Янь Сыцзян. Оценка, контроль и обеспечение параметрической надежности автоматических минометов с выкатом свободного затвора : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.13.- Санкт-Петербург, 2000.- 147 с.: ил. РГБ ОД, 61 00-5/2722-5

Министерстваобразования Российской Федерации

БАЛТИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ “ВОЕНМЕХ” ИМЕНИ Д.Ф. УСТИНОВА

На правах рукописи УДК 623.4.01

ЯНЬ СЫЦЗЯН

**ОЦЕНКА, КОНТРОЛЬ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПАРАМЕТРИЧЕСКОЙ  
НАДЕЖНОСТИ АВТОМАТИЧЕСКИХ МИНОМЕТОВ С  
ВЫКАТОМ СВОБОДНОГО ЗАТВОРА**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Специальность 05.02.13  
Машины и агрегаты  
(Военная техника)

Научный руководитель:  
доктор технических наук, профессор  
Белов Альберт Васильевич

Санкт-Петербург-2000

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение 4

Глава 1. Информационные и методологические основы оценки и обеспечения параметрической надежности автоматических минометов с выкатом свободного затвора 12

1. Автоматический миномет с выкатом свободного затвора как объект

исследования 12

1. Система показателей надежности автоматического миномета і у
2. Структурно-функциональная модель надежности автоматического

[миномета 22](#bookmark4)

1. [Системно-логическая модель обеспечения надежности миномета 31](#bookmark3)

Глава 2. Теоретические основы и методики оценки параметрической

надежности при проектировании и испытании автоматического миномета 45

1. Основы проектной оценки параметрической надежности 49
2. Методика оценки параметрической надежности по результатам

испытаний 61

1. Общая схема построения модели функционирования

автоматического миномета 67

Глава 3. Проектная оценка, контроль и обеспечение параметрической надежности автоматики минометов с выкатом свободного затвора ... 77

* 1. Математическая модель движения откатных частей миномета 77
  2. Статистический анализ выходных параметров и оценка

параметрической надежности автоматики миномета 82

* 1. Оценка параметрической надежности по результатам натурных

испытаний 90

* 1. [Обеспечение надежности автоматического миномета 94](#bookmark32)
     1. [Повышение безотказности работы автошептала 94](#bookmark33)
     2. [Обеспечение безотказности обтюрирующего узла 99](#bookmark35)

з

миномета 106

Глава 4. Исследование возможности оценки параметрической надежности автоматики минометов с выкатом свободного затвора с использованием порохового стенда U2

1. Основы устройства и принцип действия порохового стенда цз
2. Математическая модель движения откатных частей миномета при

использовании порохового стенда 115

1. Уточнение основных конструктивных характеристик стенда ^25
2. Оценка параметрической надежности автоматики миномета по

результатам стендовых испытаний 133

Заключение 13g

Литература 14Q

**ВВЕДЕНИЕ**

Последние десятилетия характеризуются бурным ростом сложности внутренней структуры образцов современной техники и расширением круга решаемых ею задач. Создание сложных технических систем многоцелевого назначения, используемых в трудно прогнозируемых условиях функционирования, требует особого внимания к проблеме обеспечения надежности и методам ее решения на этапах научных исследований, предшествующих выработке основных требований на создаваемые образцы, при обосновании технического задания, моделировании испытаний, обработке и анализе результатов натурных экспериментов, оценке качества технических решений и эффективности перспективных образцов сложной техники. Развитие методов оценки и анализа надежности оказывает непосредственное воздействие на эффективность и качество работ по созданию новых образцов техники и совершенствованию методов их применения в реальных ситуациях.

К настоящему времени накоплен большой опыт решения разнообразных задач оценки надежности и вероятностного анализа сложных технических систем [1,2,52]. При этом особого внимания заслуживают методологические разработки, методы и методики оценки и анализа параметрической надежности на ранних стадиях проектирования в строительной механике [3]; станкостроении и общем машиностроении [4,5], в области ракетной и космической техники [6,7,8], артиллерийской техники [17], и приборостроении [1,9,94]. Безусловно нельзя не отметить достижения в развитии алгоритмических и программных средств, обеспечивающих проведение вполне достоверных расчетов различных показателей надежности и позволяющих ускорить отработку изделий при рациональном расходовании временных и материальных ресурсов. ..

Нельзя не отметить также вполне сложившуюся нормативно­техническую базу в виде стандартов, руководств, методик и инструкций [10,11,52,94].

Накопленный опыт создания сложной техники, особенно военной, показывает, что до настоящего времени наиболее достоверным и традиционным путем обеспечения надежности импульсных тепловых и высоко-энергетических машин остается:

1. Выбор наиболее рациональной схемы конструкции машины, учитывающей организацию взаимодействия между агрегатами с учетом внешних воздействий и проверку соответствия рассматриваемого варианта схемы требованиям ТЗ (техническое задание).
2. Технология и школа конструирования, учитывающая современные технологические достижения, организацию проведения испытаний и технологию отработки машин на надежность.

Вместе с тем продолжают иметь место существенные трудности, препятствующие получению удовлетворительных результатов как теоретическим, так и экспериментальным путем.

Сложившееся в теории и практике надежности положение характеризуется следующими важными особенностями.

Исходная информация, которую реально удается собрать и подготовить для решения задач надежности, оказывается, как правило, неполной и неточной (иногда искаженной) или, как стало принято говорить, неопределенной [12].

С другой стороны, условия использования современного оружия и относительная чувствительность его к внешним воздействиям порождает необходимость рассматривать образцы вооружения как сложные технические и эргономические системы с «плохой структурой» («диффузные», «плохо организованные системы»). Это значит, что использование оцениваемых (прогнозируемых) показателей надежности систем обусловлено потребностью дополнительного изучения их достоверности. В силу указанных обстоятельств возникает известный разрыв между теоретическими достижениями в области вероятностного анализа и практикой их приложений на различных этапах научных исследований.

Для ликвидации этого разрыва необходимо совместить полученные разноаспектные представления о системе в единое целое, представить полученную теоретическим путем и из опыта информацию в компактном виде в форме, обеспечивающей решение задач оценки надежности сложных технических систем, удобной для практического использования. Такой формой могут быть соответствующие законы распределения.

Поскольку обычно предполагается, что вся информация об объекте исследования содержится в плотности распределения вероятностей, то в формальном отношении при проведении научных исследований по развитию и повышению эффективности и надежности вооружения выделен следующий комплекс условий [12].

1. Определенные условия, при реализации которых вся исходная информация (конкретные количественные сведения и данные) считается точно известной.
2. Вероятностно-определенные условия, для которых исходная информация определена в вероятностном смысле (помимо однозначных исходных данных имеются случайные величины, законы распределения которых известны).
3. Условия неопределенности, содержащие наряду с первыми двумя категориями информации величины, вероятностное описание которых неизвестно (неизвестны законы распределения).

Сказанное, в полной мере относится и к проектированию и отработке надежности автоматических минометов с выкатом свободного затвора [13]. Поэтому предлагаемая диссертационная работа, направленная на совершенствование методологии, разработку

инженерных методик оценки надежности автоматических минометов с выкатом свободного затвора с использованием вероятностно­статистической математической модели, описывающей функционирование движения элементов автоматики и откатных частей, и методики проверки работоспособности автоматики миномета с использованием порохового стенда, разработку алгоритмических и программных средств достоверной оценки параметрической надежности, представляет весьма актуальную и важную задачу при создании артиллерийских и минометных систем такого класса. Решение этих задач и составляет основную цель диссертации.

В ходе исследования и решения этих задач лично автором получены следующие новые научные результаты:

1. Структурно-функциональная модель надежности автоматического миномета, отражающая и позволяющая учесть его конструктивную и функциональную структуру, режимы работы, систему технических обслуживаний и ремонтов, причины и характер возможных отказов механизмов автоматики миномета с выкатом свободного затвора.
2. Системно-логическая модель решения основных задач оценки и обеспечения параметрической надежности автоматики миномета на этапе проектирования и экспериментальной отработки.
3. Методика проектной оценки параметрической надежности автоматического миномета.
4. Методика оценки параметрической надежности по результатам натурных и стендовых испытаний.
5. Математическая модель функционирования автоматики миномета, учитывающая влияние основных факторов, определяющих стабильность функционирования и отвечающих задачам исследования работоспособности механизмов автоматики.
6. Обоснование способа и возможности оценки параметрической надежности автоматики миномета с использованием имитационного порохового стенда.

При решении поставленных задач был использован, как отмечено выше, имеющийся на сегодня опыт разработки и применения прикладных методов теории оценки и обеспечения надежности в области ракетной техники, авиации, приборостроения, станкостроения, и строительной механики.

Безусловно, в наибольшей степени использованы теоретические и практические результаты в области оценки и обеспечения надежности артиллерийской техники [12,17,18,19,40].

Эти работы, используя в основе решения богатейший в артиллерийской науке опыт проведения баллистических,

кинематических, динамических, прочностных и точностных расчетов орудий, изложенный в трудах многих ученых, показывает возможность и целесообразность решения поставленной в настоящей диссертации задачи оценки и обеспечения параметрической надежности

автоматических минометов с выкатом свободного затвора.

Учитывая, что создание орудия с заданными характеристиками налагает одновременно требования надежного их выполнения при заданных условиях эксплуатации, критерием оценки оптимальности проектируемого варианта миномета в пределах одной структурной схемы определен показатель надежности.

Выбранный критерий отвечает всем предъявляемым требованиям. Поскольку элементы (или подсистемы) миномета увязываются в систему путем параллельного и последовательного соединения, то функция работоспособности всей системы задается через функцию работоспособности элементов, используя известные соотношения теории надежности сложных систем, например [11,14,19]. При этом, повышение критерия на низших уровнях принятия решения влечет за собой повышение критерия для высших уровней, включая первый. Возможно решение и обратной задачи: задание требований по надежности для всей системы определяет требования по надежности для ее элементов.

Достоверность обусловлена применением известных и традиционных в теории и практике надежности допущений, корректностью использования математического аппарата, а также сравнением результатов расчета с экспериментом.

Методы исследования использовались как теоретические, так и экспериментальные на основе известных достижений в теории надежности, математической статистике и теории вероятностей, теории проектирования МО (минометного оружия) и планирования эксперимента.

Практическая значимость работы заключается в универсальности предложенных методик, позволяющих решать задачи параметрического синтеза, оценки и анализа надежности широкого класса технических систем.

Разработанная математическая модель функционирования механизма автоматики и механизма обтюрации продольно-скользящего затвора позволяет в значительной мере обогатить практический опыт проектирования и отработки поршневых затворов автоматического МО.

Рассматриваемая конструкция стендовой установки и методика исследования надежности автоматического миномета с ее использованием может позволить в значительной степени снизить временные и материальные затраты на отработку механизмов автоматики миномета с продольно-скользящим затвором.

Внедрение. Результаты работы использованы в учебном процессе кафедры артиллерийского и стрелкового оружия БГТУ при подготовке специалистов в области надежности механических систем и машин. Материалы диссертационной работы могут быть использованы в процессе проектирования и экспериментальной отработки автоматического миномета с выкатом свободного затвора и механизмов автоматики многих других импульсных тепловых машин.

Апробация работы. Основные положения и результаты работы доложены и обсуждены на международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию И.И. Иванова, и семинарах в БГТУ в 1999 году [15,16,24] и в КНР в 1998 году по проблеме надежности и производству оборудования [104].

Публикации. По материалам диссертации опубликованы 3 печатных работы и одно учебное пособие.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы из 105 наименований и общим объемов 147 листов.

В первой главе диссертации с позиций современной теории надежности и теории сложных систем проведен анализ автоматического миномета и механизма автоматики его, как объекта надежности, предложены система показателей надежности и структурно­функциональная модель надежности автоматических минометов с выкатом свободного затвора. Миномет рассматривается как сложная система многоразового применения, обслуживаемая и восстанавливаемая.

Предложена системно-логическая модель обеспечения надежности минометного оружия при его проектировании и отработке.

Во второй главе рассматриваются теоретические и методологические основы оценки параметрической надежности при проектировании автоматического миномета и предложены методики оценки параметрической надежности автоматических минометов с выкатом свободного затвора на стадии проектирования и по результатам испытаний. Для решения задачи параметрического синтеза с учетом требований надежности предложена общая схема построения модели функционирования автоматического миномета.

Третья глава посвящена вопросу проектной оценки и анализу параметрической надежности автоматики исследуемого миномета с выкатом свободного затвора. Обоснована и разработана математическая модель движения откатных частей и проведен статистический анализ выходных параметров в соответствии с выбранной системой условий работоспособности.

На основе анализа параметрической надежности предложены конкретные решения для автоматики миномета, направленные на повышение его надежности: повышение безотказности автошептала и узла обтюрации.

В четвертой главе проведено исследование возможности оценки параметрической надежности автоматики минометов с выкатом свободного затвора на основе использования порохового стенда, позволяющего сократить материальные и временные затраты на отработку и испытание. На основе используемого стенда составлена математическая модель, описывающая его функционирование.

В заключении дан обобщенный анализ полученных в диссертации результатов и рекомендации по практическому использованию их при обеспечении надежности автоматических минометов в процессе проектирования и отработки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной научно исследовательской работы решена важная и актуальная инженерная задача оценки и обеспечения параметрической надежности автоматики миномета с выкатом свободного затвора.

На основе всестороннего анализа автоматического миномета как объекта надежности и проектирования, анализа экспериментальной информации, имеющейся при отработки опытного, головного и серийных образцов автоматических минометов разработаны, методики, оценки, контроля параметрической надежности минометного автоматического оружия, позволяющие эффективно и в более сжатые сроки принимать рациональные проектно конструкторские решения с учетом требований надежности. Разработана математическая модель функционирования автоматики миномета, учитывающая влияние основных факторов, определяющих стабильность функционирования и отвечающая задачам исследования работоспособности механизмов автоматики. Значительно расширено математическое обеспечение для оценки и анализа параметрической надежности и исследуемого автоматики миномета. Разработана математическая модель описывающая процессы взаимодействия деталей и узлов автоматики миномета в процессе выстрела, решена задача выкат-откат в статистической постановке, что позволило выявить наиболее слабые и ответственные с позиций надежности элементы и предложить эффективные доработки конструкции автомата.

Важным результатом работы является подтверждение использования порохового стенда имитирующего реальные нагрузки от выстрела на механизмы автоматики и противооткатные устройства миномета.

Использование стенда позволяет получить существенную экономию материальных и временных затрат. Предложенная методика проектирования стенда может являться основой для разработки газодинамических имитационных установок и допускает при соответствующей доработке распространение ее в смежных областях техники и народного хозяйства.