

1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ

1.1. Исходные понятия

Свойство надежности присуще объектам искусственного происхождения, однако это свойство распространяется и на персонал АСОИУ. Под *объектом* понимается техническое изделие определенного назначения, рассматриваемое на стадиях проектирования, производства и эксплуатации. Под объектами подразумеваются как системы, так и их элементы. К основным понятиям теории надежности относятся: состояние объекта, события и процессы перехода объекта из одного состояния в другое, резервирование.

Типовые *состояния* объекта:

исправное. В этом состоянии объект соответствует всем требованиям нормативно-технической документации (НТД) – стандартам, техническим условиям;

несправное. В неисправном состоянии объект не соответствует хотя бы одному из требований НТД;

работоспособное. Объект способен выполнять заданные функции, сохраняя значения параметров в пределах, установленных НТД;

неработоспособное. Значение хотя бы одного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям НТД. Понятие работоспособности шире, чем понятие исправности. Объект может быть работоспособен, но не исправен, так как работоспособность означает выполнение только тех требований НТД, которые связаны с его нормальным функционированием. Работоспособный объект может, например, не удовлетворять требованиям технической эстетики, иметь повреждения корпуса, если такие нарушения не препятствуют нормальному функционированию. Простые объекты обладают только двумя уровнями работоспособности, сложные – несколькими (полная, частичная). **Полная работоспособность обеспечивает в заданных условиях максимальную эффективность применения объекта. Частичная работоспособность обеспечивает более низкое, но приемлемое значение эффективности. Полностью неработоспособный объект применять по назначению невозможно;**

предельное. Применение объекта по назначению следует прекратить из-за неустранимого нарушения требований безопасности или неустранимого отклонения параметров от установленного диапазона значений, недопустимого увеличения эксплуатационных расходов или необходимости проведения капитального ремонта.

К основным *событиям* и *процессам*, связанным с переходом объекта из одного состояния в другое, относят:

повреждение. Событие, заключающееся в нарушении исправности объекта при сохранении его работоспособности;

отказ. Событие, характеризующее переход объекта из работоспособного в неработоспособное состояние;

восстановление. Процесс устранения отказа или повреждения с целью восстановления работоспособности или исправности объекта;

наработка. Продолжительность или объем работы объекта. Нарботку измеряют в единицах времени или единицах выработки (например, количеством обращений к устройству). Объект может работать непрерывно или с перерывами;

срок службы. Это календарная продолжительность эксплуатации объекта от ее начала или возобновления после ремонта до наступления предельного состояния. Эксплуатации соответствует нахождение объекта в распоряжении потребителя при условии применения по назначению. Применение по назначению может чередоваться с хранением, транспортированием, техническим обслуживанием и ремонтом.

Моменты возникновения отказов, длительность их устранения зависят от случайных факторов и поэтому являются случайными величинами. Иначе говоря, невозможно предсказать точное время возникновения таких событий или продолжительность соответствующих процессов, их можно оценивать только в вероятностном смысле.

Резервирование предполагает введение структурной, временной и функциональной избыточности. Элемент, обеспечивающий работоспособность объекта в конкретный период времени, называется основным. Элемент, обеспечивающий работоспособность в случае отказа основного, называется резервным. Отношение количества резервных элементов к числу основных называется кратностью резервирования. Если одному основному элементу соответствует один резервный, то такое резервирование называется дублированием.

1.2. Понятие надежности

Надежность объекта – это способность объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в установленных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям использования, технического обслуживания, ремонта, хранения и транспортирования [1-7].

Надежность является внутренним свойством объекта, заложенным при его создании и проявляющимся при эксплуатации или испытаниях. Это свойство проявляется только во времени и без длительного наблюдения нельзя сделать заключение о надежности объекта. Характеристики надежности зависят от условий эксплуатации, поэтому при определении их значений необходимо учитывать ее особенности. **Основными причинами ненадежности технических изделий являются:**

ошибки проектирования. Эти ошибки связаны с неточным знанием условий эксплуатации объекта, спецификаций сопрягаемого оборудования,

несовершенством технологии разработки изделий, ошибками проектировщиков;

несовершенство технологии изготовления. Создание и поддержание идеальных условий при изготовлении материалов и изделий практически невозможно. Локальные неоднородности вещества, из которого создаются устройства, приводят к неравномерности старения. В процессе изготовления допускаются, хотя и небольшие, но отклонения от заданных параметров технологического процесса. В результате качество изделий оказывается неоднородным и случайным;

воздействие окружающей среды во время эксплуатации изделия. Это воздействие обычно снижает надежность. Кроме того, параметры окружающей среды могут существенно различаться на объектах автоматизированной системы, что приводит к разбросу значений показателей надежности одинаковых изделий.

Надежность является сложным свойством, которое включает безотказность, ремонтпригодность (восстанавливаемость), долговечность и сохраняемость. Для конкретных объектов и условий их эксплуатации эти частные свойства имеют различную значимость, некоторые из них могут отсутствовать или не учитываться.

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение заданной наработки или заданного времени.

Ремонтпригодность (восстанавливаемость) – свойство объекта, состоящее в его приспособленности к предупреждению и обнаружению отказов и повреждений, к восстановлению работоспособности и исправности в процессе технического обслуживания и ремонта. Это свойство присуще не всем типам объектов.

Долговечность – способность сохранять работоспособность до наступления предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта.

Сохраняемость – способность непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение (и после) хранения или транспортирования. Это свойство является аналогом свойства безотказности, оно присуще только объектам, эксплуатация которых включает состояния хранения или транспортирования.

При исследовании надежности АСОИУ, а также ее элементов основное внимание уделяется первым двум свойствам.

Мероприятия по обеспечению надежности являются обязательными при разработке, изготовлении и эксплуатации изделий [2, 10].

Надежность создаваемых объектов обеспечивается разработкой и реализацией организационных и научно-технических мероприятий, направленных на выполнение заданных в техническом задании требований к надежности. Выполнение требований к показателям надежности изделий должно подтверждаться расчетами на этапах проектирования, испытаниями опытных образцов и контролироваться при серийном изготовлении средств, а

также в период их эксплуатации. **Для обеспечения надежности изделий предусматривается:**

обоснование требований к надежности изделия и его составных частей при разработке технического задания;

выбор методов и средств обеспечения требуемого уровня надежности. К ним относятся методы и средства контроля работоспособности, резервирования, диагностики отказов;

оценка показателей надежности. Оценка проводится на стадии разработки технического задания (ориентировочные расчеты), на всех стадиях проектирования (уточненные расчеты) и эксплуатации;

выбор комплектующих изделий с заданным уровнем надежности;

обеспечение оптимальных электрических, климатических и эргономических режимов функционирования объекта;

обеспечение ремонтпригодности, в том числе, обеспечение оптимальными комплектами запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП);

организация и проведение испытаний на надежность;

проведение мероприятий по обеспечению надежности в процессе производства и эксплуатации;

сбор и анализ данных о надежности эксплуатируемых объектов;

организация технического обслуживания (ТО) и ремонта.

Для координации и контроля выполнения указанных работ по обеспечению надежности изделий после утверждения технического задания разрабатывается программа обеспечения надежности, содержащая необходимые организационные и технические мероприятия.

1.3. Предмет и объект изучения теории надежности

Надежность является неотъемлемым компонентом качества любого изделия (объекта). Это свойство существенно отличается от других свойств объекта. Надежность, рассматриваемая отдельно, не означает технического совершенства объекта – он может быть очень надежным, но обладать низкими техническими характеристиками. Если же объект не обладает необходимой надежностью, то все остальные показатели теряют свое практическое значение, поскольку они не могут быть полностью реализованы в эксплуатации.

Низкая надежность приводит к следующим последствиям:

снижению эффективности применения объекта;

росту материальных затрат для получения реального количества объектов, обеспечивающих требуемый уровень эффективности;

росту материальных затрат на проведение мероприятий эксплуатации, замене отказавших изделий или на приобретение расходных материалов;

снижению доверия пользователей к средствам автоматизации.

Изучение и обеспечение надежности изделий включает теоретический и прикладной аспект. Теория надежности – научная

дисциплина, включающая систему определенных категорий, математических моделей и методов, направленных на решение проблем предсказания и оценки надежности изделий, обоснование структуры и параметров системы с требуемыми показателями надежности.

На стадиях проектирования системы и для прогнозирования ее надежности применяют расчетные методы. Существует развитый математический аппарат расчета надежности сложных систем. Условно существующие методики расчета можно подразделить на теоретические и рабочие. **В теоретически методиках учитывается большое количество факторов, влияющих на надежность, вводятся меньше допущений, что приводит к построению сложных моделей. Применение таких моделей имеет ряд особенностей:**

невозможно получить точные и достоверные исходные сведения, требуемых для проведения расчетов. Поэтому потенциально высокая адекватность моделей на практике не поддерживается наличием у исследователей необходимых данных;

громоздкость расчетных формул вызывает проблемы их понимания, а соответственно и практического применения.

Таким образом, указанные методики могут применяться для теоретических исследований, но не они не пригодны как рабочий инструмент в инженерной практике.

Рабочие методики используют более простые, менее адекватные модели. Но эти методики позволяют получить результат, вполне пригодный для практики. В рабочих методиках широкое распространение получили элементные методы расчета. Они исходят из предположения, что системы состоят из самостоятельных, в смысле надежности, элементов. Тем самым исключается из рассмотрения зависимости между параметрами надежности отдельных элементов системы (другими словами, игнорируются эмерджентные свойства системы – именно то, что отличает систему от простой совокупности элементов). Не смотря на это, элементные методы расчета надежности сейчас являются основными, так как у них отсутствуют недостатки теоретических методов при приемлемой для практики точности расчетов. Оставаясь в рамках элементного подхода, его можно улучшить, вводя в модели надежности системы зависимость характеристик элементов от структурных свойств системы и условий эксплуатации.

На завершающих стадиях создания и в ходе эксплуатации для оценки надежности систем применяют экспериментальные или расчетно-экспериментальные методы. Комплексное применение двух методов обусловлено тем, что получить достаточный объем экспериментальных данных по высоконадежной системе не удастся. Поэтому статистическими методами оценивается надежность элементов, а оценка надежности системы производится расчетными методами на основе сведений о надежности элементов.

Практические аспекты надежности связаны с разработкой и реализацией организационно-технических мероприятий, обеспечивающих поддержание требуемого уровня надежности в ходе эксплуатации системы.

Объектом изучения учебной дисциплины является свойство надежности АСОИУ, включая надежность технических, программных и эргатических (персонала системы) средств. Сама система рассматривается на стадии создания и эксплуатации.

Предметом изучения дисциплины служит совокупность следующих взаимосвязанных вопросов: понятийный аппарат теории надежности; математические методы и модели исследования надежности систем; технические мероприятия по обеспечению надежности систем на различных стадиях жизненного цикла.

Влияние случайных факторов в процессе изготовления и эксплуатации изделий приводит к тому, что показатели надежности следует рассматривать как случайные величины. Поэтому теория надежности основана на теории вероятностей как в части определения показателей, так и методов их расчета.

Математические методы теории надежности опираются на экспериментальные данные. Первичные сведения о надежности изделий можно получить только путем сбора и обработки именно этих данных. Экспериментальные данные формируются в ходе эксплуатации или испытаний изделий при создании, изготовлении, приемке, проверке сохранности после хранения и транспортирования. Для обработки экспериментального материала, являющегося фундаментом последующих теоретических обобщений, применяется математическая статистика. Еще одним направлением применения математической статистики является контроль качества массовых изделий и управление качеством в процессе производства. При испытаниях находят применение методы теории планирования эксперимента, позволяющие сократить затраты материальных и временных ресурсов. По экспериментальным данным обычно оценивается надежность элементов или простых подсистем.

На основе этих сведений производится исследование надежности системы в целом. Для этого существует обширный спектр методов:

теория случайных процессов – для описания отказов и восстановления объектов, изменения надежности в ходе эксплуатации;

математическая логика и булева алгебра – при исследовании надежности систем со сложной структурой;

методы оптимизации – для поиска рациональных решений по обеспечению надежности системы, отысканию неисправности в сложном объекте в ходе эксплуатации (диагностика неисправностей);

методы теории массового обслуживания – при определении необходимого количества запасных элементов для поддержания работоспособности системы, организации обслуживания изделий и т.д.

Таким образом, в теории надежности находят применение многие разделы современной математики.