

УДК 004.94+681.51

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СТРУКТУРНО-СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ОЦЕНКИ НАДЕЖНОСТИ, БЕЗОПАСНОСТИ И ПЕРЕКЛЮЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

**И. С. Петухов,**

ассистент

**Н. Н. Смирнова,**

канд. техн. наук, доцент

Балтийский государственный технический университет «Военмех» им. Д. Ф. Устинова

*Определяются требования к моделям, позволяющим анализировать надежность и безопасность сложных технических систем в аварийных ситуациях и выполнять эффективное переключение технических средств. Проводится анализ существующих подходов к построению таких моделей, рассматриваются их недостатки, описывается лишенный этих недостатков комплексный подход и разработанный впервые алгоритм поиска вариантов переключения.*

*The requirements for models that perform reliability and safety analysis of complex technical systems in emergency conditions and provide guidelines for effective switching of equipment are defined. The article includes an analysis of the known modeling approaches, reveals their disadvantages, describes a complex approach that doesn't have these disadvantages, and suggests an original brand new algorithm of equipment switching.*

### Введение

Современные промышленные предприятия — объекты энергетики, нефтегазовой отрасли, химической промышленности — представляют собой структурно-сложные технические системы (ССТС). Комплексный подход к обеспечению безопасности функционирования таких объектов приводит к тому, что вероятность возникновения аварий на них оказывается меньше, чем для относительно простых систем, но последствия возникновения таких аварий существенно более масштабны. Дальнейшее повышение безопасности функционирования ССТС возможно по четырем направлениям.

1. Повышение надежности отдельных элементов и их соединений. К сожалению, данное направление имеет серьезные ограничения, вызванные радикальным увеличением стоимости изготовления высоконадежных изделий.

2. Создание моделей прогнозирования отказов и своевременная (профилактическая) замена элементов в соответствии с рекомендациями, получаемыми в рамках этих моделей. Несмотря на то что данное направление достаточно активно развивается, до сих пор многие модели позволяют проводить моделирование только в предположении экспоненциального закона распределения (что приводит к завышению надежности элементов)

и не учитывают цензурированные наработки (что снижает точность и достоверность получаемых оценок). Указанные недостатки, приводящие к существенному искажению результатов моделирования, были успешно устранены при разработке рассматриваемой комплексной модели.

3. Создание моделей оценки надежности и безопасности функционирования ССТС в целом [1–5]. В рамках данного направления на сегодняшний день создано достаточно много моделей, но большинство из них позволяют использовать для расчетов только вероятности, закладываемые разработчиком или пользователем модели, не предоставляя возможности использовать расчетные вероятности, получаемые на основе статистики отказов элемента. Кроме этого, поскольку точный расчет показателей надежности и безопасности для технических систем большой размерности может занимать очень много времени, многие модели неприменимы из-за отсутствия алгоритмов приближенного расчета. Разработанная модель, в силу комплексного подхода к расчету надежности и безопасности, данными недостатками не обладает и позволяет достичь требуемого баланса между точностью и скоростью расчета благодаря исключению из рассмотрения некоторого подмножества множества кратчайших путей успешного функци-

онирования<sup>1</sup>, принадлежность путей к которому определяется на основе нескольких критериев. Это является одним из существенных достижений, поскольку становится возможным расчет показателей надежности и безопасности таких ССТС, которые в принципе не могли быть рассчитаны ранее за разумное (требуемое) время.

4. Создание моделей переключения технических средств ССТС, помогающих управляющему персоналу в принятии решений при возникновении чрезвычайных ситуаций [6, 7]. В рамках данного направления основной является задача минимизации последствий аварии в предположении, что она произошла. Тема моделирования переключений технических средств исследована менее полно, чем упомянутые выше, поэтому при решении задачи построения комплексной модели ССТС этому направлению уделялось особое внимание, что нашло отражение в разработанном впервые универсальном методе переключения технических средств, лишенном основных недостатков известных методов и методик.

Таким образом, все известные модели, развиваемые в рамках последних трех направлений, обладают рядом ограничений с точки зрения применимости и допущений с точки зрения точности выполняемых расчетов. Кроме этого, зачастую модели развиваются независимо друг от друга, и возникает проблема их объединения для комплексного подхода к безопасности ССТС. Поэтому создание более точных моделей с меньшими ограничениями по применимости, а также комплексных моделей безопасности ССТС является в настоящее время актуальной задачей.

Для решения перечисленных проблем разработана комплексная модель ССТС и выполнена эффективная программная реализация. Основные усилия были направлены на уменьшение времени выполнения расчетов при сохранении достаточной для практических применений точности [3, 7]. Результатом явилась возможность оперативно оценивать надежность и безопасность ССТС и решать задачи переключения технических средств в таких системах.

Для получения более полного представления о разработанной модели, ее достоинствах и недостатках следует рассмотреть лежащее в ее основе концептуальное понятие семантической объектной сети (подробнее описанное в работах [8–10]).

### Использование семантической объектной сети для моделирования ССТС

Классическим способом моделирования ССТС является ее представление в виде графа, вершинами которого являются элементы технической си-

<sup>1</sup> Кратчайший путь успешного функционирования — это конъюнкция элементов системы, ни одну из компонент которой нельзя изъять, не нарушив условия функционирования системы [1].

стемы, а дугами описываются физические соединения между элементами. Такой подход оказывается достаточно простым в реализации, но он не позволяет описывать свойства физических связей и различные логические зависимости между элементами, что приводит или к возникновению различных надстроек над моделью (в некоторой степени нивелирующих ее недостатки, но жестко связанных с самой моделью), или к созданию в значительной степени упрощенной модели. Применение семантических объектных сетей для моделирования ССТС позволяет создавать комплексные модели, лишенные перечисленных выше недостатков.

Вводимое понятие — семантическая объектная сеть — это способ описания семантики предметной области при помощи объектов и связей, описывающих взаимоотношения между объектами. Свойства объектов и связей в такой сети могут быть совершенно произвольными, зависящими только от конкретного типа объекта или связи. Все связи в такой сети являются двусторонними, могут описывать как физические, так и логические взаимоотношения между объектами.

Самой важной особенностью моделирования ССТС с использованием семантических объектных сетей является возможность описания логических связей между объектами. Это позволяет создавать максимально приближенные к реальности модели с минимальной привязкой к конкретике моделируемой системы. И, что еще более важно, эти модели оказываются крайне гибкими, наглядными и простыми в создании. Простота объясняется тем, что вся система представляется в виде набора схем, причем схемы могут создаваться несколькими людьми, наиболее компетентными в предметных областях, описываемых этими схемами. Ключом к наглядности моделей является иерархичность схем, позволяющая делить модель на части и рассматривать их по отдельности. Гибкость моделей достигается тем, что все ограничения, условия и зависимости описываются в рамках самой семантической объектной сети, а не посредством дополнительных надстроек. И все эти зависимости могут корректироваться, добавляться и удаляться конечным пользователем модели, а не ее разработчиком. Это позволяет минимизировать привязку к конкретной моделируемой системе и получить универсальное средство для решения различных практических задач.

Дополнительные преимущества моделирования ССТС с использованием семантических объектных сетей заключаются в возможности:

- 1) кэширования результатов, благодаря чему уменьшается время расчета в случаях повторяющихся вычислений характеристик отдельных элементов;
- 2) объединения различных по своей природе моделей (например, модели надежности и модели переключения технических средств);

3) создания нескольких визуальных представлений на основе одного описания.

Описание структуры системы — это достаточно длительный процесс, неизбежно сопровождающийся ошибками и неточностями. Разрабатываемые до настоящего времени модели не использовали в полной мере возможности по облегчению составления описания структуры системы и проверки его правильности, несмотря на рост производительности современных ЭВМ. Модель на основе семантической объектной сети позволяет описывать различные подсистемы ССТС по отдельности и поддерживает любую произвольную иерархию подсистем, упрощая тем самым описание, верификацию и модернизацию схемы структуры ССТС. Возможности задания графических изображений для различных типов элементов ССТС и изменения вида связей между ними улучшают зрительное восприятие разрабатываемой схемы системы.

### Моделирование переключения технических средств ССТС

Современные ССТС настолько сложны, их подсистемы и механизмы настолько технологически взаимосвязаны, что одному оператору физически невозможно осознать все происходящие в них процессы. В таких системах крайне актуальна проблема получения информации для принятия эффективных решений по переключению технических средств в аварийных ситуациях. Для ее решения необходима некоторая модель, позволяющая анализировать техническую систему в целом и определять следующую информацию:

- 1) перечень управляющих воздействий, предназначенных для локализации аварийных участков системы;
- 2) состояние технических средств системы после локализации аварийного участка;
- 3) ограничения на использование технических средств, обусловленные фактическим их состоянием после аварии;
- 4) перечень управляющих воздействий, предназначенных для перевода системы в целевое состояние.

Допустимое время получения информации в ряде случаев не должно превышать нескольких секунд, поэтому такая модель должна оперативно предоставлять всю необходимую информацию.

Существует множество работ, посвященных вопросам поддержки принятия решений при возникновении аварийных ситуаций в ССТС. Однако большинство из них рассматривают какой-то один процесс управления какой-либо одной системы или одно из мероприятий в рамках своей частной задачи или методики, например задачи эксплуатации ядерных реакторов, турбин, двигателей внутреннего сгорания, энергетических систем и систем, их обслуживающих, и т. д. Наиболее полно проблема получения рекомендаций по переключениям применительно к ССТС исследована

в работе [6], где рассматривается не частная задача улучшения живучести какой-либо одной корабельной системы, а общая задача управления обеспечением живучести комплекса из всех корабельных систем. Автором разработан алгоритм «Энергия», позволяющий в кратчайшее время выработать единое скоординированное по всей сложной технической системе решение на переключения в ней с целью локализации аварии и максимально возможного поддержания работоспособности технических средств при произвольной комбинации повреждений.

К сожалению, предложенное решение не лишено недостатков. Во-первых, все элементы в модели технической системы имеют только два состояния — работоспособно и неработоспособно. Совершенно не принимаются в рассмотрение различные режимы работы элементов, не учитывается то, что неработоспособных состояний может быть несколько (например, клапан может быть заблокирован в открытом или в закрытом положении, что оказывает большое влияние на получаемое решение).

Во-вторых, связи между элементами искусственно разбиваются на два множества — основные и резервные. При этом приоритеты ввода в действие резервных связей задаются достаточно жестко, и единственный способ их изменения — через таблицу варьирования приоритетов, требующую заполнения комбинаций возможных состояний различных связей, при которых происходит смена приоритета. Такое решение оказывается слабо масштабируемым для случая действительно больших систем, поскольку требует рассмотрения множества возможных комбинаций состояний связей.

В-третьих, приоритеты ввода в действие различных элементов задаются также достаточно жестко, и смена приоритетов производится в случае одновременной неработоспособности нескольких (заранее заданных) элементов. Такое решение также нельзя назвать масштабируемым, поскольку оно требует полного анализа возможных комбинаций повреждений.

Для устранения этих недостатков была разработана модель переключения технических средств, позволяющая проводить моделирование для всех классов систем, отдельные элементы которых удовлетворяют следующим условиям:

- 1) известно количество входов и выходов;
- 2) известны существенные характеристики входов и выходов;
- 3) непрерывное множество состояний элемента можно аппроксимировать относительно небольшим множеством дискретных состояний;
- 4) для каждого дискретного состояния известны значения характеристик входов и выходов (конкретные значения или диапазоны).

Разработанный метод моделирования переключения технических средств предполагает, что все элементы ССТС разделяются по типам, при этом тип задает допустимый набор свойств элемента

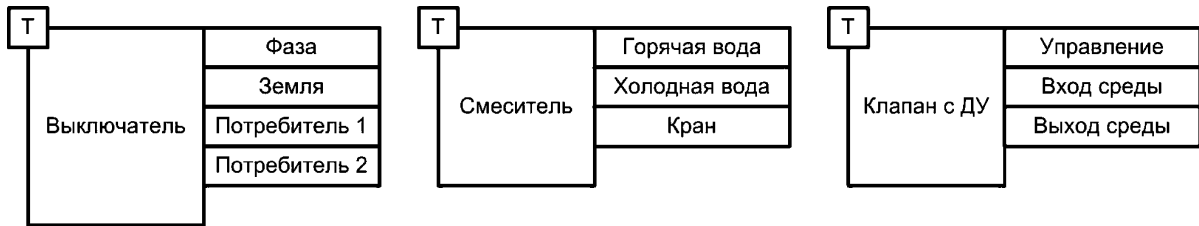


Рис. 1. Пример различных типов элементов

и допустимый набор портов (входов и выходов). Модель строится из типизированных элементов, а все связи между элементами регламентируются допустимыми наборами портов этих элементов. Например, обычный двухканальный электрический выключатель может быть задан как тип, имеющий два входных и два выходных порта, бытовой смеситель горячей и холодной воды — как тип с двумя входными и одним выходным портом, клапан топливной системы с дистанционным управлением (ДУ) заслонкой — как тип с двумя входными и одним выходным портом (рис. 1).

Каждый элемент может иметь любое число допустимых состояний  $S_o$ , каждое из которых уникально и задается множеством  $S_o = \{N, P\}$ , где  $N$  — название состояния;  $P$  — множество состояний портов элемента в состоянии  $S_o$ . Состояние каждого порта задается множеством  $S_p = \{D, S\}$ , где  $D$  — направление работы порта («вход», «выход», «двунаправленный»);  $S$  — состояние порта («задействован», «не задействован», «неопределенное состояние»). При необходимости увеличения реалистичности моделирования множество состояний порта  $S$  может быть расширено при обязательном соблюдении условий 3 и 4, предъявляемых к элементам. Как правило, такое расширение необходимо только для достаточно сложных элементов, составляющих небольшое количество от общего числа элементов системы, поэтому не оказы-

вает существенного влияния на время создания модели и собственно время моделирования переключения.

В качестве простейшего примера рассмотрим состояния элемента и состояния его портов для клапана с ДУ, в котором направление работы портов не меняется в зависимости от состояния (рис. 2).

Входами данного типа элемента являются «управление» и «вход среды» (отмечены символами «>>»), а единственным выходом — «выход среды» (отмечен символами «<<»). Задействованные порты обозначены знаком «+», незадействованные — знаком «-», а порты с неопределенным состоянием — знаком «?». Таким образом, например, значения портов в состоянии «закрит и управляем» могут быть интерпретированы следующим образом: «Управление клапаном работает, среда может подаваться или не подаваться на вход клапана, но на выходе клапана среды нет».

Допустимые переходы между состояниями показаны на рисунке при помощи стрелок. Например, если предположить, что в настоящий момент клапан находится в закрытом состоянии и управление на него не подается, а целевым состоянием клапана является «открыт и управляем», то из рисунка становится понятно, что такой переход возможен только через промежуточное состояние «закрит и управляем». При выполнении данного перехода состояния портов будут меняться, и в ко-

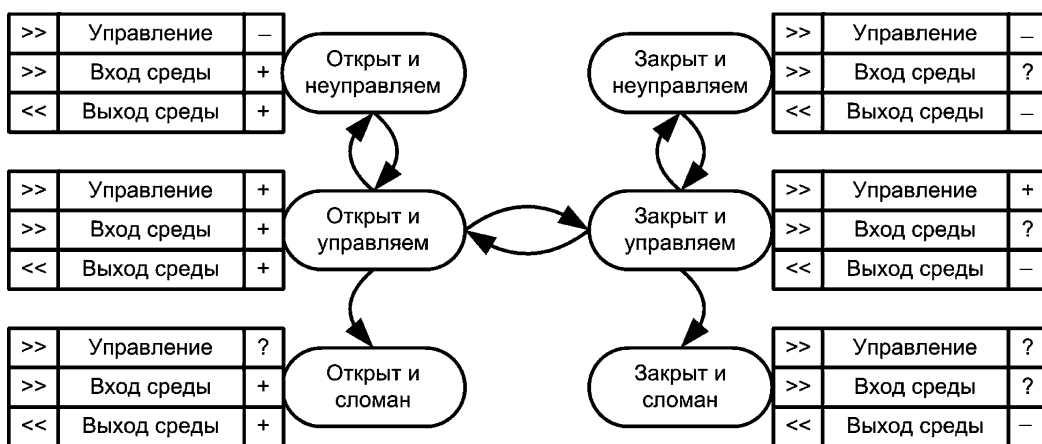
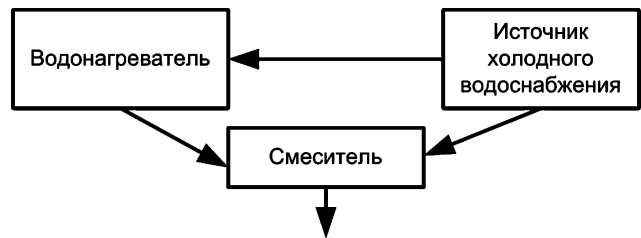


Рис. 2. Пример состояний элемента и его портов

нечном состоянии все порты клапана окажутся задействованными (если переход состоится).

В каждом состоянии элемента все порты обладают порядковым номером переключения, который позволяет изменять состояние портов элемента в строгом соответствии с реальным процессом. Например, для водонагревателя существует жесткое ограничение — не включать нагревательный элемент, пока не подается вода. Нумерация портов позволяет легко смоделировать эту особенность элемента. Для клапана с ДУ, приведенного на рис. 2, также должна быть задана такая последовательность, поскольку очевидно, что переключение клапана из открытого состояния в закрытое и наоборот возможно только после того, как будет обеспечено управление.

Для описания переходов между состояниями элемента использовалась теория конечных автоматов с дополнительно введенным понятием не прямых переходов. Непрямые переходы между состояниями — это такая последовательность одиночных (прямых) переходов, которая позволяет из исходного состояния достичь целевого. Каждый переход характеризуется приоритетом и затрачиваемым временем, а также может иметь ряд произвольных свойств, например рекомендацию эксперта по осуществлению такого перехода. Непрямых переходов между двумя состояниями может быть несколько, поэтому расширенная модель ко-

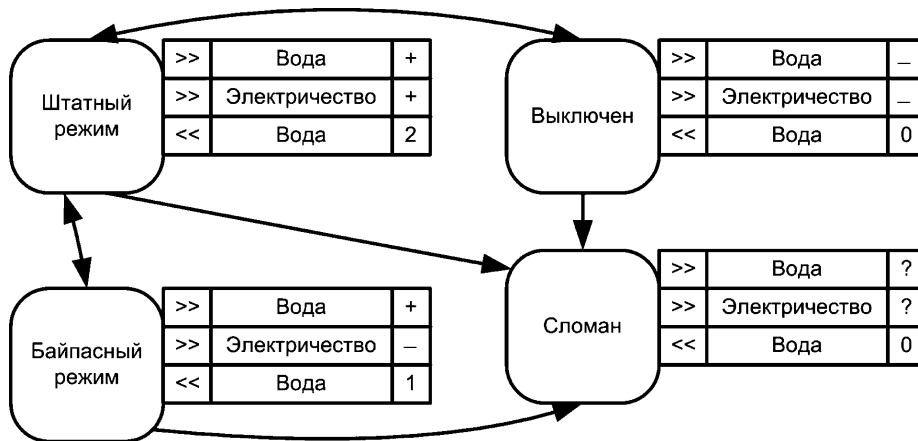


■ Рис. 3. Схема подключения водонагревателя

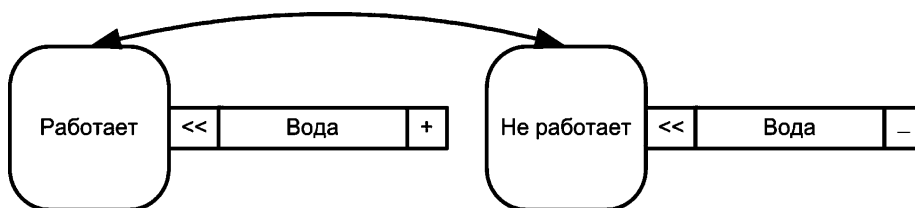
нечного автомата позволяет найти все такие переходы и упорядочить их по некоторому критерию (например, по количеству промежуточных состояний, по конъюнкции приоритетов одиночных переходов, по совокупному времени одиночных переходов или любому другому критерию, в том числе комплексному).

Рассмотрим более сложный пример, в котором множество состояний  $S$  некоторых портов элементов расширено и состоит более чем из трех базовых значений. Схема подключения электрического водонагревателя к бытовой системе водоснабжения (рис. 3) включает «источник» водоснабжения — водопроводную трубу, а также «потребителя» — смеситель для холодной и горячей воды.

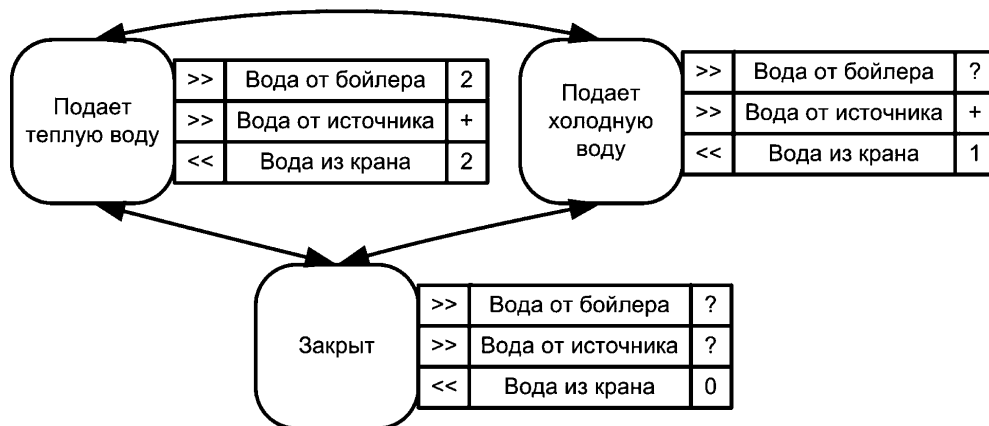
Состояния всех перечисленных на рис. 3 элементов и их порты показаны на рис. 4–6, при этом для состояний портов использованы следующие



■ Рис. 4. Состояния водонагревателя и его портов



■ Рис. 5. Состояния источника холодного водоснабжения и его портов



■ Рис. 6. Состояния смесителя и его портов

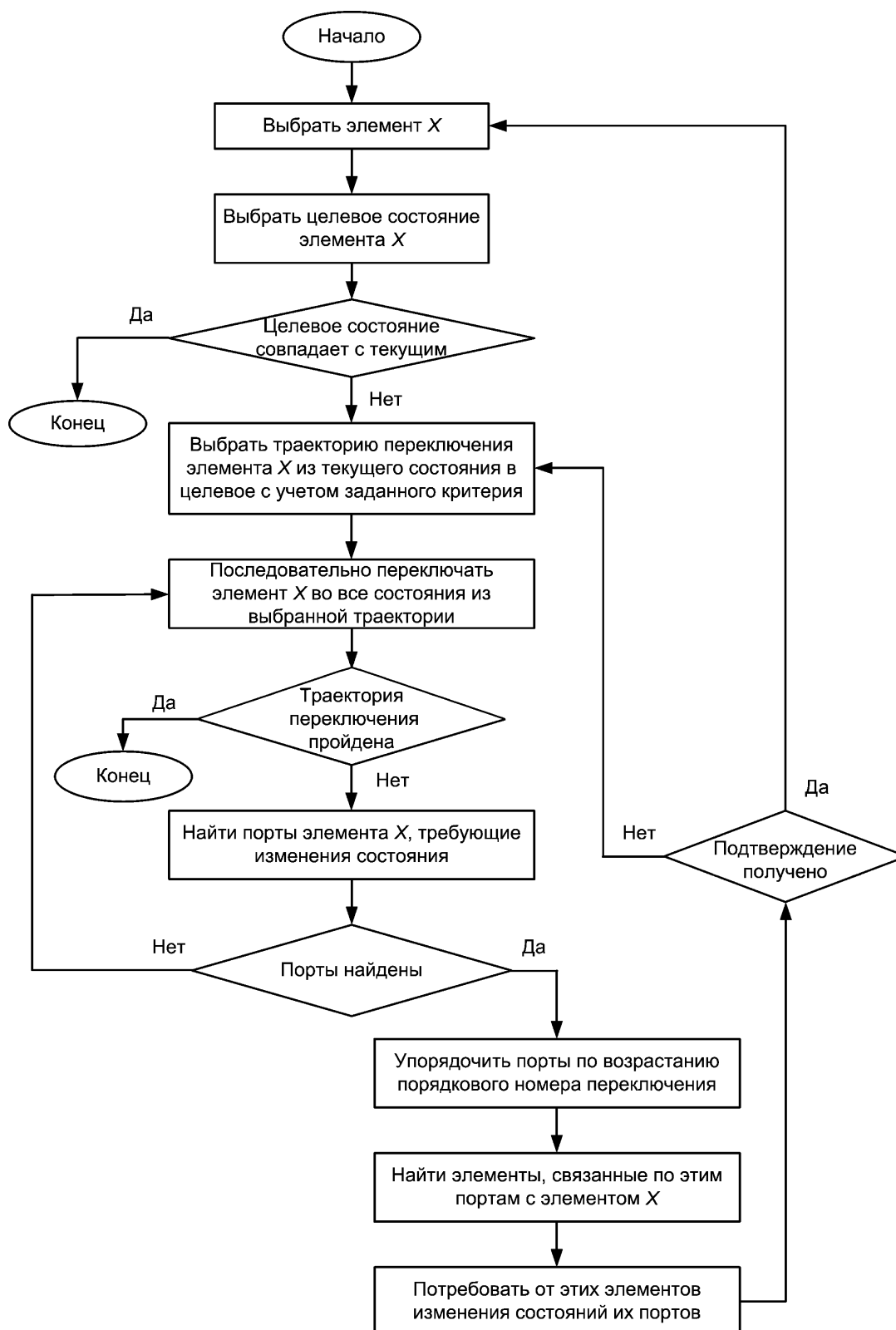
обозначения: «+» для задействованных портов, «-» для незадействованных, «?» для портов с неопределенным состоянием, «0» для портов без воды, «1» для портов с холодной водой, «2» для портов с теплой водой.

В качестве примера моделирования рассмотрим эту простую схему в предположении, что источник водоснабжения работает, водонагреватель выключен, а смеситель закрыт. Предположим, что необходимо обеспечить теплую воду из крана смесителя, и рассмотрим поведение модели в такой ситуации. Модель подает требование смесителю перейти в состояние, в котором порт «вода из крана» находится в состоянии «2». Смеситель находится в состоянии «закрыт», указанный в требованиях порт находится в состоянии «0», поэтому он производит поиск всех возможных переходов (в том числе не прямых) в состояние, в котором порт «вода из крана» имеет значение «2». Из рис. 6 очевидно, что существует два таких перехода. Предположим, что в качестве критерия переходов используется количество промежуточных состояний, тогда будет выбран прямой переход в состояние «подает теплую воду». Из рис. 6 видно, что при этом переходе будут изменены состояния всех портов смесителя. Поскольку порт «вода из крана» является целевым, смеситель должен будет провести попытку переключения состояний для двух своих оставшихся портов. Если предположить, что в состоянии «подает теплую воду» порт «вода от источника» имеет наименьший порядковый номер переключения (наивысший приоритет), то смеситель в первую очередь произведет попытку переключения по этому порту. В рассматриваемом примере это будет означать обращение по этому порту к источнику холодного водоснабжения с требованием задействовать порт «вода» (см. рис. 3). Источник холодного водоснабжения выполнит это требование без собственных переключений, поскольку его выход уже находится в требуемом состоянии (см. рис. 5). После получения подтверждения от источника холодного водоснабжения

о возможности выполнения переключения смеситель обратится к водонагревателю с требованием перевести выходной порт «вода» в состояние «2». Водонагреватель имеет только одно состояние («штатный режим»), в котором это требование может быть выполнено (см. рис. 4), и для перехода в это состояние существует только один прямой переход. Для перехода в состояние «штатный режим» водонагревателю потребуется переключить состояния для двух входных портов — «вода» и «электричество». Как было упомянуто, первым должно быть выполнено переключение по порту «вода», иначе водонагреватель выйдет из строя. Для этого водонагреватель обратится к источнику холодного водоснабжения с требованием задействовать порт «вода» и получит подтверждение, поскольку источник уже находится в подходящем состоянии (см. рис. 5). Далее водонагреватель обратится к источнику электроэнергии с требованием задействовать выход «электричество» (см. рис. 4), и если он получит подтверждение, переключение будет выполнено.

Рассмотренный пример был намеренно максимально упрощен, чтобы показать основные принципы выполнения переключений. Для проведения полноценного моделирования схема на рис. 3 должна быть дополнена не только источником электроэнергии, но и необходимыми коммутационными элементами — водопроводными трубами, тройником для разделения потока воды от источника холодного водоснабжения, вентилем для перекрытия воды, электрическим выключателем для бойлера и электрическими проводами. Эти элементы представляют собой предельно простые устройства с минимальным набором состояний, поэтому их добавление не нарушит общей логики выполнения переключения.

При возникновении некоторой аварийной ситуации для рассмотренного примера последовательность переключений также достаточно проста. Предположим, что по каким-то причинам источник холодного водоснабжения выходит из строя и перестает подавать воду. В таком случае



■ Рис. 7. Обобщенный алгоритм поиска варианта переключения

для минимизации последствий аварии водонагревателю поступит требование перейти в состояние, в котором входной порт «вода» находится в состоянии «0». Из рис. 4 видно, что таких состояний два, и здесь начинает иметь значение критерий оценки переходов. С точки зрения приоритета переходов, интуитивно понятно, что более высокий приоритет должен иметь переход в состояние «выключен» (это определяется разработчиком модели), но на самом деле не все так однозначно. При выполнении переключений с целью минимизации последствий аварии пользователь может выбрать в качестве критерия оценки переходов время их выполнения, и в таком случае может быть выбран переход с меньшим приоритетом, но и с меньшим временем выполнения перехода. В рассматриваемом примере, если время перехода водонагревателя в состояние «сломан» будет меньше времени перехода в состояние «выключен», моделью будет рекомендовано сломать его, а не выключить. Для рассматриваемого примера такая ситуация может показаться абсурдной, но для сложных технических систем, представляющих опасность для окружающей среды и человека, такое поведение может быть оправдано.

Таким образом, разработанная модель переключения технических средств представляет собой множество взаимосвязанных типизированных элементов, и каждый элемент обращается к конечному автомату, соответствующему типу элемента, для поиска вариантов переключения, приводящих все порты элемента к требуемому состоянию. Для выбора инициирующего переключения для некоторого выбранного элемента модель предлагает следующие возможности:

- 1) получение текущего состояния выбранного объекта;
- 2) получение всех возможных состояний заданного объекта;
- 3) получение состояний всех портов для любого состояния заданного объекта.

После выполнения переключения модель позволяет получить перечень переключений, необходимых для обеспечения выбранного состояния заданного объекта или группы объектов.

Для описания возможных состояний элементов и их портов в разработанной модели использу-

ется семантическая объектная сеть [9]. Это позволяет упростить описание за счет использования сквозной технологии и дает возможность сравнительно простой доработки и адаптации модели. Обобщенный алгоритм поиска варианта переключения приведен на рис. 7.

Разработанная модель обладает хорошими показателями быстродействия. Тестирование на автоматически сформированных структурах систем с более чем 2 млн элементов показало, что в худших случаях, когда для выполнения требуемого переключения необходимо переключить все остальные элементы системы, время получения решения составляет менее 1 мин на современных ЭВМ. Для систем, состоящих из 20–40 тыс. элементов, время выполнения переключения составляет около 1 с в худшем случае; время получения решения для типового переключения составляет доли секунды.

К плюсам предлагаемого решения можно отнести возможность обеспечения целостности модели (за счет введения понятия «тип элемента» и учета портов элементов), достаточно высокую степень точности для рассматриваемой цели моделирования, хорошую гибкость и масштабируемость. Недостатком модели можно считать высокую трудоемкость ее создания по сравнению с моделями, учитывающими только два состояния элементов. Потенциальному пользователю модели необходимо принять решение, какая точность моделирования подходит для его задач, и выбрать соответствующую модель.

### Заключение

В современных автоматизированных системах и системах автоматизированного проектирования прослеживается тенденция все более полного использования возможностей ЭВМ. Увеличение сложности систем приводит к тому, что человек все чаще используется только для утверждения принятых решений, поскольку не в состоянии оперативно оценивать имеющиеся объемы информации о системе. Эта проблема особенно актуальна для ССТС, и разработанные модели надежности, безопасности и переключения технических средств представляют собой очередной шаг на пути к ее полному решению.

### Литература

1. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб.: Политехника, 2000.
2. Можяев А. С. Современное состояние и некоторые направления развития логико-вероятностных методов анализа систем // Теория и информационная технология моделирования безопасности сложных систем. СПб.: ИПМАШ РАН, 1994. Вып. 1. С. 23–53.
3. Петухов И. С. Автоматизированная система структурно-логической оценки показателей надежности и риска объектов энергетики // Проблемы информатики в образовании, управлении, экономике и технике: Сб. ст. IV Всерос. науч.-техн. конф. Пенза, 2004. С. 154–156.
4. Программный комплекс Relex. Relex Software Corp., <http://www.relexsoftware.de/>
5. Программный комплекс Risk Spectrum. Relcon AB, <http://www.riskspectrum.com/>
6. Ярошенко А. В. Методология координированных переключений (универсальные методы анализа больших сложных технических систем) / ВМА. СПб., 2004.



7. Петухов И. С. Алгоритм переключения технических средств сложных технических систем в аварийных ситуациях // Третьи Уткинские чтения: Сб. ст. Общероссийской науч.-техн. конф. Санкт-Петербург, 2007. Т. 2. С. 47–50.
8. Петухов И. С. Технология построения семантической объектной сети и ее отображение во внешнее хранилище данных // Инфокоммуникационные технологии в науке, производстве и образовании: Вторая Междунар. науч.-техн. конф. Ставрополь, 24–28 апреля 2006. С. 238–239.

9. Петухов И. С. Описание конечных автоматов с помощью семантической объектной сети // Искусственный интеллект в XXI веке. Решения в условиях неопределенности: IV Междунар. науч.-техн. конф. Пенза, 2006. С. 29–31.
10. Петухов И. С. Применение семантических объектных сетей при моделировании сложных технических систем // Актуальные вопросы ракетно-космической техники и технологий: Сб. тр. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых БГТУ. СПб., 2007. Вып. 5. С. 192–193.

**III ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ  
«ПРОБЛЕМЫ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ  
МИКРО- и НАНОЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ-2008» (МЭС-2008)  
6–10 октября 2008 г.**

**Организатор и проводящая организация**  
Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН

**Соорганизаторы конференции**  
Московский государственный институт электронной техники (Технический университет) ФГУП «НИИ микроэлектронной аппаратуры “Прогресс”»

**Направления работы конференции**  
Теоретические аспекты проектирования микро- и наноэлектронных систем (МЭС)

Системы на кристалле перспективной РЭА  
Опыт разработки цифровых, аналоговых, цифроаналоговых, радиотехнических функциональных блоков СБИС

Методы и средства автоматизации проектирования микро- и наноэлектронных схем и систем (САПР СБИС):

- проектирование цифровых СБИС;
- проектирование аналоговых и радиотехнических функциональных блоков СБИС;
- проектирование СБИС со смешанными сигналами;

- методы структурного синтеза аналоговых, цифровых и смешанных СБИС и СФ блоков;

- системы на кристалле;
- наноразмерные схемы и системы;
- микромеханические системы;
- специализированные (стойкие к спецвоздействиям и т. п.) СБИС;

- фоточувствительные СБИС;
- методы цифровой обработки информации;
- методы высокоуровневого моделирования;
- методы логического синтеза и логического моделирования в САПР СБИС;

- методы электрического моделирования в САПР СБИС;

- методы аналогового и смешанного поведенческого моделирования;

- методы моделирования радиотехнических СБИС;

- методы генерации моделей для САПР СБИС;
- методы автоматизации топологического проектирования в САПР СБИС;

- методы приборно-технологического моделирования;

- методы моделирования межсоединений;
- методы проектирования и моделирования новых приборных структур и схем наноэлектроники

- Выставка и презентация коммерческих продуктов
- Форум диссертационных работ

**Контрольные сроки**

Прием докладов до 15.01.2008

Рецензирование докладов и принятие решения о включении доклада в программу конференции до 15.03.2008

Информация авторам о включении доклада в программу конференции до 30.03.2008

Прием финальной версии доклада до 15.05.2008

Приезд участников 06.10.2008

Презентация коммерческих продуктов 06.10.2008

Выставка коммерческих продуктов 06–07.10.2008

Открытие конференции 7.10.2008

Заккрытие конференции 10.10.2008

Отъезд участников 10.10.2008

**Рабочий язык конференции**

Русский

**Дополнительная информация и справки**

124681, Москва, ул. Советская, д. 3, Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН, Оргкомитет МЭС-2008, Борискин Вячеслав Степанович

Тел.: 8-499-729-9569

Факс: 8-499-729-9208

Эл. почта: [boriskin@ippm.ru](mailto:boriskin@ippm.ru)

Организационный комитет