

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА НАДЕЖНОСТЬ ТЕХНИКИ В ГАРАНТИЙНЫЙ ПЕРИОД ЭКСПЛУАТАЦИИ

Михайлов В.В.¹, Мисюра Д.А.²

¹Михайлов Виталий Викторович – доцент, кандидат военных наук,

²Мисюра Дмитрий Анатольевич – доцент, кандидат технических наук,
кафедра тактики и оперативного искусства,

Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва,
г. Санкт-Петербург

Аннотация: в статье проведён анализ факторов, влияющих на надёжность современной радиоэлектронной техники и радиоэлектронных систем в период гарантийной эксплуатации, в частности установлено, что реальные показатели безотказности и ремонтпригодности в данный период на порядок ниже требуемых значений, заданных при разработке, и это отрицательно сказывается на её использовании по назначению. Данные факторы, влияющие на надёжность техники в период гарантийной эксплуатации усугубляют низкий уровень надёжности в период гарантийной эксплуатации. Особенности периода гарантийной эксплуатации, а именно, низкий уровень безотказности, должны учитываться в стратегии технического обслуживания.

Ключевые слова: эксплуатация, надёжность, гарантийный период, параметры, безотказность, анализ факторов.

ANALYSIS OF FACTORS AFFECTING EQUIPMENT RELIABILITY DURING THE WARRANTY PERIOD OF OPERATION

Mikhailov V.V.¹, Misyura D.A.²

¹Mikhailov Vitaly Viktorovich – associate professor, candidate of military sciences,

²Misyura Dmitry Anatolyevich – associate professor, candidate of technical sciences,
DEPARTMENT TACTICS AND OPERATIONAL ART,

MILITARY ACADEMY OF LOGISTICS NAMED AFTER ARMY GENERAL A.V. KHRULEVA,
ST. PETERSBURG

Abstract: the article analyzes the factors influencing the reliability of modern radio-electronic equipment and radio-electronic systems during the period of warranty operation; in particular, it was established that the real indicators of failure-free operation and maintainability during this period are an order of magnitude lower than the required values specified during development, and this negatively affects its intended use. These factors affecting the reliability of equipment during the period of warranty operation aggravate the low level of reliability during the period of warranty operation. Features of the warranty period, namely, a low level of failure-free operation, must be taken into account in the maintenance strategy.

Keywords: operation, reliability, warranty period, parameters, reliability, factor analysis.

УДК 62-1-9

Эффективность функционирования современных образцов техники неразрывно связана с обеспечением безотказности и ремонтпригодности их радиоэлектронных систем (РЭС). Тем не менее, эти показатели РЭС в период гарантийной эксплуатации существенно ниже требуемого уровня, что отрицательно сказывается на работоспособности на данном этапе.

Наряду с недостаточной безотказностью элементной базы и конструктивными недоработками образцов техники, на снижение уровня показателей безотказности влияет отсутствие адаптации стратегии технического обслуживания к изменению уровня безотказности РЭС в период гарантийной эксплуатации. Применение традиционных подходов обоснования параметров стратегии технического обслуживания РЭС на этом этапе может привести к снижению коэффициента готовности на 20-30 %. Поэтому, адаптация стратегии технического обслуживания (ТО) образцов техники к текущему уровню их безотказности в период гарантийной эксплуатации предопределило актуальность проведения исследований в этой области [1].

На основе разработанной модели динамики отказов техники в период гарантийной эксплуатации, в которой учтён характер изменения скорости интенсивности отказов, отличающейся тем, что для описания динамики отказов в период гарантийной эксплуатации не требуется знание закона распределения времени безотказной работы техники позволяет определять продолжительность этапа приработки и связанную с ним продолжительность гарантийного срока эксплуатации изделия, и, как следствие, обосновать параметры стратегии ТО (количество его видов, периодичность их проведения и объем) в период гарантийной эксплуатации [2].

Проанализировав факторы, влияющие на надёжность техники с элементами РЭС в период гарантийной эксплуатации, выявлено, что воздействие этих факторов только усугубляет низкий уровень надёжности в период гарантийной эксплуатации.

При этом установлено, что особенности периода гарантийной эксплуатации, а именно, низкий уровень безотказности, должны учитываться в стратегии технического обслуживания.

Изменения, происходящие в физической структуре элементов и деталях конструкций изделий, влияющие на их надежность, зависят от воздействия различных факторов, под которыми понимают движущую силу какого-либо процесса (явления) или условие, которое влияет на тот или иной процесс (явление) [3].

В процессе эксплуатации на технику воздействуют как субъективные, так и объективные факторы.

Рассмотрим факторы, оказывающие наибольшее влияние на безотказность в период гарантийной эксплуатации.

Объективные факторы определяются этапами, условиями эксплуатации, и внешней средой (рисунок 1).

Многочисленные исследования [2, 3, 4] показывают, что вид функции параметра потока отказов $\omega(t)$, представленной на рисунке 2, имеет три ярко выраженных этапа: приработки, нормальной работы и износ (или старение).

Этапом приработки [5] называется начальный период эксплуатации, в течение которого имеет место устойчивая тенденция к уменьшению параметра потока отказов, что обусловлено наличием, постепенным выявлением и устранением скрытых дефектов.

После этапа приработки обычно имеет место относительно продолжительный этап стабильной безотказности, когда случайные колебания параметра потока отказов сравнительно незначительны и примерно равновероятны относительно среднего постоянного уровня [6].

Этот этап называется этапом нормальной работы, после которого наступает этап физического старения, когда начинается постепенное увеличение параметра потока отказов. Это объясняется, в первую очередь, необратимыми процессами старения и износа [7].



Рис. 1. Классификация объективных факторов, влияющих на надежность техники.

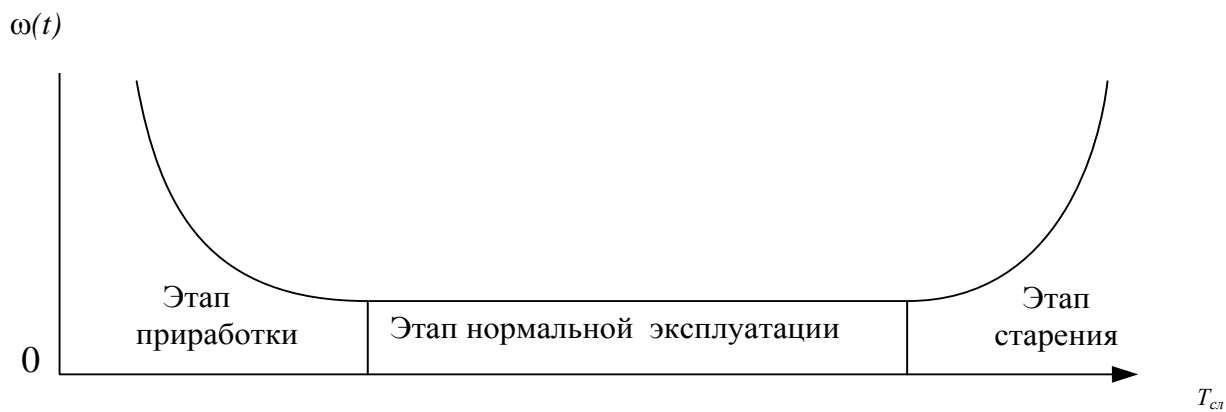


Рис. 2. Вид функции $\omega(t)$.

Отказы, характерные для этапа приработки, являются результатом наличия в образце техники дефектных элементов (деталей, узлов).

Так как образец техники состоит из большого количества элементов и сборок, а также узлов, получаемых по кооперации как готовые изделия, то даже при очень тщательной отбраковке не всегда удастся исключить попадание на сборку элементов, имеющих скрытые дефекты. Кроме того, причиной отказов могут быть ошибки, связанные с нарушением технологического процесса при изготовлении отдельных деталей, сборке и монтаже (плохое крепление, некачественная пайка, отсутствие смазки и т.п.).

При разработке аппаратуры допускается наибольшее количество ошибок (до 40 %), приводящих к отказам. При этом основная доля причин отказов приходится на неправильную разработку схем (до 30 %). Кроме того, определенную роль играет и неправильный выбор элементов схем, режимов их работы и т.п.

Одним из эффективных способов повышения качества и надежности изделия является их технологический прогон (технологическая обкатка) [8], организованный на заводе-изготовителе для выявления скрытых дефектов и причин их появления. Однако, у изготовителя нет возможности производить технологическую обкатку аппаратуры для достижения полной приработки, поэтому он вынужден брать на себя гарантийные обязательства по обеспечению работоспособности в процессе эксплуатации.

При этом, в соответствии с [6, 7] под гарантийными обязательствами понимаются обязательства предприятия гарантировать организации соответствие качества техники условиями контракта в течение определенного времени (гарантийного срока, гарантийной наработки) и безвозмездно в установленные гарантийными обязательствами сроки устранять дефекты образцов техники и агрегатов обменного фонда, выявленные в гарантийный период, посредством ремонта (замены) дефектных изделий или проведения технического обслуживания при соблюдении пользователем оговоренных условий эксплуатации (использования, хранения, транспортирования).

Для предприятия условия гарантийных обязательств (гарантийного срока или гарантийного ресурса) определяют размер экономических издержек, связанных с гарантийным обслуживанием.

Результаты анализа статистических данных об интервалах времени (наработках) техники между отказами на начальном этапе эксплуатации позволяют утверждать, что на этапе приработки параметр потока отказов имеет традиционную для этого этапа форму (рисунок 3).

Продолжительность этого этапа, в ряде случаев, превышает назначенный гарантийный срок эксплуатации на 10-15 %, что приводит к необоснованным затратам, возлагаемым организацию, а именно, к затратам на проведение работ по устранению отказов и на приобретение, доставку к месту выполнения ремонтных работ отказавших систем, комплектующих изделий, деталей, элементов.

Сам этап приработки остается малоизученным с точки зрения надежности. Время приработки является неизвестным показателем, и, в то же время, очевидна важность выбора научно обоснованной длительности приработки т.к. в соответствии с [6, 7] длительность гарантийного срока эксплуатации должна быть достаточной для выявления скрытых дефектов и должна совпадать с окончанием этапа приработки.

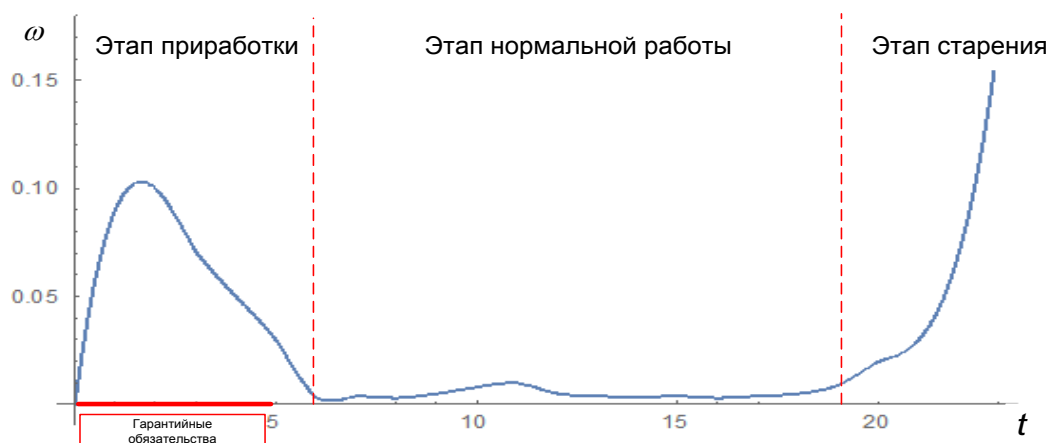


Рис. 3. Зависимость параметра потока отказов на этапах эксплуатации техники от времени.

Другим, немаловажным фактором, оказывающим отрицательное влияние на безотказность на этапе приработки, являются электрические нагрузки.

Изменения электрических режимов работы оказывают существенное влияние на стабильность характеристик и параметров аппаратуры. Все элементы характеризуются допустимыми нагрузками по мощности рассеивания, токам, напряжениям и т.п., следовательно, работа элементов при предельно допустимых нагрузках сокращает их срок службы и не гарантирует надежной работы.

Появление электрических перегрузок приводит к изменениям температурного режима со всеми вытекающими отсюда последствиями, к электрическим пробоям между элементами схемы, к отказам при включении и выключении аппаратуры из-за переходных процессов.

Существенное влияние на уровень безотказности в период гарантийной эксплуатации оказывают факторы, обусловленные внешней средой (таблица 1).

Таблица 1. Факторы, влияющие на уровень безотказности на этапе приработки, обусловленные внешней средой.

Факторы, обусловленные внешней средой		Доля отказов от общего числа отказов
Климатические факторы	Температура	18
	Влажность	19
	Атмосферное давление	1
	Воздействие солнечной радиации	1
	Примеси в воздухе	3
Механические факторы	Вибрация	14
	Механические удары	1
Биологические факторы	Грибки, плесень, насекомые, грызуны	0,5

При этом, климатические факторы представлены наибольшим количеством составляющих, каждая из которых, по-своему, оказывает влияние на надежность.

Существенное влияние на эксплуатацию техники оказывают механические воздействия (таблица 1), к которым следует отнести удары, вибрации, ускорения, рабочие усилия, звуковые давления, которые должны в должной степени учитываться в ходе проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем [9].

Воздействие вибрации приводит к преждевременному изнашиванию изделия, появлению в нем усталостных явлений, к частичному разрушению. Практика показывает, что наиболее опасными являются вибрации с частотами 15-150 Гц и 175-500 Гц. Первому диапазону частот соответствуют резонансные явления в конструкциях аппаратуры, второму – в электронных лампах.

При ударах возможны случаи, когда возникающие нагрузки превысят допустимые безопасные уровни, что может привести к неисправности. Ударные нагрузки возникают также при транспортировании различными видами транспорта.

Кроме того, любой элемент РЭС как отдельно, так и в системе, включая управление, расположенной в технике либо дополнительном обслуживающем оборудовании может быть подвергнут силовому деструктивному воздействию заинтересованных в этом лиц по трём основным направлениям: воздействие мощного электромагнитного импульса; воздействия по сетям питания; воздействие по проводным каналам.

Новые технологии делают технические средства силового деструктивного воздействия все более перспективными для применения и требуют к себе большего внимания, в первую очередь, со стороны служб безопасности и разработчиков систем защиты, для обеспечения бесперебойной работы техники.

Для предотвращения этих событий могут быть применены разработанные программы, в том числе программа для обеспечения защиты каналов управления комплексами специальной техники от навязывания злоумышленником ложных команд управления. Программа позволяет осуществить защиту конфиденциальной информации, циркулирующей в каналах управления систем и комплексов специальной техники от несанкционированного доступа к ней злоумышленников. [10, 11].

Влияние субъективных факторов, связаны с выбором правильных режимов эксплуатации изделий, их ТО и ремонта, квалификацией и качеством работы обслуживающего персонала (рисунок 4).

Как показывают исследования, внедрение новых форм организации технического обслуживания позволяет повысить эффективность эксплуатации до 20 %. Теоретические разработки и практический опыт свидетельствуют, что-то можно обеспечить работоспособность изделия в течение длительного срока эксплуатации. Практика и опыт эксплуатации техники свидетельствуют, что своевременное и качественное проведение ТО позволяет на 30-35 % сократить простои по техническим причинам, на 25-30% уменьшить расход запасных частей, на 8-12 % – расход горючего и смазочных материалов.



Рис. 4. Классификация субъективных факторов, влияющих на надежность техники.

Исследования в области ТО свидетельствуют о том, что для изделия повышение качества выполнения работ при ТО с 60 % до 95 % повышает наработку на отказ почти вдвое, межремонтный ресурс – на 68-79%.

Один час, затраченный на обслуживание образца техники, экономит 2-3 часа, которые тратятся на устранение неисправностей и непредвиденных поломок, если обслуживание не проводят своевременно и в полном объеме.

В тоже время, ТО нередко проводится с нарушением регламента, а количество выполняемых регламентированных операций – лишь на 30-40 % от выделенных научно-технической документацией. Это приводит к уменьшению наработки на отказ (неисправность). Одной из причин является высокая трудоемкость регулировок при низкой стабильности.

Основные причины возникновения эксплуатационных ошибок заключаются в низкой квалификации персонала (операторов), в несоблюдении правил эксплуатации техники, в низкой степени организации ТО.

Незнание устройства и назначения техники, неумение поддерживать её в исправном состоянии, устраняя отказы, проводить регламентные работы приводит к резкому снижению уровня его надежности и соответственно срока эксплуатации. Например, при слабо подготовленном обслуживающем персонале количество отказов в первые сутки после проведения ТО в 8-10 раз превышает число отказов за сутки до его проведения. Особо остро этот вопрос встал в последнее время, когда на предприятия стали поступать комплексы с использованием микросэлектронной технологии, которая в значительной степени чувствительна к ошибкам обслуживающего персонала.

Исходя из этого, учет эксплуатационных факторов, влияющих на надёжность техники, и внедрение его в методики обоснования и расчета периодичности и объема ТО позволит существенно уменьшить количество

различного вида эксплуатационных неисправностей. Требуемая степень адекватности организации ТО способствует поддержанию надежности техники на должном уровне.

Список литературы/ References

1. *Живодкевич И.Н.* Надежность технических изделий. – М.: Институт испытаний и сертификации, 2004. – 472с.
2. *Мищенко В.И.* Особенности моделирования взаимодействия сложных технических систем вооружения с системой их эксплуатации // Измерительная техника. – 199. - № 10.
3. *Болотин В.В.* Прогнозирование ресурса машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1984. 312 с.
4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016615130 Российская Федерация. Методика оценки системы обеспечения качества образцов ракетно-артиллерийского вооружения в условиях дискретного производства: № 2016610406: заявл. 21.01.2016: опублик. 17.05.2016 / С.Г. Николаев, А.А. Вырвич, Д.П. Гасюк [и др.]; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Михайловская военная артиллерийская академия" Министерства обороны Российской Федерации. – EDN IINQIV.
5. ГОСТ 18322-78 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. М., Издательство стандартов, 1978. 30 с.
6. ГОСТ 27002-89. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. М., Издательство стандартов, 1989. 25 с.
7. ГОСТ В 15.306-79. Обязательства гарантийные. Основные положения. М., Издательство стандартов, 1979. 24 с.
8. Способ восстановления плотности распределения наработки между отказами восстанавливаемых систем / А.А. Мендуров, В.И. Мищенко, А.Г. Воскобойник, В.В. Михайлов // Известия Смоленского государственного университета. – 2015. – № 2-1(30). – С. 269-274. – EDN VOEBOF.
9. *Михайлов В.В.* Методики оценки эффективности системы ракетно-технического обеспечения войск ПВО армии / В.В. Михайлов, И.В. Гончаров, Ю.В. Савутов // Современные проблемы проектирования, производства и эксплуатации радиотехнических систем. – 2016. – № 10. – С. 20-23. – EDN WYYUPT.
10. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023683478 Российская Федерация. Программное средство обеспечения функционирования устройства защиты объектов информатизации от воздействия технических средств промышленного шпионажа: № 2023682437: заявл. 25.10.2023: опублик. 08.11.2023 / Р. А. Ольховик, Т. Б. Волков, И.Е. Молоков, В.В. Михайлов; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации. – EDN LVXJNQ.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023686332 Российская Федерация. Программное средство обеспечения криптографической защиты каналов управления комплексами специальной техники: № 2023686001: заявл. 28.11.2023: опублик. 05.12.2023 / И.В. Романенко, И.Е. Молоков, В.В. Романенко [и др.]; заявитель Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военная академия материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулева» Министерства обороны Российской Федерации. – EDN ITRYDR.