

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт Машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра «Управление промышленной и экологической безопасностью»

(наименование кафедры)

20.04.01 Техносферная безопасность

(код и наименование направления подготовки)

Системы управления производственной, промышленной и экологической
безопасностью

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Методология оценки надежности технических систем в машиностроительном
комплексе (на примере АО "АВТОВАЗ")

Студент	<u>И.В. Резникова</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>Л.Н. Горина</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)
Консультант	<u>В.Г. Виткалов</u>	_____
	(И.О. Фамилия)	(личная подпись)

Руководитель программы д.п.н., профессор Л.Н.Горина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« ___ » 20 ___ г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой д.п.н., профессор Л.Н.Горина _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)

« ___ » 20 ___ г.

Тольятти 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1. Анализ состояния оценки надежности в АО «АВТОВАЗ»	10
1.1 Нормативно – правовое обеспечение оценки надежности в промышленности.....	10
1.2 Методы оценки надежности в ПАО «АВТОВАЗ»	24
2. Исследование и внедрение методов оценки надежности в АО «АВТОВАЗ»	33
2.1. Критерии оценки методов оценивания надежности технических систем в АО «АВТОВАЗ».....	33
2.2 Методы реализации методов оценки надежности технических систем	34
3. Опытно-экспериментальная апробация методологии оценки надежности технических систем в АО «АВТОВАЗ»	59
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	67
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	68

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

СУН – система управления надежностью

ВВЕДЕНИЕ

Согласно ГОСТ Р27.001-2009 «Система управления надежностью. Основные положения», «управление надежностью – совокупность координируемых действий, являющихся частью общего управления предприятием, осуществляемых в целях выполнения требований к надежности изделий»[1].

«4.1 СУН разрабатывают и реализуют на предприятии. Основной целью СУН является своевременное и эффективное решение проблем, связанных с надежностью изделий.

4.2 СУН должна обеспечивать решение следующих задач:

- обоснование необходимого уровня надежности изделий с учетом требований рынка и приемлемого для предприятия;
- достижение необходимого уровня надежности изделий;
- подтверждение достигнутой надежности изделий;
- обеспечение надежности изделий;
- улучшение надежности изделий» [1].

«4.3 СУН является частью общей системы управления предприятием и частью его системы качества. В зависимости от масштаба и характера деятельности предприятия функции СУН реализуют в виде самостоятельной организационной структуры (подразделения надежности), подчиненной непосредственно руководству предприятия, либо в рамках соответствующего подразделения службы качества предприятия, либо в виде должностных обязанностей отдельных лиц» [1].

«4.4 Создание, функционирование и совершенствование СУН должны базироваться на следующих принципах:

- приоритетность требований рынка;
- комплексный характер решений с учетом факторов качества, безопасности, охраны окружающей среды, ресурсосбережения и пр.;
- распределение ответственности;

- своевременное выявление и предупреждение возникающих проблем;
- управление изменениями;
- обеспечение необходимыми ресурсами;
- единое понимание задач персоналом;
- стимулирование персонала;
- контроль исполнения;
- документальное оформление результатов работ всех видов» [1].

«4.5 В общем случае СУН включает в себя:

- постоянные элементы, определяющие общую готовность предприятия к обеспечению надежности, используемые при управлении надежностью любых изделий (объектов СУН);
- элементы СУН конкретных изделий» [1].

«4.6 Постоянными элементами СУН являются следующие:

- организационная структура (например, подразделение надежности предприятия) и распределение ответственности;
- персонал;
- материально-технические ресурсы;
- нормативная документация и методическое обеспечение;
- техническое обслуживание и ремонт;
- информационное обеспечение;
- программное обеспечение;
- документация и отчетность;
- подготовка специалистов и повышение их квалификации;
- требования и ограничения ко всем факторам, определяющим возможности СУН» [1].

«Постоянные элементы СУН включают в "Руководство по качеству" в виде самостоятельного раздела или оформляют в виде отдельных документов - "Руководство по СУН" и/или "Положение о подразделении надежности предприятия".

4.7 Элементы СУН конкретных изделий устанавливаются в ПОН на соответствующих стадиях их жизненного цикла (ПОН - на стадии разработки, ПОН - на стадии производства, ПОН - на стадии эксплуатации)» [1].

«4.8 СУН постоянно (периодически) совершенствуют с целью адаптации к уточненным требованиям, новым научным и техническим решениям, изменяющимся условиям деятельности, рынка и др.»[1].

Система управления надежностью включает в себя анализ надежности технических систем и разработку мероприятий по повышению надежности. Существующие в настоящее время подходы к процессу выбора метода анализа надежности технических систем довольно обширны, но не обеспечивают единого подхода к данному вопросу. ГОСТ Р 51901.5-2005 «Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности»[2] предлагает общую процедуру анализа надежности.

Предложенные в стандарте критерии выбора метода анализа надежности технических систем не рассматриваются на каждом из этапов жизненного цикла продукции. Риск-ориентированный подход должен предполагать проведение анализа надежности на каждом из этапов жизненного цикла продукции.

Целью данной магистерской диссертации является создание алгоритма выбора метода анализа надежности технических систем с использованием критериев оценки.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Провести анализ процесса управления надежностью технических систем
2. Изучить методики анализа надежности технических систем
3. Исследовать критерии выбора методики анализа надежности технических систем

4.Разработать критерии выбора методики анализа надежности технических систем

5.Предложить алгоритм выбора метода анализа надежности технических систем на основе предложенных критериев

Объектом исследования являются методики анализа надежности и особенности их применения. Предметом исследования являются критерии выбора метода исследования надежности.

В диссертационном исследовании использованы нормативно-правовые документы, научные публикации и законодательные документы.

Научная новизна исследования заключается в разработке и внедрении критериев выбора метода анализа надежности технических систем.

Проведен анализ методики выбора методологии анализа надежности технических систем. ГОСТ Р 51901.5-2005 «Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности»[2]содержит описание методик анализа надежности технических систем и критерии выбора этих методик.

Теоретическая и практическая значимость заключается в определении критериев сравнения методов анализа надежности технических систем.

В настоящее время все более широкое распространение получает так называемый риск-ориентированный подход. Данный подход предполагает идентификацию рисков, их оценку и анализ, а также проведение мероприятий по устранению или уменьшению выявленных рисков.

В рамках данного подхода сделана попытка определения критериев, по которым следует проводить выбор методологии проведения анализа надежности технических систем.

К ним относятся: возможность детального описания риск-ситуаций, возможность идентификации источника риска, возможность идентификации последствий нежелательных ситуаций и возможность получения количественных выходных данных.

Количественные выходные данные являются, очевидно, наиболее предпочтительными, поскольку именно количественные данные позволяют провести наиболее точную оценку и сделать наиболее точные выводы.

Кроме того, риск-ориентированный подход предполагает детальное изучение особенностей функционирования технических систем на каждой стадии жизненного цикла.

Как правило, под термином «жизненный цикл» принято понимать период времени между разработкой концепции продукта и утилизацией. Первым этапом жизненного цикла является разработка общей концепции проектируемой технической системы. На первом этапе принято установить технические требования к технической системе. Затем следуют такие этапы, как разработка, изготовление, поставка, монтаж и наладка. Далее следуют этапы эксплуатации, технического обслуживания и ремонтов, а также этап утилизации.

Проведен сравнительный анализ нескольких наиболее распространенных методик анализа надежности технических систем по указанным выше критериям на различных этапах жизненного цикла продукции.

Применение предложенных критериев при выборе метода анализа надежности технических систем позволит сократить время анализа и повысит достоверность полученных выводов.

В результате проведения научно-исследовательской работы внедрены критерии выбора методик анализа надежности технических систем. Проведен критический анализ критериев выбора методик анализа надежности технических систем на каждом из этапов жизненного цикла продукции и разработаны рекомендации по выбору таких методик. Предложен алгоритм выбора методики анализа надежности технических систем.

Основные положения и результаты исследования были обсуждены и получили одобрение на научно-техническом совете кафедры «Управление промышленной и экологической безопасностью».

Магистерская диссертация состоит из введения, трех глав, заключения и списка использованных источников.

Основная часть исследования изложена на 94 страницах, текст иллюстрирован 4 таблицами и 3 рисунками.

1. Анализ состояния оценки надежности в АО «АВТОВАЗ»

1.1 Нормативно – правовое обеспечение оценки надежности в промышленности

Машиностроение - одна из базовых и наиболее перспективных отраслей в экономике страны, обеспечивающая жизненные потребности, развитие производительных сил, научно-технический прогресс, создание конкуренции на мировом рынке. В результате перехода к новым условиям хозяйствования, оказавшего значительное негативное влияние на развитие промышленности в целом, по общему объему машиностроительные предприятия России тем не менее входят в число лидеров, имея 6% доли общего мирового рынка. Государственная программа РФ «Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» от 15.04.2014 г определяет среди основных направлений – развитие машиностроительной отрасли, применение новых технологий, оборудования, создание конкуренции продукции и технологий на мировом рынке.

Безопасность производства для человека и окружающей среды при выполнении поставленных задач является важной составляющей экономической стабильности и безопасности как предприятия машиностроительного комплекса в частности, так и региона и отрасли в целом. Создание гармоничного сочетания человек-машина-биосфера при отсутствии взаимного вреда, обеспечивает длительное, стабильное и продуктивное сосуществование с максимальным эффектом. Особое внимание в машиностроении уделяется управлению охраной труда и здоровья, производственной средой, охраной окружающей среды, задача которых заключаются в обеспечении оптимальных условий труда работающих, предотвращении их травмирования, профессиональных заболеваний, а также аварий и инцидентов. Также одна из задач управления охраной труда и окружающей среды — не допускать

вредного воздействия веществ и процессов, применяемых, образующихся и протекающих в производстве на население, проживающее вблизи предприятия машиностроительного комплекса и экосистемы региона.

Охрана труда в машиностроении включает такие важные аспекты, как поведение на объекте, при рабочем процессе, обращение с веществами, отходами или же техническим оборудованием, создание благоприятной производственной среды. Немаловажно для выполнения поставленных задач участие всех вовлеченных в процесс работников, а также заинтересованность первых руководителей.

Организации всех типов и размеров сталкиваются как с внутренними, так и с внешними факторами и последствиями, которые вызывают неопределенность. Эта неопределенность относится прежде всего к тому, смогут ли они достичь поставленных целей или нет. Принято называть такое явление риском.

Любая деятельность любой организации как правило включает риск. Управляют своим риском по-своему. Это относится и к определению риска, и к его анализу и к оценке. Разные организации деятельности организации включают риск. Организация должна установить, допустим ли для неё такой уровень риска.

Организация постоянно проводит обмен информацией с теми, кого принято называть заинтересованными сторонами. Организация наблюдает и проводит анализ своих действий по процессу управления рисками. Организация изменяет свой риск для того, чтобы привести его в соответствие требованиям.

Поскольку любая организация в той или иной мере занимается управлением рисками, то возникла необходимость стандартизировать принципы, которые должны будут соблюдаться, для обеспечения необходимого уровня управления риском в компании.

Данный стандарт рекомендует организациям то, как необходимо разработать, внедрить и совершенствовать не только инфраструктуру, но и

общую стратегию и планирование. А также все процессы отчетности и политики, а также все ценности и культуру.

Управление рисками может применяться и ко всей организации, и к конкретным мероприятиям, и к конкретным проектам. Этот процесс может и должен проводиться в любое время и в любой области деятельности компании.

Из-за этого во многих отраслях в термине «управление рисками» использовалось другое слово. Вот почему часто в научно-технической литературе есть фраза «управление рисками».

Однако, несмотря на непрерывное развитие методов управления производством, внедрение постоянных процессов в рамках общей инфраструктуры для удовлетворения различных потребностей может способствовать эффективному управлению рисками во всей организации.

«Общий подход, описанный в этом стандарте, устанавливает как общие принципы, так и руководящие принципы, в частности, для управления рисками всех форм. Это происходит на систематической, прозрачной и постоянной основе в любой области и в любом контенте.»[34]

«Любая отрасль или область управления рисками имеет свои индивидуальные потребности. А также потребителей, предприятий и критериев. Благодаря этому самой главной особенностью данного стандарта является включение «определения ситуации (контекста)» именно как деятельности, которая проводится в начале общего процесса управления рисками.»[34]

«При определении ситуации (контекста), необходимо учитывать и цели организации, и среду, в которой эти цели должны быть достигнуты. Более того, необходимо учитывать заинтересованные стороны, критерии риска. Все это способствует выяснению, какие именно риски имеются в организации, определить их характер, а также сложность этих рисков.»[34]

На рисунке 1 показан взаимосвязь между всеми принципами управления рисками, инфраструктурными процессами, а также управлением рисками, которое описано в этом стандарте.

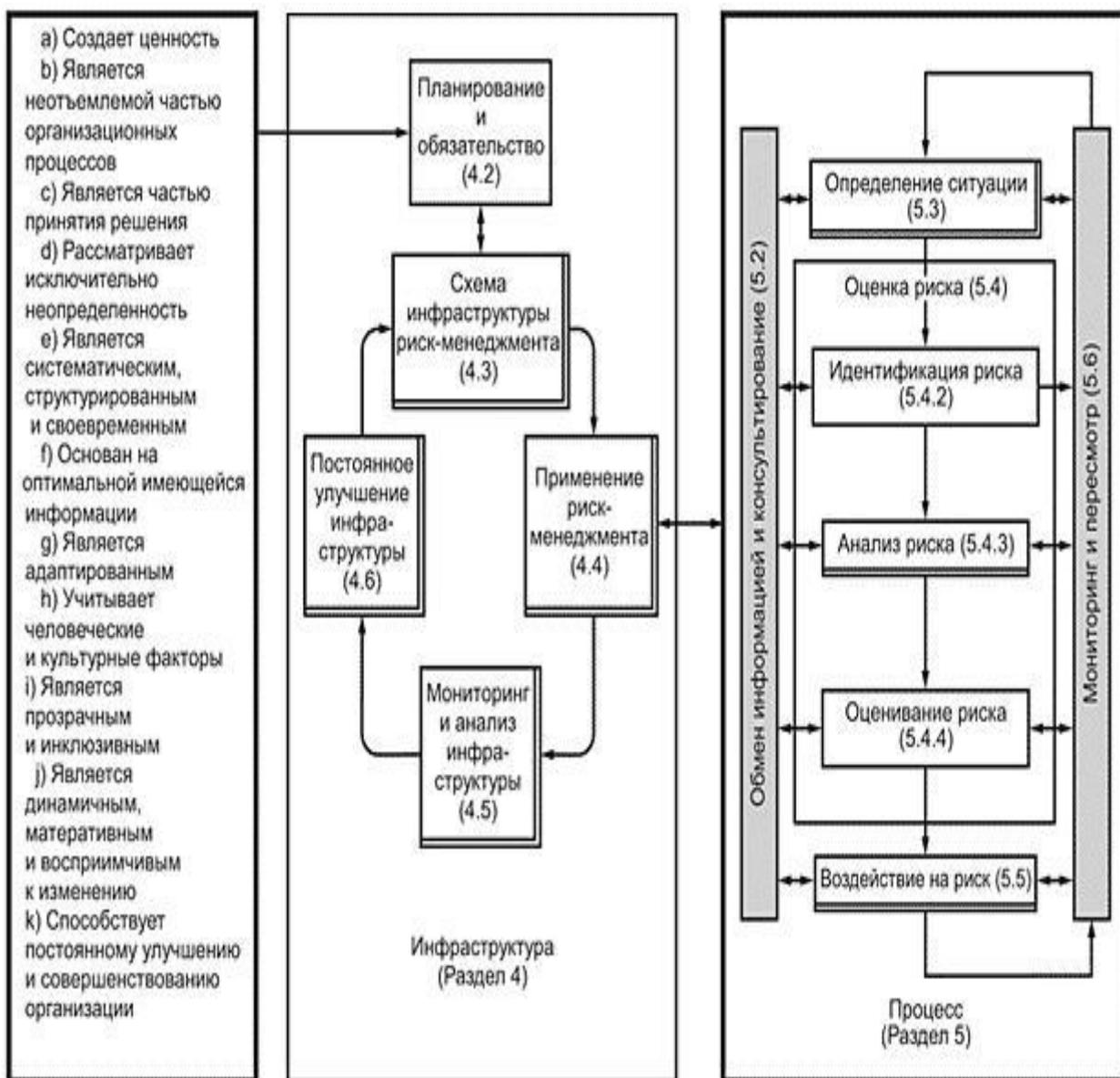


Рисунок 1 - Взаимосвязи между принципами, инфраструктурой и процессом менеджмента риска

«При применении и поддержании в соответствии с настоящим стандартом риск-менеджмент дает возможность организации:

- повышать возможность достижения целей;
- поддерживать активный менеджмент;

- осознавать необходимость идентификации и воздействия на риски по всей организации;
- улучшать идентификацию возможностей и угроз;
- отвечать соответствующим законодательным и другим обязательным требованиям и международным нормам;
- улучшать обязательную и управленческую отчетность;
- улучшать управление;
- укреплять доверие заинтересованных сторон;
- создавать надежный базис для принятия решений и планирования;
- совершенствовать управление;
- эффективно распределять и использовать ресурсы для воздействия на риск;
- повышать функциональную эффективность и результативность;
- повышать уровень обеспечения безопасности, здоровья, а также защиты окружающей среды;
- совершенствовать предотвращение потерь и менеджмент инцидентов;
- сводить к минимуму потери;
- улучшать обучение в организации;
- повышать устойчивость организации» [3].

«Настоящий стандарт предназначен для удовлетворения потребностей широкого круга заинтересованных сторон, включая:

- a) лиц, ответственных за разработку политики управления рисками внутри организации;
- b) лиц, ответственных за обеспечение эффективности управления рисками в рамках организации в целом или в рамках конкретной области, проекта или деятельности;
- c) лиц, которым необходимо оценивать эффективность организации по управлению рисками;

d) разработчиков стандартов, руководств, процедур и добросовестных практик, которые в целом или частично устанавливают как осуществлять риск-менеджмент в рамках конкретных ситуаций в этих документах» [3].

Применение государственных и межгосударственных стандартов способствует защите работника от вредных и опасных факторов, предотвращению связанных с работой случаев травматизма, ухудшений здоровья, болезней, смертей, а также инцидентов и аварий.

«Современные практики и процессы управления многих организаций включают компоненты риск-менеджмента, а многие организации уже используют формальный процесс риск-менеджмента для конкретных типов риска или обстоятельств. В этих случаях организация может принять решение о проведении критического обзора используемых ею практик и процессов в свете настоящего стандарта.»[3].

ГОСТ Р 27.003-2011 «Надежность в технике. Управление надежностью. Руководство к заданию технических требований к надежности» дает описание требований к надежности и показатели надежности. Данный документ является одним из основных документов системы управления надежностью на предприятии.

«Таким образом, существует устойчивое равновесие между системами с низким уровнем безотказности, ремонт которых стоит дорого, и системами с высоким уровнем безотказности, которые могут быть дорогими с точки зрения разработки и производства. На рисунке 2 показаны затраты на разработку и эксплуатацию систем с различным уровнем безотказности»[4].

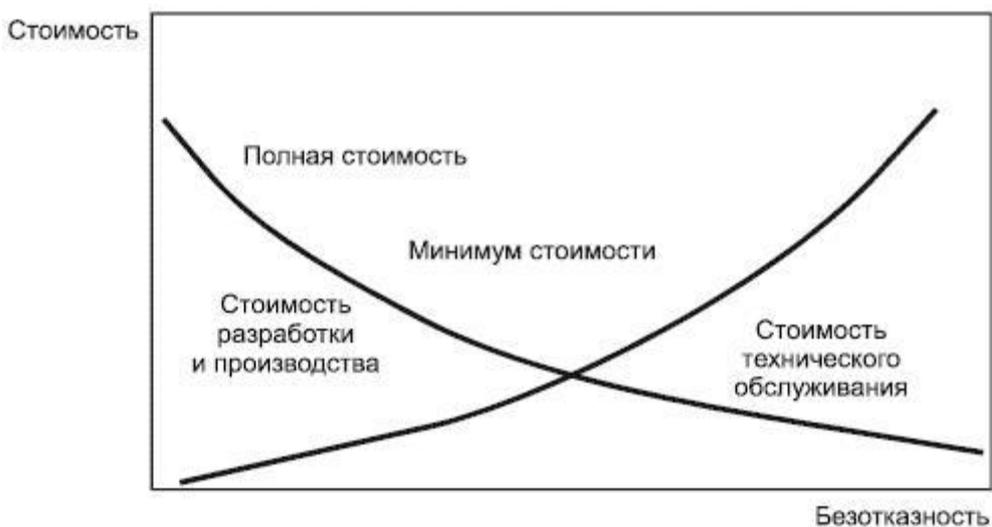


Рисунок 2 - Зависимость стоимости от безотказности

Рисунок 2 показывает, что существует уровень неуспеха, для которого затраты на протяжении всего жизненного цикла системы имеют тенденцию к нулю.

На оптимальную работу системы могут влиять и другие факторы.

В ГОСТ Р 27.003-2011 «Надежность в технике. Управление надежностью. Руководство к заданию технических требований к надежности» рассматриваются такие показатели надежности, как показатель готовности, показатель безотказности, показатели ремонтпригодности и поддержка технического обслуживания.

К ним относятся коэффициент готовности, вероятность безотказной работы, среднее время простоя, среднее время до восстановления. К этому перечню следует отнести также и такой показатель, как среднее время до восстановления.

Следует отметить, что при выборе индикаторов надежности для спецификаций необходимо учитывать взаимосвязь этих индикаторов с типом и назначением системы, а также важность необходимых функций.

Для тех систем, чье неэффективное состояние может привести к экономическим потерям, обычно устанавливаются так называемые требования обеспечения доступности.

Это правило также применяется к тем системам, чье нерабочее состояние часто может привести к увеличению расходов на эксплуатацию, к рискам жизни и здоровью персонала, а также к невозможности выполнить ту или иную задачу или оказать услугу.

Такое правило часто применяется к самым крупным системам, например, к промышленным предприятиям.

Если затраты на любой вид обслуживания внесут весьма существенный вклад в расчеты на протяжении всего жизненного цикла продукции, то такие системы должны вообще соответствовать требованиям ремонтпригодности.

Если техническое обслуживание имеет очень значительное влияние для потребителя, то такие системы определяют и требования к долговечности продукта. Кроме того, часто могут быть определены и требования к профилактическому и корректирующему обслуживанию.

На надежность технических систем влияют условия, в которых система была спроектирована, разработана, установлена и введена в эксплуатацию. Часто надежность связана с такими показателями, как качество и развитие. А также с производственными процессами.

Характеристики надежности должны быть частью всех технических характеристик системы. Кроме того, необходимо учитывать взаимодействие между индикаторами и условиями.

Необходимо установить различия между требованиями спецификации и целями. Обычно подходы к их принятию различны.

Для некоторых систем предоставление формальных доказательств достижения высокого уровня доступности не является обязательным требованием. Это же требование относится к уровню безотказной работы. Задача потребителя - установить целевые уровни доступности и надежности, те, для которых данные не могут быть предоставлены. Кроме того, ГОСТ Р 27.003-2011 «Надежность в технологиях. Надежность управления. Руководство по настройке технических требований к надежности» указывает,

что другой задачей потребителя является установление менее строгих требований к надежности, для которых могут быть предоставлены данные.

В настоящее время принято положение, согласно которому в систему входят люди, которые обслуживают и эксплуатируют систему. Также принято, чтобы в систему входили люди, поддерживающие и эксплуатирующие системы. Кроме всего перечисленного, система также включает также и среду, в которой система работает и работает долгое время.



Рисунок 3 - Элементы системы

Нужно понимать, что изменение каждого, даже самого малого элемента системы может в значительной степени повлиять на надежность всей системы в целом.

Каждая сложная система может состоять из множества систем и множества подсистем. Это предполагает рассмотрение взаимодействий людей, работающих с каждой из подсистем. Также необходимо учитывать действия людей. Учитывается также и работа с подсистемами, а также их действия и способность людей и подсистемы выполнять операционные нагрузки самых разных уровней.

Упомянутый ГОСТ требует, чтобы именно потребитель выбирал и устанавливал требования к надежности системы. Они могут быть определены как на самом высоком уровне, так и на более низком.

Необходимо помнить, что требования к надежности более низкого уровня, во-первых, не противоречили требованиям более высокого уровня, во-вторых, быть измеримыми и, в-третьих, быть достижимыми. Выполнение этих условий является залогом того, что эти цели будут требованиями, а не целью.

Требования к внедрению надежности и средства, позволяющие продемонстрировать достижение требований заказчика. Таким образом, производитель должен предоставить потребителю подтверждение соответствия системы требованиям заказчика.

Далее осуществляется планирование, разработка и применение СУОТ, либо этапов её совершенствования. Качественные мероприятия по планированию охраны труда основываются на результатах как исходного анализа, так и последующих анализов и других имеющихся данных. Мероприятия по планированию охраны труда на предприятии включают проработку, улучшение и функционирование всех элементов системы управления охраной труда. Неотъемлемой частью создания СУОТ является анализ, предотвращение (или предугадывание) возможных опасностей. Устанавливаются процедуры и мероприятия по предупреждению и регулированию опасностей и рисков, соответствующие опасностям и рискам, наблюдающимся в организации.

И эти доказательства должны быть достаточными. Иногда появляется необходимость предоставления дополнительных доказательств соответствия системы требованиям потребителя. Однако следует помнить, что предоставление дополнительных доказательств требует дополнительных затрат.

Продемонстрировать достижение требований клиентов можно посредством проверки и проверки, которые определены в ГОСТ Р ИСО 9000 и используются для систем и программного обеспечения. Проверка - это процесс предоставления доказательств соответствия системы, и это делается на любом этапе жизненного цикла.

В рамках проверки необходимо предоставить доказательства того, что система соответствует требованиям предыдущих этапов жизненного цикла.

Поговорим о валидации. Под валидацией понимают обычно предоставление доказательств того, что требования, которые предъявляются какому-либо продукту удовлетворяются. То же относится и к какой-либо услуге или даже системе.

Пользователь устанавливает уровни рассмотрения. Важно помнить, что предоставление доказательств требует затрат, в некоторых случаях очень серьезных. Потребитель поэтому должен иметь расширенное представление о рисках, в том числе приемлемых. Это требование относится в полной мере и как к тестированию, так и к валидации.

Как правило, и валидация, и тестирование обязательно должны планироваться. Кроме того, и тестирование, и валидация должны обязательно повторяться с установленной периодичностью.

Существует несколько способов уменьшить проектные риски покупателя и поставщика, одним из которых является постепенная реализация проверки и проверки. На практике постепенное внедрение означает, что мероприятия планируются на протяжении всего жизненного цикла продукта.

Кто определяет способы проведения и верификации, и валидации? Если потребитель настоятельно требует от производителя провести указанные процессы, то способы их проведения определяет производитель. Чем пользуется в этом случае производитель? Как правило, он обычно руководствуется опытом аналитика.

Давайте перечислим, что включает проверки.

Во-первых, это, как правило, анализ: соблюдение стандартов, правил и принципов. Сюда же относятся и экспертный обзор сертификации и расчеты.

Второе., Это тесты и демонстрация работы нескольких подобных систем. Это также испытания надежности и те испытания, которые проводятся во время разработки.

Для лучшего результата потребителям как правило, необходимо и проведение анализа, и тестирование для подтверждения доказательства соответствия всем тем требованиям, которые предъявил потребитель.

Не следует забывать и про окружающую среду, и про то, в каких условиях будет использоваться система.

Следует помнить, что большая неопределенность в оценке надежности часто приводит к ситуации, когда тесты очень длинные, а система имеет незначительное количество отказов.

В тех случаях, когда условия проводимых испытаний в достаточной степени приближены к тем режимам, в которых система будет эксплуатироваться в будущем, по результатам испытаний, скорее всего, будут очень хорошими и дадут очень хорошую оценку надежности системы в целом.

Если будут применены методы, называемые ускоренными, то при этом уменьшится время проведения тестирования. Однако увеличится размер выборки. В случае, если используется ускоренное тестирование время тестирования сокращается.

Если система демонстрирует значительное число выходов из строя, называемых сбоями, то уменьшается так называемая статистическая неопределенность. Одновременно с этим выше становится техническая неопределенность.

Данное явление можно объяснить тем, что во время проведения ускоренного теста существенно увеличивается вероятность различного рода сбоев, которые могут быть не связаны с эксплуатацией и её условиями.

Чаще всего спецификация является отдельной частью договора потребителя и поставщика.

В свете этого необходимо достичь ситуации написания спецификации в форме, удобной для заключения контрактов.

Во время внесения в договор положений о надежности нужно большое внимание уделять действиям, направленным именно на это. Кроме того, положения спецификации должны быть реализованы.

Нужно помнить, что выбирать действия верификации и действия валидации следует, опираясь на установленный уровень проектного риска.

Это особенно важно при составлении договора или контракта. Формальное тестирование безотказности или готовности может оказаться необходимым, если потребитель не желает рисковать неготовностью системы.

Следует перечислить преимущества такого подхода:

- 1) поставщиков могут стимулировать штрафы за плохую работу;
- 2) в начале эксплуатации выявить несоответствия требованиям надежности позволяет демонстрационное испытание, являющееся дорогостоящим и весьма трудоемким;
- 3) в тех случаях, когда предполагается обеспечиваемое поставщиком техническое обслуживание, требуется более длительный контракт.

Приведем примеры видов элементов, которые должны включаться в спецификацию при заключении договоров:

1. Текущие критерии, по которым можно оценивать такие показатели, как доступность, надежность и ремонтпригодность;
2. Четко определенные обязанности и ответственность потребителей, поставщиков и третьих лиц;
3. рассматриваемая система и функции системы.
4. разнообразные экологические и эксплуатационные условия, в которых используется система;
5. описание отказа или его критериев;

б. описание особенностей установки и использования системы.

Далее следуют описание требований к квалификации персонала и его обязанностям. В особенной степени это относится к тем сотрудникам, которые отвечают за эксплуатацию оборудования и его техническое обслуживание.

Кроме того, нужно сформулировать политику, касающуюся процессов поддержки технического обслуживания различного оборудования.

Также нужно определить перечень методов, которые предполагается применять при проведении проверки и те источники данных, которые используются при проведении методов аналитики.

Большое внимание уделяется взаимному сотрудничеству поставщиков и потребителей. Такого рода сотрудничество должно быть осуществлено буквально на всех этапах жизненного цикла.

Перечислим основные способы составления спецификаций.–

1. написанные поставщиком спецификации. Указанные далее способы используются главным образом для тех систем, которые должны иметь заранее определенные надежность характеристики.

2. написано по спецификациям покупателя. Данный способ составления спецификаций чаще всего используется для тех систем, которые должны иметь строго заданные характеристики надежности.

Третий вид спецификаций – это спецификации, составленные поставщиком и потребителем совместно, а также совместно согласованные. Чаще всего такие спецификации применяются для систем, которые выполняются по заказам или тех, которые выполняются в действующем проекте. В таких спецификациях должны быть четко определены все количественные требования.

Требуемый уровень надежности принято указывать в случае, если необходимо проводить испытания для подтверждения соответствия количественных требований. То же требование и для подтверждения уровня тестирования, называемого фактическим.

5 Управление надежностью

«Этот стандарт относится к спецификациям надежности в виде спецификаций одного или нескольких свойств: доступности, надежности, ремонтпригодности и поддержки. Эти значения являются внутренними характеристиками системы, а также валидацией и валидацией. Однако другие факторы могут значительно снизить уровни этих значений. Потенциально наиболее важным является качество изготовления и обслуживания системы, что может привести к дополнительным сбоям в работе системы. Поэтому важно активно управлять надежностью на всех этапах жизненного цикла системы, включая процесс приобретения и период использования. Необходимые управленческие действия будут разными на каждом этапе. Если надежность не контролируется должным образом во время покупки или во время использования, вероятность того, что требования к свойствам переключения после отказа не будут достигнуты.»[33]

1.2 Методы оценки надежности в ПАО «АВТОВАЗ»

Оценка надежности технических систем проводится на предприятии на основании ГОСТ Р 51901.5-2005 «Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности». Указанный стандарт рассматривает различные методы анализа надежности технических систем, учитывая такие особенности, как сложность системы

«Методы, представленные в настоящем стандарте, относятся к двум основным группам:

- основные методы анализа надежности;
- общие технические методы, которые могут быть использованы как вспомогательные при проведении анализа надежности, а также при проектировании надежности» [2].

«Методы анализа надежности, используемые для решения общих задач анализа надежности, приведены в таблице 1, детальные характеристики методов приведены в таблице 2. Краткая характеристика методов приведена в приложении А» [2].

«Таблица 1 - Использование методов для решения общих задач анализа надежности»

«Метод»	«Распределение требований/целей надежности»	«Качественный анализ»	«Количественный анализ»	«Рекомендации»	«Пункт приложения А»
«Прогнозирование интенсивности отказов»	«Применим для последовательных систем без резервирования»	«Возможно применение для анализа стратегии технического обслуживания»	«Вычисление интенсивностей отказов и МТТФ* для электронных компонентов и оборудования»	«Поддержка»	«А.1.1»
«Анализ дерева неисправностей»	«Применим, если поведение системы зависит от времени или последовательности событий»	«Анализ комбинации неисправностей»	«Вычисление показателей безотказности работоспособности и относительного вклада подсистем в системы»	«Применим»	«А.1.2»

Продолжение Таблицы 1

«Анализ дерева событий»	«Возможен»	«Анализ последовательности отказов»	«Вычисление интенсивностей отказов системы»	«Применим»	«А.1.3»
«Анализ структурной схемы надежности»	«Применим для систем, у которых можно выделить независимые блоки»	«Анализ путей работоспособности»	«Вычисление показателей безотказности и комплексных показателей надежности системы»	«Применим»	«А.1.4»
«Марковский анализ»	«Применим»	«Анализ последовательности отказов»	«Вычисление показателей безотказности и комплексных показателей надежности системы»	«Применим»	«А.1.5»
«Анализ сети Петри»	«Применим»	«Анализ последовательности отказов»	«Подготовка описания системы для марковского анализа»	«Применим»	«А.1.6»

«Анализ режимов и последствий (критичности) отказов FME(C)A»	«Применим для систем, у которых преобладают единичные отказы»	«Анализ воздействия отказов»	«Вычисление интенсивностей отказов (и критичности) системы»	«Применим»	«А.1.7»
«Исследование HAZOP»	«Поддержка»	«Анализ причин и последствий отклонений»	«Не применим»	«Поддержка»	«А.1.8»
«Анализ человеческого фактора»	«Поддержка»	«Анализ воздействия действий эффективности и человека на работу системы»	«Вычисление вероятностей ошибок человека»	«Поддержка»	«А.1.9»
«Анализ прочности и напряжений»	«Не применим»	«Применим как средство для предотвращения неисправности»	«Вычисление показателей безотказности для электромеханических компонентов»	«Поддержка»	«А.1.10»

«Таблица истинности (анализ функциональной структуры)»	«Не применим»	«Возможен»	«Вычисление показателей безотказности и комплексных показателей надежности системы»	«Поддержка»	«А.1.11»
«Статистические методы надежности»	«Возможен»	«Анализ воздействия неисправностей»	«Определение количественных оценок показателей безотказности с неопределенностью»	«Поддержка»	«А.1.12»

«4.4 Анализ надежности

4.4.1 Категории методов

Все существующие в настоящее время методики анализа надежности могут быть разделены по следующим категориям:

а) Методики, предотвращающие неисправности. К ним относят, например, такие методики, как методики, направленные на выбор частей, а также на ограничение допустимых значений. Кроме того, к указанной

категории относят методики, направленные на проведение анализа прочности и напряжений.

«b) Методы анализа архитектуры системы и распределения надежности. Например:

1) Восходящий метод (главным образом направленный на исследования последствий единичных неисправностей):

- анализ дерева событий (ETA);
- анализ видов и последствий отказов (FMEA),
- исследование опасности и удобства использования (HAZOP)»[2].

«2) Нисходящие методы (исследующие последствия комбинаций неисправностей):

- анализ дерева неисправностей (FTA);
- марковский анализ;
- анализ сети Петри;
- таблица истинности (анализ функциональной структуры);
- анализ структурной схемы надежности (RBD)» [2].

«с) Методы для оценки характеристик основных событий, например:

- прогнозирование интенсивности отказов;
- анализ надежности человеческого фактора (HRA);
- статистические методы надежности;
- программное обеспечение для проектирования надежности (SRE).

Методы различают также и по типу событий (зависимых или независимых), с которыми они работают»[2].

«Результаты классификации перечисленных методов по этому признаку приведены на рисунке 4.

Последовательность зависимых событий	Анализ дерева событий	Марковский анализ, анализ сети Петри, таблица истинности
Последовательность независимых событий	FMEA, HAZOP	FTA, RBD
	Восходящий (одиночные отказы)	Нисходящий (многократные отказы)

Рисунок 4 - Схема классификации методов анализа надежности

Эти методы анализа применимы как для оценки характеристик качества, так и для оценок количественных характеристик при прогнозировании поведения системы в эксплуатации. Достоверность результата зависит от точности и правильности данных об основных событиях»[2].

«Однако ни один метод анализа надежности не может быть использован для всестороннего анализа реально существующих систем (аппаратных средств и программного обеспечения, систем со сложной функциональной структурой, систем с различными технологиями ремонта и технического обслуживания и т.д.). Для проведения анализа надежности сложных или многофункциональных систем, как правило, необходимо применять несколько дополнительных методов анализа» [2].

«На практике использование комбинаций нисходящего и восходящего анализов является весьма эффективным и позволяет обеспечить полноту анализа» [2].

«4.4.2 Восходящие методы

Начальным этапом любого восходящего метода является идентификация режимов отказов на соответствующем уровне. Для каждого режима отказа определяют его влияние на эффективность системы. Восходящий метод анализа надежности позволяет четко идентифицировать все режимы одиночных отказов, поскольку он опирается на списки частей системы или другие контрольные списки. На начальных этапах разработки

анализ может быть качественным и иметь дело с функциональными отказами. Затем может применяться количественный анализ» [2].

«4.4.3 Нисходящие методы

На начальном этапе нисходящего метода определяют одиночное неблагоприятное событие или событие, обеспечивающее функционирование (успех) системы на самом высоком уровне (вершина событий). Затем идентифицируют и анализируют причины этого события на всех уровнях.

Нисходящий метод начинают с самого высокого уровня, то есть с анализа надежности в целом системы или подсистемы и последовательно спускаются на более низкий уровень» [2].

«Затем анализ проводят на следующем более низком уровне системы, идентифицируют все отказы и соответствующие режимы последствий. Этот процесс продолжают до тех пор, пока не достигнут самого низкого уровня. Нисходящий метод используют для оценки многократных отказов, включая последовательные зависимые отказы, при наличии неисправностей общей причины, а также для сложных систем»[2].

«4.5 Анализ технического обслуживания и ремонта

Эффективность ремонтируемой системы в большой степени зависит от ремонтпригодности системы, а также от стратегии и методов технического обслуживания и ремонта. При необходимости продолжительного функционирования системы эффективным мероприятием по обеспечению работоспособности системы является оценка влияния на надежность системы мероприятий по ее техническому обслуживанию и ремонту. Надежность является эффективным показателем функционирования в тех случаях, когда требуется обеспечение непрерывного функционирования системы»[2].

«Ремонт системы в процессе эксплуатации без прерывания ее функционирования обычно возможен только для системы с избыточной структурой. В этом случае возможность восстановления или замены увеличивает показатели безотказности и работоспособности системы.

Обычно для оценки аспектов ремонта и технического обслуживания системы проводят специальный анализ.»[2]

2. Исследование и внедрение методов оценки надежности в АО «АВТОВАЗ»

2.1. Критерии оценки методов оценивания надежности технических систем в АО «АВТОВАЗ»

«5 Выбор метода анализа надежности

Выбор метода анализа для программы надежности является очень индивидуальным и осуществляется объединенными усилиями экспертов по надежности и эксплуатации системы. Выбор должен быть сделан на ранних этапах разработки программы и исследован на применимость» [2].

«При использовании следующих критериев выбор методов может быть упрощен:

a) сложность системы. Сложные системы, например, включающие резервирование или другие особенности, обычно требуют более глубокого уровня анализа, чем простые системы;

b) новизна системы. Вновь разрабатываемая система требует более тщательного анализа, чем разработанная ранее»[2];

«с) качественный или количественный анализ. Действительно ли количественный анализ необходим?

d) единичные или многократные неисправности. Существенно ли влияние комбинации неисправностей или ими можно пренебречь?»[2]

«е) поведение системы зависит от времени или последовательности событий. Имеет ли значение для анализа последовательность событий (например, система отказывает только в случае, если событию А предшествует событие В, но не наоборот) или поведение системы зависит от

времени (например, ухудшение режимов работы после отказа или выполнения функции)?

f) возможность использования метода для зависимых событий. Зависят ли характеристики отказа или восстановления отдельного элемента системы от состояния системы в целом?» [2]

«g) восходящий или нисходящий анализ. Обычно применение восходящих методов является более простым. Применение нисходящих методов требует осмысления и творческого подхода и имеет больше возможностей для ошибок;

h) распределение требований надежности. Может ли метод быть приспособлен к количественному распределению требований надежности?

i) квалификация исполнителя. Какой требуется уровень образования или опыта для правильного применения метода?» [2]

«j) применимость. Например, регулирующая сторона или заказчик обычно применяет метод?

к) необходимость инструментальной поддержки. Нуждается ли метод в компьютерной поддержке или он может быть выполнен вручную?

l) проверки правдоподобия. Можно ли проверить правдоподобие результатов вручную? Если нет, являются ли инструментальные средства доступными?»[2]

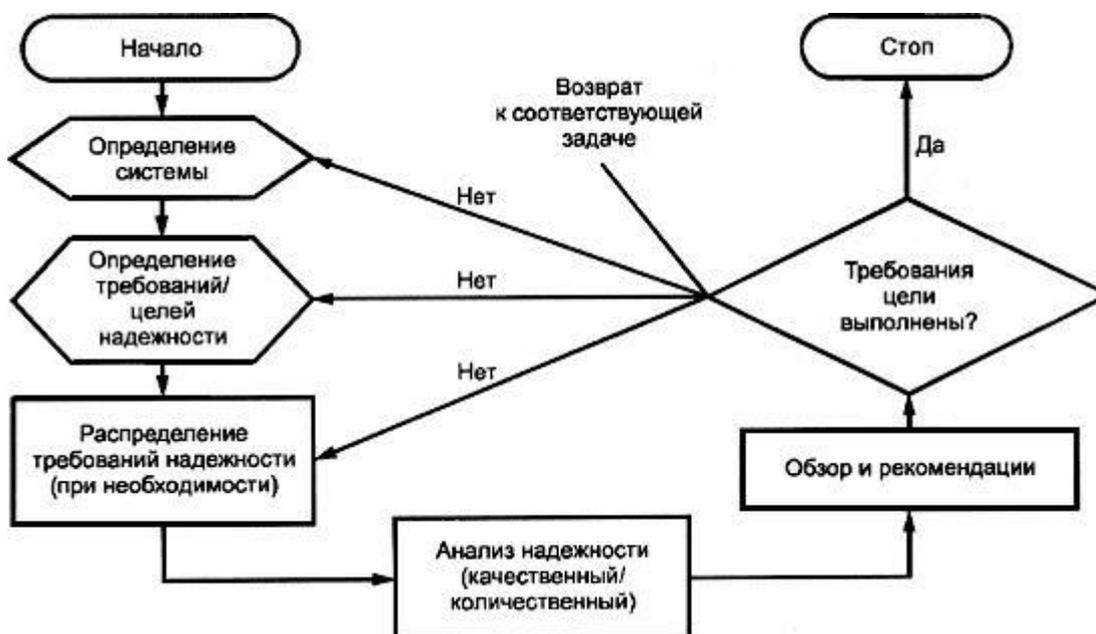
«m) работоспособность инструментальных средств. Действительно ли инструментальные средства доступны? Имеют ли эти инструментальные средства общий интерфейс с другими инструментальными средствами анализа, чтобы результаты могли многократно использоваться или передаваться?

n) стандартизация. Существует ли стандарт, устанавливающий требования к представлению его результатов?» [2]

2.2 Методы реализации методов оценки надежности технических систем

«4 Основные процедуры анализа надежности

4.1 Общая процедура



а) Анализ надежности

б) Анализ системы на основе методов надежности и соответствующих данных эффективности» [2].

«1) Качественный анализ:

- анализ функциональной структуры системы;
- определение режимов неисправностей системы и компонентов, механизмов отказов, причин и последствий отказов;
- определение механизма деградации, который может привести к отказу;
- анализ путей отказа/неисправности;
- анализ ремонтпригодности с учетом времени, метода изоляции и метода восстановления;
- определение адекватности методов диагностики неисправностей;
- анализ возможностей предотвращения неисправностей;
- определение стратегий технического обслуживания и ремонта» [2].

«2) Количественный анализ:

- разработка моделей надежности и/или эксплуатационной готовности;
- определение необходимых числовых данных;
- определение числовых оценок показателей надежности;
- проведение необходимого анализа критичности и чувствительности»

[2].

«е) Исследования и рекомендации

Анализ выполнения целей требований надежности для рассматриваемого проекта и возможности их выполнения при использовании альтернативных проектов. Действия в этом направлении могут включать решение следующих задач:» [2].

«- оценка улучшения надежности системы по результатам проектирования и производства (например, резервирование, снижение нагрузок, совершенствование стратегий технического обслуживания системы, контроля продукции и технологических процессов, системы менеджмента качества и материально-технической базы производства).

Показатели надежности могут быть улучшены только в соответствии с проектом. Во многих случаях для повышения надежности необходимо усовершенствовать производственные процессы;» [2].

«- исследование проекта системы и определение слабых мест и режимов критичности отказов компонентов;

- исследование проблем интерфейса системы, свойств и механизмов отказоустойчивости и т.д.;

- разработка альтернативных путей повышения надежности, например использование резервирования, контроля эффективности, обнаружения неисправностей, методов реконфигурации системы, процедур технического обслуживания, заменяемых компонентов, процедур восстановления;» [2].

«- выполнение исследований по оценке стоимости и сложности альтернативных проектов;

- оценка влияния возможностей производственного процесса;

- оценка результатов и сравнение их с требованиями»[2].

«Примечание - Общая процедура объединяет некоторые элементы программы надежности, применимые для анализа надежности: спецификации надежности, анализ условий использования, разработка надежности, ремонтпригодности, человеческого фактора, моделирование надежности, анализ проекта и оценка продукции, анализ воздействия причин и анализ риска, анализ решений о заменах.»[2].

Рассмотрим основные методики анализа надежности. В первую очередь сюда можно отнести методику прогнозирования отказов. Этот метод является одним из наиболее часто используемых методов. Эффективнее всего использовать упомянутую методику именно на самых ранних этапах проектирования. Иногда методику используют на этапе производства. Это делается, если имеется необходимость улучшить качество продукции.

Для прогнозирования чаще всего используются, как правило, три основных метода. К ним относят количественный анализ деталей или изделий в целом. Ещё этот метод называют прогнозированием частоты отказов в исходных условиях. Другим методом, часто используемым в подобных ситуациях, является метод прогнозирования частоты отказов в условиях работы. Этот метод называют еще анализом напряжений частей. И третий метод, называемый методом анализа подобия. Или иначе –метод прогнозирования отказов.

Если рассмотреть более подробно два первых метода, то нетрудно заметить , что при использовании каждого из них нам нужно знать и количество, и тип компонентов, которые входят в систему. Также необходимо знать параметры режимов работы.

Следует отметить, что нет необходимости записывать рабочие условия. Это ситуация, при которой параметры операции совпадают с параметрами начальных условий. Если параметры условий эксплуатации отличаются от параметров аналогичных условий, то учитываются условия и режимы.

Для этой цели используются специально разработанные модели. Чтобы повысить точность прогноза, необходимо создать базу данных об отказах. В нормативных документах приводятся рекомендации по определению частоты отказов в базовой линии.

Рассматриваемый метод основан на следующих предположениях:

1.- компоненты соединены в последовательную систему. В этом случае отказ компонента приводит к сбою системы.

2. - Частота отказов компонентов постоянна.

3. - Ошибки компонентов независимы.

Важно помнить, что ошибочное использование метода часто приводит к опасным ошибкам.

Если коэффициенты числа отказов являются постоянными, то уменьшается количество вычислений. Расчет частоты отказов системы проводится как сумма коэффициентов её различных компонентов. Напомним, что различные отказы по-разному влияют на систему в целом. Поэтому и сама частота отказов не является важной характеристикой системы. Существуют типы сбоев, которые не могут повлиять на функционирование системы.

Точность прогноза надежности системы зависит от моделей отказов компонентов.

Рассмотрим прогнозирование интенсивности отказов с использованием анализа подобия.

Указанный метод предусматривает использование в целях прогнозирования проведение сравнительного анализа различных характеристик оборудования, находящегося в разработке, и характеристик оборудования, являющегося прототипом.

Такого рода сравнения могут и должны быть проведены как на уровне компонент системы, так и на уровне подсистемы, а также на уровне системы в целом. Чаще всего для такого сравнения используют одни и те же данные, полученные в процессе эксплуатации.

Перечислим сопоставляемые элементы. К ним чаще всего относят, например, условия эксплуатации окружающей среда, характеристики и процессы проекта, а также процессы производства. Также нужно относить к составляющим элементам процесс технического обслуживания, процесс обеспечения надежности. Кроме того, к сопоставляемым элементам относят компоненты и материалы.

Характеристики должны быть сопоставлены для каждого элемента. Если речь идет о проектируемом оборудовании, то характеристики его могут включать, например, количество компонентов, количество монтажных плат и некоторые другие.

При применении анализа подобия используется алгоритм для определения количества подобий и различий между исследуемым оборудованием и оборудованием-прототипом. Возможно также использование расчетного метода с той же целью. К достоинствам метода следует отнести следующие:

- 1.небольшие время и стоимость анализа;
- 2.для анализа достаточно небольшое количество данных в начале исследования;
- 3.на начальных этапах проектирования и разработки может быть получена достаточно информации;
- 4.метод может быть выполнен как с помощью компьютерных расчетов, так и с помощью вычислений, сделанных вручную;
- 5.метод не требует обучения.

Однако, метод имеет ряд ограничений:

1. метод не применяется для систем с резервированием;
- 2.точность прогноза может быть довольно низким, как правило, это происходит из-за недостатка входящей информации;
- 3.невозможна оценка режимов и последствий отказов.

Рассмотрим далее такой метод, как анализ дерева неисправностей.

Дерево неисправностей принято относить к нисходящим методам анализа надежности. Он необходим для определения условий и факторов, а также для их анализа. Разумеется, речь идет о факторах, вызывающих появление нежелательного результата.

Данный метод может использоваться для прогнозирования надежности, его применяют для определения количественных оценок, которые характеризуют причины неисправности. Это довольно эффективный метод

«FTA позволяет учесть известные неблагоприятные воздействия и находить соответствующие режимы и причины отказов. FTA способствует своевременному смягчению потенциальных режимов отказов и повышению надежности продукции на стадии проектирования»[2].

Анализ дерева неисправностей учитывает взаимодействие частей системы и позволяет сформировать общее представление о системе.

Анализ дерева неисправностей имеет двойное применение. И как способ определения причины отказа и как метод анализа режима отказа, а также моделирования и прогнозирования надежности.

Анализ дерева неисправностей применяется для исследования именно потенциальных неисправностей, их режимов и причин для определения количественной оценки. Чтобы представить функции системы, создают дерево неисправностей. Если человек является частью системы, то человеческие ошибки тоже должны включаться в процесс анализа дерева неисправностей

С помощью технического анализа определяют вероятность появления причин режимов неисправностей. Затем полученные данные используют для оценки величины вклада каждой неисправности в состояние полной неработоспособности системы. Анализ дерева неисправностей позволяет моделировать надежность комбинации различных средств и программного обеспечения и их взаимодействие.

Клапаны и события, а также наборы вырезок принято относить к так называемым ключевым элементам дерева неисправностей.

В случае дерева неисправностей клапан – это событие, а события – это вход в клапан. У методики имеется целый ряд преимуществ. К преимуществам относят разработку и идентификацию логических моделей. «Кроме того, к достоинствам методики относят также преобразование логических моделей в вероятностные характеристики, им соответствующие.»[32]

«Но существуют также и недостатки методики, ограничивающие её применимость. Например, данная методика дает возможность представить события, которые зависят от времени или последовательности их появления. Методика имеет существенные ограничения, касающиеся всей конфигурации системы.»[32]

Рассмотрим анализ дерева событий.

«Анализ дерева событий принято распространять на целый ряд возможных последствий реализации как события, так и отказа системы. Весьма эффективным представляется соединение дерева событий и дерева неисправностей. Для определения вероятности возможных событий нужно провести идентификацию, исследование и определение вероятности возможных последствий.»[32]

«Данную методику принято применять, если необходимо изучить все возможные пути формирования событий, определить последовательность их появления, а также оценить вероятность возникновения событий. В рамках применения методики делается предположение о том, что после начального события может быть несколько последствий. Вероятность, связанная с реализацией определенного пути может быть рассчитана как произведение условных вероятностей всех событий на этом пути.»[32]

Методика имеет несколько преимуществ. Например, возможность оценки последовательности событий. Методика анализ дерева событий отлично дополняется методикой анализа дерева неисправностей.

Рассмотрим далее еще одну методику – метод структурной схемы надежности (RBD).

Это методика относится к методам анализа надежности системы. Он является графическим изображением представления логической схемы системы через различные подсистемы или компоненты.

А.1.4.2 Применение»[2].

«Метод анализа RBD применяют на стадии определения продукции. Структурная схема надежности системы должна быть создана в начале разработки концепции. Разработка RBD должна начинаться сразу после завершения определения программы, как часть анализа требований, и непрерывно расширяться до более глубокого уровня детализации по мере увеличения данных для принятия решений»[2].

«А.1.4.3 Ключевые элементы

Для разработки RBD могут быть использованы следующие методы анализа:

- определение исправного состояния системы;
- разделение системы на функциональные блоки в соответствии с целями анализа надежности. Некоторые блоки могут представлять собой подсистемы, для которых могут быть разработаны свои RBD;
- проведение качественных исследований»[2].

«Количественные оценки по RBD проводят различными методами. В зависимости от типа структуры системы (с восстановлением или без восстановления) могут быть использованы простые Булевы методы, таблицы истинности и/или анализ путей и вырезок для прогнозирования показателей надежности и работоспособности системы, рассчитываемых на основе данных компонентов»[2].

«А.1.4.4 Достоинства:

- структурную схему надежности часто создают непосредственно по функциональной диаграмме системы. Это позволяет сократить количество

конструктивных ошибок и/или систематическое описание функциональных путей системы;

- пригоден для многих типов конфигурации системы, включая параллельные, избыточные, резервные и альтернативные функциональные пути»[2];

- «- пригоден для полного анализа вариантов при изменении параметров эффективности системы;

- позволяет получить простые логические модели путей функционирования и отказа системы (например, используя Булеву алгебру);

- пригоден для анализа вклада элементов в надежность системы»[2];

- «- позволяет строить модели оценки вероятностных характеристик надежности и работоспособности системы;

- дает компактные результаты вероятностных характеристик для системы в целом»[2].

«А.1.4.5 Ограничения:

- не обеспечивает полный анализ неисправностей, то есть пути причина-следствие или следствие-причина не определяются;

- требует наличия вероятностной модели эффективности для каждого элемента диаграммы»[2];

- «- не позволяет различать преднамеренные и непреднамеренные результаты, если аналитик не предусматривает для того специальных действий;

- направлен прежде всего на анализ работоспособности системы и не распространяется на сложные стратегии ремонта, технического обслуживания или общий анализ работоспособности;

- имеет те же ограничения, что и у методов, применяемых для анализа невозстановливаемых систем»[2].

На предприятии необходимо разработать процедуры наблюдения, контроля, измерения и учета деятельности по охране труда, которые действовали бы постоянно и периодически анализировать

полученные данные. Распределить обязанности, полномочия и ответственность на всех уровнях.

Измерения происходят как качественно, так и количественно, исходя из потребности организации. За базу для измерений берутся идентифицированные вредные и опасные факторы, риски и приняты предприятием обязательства.

«А.1.5 Марковский анализ

«Марковское моделирование - вероятностный метод, который учитывает статистическую зависимость отказов или характеристики ремонта отдельных компонентов для описания состояния системы. Следовательно, марковское моделирование может учитывать как воздействие независимых отказов компонентов, так и интенсивности перехода состояний под воздействием напряжений или других факторов. По этой причине марковский анализ применяют для оценки надежности функционально сложных систем со сложными стратегиями ремонта и технического обслуживания»[2].

«Метод основан на теории марковских процессов. Для прикладных задач надежности обычно используют гомогенную во времени марковскую модель, которая предполагает, что интенсивности переходов (отказ и ремонт) являются постоянными. Для этой модели применимы простые и эффективные численные методы решения и единственное ограничение его применения - размерность пространства состояний»[2].

«Представление поведения системы с помощью марковской модели требует определения всех возможных состояний системы, предпочтительно изображенных на диаграмме состояний и переходов. Кроме этого, должны быть определены (постоянные) интенсивности перехода из одного состояния в другое (интенсивности отказа или ремонта, интенсивности события и т.д.). Выходами марковской модели являются вероятности пребывания системы в данном наборе состояний (обычно эта вероятность является показателем качества работы системы)»[2].

«А.1.5.2 Применение

Этот метод применяют в случае, когда интенсивность перехода (отказ или ремонт) зависит от состояния системы, нагрузки или структуры системы (например, резервирования), стратегии технического обслуживания или других факторов. В частности, структура системы (тип резервирования, запасные части) и стратегии технического обслуживания (количество ремонтных бригад) выявляют зависимости, которые не могут быть получены другими методами» [2].

«А.1.5.3 Ключевые элементы

Метод состоит из следующих ключевых элементов:

- определения пространства состояний системы;
 - назначения интенсивностей перехода состояний (постоянных во времени);
 - определения характеристик выхода (группировка состояний, которые приводят к отказу системы)»[2];
- «- разработки математической модели (матрицы интенсивностей переходов) и решений марковских моделей для использования подходящего пакета программ;
- анализа результатов»[2].

«А.1.5.4 Преимущества

Применение метода дает следующие преимущества:

- обеспечивает гибкую вероятностную модель для анализа поведения системы;
- может быть адаптирован к сложным избыточным конфигурациям, сложной стратегии технического обслуживания, сложным моделям обработки неисправностей (неустойчивые неисправности, скрытые неисправности, реконфигурации), деградационным режимам работы и общим причинам отказов»[2];

«- дает вероятностные решения для модулей, которые будут использованы в других методах, таких как методы структурной схемы надежности и дерева неисправностей;

- позволяет точно моделировать последовательность событий определенного вида или порядка появления»[2].

«А.1.5.5 Ограничения:

- с увеличением количества компонентов системы количество состояний экспоненциально возрастает, что приводит к росту трудоемкости анализа;

- модель может быть трудна для пользователей при построении и контроле и требует соответствующего программного обеспечения для анализа»[2];

«- числовые результаты можно получить только для постоянных интенсивностей переходов;

- некоторые показатели, такие как средняя наработка на отказ и средняя наработка до отказа, не могут быть получены непосредственно из марковской модели» [2].

А.1.8 Исследование опасности и работоспособности

А.1.8.1 Описание и цель

Исследование опасности и работоспособности, или методика HAZOP позволяет идентифицировать возможные опасности. Выполнение метода будет успешнее, если привлекать группу специалистов. Достоинством метода является то, что его можно применять как для установления причин отклонений и для проведения оценивания отклонений.

«В основе HAZOP лежит экспертиза с помощью управляющих слов. Основное назначение HAZOP - поиск отклонений от целей проекта, пожеланий проектировщика или требований спецификаций к функционированию системы, ее элементам и характеристикам. Чтобы облегчить экспертизу, систему делят на части таким образом, чтобы для каждой части была определена цель проекта, которая выражается через

элементы, передающие особенности, присущие этой части и представляющие собой компоненты части»[2].

«Элементы могут быть дискретными шагами или стадиями в процедуре, отдельными сигналами и элементами оборудования в системе управления, оборудованием или компонентами в процессе или электронной системе и т.д.»[2].

«Идентификация отклонений от целей проекта достигается в процессе опроса с помощью заданных управляющих слов. Управляющее слово должно стимулировать образное мышление, сосредоточивать исследование на конкретную цель и выявлять идеи и суждения, максимизируя полноту исследования»[2].

«А.1.8.2 Применение

Исследование HAZOP применяют на поздних стадиях разработки проекта для экспертизы средств эксплуатации и при изменении этих средств. Лучшее время для выполнения исследований HAZOP - непосредственно перед завершением проекта»[2].

«А.1.8.3 Ключевые элементы:

- исследование HAZOP является творческим процессом;
- исследование опирается на систематическое применение управляющих слов для идентификации потенциальных отклонений от целей проекта и использование этих отклонений в дальнейшей работе членов группы для исследования возможных причин отклонений и их последствий;
- исследование проводят под руководством обученного и опытного лидера исследования, который должен гарантировать всестороннее логическое и аналитическое изучение системы»[2];

«- исследование проводят специалисты в различных областях знаний, обладающие необходимыми навыками и опытом;

- исследование проводят в атмосфере доброжелательности и откровенного обсуждения. После идентификации проблемы ее регистрируют для последующих оценок и выводов»[2];

«- решения по идентификации проблем регистрируют для дальнейшего рассмотрения лицами, ответственными за проект.

Исследования HAZOP состоят из четырех основных последовательных этапов, указанных на рисунке 5»[2].

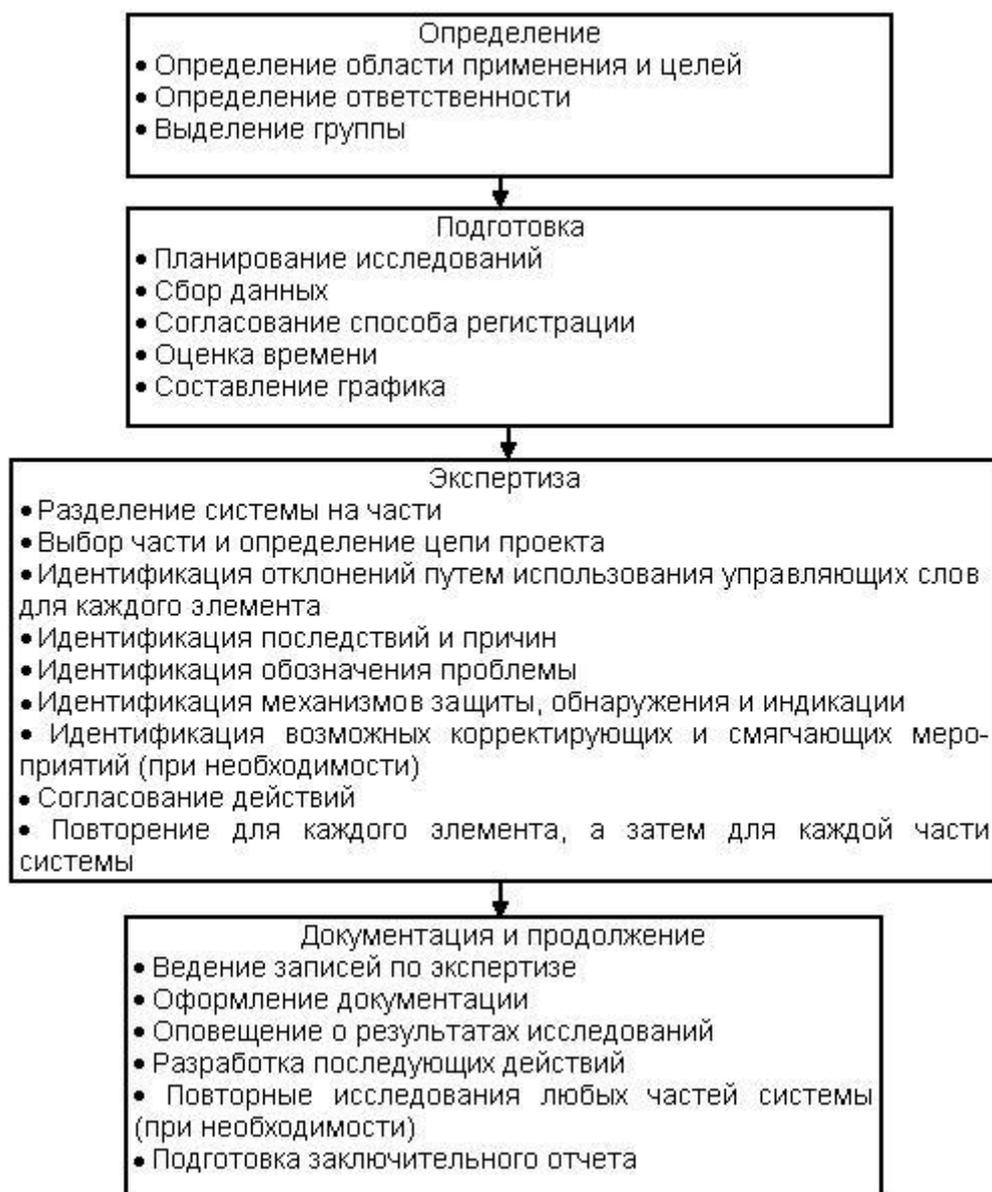


Рисунок 5 - Этапы исследования HAZOP

«А.1.8.4 Достоинства:

- при исследовании используются навыки и знания группы экспертов, каждый из которых должен знать определенный аспект исследуемой системы;

- метод эффективен для обнаружения, как причин, так и последствий отклонений на различных уровнях системы»[2];

«- метод применяют для анализа технологических процессов;

- результаты исследования имеют большое значение при определении необходимых корректирующих мероприятий»[2].

«А.1.8.5 Ограничения

Хотя исследования HAZOP чрезвычайно полезны в различных отраслях промышленности, они имеют ограничения, которые необходимо учитывать при рассмотрении вопроса о применении метода HAZOP:

- HAZOP исследует каждую часть системы и анализирует влияние отклонений на каждую часть. Иногда взаимодействие между частями системы опасно. В этих случаях опасность следует исследовать более подробно с использованием таких методов, как метод дерева событий и анализ дерева отказов»[2];

«-при использовании любого другого метода определения опасностей или проблем с производительностью не может быть никакой гарантии того, что будут идентифицированы все опасности или проблемы с производительностью. Поэтому изучение сложной системы не должно ограничиваться исследованиями HAZOP. Этот метод используют вместе с другими подходящими методами (например, анализом дерева неисправностей)»[2];

«-существуют системы, тесно связанные друг с другом, в которых причины неисправности одной системы могут быть в другой системе. Местное улучшение в этом случае не может устранить настоящую причину, и может возникнуть неисправность»[2];

«- успех исследования в большой степени зависит от способностей и опыта лидера исследования и взаимодействия между членами группы;

- метод HAZOP предназначен для исследования только частей системы, их элементов и характеристик, указанных в описании проекта.

Действия и операции, которых нет в описании проекта, не рассматривают»[2].

«А.1.9 Анализ надежности человеческого фактора

А.1.9.1 Описание и цель

Анализ надежности человеческого фактора (HRA) – это часть анализа человеческого фактора вообще. Он включает в себя распределение функций и задач, а также ресурсов. Метод дает оценку надежности действий людей. Анализ человеческого фактора широко использует данные и навыки таких дисциплин, как физиология, социология и психология, а также медицина. «Специфическая цель анализа человеческого фактора состоит в том, чтобы оценить факторы, которые могут воздействовать на надежность действий человека при эксплуатации системы (анализ надежности человеческого фактора). Надежность человека необходима для успешной работы системы "человек - машина" в условиях воздействия различных факторов. Эти факторы могут быть внутренними (напряжение, эмоциональное состояние, обучение, побуждения и опыт) или внешними (часы работы, среда, действия диспетчеров, процессов, аппаратных средств)»[2].

«А.1.9.2 Применение

Влияние человеческого фактора должно быть определено на всех стадиях разработки системы от проекта до обучения, эксплуатации и демонтажа. Метод применим для рассмотрения системы в целом (включая управление при эксплуатации) и взаимодействия отдельных работников при эксплуатации системы»[2].

«При решении любой задачи, выполняемой человеком, возникает возможность возникновения человеческой ошибки. После идентификации этих задач необходимо идентифицировать вероятные ситуации возникновения человеческих ошибок. Метод HRA является методом FMEA для задач, связанных с человеческим фактором»[2].

«Часто для решения этих задач используют анализ дерева событий. Дерево событий отражает информацию анализа задачи и определяет схему количественной оценки комбинации отказов»[2].

«А.1.9.3 Ключевые элементы

Типичными элементами анализа надежности человеческого фактора являются:

- описание персонала, условий его работы и выполняемых задач;
- анализ интерфейсов "человек - машина";
- анализ эффективности функций оператора;
- эффективность анализа ошибки человека при выполнении заданных функций;
- документирование результатов»[2].

«9.4 Достоинства

Анализ неудач и несчастных случаев показывает, что надежность человеческого фактора является ключевым моментом надежности системы "человек-машина". Если учитывать человеческий фактор, прогноз надежности системы может быть ложным»[2].

«А.1.9.5 Ограничения

Проведение анализа надежности человеческого фактора системы требует глубокого знания параметров эффективности действий человека.

Если необходимые данные отсутствуют, количественный анализ должен быть основан на экспертной оценке вероятностей человеческих ошибок»[2].

«Анализ человеческого фактора редко является частью разработки надежности системы и иногда сложно убедить руководителей проекта начать анализ человеческого фактора или анализ надежности человека»[2].

«А.1.11.2 Применение

Начальные этапы применения метода совпадают с начальными этапами FMESA. Режимы отказов компонентов, а также их неработоспособные состояния должны быть идентифицированы. Каждый

компонент характеризуется работоспособным состоянием и состоянием отказа. Таким образом, состояние системы является комбинацией состояний компонентов, каждый из которых находится в работоспособном или неработоспособном состоянии»[2].

«По результатам анализа последствий всех составляющих векторов состояний компонентов разрабатывают таблицу. Все отказы системы, таким образом, идентифицированы. Результаты отображают в таблице, называемой "таблицей истинности", где "0" обозначает работоспособное состояние, а "1" - неработоспособное состояние. Исследование каждого вектора состояний должно также включать анализ отказа (или неисправности) для идентификации вероятных общих причин отказа»[2].

«Вероятность неработоспособного состояния системы рассчитывают на основе вычисления вероятности появления каждого вектора неработоспособного состояния системы. Это возможно, когда компоненты независимы»[2].

Корректирующие действия, принятые к исполнению по результатам расследования несчастных случаев, аварий и инцидентов, направлены на предотвращение подобных происшествий в будущем.

Отчеты, подготовленные внешним контролирующим органом, рассматриваются в первую очередь, но на тех же правах, что и внутренние расследования, и включаются в данные для дальнейшего улучшения системы. Согласно разработанным программам и графикам проверок, проверяется в числе прочих, факторов и работа самой системы.

«Для применения статистических методов необходимо собрать соответствующие данные, которые зависят от решаемой задачи. Данные, используемые для анализа безотказности, должны представлять собой информацию об эффективности работы элементов, которые могут отказать (например, в условиях эксплуатации). Тип данных зависит от типа исследуемого элемента»[2]. «Например, основными данными для устройств краткого действия являются количество испытываемых элементов и

количество неотказавших элементов. Основными данными для невосстанавливаемых элементов являются наработки до опасных событий (для системы). Основные данные для восстанавливаемых элементов - наработки в процессе срока службы элемента. Обычно не все элементы отказывают за период наблюдений»[2]. «Поэтому наработку до отказа фиксируют только для отказавших элементов, а продолжительность наблюдений - для неотказавших элементов. Такие данные называют цензурированными. Их обработка достаточно сложна и зависит от целей исследования надежности и особенностей элемента»[2].

«В статистических методах используют только количественные данные. Данные о надежности, соответствующие предыдущим испытаниям или эксплуатации, могут быть ограниченными, но полезными для оценки надежности. Поэтому данные предыдущих испытаний или эксплуатации могут быть использованы вместе с количественными данными для оценки надежности на основе байесовских методов»[2].

«Байесовские методы позволяют объединять данные из различных источников. Они включают разработку модели показателя надежности и последующее использование доступных данных для описания априорного распределения. Априорное распределение описывает неопределенность параметров модели или параметров надежности»[2]. «Априорное распределение должно охватывать все доступные данные, например данные о надежности элементов в процессе их изготовления, данные о возможностях процессов производства и данные последних испытаний. Объединение всех данных в одно априорное распределение может быть использовано для анализа и решения сложных задач»[2].

«Байесовские методы формируют систему определения оценок, в которой оценки показателей надежности могут изменяться по мере поступления новых данных. Априорное распределение совместно с первоначальной моделью надежности позволяет построить апостериорное распределение, на основе которого определяют модифицированную оценку

показателя надежности»[2]. «Например, начальная оценка надежности в процессе разработки проекта может быть модифицирована по мере поступления данных испытаний. Неопределенность оценок может быть определена количественно в виде верхних и/или нижних границ показателей надежности»[2].

«Байесовские методы могут быть использованы для объединения данных различных уровней системы, например, модуля и его компонентов.

А.1.12.2 Применение

В зависимости от решаемой задачи используют различные модели надежности»[2]. « Например, для описания срока службы используют экспоненциальное распределение или распределение Вейбулла, для случайных процессов - степенную модель, кроме того, используют модели повышения надежности, деградации, технического обслуживания и др.»[2].

«С помощью классических или байесовских методов для каждого вида моделей могут быть получены необходимые оценки с соответствующей областью неопределенности»[2].

Еще один метод- выбор и ограничение частей.части. Вначале производят выбор. Это основано на таких критериях, как надежность детали и ее способность выдерживать условия окружающей среды и рабочие нагрузки.

Поскольку система в целом должна соответствовать требованиям надежности, то те части, которые необходимы для функционирования, должны иметь достаточный уровень работоспособности.

Ограничение части – это прежде всего снижение для нее допустимых нагрузок при эксплуатации, а также со стороны окружающей среды.Такого рода снижение нагрузок в значительной степени способствует снижению вероятности отказа в условиях эксплуатации.

Однако следует помнить, что при сравнении номинального воздействия и напряжения, которое ожидается, должен быть предусмотрен некий запас, рассчитываемый с помощью разнообразных инженерных методик.

А.2.6.2 Применение

Проведение выбора частей, которые должны проходить проверку на соответствие условиям эксплуатации, должно проходить при решении любой задачи по анализу надежности.

Важно помнить, что уменьшение нагрузки, проведенное ненадлежащим образом, может привести к снижению надежности системы в целом.

Ключевыми элементами метода являются информация об условиях эксплуатации и хранения, а также информация о надежности детали в рабочих условиях. Ключевыми элементами являются также рекомендации по снижению нагрузки. Такие рекомендации подготовлены на основе изучения надежности системы. Существенным преимуществом метода является достижение требуемого уровня надежности продукта в целом. Но существуют ограничения на применение методологии. Это возможно, если производитель детали и сгенерированная база данных не имеют информации о надежности.

Необходимо помнить об ограничении подобного рода и в случае снижения допустимых нагрузок, поскольку существует опасность чрезмерного снижения нагрузок.

Рассмотрим далее методику, называемую анализом Парето.

Анализ Парето-один из семи основных средств управления качеством. Напомним, что к семи основным средствам управления качеством кроме анализа Парето относятся листы проверки, диаграмма Исикавы, гистограммы, графики рассеивания и контрольные карты. Все указанные методы применяются и при анализе надежности. Эти инструментальные средства находят применение при разработке надежности. Парето сформулировал постулат, согласно которому 20% причин вызывают 80% проблем.

Согласно рекомендациям автора методики, главная цель анализа Парето состоит в сосредоточении усилий на тех проблемах, которые имеют

значительный потенциал для улучшения. Методика позволяет эффективно использовать различные ресурсы- временные, человеческие и прочие.

Еще одним достоинством диаграммы является её наглядность. Важно отметить, что применение диаграммы предотвращает возникновение такой ситуации, когда решение устраняет один комплекс проблем, но в это же время усугубляет проблемы. Все изменения проекта должны быть управляемы. Сделать это можно так:

- 1.разделив главную причину на категории
- 2.заменив источник данных
- 3.проводя анализ-до и после его проведения

К достоинствам рассматриваемой методики относят также возможность использования методики на всех стадиях жизненного цикла

«А.2.7.3 Ключевые элементы

Для эффективного использования анализа Парето требуется следующее:

- решить, какую проблему вы хотите узнать больше (то есть о неудачах или их причинах);
- выбирать причины или проблемы, которые необходимо контролировать, сравнивать и оценивать (используя существующие данные, мозговой штурм, эксперименты);

Кроме того, вам нужно выбрать наиболее важный параметр для измерений, период времени для исследований и составить список данных для изучения. Более того, необходимо вычислить общее количество всех элементов, а также вклад каждого элемента, выраженный в процентах.Далее требуется начертить гистограмму и отобразить общую кривую. Заключительным этапом является нанесение на диаграмму обозначений и интерпретация результатов.

Достоинствами методики являются наглядное представление проблемы, простота применения методики и небольшое время для выполнения анализа.

У методики имеются и ограничения. К ним относим требования привлечения только опытных специалистов и требование применения привлекаемыми специалистами любых необходимых методов.

Еще одной методикой, применяемой в целях анализа надежности, является диаграмма причин и следствий

Другие названия рассматриваемой методики – диаграмма Исикавы или рыбий скелет. Данная диаграмма позволяет наглядно представить идентифицированные и должным образом систематизированные причины проблемы и факторы, необходимые для обеспечения работоспособного состояния системы.

«Диаграмма эффективна при изучении процессов и ситуаций, а также при планировании. Она позволяет легко увидеть отношения между факторами. Диаграмма причин и следствий обычно создается методом мозгового штурма. В результате диаграмму часто изображают вручную на бумаге. Однако существуют пакеты программ, пригодных для составления диаграммы» [2].

«Основные этапы построения диаграммы:

- 1) определение воздействий;
- 2) идентификация главных причин;
- 3) идентификация вторичных причин;
- 4) идентификация наиболее вероятных вторичных причин»[2].

«Примечание - Для второго этапа часто используют метод 4 М: человек, машины, методы, материалы. Могут также использоваться другие главные причины, например, шаги процесса»[2].

«А.2.8.2 Применение

Диаграмму используют при исследованиях на стадии проектирования и анализа последствий отказов, обнаруженных при эксплуатации»[2].

«2.8.3 Ключевые элементы:

- следствия должны быть понятны;
- установленные причины должны соответствовать следствиям;

- соответствующий выбор вторичных причин помогает сбалансировать структуру дерева (скелета)»[2];

«- поскольку реальные причины должны опираться на данные и факты, эта информация должна быть доступной;

- компоненты системы, которые становятся слишком сложными или остаются слишком простыми, должны иметь указание на то, что структура должна быть улучшена»[2].

«А.2.8.4 Достоинства:

- помогает работе специалистов в различных областях знаний;

- обеспечивает визуальное отображение причин и их структуры;

- результаты могут использоваться как входные данные для FMEA или анализа неисправностей»[2].

«А.2.8.5 Ограничения:

- отсутствуют количественные исследования;

- правильный выбор главных и вторичных причин зависит от опыта группы;

- метод не распространяется на многократные последствия»[2].

3.Опытно-экспериментальная апробация методологии оценки надежности технических систем в АО «АВТОВАЗ»

В настоящее время все более широкое распространение получает так называемый риск-ориентированный подход. Данный подход предполагает идентификацию рисков, их оценку и анализ, а также проведение мероприятий по устранению или уменьшению выявленных рисков.

В рамках данного подхода сделана попытка определения критериев, по которым следует проводить выбор методологии проведения анализа надежности технических систем. К ним относятся: возможность детального описания риск-ситуаций, возможность идентификации источника риска, возможность идентификации последствий нежелательных ситуаций и возможность получения количественных выходных данных.

Количественные выходные данные являются, очевидно, наиболее предпочтительными, поскольку именно количественные данные позволяют провести наиболее точную оценку и сделать наиболее точные выводы.

Кроме того, риск-ориентированный подход предполагает детальное изучение особенностей функционирования технических систем на каждой стадии жизненного цикла. Как правило, под термином «жизненный цикл» принято понимать период времени между разработкой концепции продукта и утилизацией.

Первым этапом жизненного цикла является разработка общей концепции проектируемой технической системы. На первом этапе принято установить технические требования к технической систем. Затем следуют такие этапы, как разработка, изготовление, поставка, монтаж и наладка. Далее следуют этапы эксплуатации, технического обслуживания и ремонтов, а также этап утилизации. Проведен сравнительный анализ нескольких наиболее распространенных методик анализа надежности

технических систем по указанным выше критериям на различных этапах жизненного цикла продукции.

Применение предложенных критериев при выборе метода анализа надежности технических систем позволит сократить время анализа и повысит достоверность полученных выводов.

При выборе метода анализа надежности технических систем предложено рассмотреть такие критерии выбора, как возможность детального описания риск-ситуаций, возможности идентификации источника риска и последствий нежелательных ситуаций, а также получения количественных выходных данных

В таблице 2 проведен сравнительный анализ наиболее распространенных методов анализа надежности по предложенным критериям.

Таблица 2 - Критерии оценки методов анализа надежности технических систем

Наименование метода анализа надежности	Возможность детального описания риск-ситуаций	Возможность идентификации источника риска	Возможность идентификации последствий нежелательных ситуаций	Возможность получения количественных выходных данных
Прогнозирование интенсивности отказов	+	+	-	+
Анализ дерева неисправностей	+	+	-	+
Анализ дерева событий	+	+	+	+
Анализ видов и последствий отказов (FMEA)	+	+	+	+
Диаграмма причин и следствий	+	+	+	-

Кроме того, исследована применимость различных методов оценки надежности технических систем и эффективность применимости на разных этапах жизненного цикла продукции. Информация об этом приведена в таблице 3.

Таблица 3 —Применимость методов анализа надежности на этапах жизненного цикла продукции

Наименование этапа жизненного цикла продукции	Наименование метода анализа надежности технических систем				
	Прогнозирование интенсивности отказов	Анализ дерева неисправностей	Анализ дерева событий	Анализ видов и последствий отказов (FMEA)	Диаграмма Иисикавы)

Продолжение Таблицы 3

Выбор концепции и установление технических требований	+	+	+	+	-
Разработка	+	+	+	+	+
Изготовление	+	+	+	+	+
Поставка, монтаж и наладка	-	-	-	+	-
Эксплуатация, техническое обслуживание и ремонты	-	+	+	+	+
Утилизация	-	-	-	-	-

Обзор данных, приведенных в таблице 3, показывает, что среди рассмотренных методов анализа надежности технических систем наилучшие показатели по применяемости продемонстрировали три метода: «Анализ дерева неисправностей», «Анализ дерева событий» и «Анализ видов и

последствий отказов (FMEA)». Важно отметить, что при обзоре не учитывался этап утилизации.

Целесообразным представляется создание алгоритма процедуры анализа надежности, учитывающий различные этапы жизненного цикла технической системы.

Результаты СОУТ являются важнейшими данными для дальнейшего использования самими работниками и руководством Общества с целью улучшения условий труда и снижения рисков травмирования и возникновения профессиональных заболеваний.

По результатам СОУТ сформированы мероприятия, в которых по каждому отклонению вредных факторов от нормы (Примечание: при классе условий труда выше 2.0) приняты решения о снижении негативного воздействия или исключения возможности возникновения вредного фактора в принципе, по каждому рабочему месту, имеющему класс условий труда выше 2.0. За основу при разработке мероприятий на год берутся рекомендуемые экспертной организацией, проводившей СОУТ. Кроме того, ежемесячно, комиссионно - специалист по охране труда в ходе обследований цехов, совместно с работниками, председателем профсоюзного комитета ПАО «АВТОВАЗ», а также уполномоченными по охране труда от цехов и отделов, формируют дополнительные мероприятия по одному-двум рабочим местам, на период один-два месяца. Такие мероприятия направлены на те рабочие места, где возможно:

- исключить возникновение вредного фактора на рабочих местах, где он не идентифицирован в ходе СОУТ, но имеется хоть малейшая, по общему мнению Комиссии, вероятность его возникновения;
- ухудшение, по мнению комиссии, условий труда вследствие иных факторов;
- возникновение опасностей, не учтенных ранее в результате предыдущих проверок и обследований.

Мероприятия утверждаются главным инженером и их результаты обсуждаются на совещании у главного инженера после завершения работ по внедрению, совместно делаются выводы о необходимости дальнейших действий. Специалистом по охране труда проводится расчет рисков для данного рабочего места, результат расчета утверждается главным инженером и хранится наряду с результатами специальной оценки рабочего места. Совещания у главного инженера по охране труда, охране окружающей среды и промышленной безопасности.

Очень важный этап СУОТ – анализ результатов мониторинга и принятие управляющих (административных) решений по корректировке рисков и вероятностей возникновения опасностей.



Рисунок 6 - Процедура анализа надежности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Выбор метода анализа надежности является одним из этапов функционирования системы управления надежностью. В магистерской диссертации предложены критерии выбора методики анализа надежности технических систем и проведен выбор методов анализа надежности в зависимости от этих критериев.

В рамках внедрения риск-ориентированного подхода необходимо учесть также этап жизненного цикла рассматриваемой технической системы, для которого производится выбор метода.

В диссертации приведен разработанный алгоритм выбора метода анализа надежности технических систем, учитывающий этапы жизненного цикла.

Применение предлагаемых критериев и алгоритма позволит не только повысить обоснованность выбора метода анализа, но и сократить время его выбора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- 1.ГОСТ Р27.001-2009 Система управления надежностью. Основные положения [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. N 1247-ст URL: <http://meganorm.ru/Data1/46/46408/index.htm> (дата обращения: 06.06.2018)
2. ГОСТ Р 51901.5-2005 Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности[Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 сентября 2005 г. № 236-ст URL: https://znaytovar.ru/gost/2/GOST_R_5190152005_Menedzhment.html (дата обращения: 06.06.2018)
3. ГОСТ Р ИСО 31000-2010 Менеджмент риска. Принципы и руководство[Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 декабря 2010 г. № 883-ст URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/26510388/26432659/>
- 4.ГОСТ Р 27.003-2011 Надежность в технике. Управление надежностью. Руководство к заданию технических требований к надежности[Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 декабря 2011 г. № 1490-ст URL: http://standartgost.ru/g/%D0%93%D0%9E%D0%A1%D0%A2_%D0%A0_27.003-2011#1
- 5.О промышленной безопасности опасных производственных объектов [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ (ред. от 07.03.2017). URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=213198&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.1366797344111712#024928129347472483> (дата обращения: 06.06.2018)
- 6.ГОСТ 27.002-2015 Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 21 июня 2016 г. N 654-ст URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200136419> (дата обращения: 06.06.2018)
- 7.ГОСТ Р 56275-2014 Менеджмент рисков. Руководство по надлежащей

практике менеджмента рисков проектов [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 26 ноября 2014 г. N 1861-ст. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200118641> (дата обращения: 06.06.2018)

8.ГОСТ Р 51897-2011. Менеджмент риска. Термины и определения [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 ноября 2011 г. N 548-ст URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-51897-2011> (дата обращения: 06.06.2018)

9.Индикаторы образования: 2017 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.hse.ru/data/2017/06/29/1171183129/IO%202017.%206.%20Uslovija%20obuchenija.pdf> (дата обращения: 06.06.2018)

10.ГОСТ Р 51901.7-2017 Менеджмент риска. Руководство по внедрению ИСО 31000 [Электронный ресурс]:Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 12 сентября 2017 г. № 1060-ст URL: https://allgosts.ru/03/100/gost_r_51901.7-2017 (дата обращения: 06.06.2018)

11.ГОСТ 27.301-95 Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения [Электронный ресурс]: Постановление Комитета Российской федерации по стандартизации, метрологии и сертификации от 26 июня 1996г. №430 URL:<http://vsegost.com/Catalog/93/9361.shtml>(дата обращения: 06.06.2018)

12.ГОСТ Р МЭК 61650-2007 Надежность в технике. Методы сравнения постоянных интенсивностей отказов и параметров потока отказов [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 27 декабря 2007 г. № 580-стURL: <http://vsegost.com/Catalog/44/44253.shtml> (дата обращения: 06.06.2018)

13.ГОСТ Р 27.004-2009 Надежность в технике. Модели отказов [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009г. № 1244-ст URL: <http://vsegost.com/Catalog/49/49104.shtml> (дата обращения: 06.06.2018)

- 14.ГОСТ Р 27.403-2009 Надежность в технике. Планы испытаний для контроля вероятности безотказной работы [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009г. № 1246-ст URL: <http://vsegost.com/Catalog/49/49133.shtml> (дата обращения: 06.06.2018)
- 15.ГОСТ Р 27.404-2009 Надежность в технике. Планы испытаний для контроля коэффициента готовности [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009г. № 1245-ст URL: <http://vsegost.com/Catalog/49/49140.shtml> (дата обращения: 06.06.2018)
- 16.ГОСТ Р 27.002-2009 Надежность в технике. Термины и определения [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 09 декабря 2009г. № 649-ст URL: <http://vsegost.com/Catalog/52/52431.shtml> (дата обращения: 06.06.2018)
- 17.ГОСТ Р 27.605-2013 Надежность в технике. Ремонтпригодность оборудования. Диагностическая проверка [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 сентября 2013г. № 1076-ст URL: <http://vsegost.com/Catalog/55/55283.shtml> (дата обращения: 06.06.2018)
- 18.ГОСТ Р 54598.1-2015 Менеджмент устойчивого развития. Часть 1. Руководство [Электронный ресурс]: Приказ Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 ноября 2015 г. №1858-ст URL: https://allgosts.ru/03/100/gost_r_54598.1-2015 (дата обращения: 06.06.2018)
- 19.Управление качеством услуг по техническому обслуживанию и ремонту автотранспортных средств[Электронный ресурс]: диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.23 / Гарельский Вадим Анатольевич; [Место защиты: Сам.гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева].- Оренбург, 2009.- 159 с. URL: <https://dlib.rsl.ru/01004337550> (дата обращения: 06.06.2018)

20. Снижение риска производителя технических систем на этапе проектирования совершенствованием оценки надежности [Электронный ресурс]: диссертация ... кандидата Технические наук: 05.02.23 / Елисеева Татьяна Алексеевна; [Место защиты: ФГБОУ ВО Юго-Западный государственный университет], 2017 URL: <https://dlib.rsl.ru/01008953577> (дата обращения: 06.06.2018)
21. Оптимизация системы технического обслуживания потенциально опасных объектов [Электронный ресурс]: диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.01 / Окладникова Екатерина Николаевна; [Место защиты: Сиб. аэрокосм. акад. им. акад. М.Ф. Решетнева]. - Красноярск, 2008. - 137 с. URL: <https://dlib.rsl.ru/01004074233> (дата обращения: 06.06.2018)
22. Разработка метода анализа и обработки рисков отказов сложных многокомпонентных систем [Электронный ресурс]: диссертация ... кандидата технических наук : 05.13.01 / Васильева Татьяна Николаевна; [Место защиты: Нац. исслед. ун-т МЭИ].- Москва, 2013.- 201 с. URL: <https://dlib.rsl.ru/01006698068> (дата обращения: 06.06.2018)
23. Об охране окружающей среды (ред. от 31.12.2017) [Электронный ресурс] : Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=287111&fld=134&dst=100653,0&rnd=0.861845827699556#01497254354540536> (дата обращения: 06.06.2018)
24. СНиП 21-01-97* – Пожарная безопасность зданий и сооружений [Электронный ресурс]: Постановление Минстроя России от 13.02.97 г. №18-7 URL: <http://base.garant.ru/2305928/> (дата обращения: 06.06.2018)
25. W. Kröger, Reliability of Technical Systems [Электронный ресурс]: URL: http://webarchiv.ethz.ch/lisa/education/vorl/rts/06_RTS_common_cause.pdf (дата обращения: 06.06.2018)
26. A. Birolini, Quality and reliability of technical systems: Theory, Practice, Management [Электронный ресурс]: Springer- Verlag, 1994. Number of pages: 524. Price: DM 168.00 URL:

<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/qre.4680100422>(датаобращения: 06.06.2018)

27. Dylan Minor, Risk Preferences and Misconduct: Evidence from Politicians [Электронныйресурс]: Business Research for Business Leaders URL: <https://hbswk.hbs.edu/item/risk-preferences-and-misconduct-evidence-from-politicians> (датаобращения: 06.06.2018)

28.ГОСТ Р 50779.28-2007 Статистические методы. Степенная модель. Критерии согласия и методы оценки [Электронный ресурс]vsegost.com/Catalog/57/5705.shtml

29.ГОСТ Р 50779.23-2005 Статистические методы. Статистическое представление данных. Сравнение двух средних в парных наблюдениях [Электронный ресурс] vsegost.com/Catalog/46/4643.shtml

30.ГОСТ Р 50779.22-2005 Статистические методы. Статистическое представление данных. Точечная оценка и доверительный интервал для среднего [Электронный ресурс]vsegost.com/Catalog/49/4946.shtml

31.ГОСТ Р 51901.5-2005 Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности [Электронный ресурс] https://znaytovar.ru/gost/2/GOST_R_5190152005_Menedzhment.html

32. ГОСТ Р 51901.5-2005 [Электронный ресурс] URL: http://www.pqm-online.com/assets/files/standards/gost_r_51901.5-2005.pdf

33. ГОСТ_Р_27.003-2011#1[Электронный ресурс] URL: http://standartgost.ru/g/ГОСТ_Р_27.003-2011#1

34. ГОСТ Р ИСО 31000-2010[Электронный ресурс] URL: <http://docs.pravo.ru/document/view/26510388/26432659/>