

работы) системы, и как следствие, надежности самой системы, используются различные методы резервирования.

Резервирование является, пожалуй, одним из основных методов повышения надежности систем. Данный метод заключается в присоединении к элементу, блоку, узлу, связи и т.п. еще одного такого же дублирующего элемента. При этом, до выхода основного элемента из строя в функционировании системы участвует он. В случае же, если основной элемент выходит из строя, его место занимает дублирующий элемент.

В зависимости от того, в каком состоянии находился резервный элемент до его включения в работу подразделяют три вида резервирования:

- *нагруженный резерв* – резервные элементы находятся в том же состоянии, что и основные;
- *ненагруженный резерв* – резервные элементы находятся в выключенном состоянии;
- *облегченный резерв* – резервные элементы находятся в облегченном режиме функционирования.

В общем случае, чем ближе нагрузка резервных элементов к нагрузке основных, тем безболезненнее и быстрее происходит переключение функционирования с основных элементов на резервные.

Литература:

1. ГОСТ 27.002-89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. – М.: Госстандарт СССР, 1989. – 37 с. – URL: <https://kuzy.ucoz.com/27.002-89.pdf> (дата обращения 10.11.2025).

Сомов С.К.

Некоторые модели и методы оптимизации мониторинга технических систем

Аннотация: В докладе представлены некоторые модели и методы для решения задач мониторинга сложных технических систем.

Ключевые слова: сложные технические системы, датчики, индикаторы

С самых ранних периодов своего развития человечество использует различные приспособления и механизмы для облегчения своего труда. С течением времени сложность и разнообразие этих механизмов росло, росла и степень их влияния на все аспекты жизнедеятельности человека. А в индустриальную эпоху девятнадцатого – начала двадцатого веков произошло огромное ускорение в развитии техники и используемых простых и сложных технических систем и с тех пор только ускоряется.

В Толковом словаре русского языка Ушакова Д.Н. [1] для понятия «система» дается несколько определений, в том числе такие: «порядок, обусловленный правильным, закономерным расположением частей в определенной связи», «устройство, структура, представляющая собой единство закономерно расположенных и функционирующих частей». Понятие «система» до сих пор не имеет общепринятого определения, но на практике чаще всего пользуются, определением, данным в [1]: «Система – это множество взаимосвязанных элементов, обладающих общим (системным) свойством, не сводящимся к свойствам этих элементов». По аналогии с данным определением можно использовать следующее определение «Технической системы» (ТС) [2]: «Техническая Система – это совокупность упорядоченно взаимодействующих элементов, обладающая свойствами, не сводящимися к свойствам отдельных элементов и предназначенная для выполнения определенных полезных функций».

ТС можно классифицировать по большому количеству признаков или свойств: по размеру, сфере применения и назначения, по используемым технологиям и другим признакам. Одним из важных признаков классификации является сложность ТС. Существует ряд подходов к классификации систем по уровню сложности: например, классификация по объему информации, используемой для управления системой; по числу элементов, входящих в систему; по количеству возможных состояний системы в процессе ее функционирования. Например, одним из способов описания сложности ТС является оценка отношения числа

элементов, входящих в систему, и количества взаимозависимостей между ними.

Примером сложных систем может служить продукция информационных технологий – различные многопользовательские on-line системы по заказу авиа и железнодорожных билетов, системы управления движением воздушного транспорта, системы автоматизации банковского и страхового бизнеса и т.д.

Очевидно, что чем сложнее система, чем больше в ней элементов, чем сложнее и многочисленнее связи между элементами, тем более сложным является процесс анализа и прогнозирования состояния системы и ее управления, и тем большую потенциальную опасность представляет нарушение работоспособности системы. Например, риск угрозы информационной безопасности объектов информатизации может привести к серьезным последствиям (риск финансовых потерь банка и его клиентов при несанкционированном доступе к информационным ресурсам банка, угроза национальным интересам и безопасности государства).

При нарушении функционирования технической системы возможно не только прямое воздействие на окружающие объекты, но и опосредованное воздействие. Например, авария на нефтедобывающей платформе Deepwater Horizon 20 апреля 2010 в Мексиканском заливе [3] вызвала огромное количество экономических и экологических последствий. Так, в результате этой катастрофы было загрязнено 1770 километров побережья, без работы осталось около 150 тыс. рыболовов и работников ресторанов. Прогнозировались также потери в 23 миллиарда долларов США в туристической отрасли, в которой на тот момент было занято около 400 тыс. работников [3]. Огромные, непосредственные потери понесла и нефтедобывающая отрасль и компания BP, которой принадлежала платформа.

Потенциальные масштабы прямого и опосредованного ущерба от нарушения работоспособности сложных технических систем (СТС) привели к необходимости развития отраслей науки, посвященных обеспечению безопасности, надежности, живучести и отказоустойчивости сложных технических систем, а также изучению влияния СТС на окружающие объекты и другие системы.

С целью анализа и синтеза сложных технических систем были предложены различные формализованные модели таких систем,

которые позволяют проводить анализ состояния системы, распространения отклонений в работе системы, оценки надежности системы.

При проектировании сложных технических систем стали предусматривать системы мониторинга, которые позволяли бы при возникновении отклонений в работе системы прогнозировать их дальнейшее развитие, определять причины этих отклонений и выбирать оптимальные способы устранения не только отклонений в работе системы, но и причин их возникновения.

В зависимости от сложности ТС, ее назначения, условий эксплуатации и других характеристик, используют различные способы мониторинга состояния системы. Чем сложнее система, тем более затруднен непосредственный доступ к ее частям, подлежащим контролю. В таких случаях, и с целью непрерывного контроля состояния системы в реальном времени, в ТС внедряют индикаторы – устройства (датчики), способные регистрировать определенные параметры, по показаниям которых можно судить о состоянии системы.

В данной работе предлагаются формализованные модели распространения возмущений в СТС, поставлена задача оптимального размещения индикаторов в системе и предложены методы ее решения, предложены формализованные модели и методы сценарно-индикаторного подхода и показаны возможности его использования для комплексного анализа последствий реализации угроз в СТС.

Безопасность и надежность технических систем

С точки зрения задачи обеспечения безопасности функционирования сложной технической системы, целесообразно рассматривать три основных характеристики системы: *стойкость*, *живучесть* и *общая надежность*. Эти понятия по-разному характеризуют функционирование системы и взаимодействие системы с окружающей средой и влияние такого взаимодействия на саму систему и ее функционирование. Исследование перечисленных характеристик системы позволяет снизить риск возникновения нештатных и чрезвычайных ситуаций, приводящих к авариям и катастрофам СТС.

Одним из фундаментальных направлений развития науки в этом направлении стала теория надежности, изучающая и разрабатывающая методы обеспечения эффективной работы технических и других объектов в процессе их эксплуатации.

Становление теории надежности, как отдельного направления науки, в нашей стране произошло в середине пятидесятых годов, когда вышел сборник переводов зарубежных материалов под редакцией академика В.И. Сифорова. Несколько позднее были выпущены две книги, в которых собраны фундаментальные математические основы теории надежности [4].

Согласно В.И. Сифорову, *надежность* определяется как свойство системы (элемента системы), обусловленное главным образом ее *безотказностью* и *ремонтопригодностью* и обеспечивающее выполнение задания в установленном для системы (элемента) объеме.

Безотказность понимается, как свойство системы (элемента) сохранять *работоспособность* в течение заданного времени и определенных условиях эксплуатации.

Работоспособность – состояние системы (элемента), при котором она в данный момент времени соответствует всем требованиям, установленным в отношении основных параметров системы (элемента).

Ремонтопригодность – свойство системы (элемента), которое заключается в приспособленности ее к обнаружению и устраниению отказов, а также их предупреждению.

В работе [4] для определения понятия надежности используется понятие *качества*, как совокупность свойств, определяющих степень пригодности системы для использования по назначению. А под *надежностью* понимается способность системы сохранять качество при определенных условиях эксплуатации.

Таким образом, можно сказать, что *надежность* – свойство системы сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующие стационарное функционирование системы. Надежность – это комплексное свойство системы, зависящее от ее безотказности, ремонтопригодности, долговечности и т.д.

Способы повышения надежности и безопасности систем

К таким способам относятся следующие способы; дублирование, резервирование, структурно-технологические резервы, самовосстановление, диагностика, мониторинг.

При изучении и обеспечении безопасности функционирования технических систем необходимо решение задач, связанных как с недопущением или снижением риска возникновения НШС, так и снижением последствий НШС в случае их возникновения. Разрабатываются стратегии управления, позволяющие как для случаев возникновения НШС, так и для случаев выхода из строя отдельных элементов или их групп, призванные минимизировать негативные последствия НШС и снизить время, необходимое для выхода из НШС и восстановления функционирования системы.

В сложных многоэлементных системах к потенциально опасному происшествию могут приводить последовательные и/или совместные отказы различных элементов системы. Поэтому для повышения надежности элементов (вероятности безотказной работы) системы, и как следствие, надежности самой системы, используются различные методы резервирования.

Графовые модели. Декомпозиция

Теория надежности использует аппарат теории вероятностей и математической статистики. В зависимости от особенностей рассматриваемой системы и целей, преследуемых в задаче оценки надежности используют различные подходы к определению надежности системы и их комбинации.

Так, в случае, если систему удается разделить на составляющие, надежности которых известны, или можно вычислить с использованием некоторых методов, а также известны взаимосвязи между этими составляющими, используются структурные методы определения надежности системы. В таких случаях строят структурную схему системы, описывающую логические и причинно-следственные связи между состояниями элементов системы. Для оценки уровня безопасности функционирования технических систем используются такие понятия, как общая надежность, безотказность, работоспособность, ремонтопригодность, живучесть, стойкость. Для повышения уровня этих показателей используются различные меры на всех этапах их жизненного цикла. К таким мерам

можно отнести дублирование узлов, связей и агрегатов технических систем, резервирование ресурсов, обеспечение качественной диагностики, мониторинга и другие. Эффективная система мониторинга помимо сбора информации о работе системы для ее дальнейшей обработки, позволяет в потенциально опасных ситуациях, требующих точного и своевременного реагирования, обеспечить оператора системы, или АСУ.

Литература:

1. *Богданов А.А.* Всеобщая организационная наука: всеобщая организационная наука: в 2 книгах. – Москва: Экономика, 1989. – 304 с.
2. *Саламатов Ю.П.* Система законов развития техники (Основы теории развития Технических систем). – URL: <http://www.trizminsk.org/e/21101000.htm> (дата обращения 20.09.2025).
3. Big price tag for recovery of Gulf Coast. – URL: <http://www.webcitation.org/67pZyGIer> (дата обращения 20.08.2025).
4. Теория надежности в области радиоэлектроники: терминология: Общие понятия: Отказы: Резервирование: Параметры: Испытания / Акад. наук СССР. Ком. техн. терминологии. Ин-т радиотехники и электроники; [под общ. ред. чл.-кор. АН СССР В. И. Сифорова]. – Москва: Всесоюз. науч.-исслед. ин-т техн.-экон. исследований и информации по радиоэлектронике, 1962. – 15 с.

Мистров Л.Е.

Метод распределения разнородного ресурса для обеспечения конфликтной устойчивости взаимодействия организационно-технических систем

Аннотация: Предлагается метод распределения разнородного ресурса элементов активного и информационного воздействия для обоснования точек конфликтной устойчивости взаимодействия систем. Метод основывается на положениях теорий принятия решений, исследования операций, максимина и оптимального распределения ресурса.