

## 2.3. АСОИУ КАК ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ

### 3.1. Особенности АСОИУ

Теория надежности возникла, длительное время развивалась и применялась к аппаратным средствам. По сравнению с такими средствами автоматизированные системы имеют ряд особенностей, обуславливающих существенную специфику в исследовании надежности.

1. При исследовании надежности автоматизированных систем обычно ограничиваются только свойствами безотказности и ремонтпригодности (восстанавливаемости). Это обусловлено как их большой значимостью, так и высоким уровнем развития технологии изготовления, наличием средств и методов технического обслуживания и ремонта, обеспечивающих поддержание остальных свойств на требуемом уровне в течение всего периода эксплуатации, вплоть до морального старения объекта. Поэтому нормативные документы по надежности автоматизированных систем регламентируют исследование лишь двух этих свойств и практически не касаются свойства сохраняемости, а по долговечности содержат только совокупность показателей без методических указаний по их определению. Это объясняется быстрым моральным старением объектов, большим пространственным размахом систем, принадлежностью объектов системы различным организациям. В результате становится нецелесообразным изготовление подобных систем впрок, их консервация и хранение.

2. Исследование надежности автоматизированных систем имеет многоаспектный характер. Любая автоматизированная система включает в себя, кроме аппаратных средств, весьма специфические компоненты – программы, информационные базы, эргатические элементы (персонал), лингвистические и другие средства. Каждый из этих компонентов в отношении надежности имеет свои особенности в трактовке самого понятия, в методах исследования. Перечень и интенсивность использования указанных компонентов зависит от организации информационного процесса и выполняемых функций.

3. Расширяется понятие "состояние". Наряду с такими состояниями как исправность и работоспособность вводится состояние "правильность функционирования" (правильность выполнения конкретной функции). Правильность функционирования зависит от того, какую функцию реализует объект в данный момент. Все множество состояний объекта подразделяется на четыре подмножества:

объект исправен, работоспособен и правильно функционирует;

объект не исправен, но работоспособен и правильно функционирует;

объект неисправен, неработоспособен (не способен выполнять все заданные функции), но правильно функционирует (выполняет обработку всех запросов, поступающих на обработку);

объект неисправен, неработоспособен, неправильно функционирует (не функционирует).

4. Проявление эмерджентных свойств системы. Взаимозависимость средств различных видов обеспечения может привести как к улучшению, так и к ухудшению надежности системы. Например, программные средства могут предотвратить отказ системы при выходе из строя отдельных технических средств, если предусмотрена возможность реализации некоторых функций другими средствами. Однако возможен и обратный эффект, связанный с наложением отказов различных ресурсов и возникновением исключительных ситуаций.

5. Многофункциональность автоматизированной системы. Функции различаются значимостью, требованиями к их реализации, составом используемых ресурсов. Каждой функции можно сопоставить свою подсистему из различных видов ресурсов. Подмножества ресурсов различных функций могут пересекаться, что обуславливает взаимозависимость по надежности этих функций.

6. Многоэтапность реализации функций. Обычно выполнение каждой функции включает в себя несколько достаточно четко выделяемых этапов (например, ввод запроса на рабочем месте оператора, передача его по элементам вычислительной сети, обработка на сервере и т.д.). На каждом этапе используется своя совокупность ресурсов.

7. Динамичный состав ресурсов, обеспечивающих выполнение конкретной функции. Перечень и объем требуемых ресурсов определяется содержанием запросов на выполнение функции, состоянием системы, ее загрузкой. Неиспользуемые ресурсы могут применяться для резервирования.

8. Автоматизированные системы обладают свойствами адаптации, самообучения и самоорганизации. Проявление этих свойств приводит к перестройке структуры системы и алгоритмов обработки информации, к изменению характеристик надежности системы. Эти изменения носят как случайный, так и целенаправленный характер.

9. Трудность формализации критериев безотказности, работоспособности, правильности функционирования в условиях реализации множества связанных функций, при наличии различного рода резервов (структурного, временного, функционального), возможностей по перестройке структуры и алгоритмов функционирования системы.

10. Наличие не только отказов, но и сбоев в ходе функционирования системы. Сбои технических средств трактуются как кратковременные, самоустраняющиеся отказы, не требующие внешнего вмешательства для восстановления работоспособности. Однако сбои технических средств могут приводить к существенным нарушениям информационного процесса (искажению обрабатываемых и хранимых данных, нарушению темпа их обработки и выдачи результатов, прекращению функционирования объекта), т.е. к отказам системы.

11. На надежность системы существенное влияние оказывают характеристики пользователей и обслуживающего персонала.

Отмеченные особенности значительно усложняют задачи исследования надежности АСОИУ.

### 3.2. Показатели надежности автоматизированных систем

Нормативные документы предписывают рассматривать автоматизированные системы как многофункциональные, проводить количественное описание надежности и ее оценку по каждой функции, а при необходимости осуществлять и анализ аварийных ситуаций [2].

При исследовании надежности АСОИУ каждой функции ставится в соответствие некоторая подсистема, состоящая из различных ресурсов. Оценка надежности выполнения функции производится путем оценки надежности соответствующей подсистемы. Одноименные показатели надежности различных подсистем могут подвергаться свертке с учетом значимости функции, частоты реализации и других факторов. Наиболее часто применяют аддитивную свертку показателей

$$Z = \sum_{i=1}^N \delta_i z_i, \quad \sum_{i=1}^N \delta_i = 1,$$

где  $Z$  и  $z_i$  – показатели надежности системы и  $i$ -й функциональной подсистемы соответственно;  $N$  – количество выделенных подсистем;  $\delta_i$  – удельный вес  $i$ -й функции в совокупности всех функций.

Каждая подсистема состоит из технических, программных и эргатических элементов, выделенных из всего состава системы по признаку участия в выполнении заданной функции. К средствам информационного, лингвистического, метрологического обеспечения автоматизированной системы понятие "функционирование" не применимо, поэтому не применимо к ним и понятие "надежности". Указанные средства влияют на надежность косвенно, через посредство технических, программных и эргатических элементов.

Номенклатура показателей надежности АСОИУ практически совпадает с перечнем показателей надежности технических средств и включает единичные и комплексные показатели. Причем применяемые показатели различаются для непрерывно и дискретно выполняемых функций. Дискретно выполняемая функция (Д-функция) это такая функция, которая начинает выполняться при поступлении заранее обусловленных запросов. Непрерывно выполняемая функция (Н-функция) это такая функция, реализацию которой можно считать постоянной, например вывод информации на устройство отображения.

Применительно к *Н-функциям* используют единичные и комплексные показатели безотказности и ремонтпригодности. Единичными показателями безотказности являются:

средняя наработка системы на отказ (среднее время безотказной работы) в реализации  $i$ -й функции  $T_{0,i}$ ;

вероятность безотказного выполнения системой  $i$ -й функции в течение заданного времени  $P_i(t)$ .

Допускается в качестве показателей безотказности применять параметр потока отказов и интенсивность отказов системы при выполнении  $i$ -й функции.

Показатели ремонтпригодности:

среднее время восстановления способности системы к выполнению  $i$ -й функции после отказа  $T_{в, i}$ ;

вероятность восстановления в течение заданного времени способности системы к выполнению  $i$ -й функции после отказа  $R_i(t)$ .

Основным комплексным показателем безотказности и ремонтпригодности является коэффициент готовности  $k_{г, i}$  системы к выполнению  $i$ -й функции.

Для Д-функций применяются только комплексные показатели надежности. К числу основных показателей относится вероятность успешного выполнения системой заданной функции при поступлении запроса на выполнение  $P_i$ . В некоторой степени этот показатель соответствует коэффициенту оперативной готовности.

Надежность автоматизированных систем должна быть охарактеризована и по аварийным ситуациям. Такие ситуации описываются с помощью единичных и комплексных показателей применительно к нормальным ситуациям и ситуациям, возникающим в случае воздействия некоторого заранее обусловленного экстремального фактора.

Описание долговечности осуществляется по системе в целом или по ее отдельным подсистемам с помощью таких единичных показателей как ресурс или срок службы.

Оценка надежности АСОИУ проводится применительно к различным компонентам системы:

только по комплексу технических средств. Обычно применяется на стадии проектирования при выборе технических средств и определении структуры системы;

по комплексу технических и программных средств. Применяется на стадии проектирования для уточнения структуры указанных средств, определения способов повышения надежности системы;

по комплексу технических средств и персоналу системы. Применяется при проектировании для выбора рационального варианта распределения функций между персоналом и техническими средствами;

по совокупности технических и программных средств, персоналу системы (комплексная оценка).

Показатели успешного выполнения функции обычно определяют в предположении независимости правильного функционирования технических средств, программного обеспечения и персонала соответствующей подсистемы. В частности, вероятность успешного выполнения некоторой  $i$ -й функции при поступлении запроса

$$P_i = P_{тс, i} P_{по, i} P_{п, i},$$

где  $P_{ТС,i}$ ,  $P_{ПО,i}$  – вероятность безотказной работы технических и программных средств соответственно;  $P_{П,i}$  – вероятность безотказной работы персонала во время реализации функции.

Такой подход является аналогом элементного подхода оценки надежности технических средств. Основное его достоинство состоит в возможности обеспечения моделей необходимыми исходными данными. Однако надежность технических средств нельзя исследовать без длительного исполнения некоторого комплекса программ. Замена комплекса программ приводит к изменению надежности технических средств из-за различий в широте и глубине использования возможностей аппаратуры. Программы различаются устойчивостью к сбоям и отказам технических средств, к ошибкам персонала. Поэтому разделить причины отказов на аппаратные, программные или ошибки персоналом оказывается весьма сложным делом.

Далее будут изложены основы надежности технических средств, программного обеспечения и персонала, а также общесистемные задачи обеспечения надежности функционирования АСОИУ.