

5. Иконников С.Е., Ермакова А.Е., Мао Цзэчэнь. Алгоритмы централизованного управления интеллектуальных транспортных систем / Интеллектуальные транспортные системы: Материалы IV Международной научно-практической конференции (Москва, 22 мая 2025 года). – М.: РУТ, 2025. – С. 201-204.

6. Иконников С.Е., Ц. Мао Интеллектуальные алгоритмы централизованного управления и их применение на железных дорогах КНР // Наука и техника транспорта. – 2025. – № 2. – С. 80-84.

Сомов С.К.

Безопасность и надежность сложных технических систем

Аннотация: В докладе рассматриваются методы повышения безопасности и надежности работы сложных технических систем различного масштаба и назначения

Ключевые слова: техническая система, ее надежность и безопасность, резервирование

Применительно к сложным техническим системам задачу обеспечения безопасности можно рассматривать как задачу обеспечения максимальной надежности функционирования системы с точки зрения минимизации степени нанесения ущерба здоровью и жизни людей, а также окружающей среде. Например, многие системы управления процессами на космических кораблях, должны обладать высокой степенью безопасности (надежности). Если такая управляющая система даже временно, на короткий срок, перестанет выполнять свои функции в заданных режимах, то это может привести к катастрофическим последствиям.

Надежность объекта, в том числе и сложной технической системы, в соответствии с [1], это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надежность – это комплексное свойство технической системы, включающее в себя совокупность свойств, таких как:

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторой наработки или в течение некоторого времени.

Ремонтируемость – свойство объекта быть приспособленным к предупреждению и обнаружению отказов и повреждений, к восстановлению работоспособности и исправности в процессе технического обслуживания и ремонта.

Долговечность – свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния с необходимым прерыванием для технического обслуживания и ремонтов.

Сохраняемость – свойство объекта непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения и (или) транспортировки.

В теории надежности используется количественная характеристика надежности объекта – показатель надежности, который характеризует то, в какой степени в объекте реализованы свойства, которые определяют надежность объекта.

Анализ данных свойств СТС позволяет снизить риски возникновения нештатных ситуаций, которые могут привести к авариям и даже катастрофам.

Теория надежности это одно из фундаментальных направлений развития науки, становление которой 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 [2]. Понятия теории надежности в скором времени были распространены и на другие, не технические системы, в частности, на программные средства.

Современные ТС представляют собой сложные системы, состоящие из множества взаимодействующих друг с другом разнородных элементов, число которых может достигать десятков и сотен тысяч. Это приводит к тому, что возрастают затраты на их производство и эксплуатацию. Кроме того, сама сложность ТС увеличивает риск возникновения НШС, аварий и катастроф при их эксплуатации. Поэтому модельные и экспериментальные

исследования ключевых характеристик сложных технических системы приобретает значительную актуальность.

Обеспечение безопасности СТС требует сопровождения систем по трем ключевым взаимосвязанным направлениям – *модельному, сценарному и экспериментному*.

Модельное сопровождение предполагает наличие взаимодополняющих и взаимосвязанных математических моделей, обеспечивающих формирование набора сценариев поведения исследуемой системы в различных режимах при различных условиях. Качественно сформированная база математических моделей позволяет обеспечить сценарный анализ СТС.

Важно отметить, что с использованием имеющегося набора математических моделей можно решать мониторинговые задачи, наделяя СТС структурно-интегрированными индикаторами, о чем идет речь в главе 4 данной работы.

Сценарное сопровождение представляет собой, во-первых, набор траекторий поведения системы (изменения показателей как элементов, так и системы в целом) от момента появления потенциальных угроз до полного выхода системы из строя. Во-вторых, сценарное сопровождение содержит алгоритмический блок принятия решений и управляемого перехода между различными сценариями поведения системы.

Экспериментальное сопровождение в задачах обеспечения эффективной безопасности призвано подтвердить и скорректировать результаты двух предыдущих направлений. Экспериментальное сопровождение включает в себя как компьютерные, так и стендовые эксперименты с полным или частичным аппаратным обеспечением.

При проектировании СТС предусматривают использование систем мониторинга, которые позволяют 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.

К способам повышения надежности и безопасности систем можно отнести следующие: дублирование, резервирование, структурно-технологические резервы, самовосстановление, диагностика, мониторинг.

Общепринятыми методами повышения надежности технических объектов являются различные способы резервирования. Под резервированием понимается метод обеспечения надежности, состоящий в применении дополнительных средств и возможностей с целью сохранения работоспособности объекта при отказе одного или нескольких его элементов или нарушении связей между ними. Резервирование используется, как правило, в тех случаях, когда прочие методы (снижением интенсивности отказов элементов, улучшение ремонтопригодности) оказываются недостаточными или неприменимыми в силу условий эксплуатации объекта. Основой резервирования является введение избыточности в различных аспектах функционирования системы (структурной, параметрической и т.д.). Существует несколько различных способов резервирования, в том числе: структурное, временное, функциональное, информационное, нагрузочное [1].

При изучении и обеспечении безопасности функционирования технических систем необходимо решение задач, связанных как с недопущением или снижением риска возникновения (нештатных ситуаций) 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.

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.