 2003. 304с.
- [3] **Желонкин А. И., Тарасенко А. П.** *Преобразование измерительных сигналов:* Учебное пособие. М.: Издательство МГОУ, 2012. 192с.
- [4] **Шишмарев В. Ю.** *Физические основы получения информации:* Учебное пособие для студентов учреждений высшего профессионального образования. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 448с.
- [5] **Раннев Г. Г., Тарасенко А. П.** *Методы и средства измерений:* Учебник для ВУЗов. 6е издание стереотипное. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 336с.
- [6] **Раннев Г. Г.** *Измерительные информационные системы :* Учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 336с.
- [7] **Раннев Г. Г.** *Интеллектуальные средства измерений:* Учебник для студентов высших учебных заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2011. 272с.
- [8] **Джексон Р. Г.** *Новейшие датчики.* М.: Техносфера, 2007. 384с.
- [9] **Нефедов В. И.** *Основы радиоэлектроники:* Учебник для ВУЗов. М.: Высш. шк., 2000. 339с.

OPTIMIZATION OF PARAMETERS OF RELIABILITY OF MEANS OF MEASUREMENTS

Rannev G.G.¹⁾, Surogina V.A.²⁾, Tarasenko A.P.³⁾

¹⁾ IIT, Str. Academician Korolev, 4, k.1, Apt. 458, Moscow, 129 515 Rusia;

email: G.G. rannev@yandex.ru,

²⁾ MSEU (MAMI), Str. Pavel Korchagin, d. 22, Moscow, 107996 Rusia;

email: syrogina @.mail.ru

³⁾ MSEU (MAMI), Str. Pavel Korchagin, d. 22, Moscow, 107996 Rusia;

email: pantelevich@mail.ru

Summary: maximization of reliability in fixed term development, ensuring the accuracy required at a minimum cost of resources the main task when creating the SR. This requires the development of clear requirements at all stages of the development of TK, TS, RD preproduction, production, test. Also very important stage of operation, where guaranteed uptime SI. Requirements for the report is devoted to these stages.

Keywords: reliability, features, requirements, procedures, methods of monitoring, testing, checking, Identification, complex, sample, the number of observations

References

[1] **Ekimov A.V., Revyakov M.I.** *Reliable means of electric engineering.* L.: Energoatomizdat, Leningrad. Depset, 1986 208.

[2] **Glukhov L. et al.** *Dynamics, durability and reliability of the elements of engineering structures:* Textbook. M.: Publishing DIA, 2003 304c.

[3] **Zhelonkin A.I., Tarasenko A.P.** *Conversion of measuring signals:* Textbook. M.: Publishing MGOU, 2012. 192s.

[4] **Shishmarev V.Y.** *Physical basis of information:* Manual for students of institutions of higher education. M.: Publishing center "Academy", 2010. 448s.

[5] **Rannev G.G., Tarasenko A.P.** *Methods and measuring:* Textbook for High Schools. 6th edition

stereotype. M.: Publishing center "Academy", 2010. 336s.

[6] **Rannev G.G.** *Measuring information systems:* the textbook for students of higher educational institutions. M.: Publishing center "Academy", 2010. 336s.

[7] **Rannev G.G.** *Intelligent measurement: the textbook for students of higher educational institutions.* M.: Publishing center "Academy", 2011. 272s.

[8] **Jackson R.G.** *latest sensors.* M.: Technosphere, 2007. 384s.

[9] **Nefedov V.I.** *Fundamentals of electronics:* the Textbook for high schools. M.: Higher. wk., 2000. 339s.

ОПТИМИЗИРАНЕ НА ПАРАМЕТРИТЕ НА НАДЕЖДНОСТ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИТЕ СРЕДСТВА

Раннев Г.Г.¹⁾, Суругина В.А.²⁾, Тарасенко А.П.³⁾

¹⁾ ИПИТ, ул. Академика Королева, д.4, к.1, кв. 458, г. Москва, 129515 Русия;

email: G.G.rannev@yandex.ru,

²⁾ МГМУ (МАМИ), ул. Павла Корчагина, д. 22, г. Москва, 107996 Русия;

email: syrogina@mail.ru

³⁾ МГМУ (МАМИ), ул. Павла Корчагина, д. 22, г. Москва, 107996 Русия;

email: pantelevich@mail.ru

Резюме: Максимизирането на надеждността при фиксирани срокове на разработката и осигуряването на изискваната точност при минимални загуби на ресурси са основни задачи при създаването на СИ. Това изисква от разработчиците спазване на строги изисквания на всички етапи от разработката: ТЗ, ТП, РД, подготовка на производството, произвеждане, изпитване. Също така много важен етап е експлоатацията, при която се гарантира срокът на безотказна работа на СИ. На изискванията на посочените етапи на разработката е посветен докладът.

Ключови думи: надеждност, характеристики, изисквания, процедури, методики за контрол, изпитвания контролни, определителни, комплексни, извадка, брой наблюдения.