

# Запобігання та ліквідація надзвичайних ситуацій

УДК 621.311.25:519.816

П.Ф. Буданов, К.Ю. Бровко

*Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков*

## СИНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К РАЗРАБОТКЕ МОДЕЛИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ОПЕРАТИВНЫМ ПЕРСОНАЛОМ АЭС В НЕШТАТНЫХ СИТУАЦИЯХ

*В статье рассмотрены этапы принятия решения оперативным персоналом атомных электростанций в штатных и нештатных ситуациях для различных режимов функционирования при выявлении динамики изменения технологических параметров, которые ведут к возникновению неисправностей, аварий и катастроф, для этого разработана схема основных этапов моделирования автоматизированного обучающего средства – тренажера и предложена структурно-функциональная схема действий оператора по принятию решений с помощью аппаратно-программных средств и модульных сценариев, интегрированных в модели – тренаже автоматизированного обучающего средства – тренажера, предложен новый подход при рассмотрении информационного пространства количественных и качественных характеристик технологических параметров энергообъектов с использованием кластерного анализа на основе аппарата теории фракталов.*

**Ключевые слова:** модель и алгоритм принятия решений, модель тренажа и тренажера, кластерный анализ и фрактальная размерность информационного пространства.

### Введение

**Постановка проблемы и анализ публикаций.** Управление атомными электростанциями (АЭС) осуществляется высококвалифицированным оперативным персоналом с помощью автоматизированных систем управления и систем поддержки принятия решений.

Анализ научно-технической и специальной литературы [1 – 4] показал, что в ядерной энергетике большая часть тяжелых аварий (до 60...80% общего числа) связана с ошибками оперативного персонала (ОП), а в особенности с его специальной технической подготовкой и последовательностью действий по принятию решений (ПР) в штатных и нештатных аварийных ситуациях. Зачастую работа оператора протекает в условиях жесткого дефицита времени и при высоких психофизиологических нагрузках. В различных нештатных ситуациях (НШС), которые впоследствии могут перерасти в аварию или катастрофу, роль АСУ ТП сводится только к оперативной диагностике и поддержке оператора для принятия им правильного решения в условиях неопределенности развития ситуации и для вывода станции в безопасный режим эксплуатации.

В настоящее время на таких режимах работы существует противоречие между стремительно меняющейся потребностью оператора в информации о параметрах, характеризующих текущее состояние технологического процесса на АЭС, и детерминированностью алгоритмов обработки и представления информации. Как правило, система отображения

информации предоставляет оператору некоторый информационный поток данных, не связанный с определенными НШС, которые на АЭС характеризуются быстротечностью [2 – 4].

При развитии НШС интенсивность потока сообщений, требующих немедленного ПР, резко возрастает, а время, необходимое человеку – оператору для ПР, резко уменьшается. Это ведет к перерастанию ситуации к неопределенной критической случайной системе управления, которая не позволяет принять оптимальное решение, а, следовательно, приводит к ошибке оперативного персонала и возникновению аварий и катастроф [2 – 4].

Таким образом, задача тренажерной подготовки и обучения оперативного персонала энергообъектов по их действиям по принятию решения в нештатных аварийных ситуациях является актуальной.

Одной из характерных особенностей функциональной математической модели (ММ) для построения модели-тренажа является отсутствие или наличие в области (информационной среде) принятия решения параметров случайных величин. При наличии таких величин (это или отдельные параметры, или группы параметров: на ТЭС – более 5000; на АЭС – более 35000 параметров), возникающих при критических нештатных нестандартных ситуациях в режиме реального времени, с помощью предлагаемой ММ необходимо уметь их предугадывать, а при отсутствии случайных величин ММ способны их определять в пространстве и времени [5].

Существующие на сегодня теории (модели) учета случайных величин (их присутствие или от-

сутствие) не позволяют обеспечить такое распределение информации в системе (модель – тренаж), которая позволяла бы минимизировать временные характеристики при получении необходимых входных данных о параметрах энергообъекта для оперативного персонала АЭС и определить достаточный объем для ПР в режиме реального времени. Следует заметить, что сама информация может генерироваться бессистемно и от различных источников.

Для решения этой проблемы в работе авторами предлагается новый синергетический подход [6] к разработке модели ПР оперативным персоналом АЭС в НШС, при рассмотрении информационного пространства количественных и качественных характеристик технологических параметров энергообъектов с использованием кластерного анализа на основе аппарата теории фракталов [7, 8].

**Целью статьи** является рассмотрение этапов принятия решений с целью разработки структурно-функциональной схемы действий человека-оператора и модели-тренажа по обучению оперативного персонала АЭС в нештатных аварийных ситуациях с использованием кластерного анализа на основе аппарата теории фракталов.

### **Основной материал**

В теории принятия решений выделяют несколько подходов, которые описываются различными видами моделей принятия решений: нормативная (классическая), дескриптивная (описательная), Карнеги, инкрементального процесса ПР и др.

Опыт создания и внедрения современных автоматических и автоматизированных систем управления убедительно показал, что достижение высокой эффективности этих систем возможно только на основе рационально выбранного и правильно заложенного математического фундамента, адекватно отображающего процесс управления и способы решения задач. Общеизвестно, что для решения той или иной задачи управления с помощью средств автоматизации она, прежде всего, должна быть описана с достаточной точностью математическими зависимостями, т.е. формализована.

К настоящему времени разработаны математические методы решения ряда классов задач управления, которые обуславливают возможность не субъективного, а научного подхода к их формализации.

При моделировании объекта управления разрабатывается его математическая модель, отражающая совокупность математических зависимостей и те особенности и свойства объекта, которые существенны для исследуемого процесса управления.

Одному объекту может соответствовать не одна, а целая совокупность математических моделей (ММ), отражающих разнообразные стороны его функционирования. Обычно считают, что каждая из

этих моделей выделяется из некоторой единой и всеобъемлющей ММ объекта и что все частные модели в той или иной степени связаны друг с другом. Если этой взаимосвязью можно пренебречь или учесть ее каким-либо простым способом, переход к таким более простым моделям.

Основная задача при составлении модели заключается в выделении наиболее важных факторов в реальной системе, которые подлежат изучению в данном конкретном исследовании.

Эти факторы должны быть отображены в модели с наибольшей полнотой и детализацией, а также совпадать с реальными характеристиками с точностью, определенной требованиями проводимого исследования.

При моделировании принципиально невозможно получить полное совпадение всех характеристик и особенностей модели и объекта. Однако с помощью моделей эти характеристики можно получить значительно проще, быстрее и дешевле, чем на реальной системе или объекте управления.

Модели значительно облегчают понимание системы, позволяют ее расчленять на отдельные части, анализировать и синтезировать совершенно различные системы одними методами, прогнозировать поведение систем в реальных условиях.

Преимуществом модели является также возможность сравнительно простыми средствами изменять ее параметры или вводить внешние воздействия с целью изучения реакции системы, что в реальных условиях очень трудно и дорого, а иногда и просто невозможно (например, при изучении поведения системы в аварийных ситуациях).

Главной задачей моделирования систем управления технологическими процессами является обеспечение наибольшей близости получаемых моделей к их реальным прототипам.

Одним из основных препятствий является тот факт, что реальные системы обычно подвержены действию возмущений, представляющих собой недетерминированные функции времени (случайные процессы). Таким образом, одной из немаловажных задач в моделировании систем управления является моделирование случайных процессов возмущений. Принцип работы существующих алгоритмов моделирования таких процессов заключается в формировании на выходе алгоритма дискретной последовательности, тем или иным образом зависящей от заданной изначально входной дискретной последовательности, распределенной согласно тому или иному закону.

Рассмотрим наиболее известные информационные модели. Прежде всего, необходимо отметить, что под информационной моделью следует понимать интегрированную базу данных об реальном объекте (например: технологический процесс), содержащую информацию о количественных и качес-

твенных параметрах процесса (явления) в структурированном и взаимосвязанном виде. Следовательно, информационную модель можно считать цифровым прототипом реального объекта, в котором однозначно определен каждый его элемент и обеспечена их логическая взаимосвязь. Поэтому именно структура объекта и назначенные взаимосвязи – основные признаки информационной модели. Типы и способы структурирования информации, её классификация зависят от целей и задач, решаемых с помощью информационных моделей. Так, для задач технологического процесса в информационных моделях реальных объектов применяется многомерная классификация объектов предметной области, позволяющая в рамках одной модели представить данные в разных направлениях и для решения различных задач: топологическая классификация – отражение взаимного расположения объектов в пространстве: площадка – здания и сооружения – отметки – помещения – системы и оборудование в помещениях – внутренние компоненты оборудования; системная – отражение структуры технологических систем и их взаимной вложенности друг в друга; параметрическая – разделение объектов определенного типа (технологического оборудования и технических систем) на классы в зависимости от присутствующего им набора свойств (параметров).

Нормативная (классическая) модель позволяет лицу, принимающему решение (ЛПР) выявить наиболее эффективные пути достижения поставленной цели. Они представляют собой функциональные уравнения, где отражены связи между зависимыми и независимыми переменными. Независимые переменные в таких моделях представляют собой параметры действий, а зависимые переменные в этих моделях являются ожидаемыми переменными, получаемыми в результате воздействия независимых переменных.

Дескриптивные (описательные) модели основываются на эмпирических наблюдениях, они содержат небольшое количество элементов и объясняют экономические соотношения так, как они существуют в реальном мире, но в упрощенной форме. Дескриптивная модель описывает реальный процесс ПР в трудных ситуациях (незапрограммированные решения и ситуации неуверенности и неопределенности).

Модель Карнеги используется, как правило, для принятия непрограммируемых решений в условиях неуверенности, ограниченности информации и отсутствия единого мнения о том, какую цель преследовать или какую линию поведения выбрать.

Модель инкрементального процесса ПР может быть использована для принятия незапрограммированных решений, и основное внимание в решении проблем организации сосредоточено на структурной

последовательности действий, предпринимаемых на протяжении всего процесса ПР.

При разработке модели ПР используются различные классические критерии ПР в условиях неопределенности.

Максиминный критерий (критерий Вальда). Не располагая информацией о вероятностях появления состояний внешней среды одним из основных подходов к ПР (выбору альтернативы) является введение гипотез о поведении среды. Вводимая гипотеза должна позволять для каждой альтернативы численно оценить связанные с ней последствия, а значит, и сравнить любые две альтернативы. Одной из важнейших гипотез такого типа является гипотеза антагонизма. Она исходит из предположения, что среда в отношении лица, принимающего решение, ведёт себя наихудшим образом.

Нейтральный критерий. Ещё одно возможное предположение о поведении внешней среды – среда нейтральна к ЛПР и, следовательно, все состояния среды появляются с одинаковой вероятностью. Этот принцип рекомендует задавать вероятности состояний объектов одинаковыми, если нет оснований, полагать, что какие-либо из этих состояний более или менее вероятны по отношению к другим.

Критерий Байеса-Лапласа можно рассматривать как обобщение нейтрального критерия, который используется для ПР в условиях неопределенности в предположении, что среда нейтральна к ЛПР и, следовательно, все её состояния появляются с одинаковой вероятностью. В таких случаях целесообразно выбирать альтернативы, которым соответствует максимальное среднее значение.

Применение критерия Байеса-Лапласа предполагает выполнение следующих условий: точное знание вероятностей появления состояний внешней среды; независимости вероятностей появления состояний внешней среды от времени; реализацию решений (по крайней мере, теоретически) бесконечное число раз. При выполнении этих условий критерий Байеса-Лапласа является абсолютно надежным критерием, исключающим какой-либо риск. Нарушение указанных условий делает критерий Байеса-Лапласа рискованным.

Основываясь на вышерассмотренных моделях и критериях ПР в условиях неопределенности, авторами предложено рассмотреть этапы подготовки и принятия решения оперативным персоналом, на основе следующей общей структурной схемы (рис. 1):

Этап 1. Обработка объема оперативной информации (ОИ), поступившей с энергообъекта (ЭО).

Этап 2. Прогноз и оценка ситуации на ЭО.

Этап 3. Формирование оптимальных вариантов решения (ВР) на основе ОИ.

Этап 4. Выбор основного варианта ПР.

Этап 5. Принятие решения.

Для ефективного управління технологічним процесом (ТП) необхідно знати його ММ для последуючої разработки алгоритма управління. Поскольку реальний ТП может изменяться, то возникает необходимость регулярно строить новую ММ подготовки (тренажа) персонала.

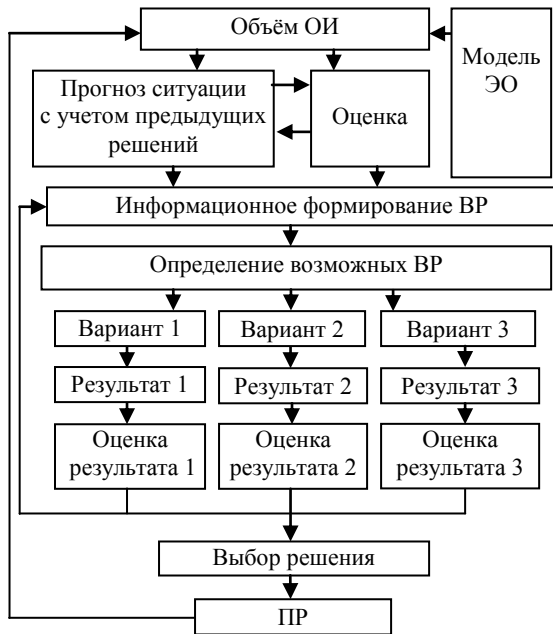


Рис. 1. Схема этапов процесса подготовки и принятия решения

Исходя из этого, необходимо найти такую процедуру построения ММ, которая, с одной стороны, достаточно проста в реализации, с другой стороны – позволяла бы строить достаточно точную и адекватную модель (алгоритм) технологического процесса.

Модель подготовки (тренажа) оперативного персонала АЭС требует достаточно высокой точности и сложности, которая состоит в следующем: обеспечение человеку-оператору адекватной информационной модели прототипа объекта управления (ОУ); обеспечение возможности анализа информации и ПР; формирование и совершенствование у ЛПР профессиональных навыков и умений при заранее заданных отклонениях (смещениях) модели относительно моделируемого прототипа объекта-оригинала, т.е. погрешности моделирования, обеспечивающие необходимую эффективность обучения оперативного персонала.

Для обсуждения и обоснования основных подходов к разработке проблем математического моделирования технических устройств и процессов в них представляется целесообразным предварительно рассмотреть условную схему, определяющую последовательность проведения отдельных этапов общего алгоритма (рис. 2).

Исходной позицией этой схемы служит технический объект (ТО), под которым будем понимать ТП или явление (отдельная конкретная ситуация:

неисправность, авария), которая должна быть реализована в техническом устройстве (тренажер) где на основе модели (алгоритм) принимается решение на управление ТО.

Рассмотрим этапы моделирования алгоритма принятия решения в тренажере при проведении тренажа ОП.

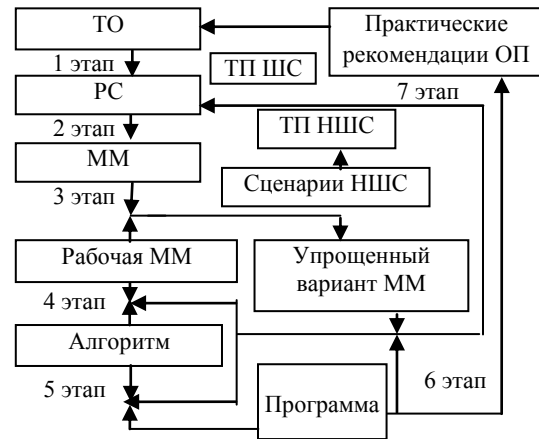


Рис. 2. Этапы моделирования алгоритма принятия решения в тренажере

На первом этапе осуществляют переход от рассматриваемых реальных существующих ТО к их расчетным схемам (РС) или концептуальным моделям. При этом выбираются те свойства за ТО, удовлетворяющие особенностям их условий работы ТО и которые вместе с характеризующими их параметрами отражаются в РС и наоборот, аргументируют допущения и упрощения, позволяющие не учитывать в РС те качества ТО, влияние которых предполагают в рассматриваемом случае несущественным. При разработке новых ТО, полнота и правильность учета в РС свойств ТО, существенных с точки зрения поставленной цели исследования, являются основной предпосылкой получения в дальнейшем достоверных результатов ММ.

Второй этап состоит в формальном математическом описании РС в виде математических соотношений, устанавливающих связь между выбранными технологическими параметрами, характеризующими РС ТО, т.е. составлении ММ.

На третьем этапе проводится качественный и оценочный количественный анализ построенной ММ, выявляются противоречия, которые уточняются и пересматриваются в РС. Количественная оценка может давать основания упростить модель, исключить из рассмотрения некоторые технологические параметры, соотношения или их отдельные составляющие, несмотря на то, что влияние описываемых ими факторов учтено в РС. В большинстве случаев, принимая дополнительные по отношению к РС допущения, полезно построить такой упрощенный вариант ММ, который позволял бы получить или привлечь известное точное решение. Это решение

затем можно использовать для сравнения при тестировании результатов на последующих этапах. Обоснованный выбор рабочей ММ ТО зависит от понимания связи отдельных составляющих ММ со свойствами ТО, нашедшими отражение в его РС.

**Четвертый этап** состоит в обоснованном выборе метода количественного анализа ММ, в разработке эффективного алгоритма управления ТО и вычислительного эксперимента.

**Пятый этап** состоит в разработке и создании работоспособной программы, реализующей алгоритм управления ТО средствами АСУ.

На **шестом этапе** в результате работы программы полученные результаты вычислений сопоставляют с данными количественного анализа упрощенного варианта ММ рассматриваемого ТО (конкретный отдельный технологический цикл – подключение программируемого модуля сценария по НШС). Тестирование позволяет выявить изменения как в программе, так и в алгоритме, что потребует доработки программы или же модификации алгоритма и программы, а также корректировку РС и соответствующую ей ММ.

На **седьмом этапе** с помощью цепи управления «модель – алгоритм – программа» для выработки и ПР на основе получаемой количественной информации даются практические рекомендации ОП на выработку управляющих решений, направленных на управление ТО в критических НШС на ТО, и таким образом завершающего «технологический цикл» этапа математического моделирования.

Предложенные авторами этапы моделирования алгоритма принятия решения ОП в НШС в тренажере при отработке тренажа ОП носят общий характер и в некоторых случаях в зависимости от технологических процессов, а в особенности от циклов ТП ТО, могут корректироваться и изменяться.

На основе вышеизложенного подхода к моделированию алгоритма принятия решения авторами предложена структурно-функциональная схема действий человека-оператора по принятию решения в штатных и нештатных ситуациях (рис. 3).

Как видно из схемы, оператор должен оценивать ситуацию и формировать ВР по управлению ТП ТО не только в зависимости от наличия тех или иных сигналов, но и в связи с моментом времени их реализации, и поэтому можно утверждать, что любой сигнал информационного потока используется в качестве задания контроля и управления в соотношении с моментом времени его реализации.

Рассмотрим пути получения оператором информации об изменениях технологических параметров при протекании технологического процесса на энергообъекте в режиме реального времени.

Данные в виде объема информационных сигналов поступают с адекватной модели объекта управления (АМОУ) для анализа ситуаций и выбора

штатного (ШРФ) или нештатного режима функционирования (НШРФ) энергообъекта.

Имитация ШРФ режима функционирования ЭО производится на основе алгоритма модели тренажа (МТ), которая соответствует алгоритму протекания основного ТП, а неисправности, аварии и катастрофы вводятся с пульта инструктора с помощью модулей сценариев.

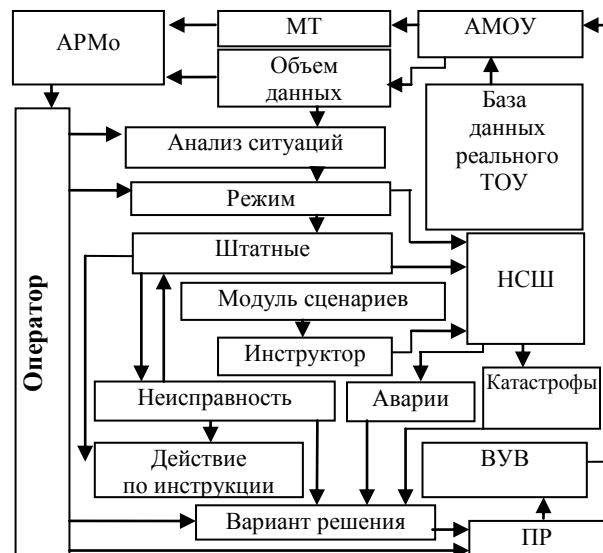


Рис. 3. Структурно-функциональная схема действий ЛПР в ШС и НШС

Действия оператора по ПР в штатном режиме при возникновении неисправностей и аварий осуществляются, как правило, по инструкциям путем выработки управляющего воздействия (ВУВ) на энергообъект. В случае нештатного режима, который имитируется одним из сценариев аварий и катастроф (модуль сценария), предлагается следующий алгоритм модуля МТ по ПР (рис. 4).

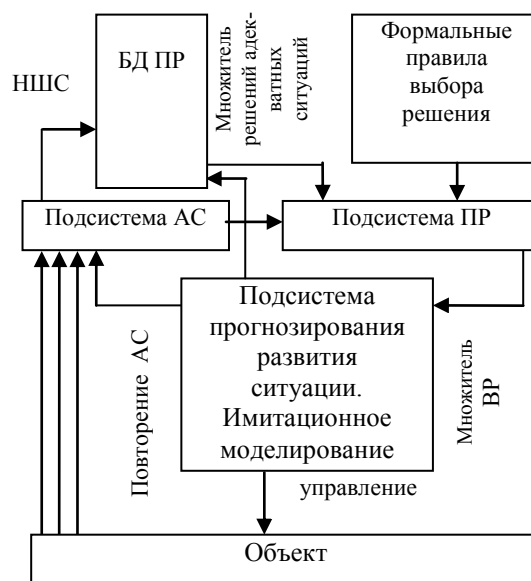


Рис. 4. Алгоритм модуля модели тренажа по принятию решений

На первом этапе ситуационного управления имитационные модели используются для описания и анализа НШС, которая вводится с пульта инструктора. Цель логической обработки этих описаний – определение НШС с признаками аварийности.

На втором этапе алгоритма для текущей ситуации с помощью банка данных (БД) для ПР формируется множитель информационно-знаковых моделей, поведение которых ранее имело место в частично адекватных модельных ситуациях.

На третьем этапе алгоритма на основе формальных правил принимаются возможные решения, которые сравниваются с рядом решений, полученных из БД модели объекта, и вырабатывается ограниченное число наиболее адекватных решений, отвечающих признакам НШС на объекте.

На четвертом этапе алгоритма происходит прогнозирование развития процесса к каждому из соответствующих решений. Оцениваются последствия решений оператором и вырабатываются их интегральные характеристики. В случае неправильно выбранного решения, т.е. неадекватного варианта возможных решений, подсистема прогнозирования развития ситуации вырабатывает сигнал на повторения анализа ситуаций (АС) и цикл повторяется.

Одной из характерных особенностей функциональной математической модели (ММ) для построения модели-тренажа является отсутствие или наличие в области (информационной среде) принятия решения параметров случайных величин. При наличии таких величин (это или отдельные параметры, или группы параметров: на ТЭС – более 5000; на АЭС – более 35000 параметров), возникающих при критических нештатных нестандартных ситуациях в режиме реального времени, с помощью предлагаемой ММ необходимо уметь их предугадывать, а при отсутствии случайных величин, ММ способны их определять в пространстве и времени.

Существующие на сегодня теории (модели) учета случайных величин (их присутствие или отсутствие) не позволяют обеспечить такое распределение информации в системе (модель – тренаж), которое позволяло бы минимизировать временные характеристики при получении необходимых входных данных о параметрах энергообъекта для оперативного персонала АЭС и определить достаточный объем для ПР в режиме реального времени. Следует заметить, что сама информация может генерироваться бессистемно и от различных источников.

Для решения этой проблемы в работе авторами предлагается новый подход при рассмотрении информационного пространства количественных и качественных характеристик технологических параметров энергообъектов с использованием кластерного анализа на основе аппарата теории фракталов.

Сущность применения кластерного анализа для анализа информационного объема для ПР заключается в следующем: в информационном пространстве на основании данных о параметрах (нормальных или с признаками аварийности) постепенно формируются и растут информационные группы, так называемые фрактальные кластеры, далее они определенным образом связываются между собой по технологическим признакам (н-р: технологические циклы) и образуют кластерные агрегации, а те кластеры, которые не нашли связей с соседними кластерами, образуют самостоятельные кластерные группы с новыми признаками и таким образом несут информацию о динамике отклонения параметров от нормы, т.е. приводящие к НШС при различных режимах функционирования ЭО).

Кластерный анализ информационных потоков призван обеспечить постоянный и надежный процесс систематизации. Проблема в том, что большинство известных методов ориентированы на кластеризацию статических объектов, в то время как информационное пространство представляет собой динамическую систему и содержит различные информационные объемы о данных параметров.

Объем информационного пространства за объект  $V_{ИП}$  можно представить условно в виде информационных составляющих:  $V_{ПН}$  – объем информации о данных параметров без отклонения от нормы;  $V_{ППА}$  – объем информации о данных параметров с отклонениями, т.е. несущие признаки аварийности.

Основной характеристикой фрактальных кластерных агрегаций является фрактальная размерность ( $D_{fr}$ ), которая характеризует в информационном объеме соответствующие признаки технологического процесса, т.е. показывает степень заполнения информационного пространства (объема) сообщениями о динамике изменения технологических параметров в течение определенного времени. Тогда объем информационного пространства  $V_{ИП}$  можно представить в виде объема кластерной системы  $V_{КС}$  (кластер – кластерной агрегации: состоящей из кластерных агрегаций технологических параметров с отклонениями  $V_{КСА}$  и без отклонений  $V_{КСН}$ ), т.е. определяется выражением (1):

$$V_{ИП} = V_{КСН} + V_{КСА} \cdot \quad (1)$$

Тогда, оценивая фрактальные кластерные агрегации информационного пространства фрактальной размерностью  $D_{fr}$ , получим выражение (2):

$$D_{fr}^{КСНП} + D_{fr}^{КСА} \rightarrow D_{fr}^{ИП}, \quad (2)$$

где  $D_{fr}^{КСНП}$  – фрактальная размерность информационного кластерной агрегации с нормативными параметрами;  $D_{fr}^{КСА}$  – фрактальная размерность информационного кластера параметров с признаками аварийности;  $D_{fr}^{ИП}$  – фрактальная размерность кластер-

кластерной агрегации всего объема информационного пространства.

Кроме того, необходимо отметить, что свойства фрактальности информационного объема могут проявляться на определенных масштабах измерения  $r$ , в которых проявляются свойства самоподобия [7, 8], тогда  $r_0 < r < R$ , где  $r_0$  – средний размер кластера, а  $R$  – размер кластерной системы (кластер-кластерной агрегации).

Таким образом, применяя кластерный анализ к исследованию информационного объема, определяются изменения его фрактальной размерности ( $D_{fr}$ ) и на основании этого выявляются признаки аварийности технологических параметров в нештатных ситуациях, что позволяет предотвратить аварии и катастрофы на АЭС в режиме реального времени.

### Выводы

1. На основе анализа известных моделей и критерия принятия решения в условиях неопределенности, разработана схема этапов процесса формирования решения и моделирования алгоритма принятия решения при проведении тренажа для качественной подготовки оперативного персонала АЭС.

2. Предложен новый подход рассмотрения информационного пространства количественных и качественных характеристик технологических параметров энергообъекта с использованием кластерного анализа на основе аппарата теории фракталов.

### Список литературы

1. Лигоцкий А.И. Анализ потока нарушений в работе АЭС Украины, случившихся в течении 2005 года / А.И. Лигоцкий, С.В. Недбай, А.В. Носовский // Ядерная и радиационная безопасность. – 2006. – Т. 9, №3. – С. 12-19.
2. Зацеркляный Н.М. Задачи компьютерного обучения для принятия решения операторами технологических процессов / Н.М. Зацеркляный, В.В. Тулунов // Системи обробки інформації: зб. наук. пр. – Х.: НАНУ, ПАНМ, ХВУ, 2001. – Вип. 6(16). – С. 78-82.
3. Нормативно-технические требования и современная реализация тренажеров для обеспечения надежности оперативного персонала электроэнергетических объектов / С.И. Магид, И.Ш. Загретдинов, С.В. Львов, С.В. Мищеряков, Л.П. Музыка, Е.Н. Архипова // Энергосбережение и водоподготовка. – 2005. – №6.
4. Мищеряков С.В. Тренажерная подготовка персонала предприятий энергетики / С.В. Мищеряков; под ред. д.т.н., проф. С.И. Магида // Энергобезопасность и человеческий фактор. – Краснодар – Москва, 2006.
5. Зарубин В.С. Математическое моделирование в технике / В.С. Зарубин. – М.: Изд-во МГТУ, 2001. – 496 с.
6. Чернавский Д.С. Синергетика и информация. Динамическая теория информации. Серия «Синергетика от прошлого к будущему» / Д.С. Чернавский. – М.: УРСС, 2004. – 288 с.
7. Федер Е. Фракталы / Е. Федер. – М.: Мир, 1991. – 254 с.
8. Мандельброт Б. Фрактальная геометрия природы / Б. Мандельброт. – М.: ИКИ, 2002. – 656 с.

Поступила в редколлегию 10.12.2012

Рецензент: д-р техн. наук Г.И. Канюк, Украинская инженерно-педагогическая академия, Харьков.

### СИНЕРГЕТИЧНИЙ ПІДХІД ДО РОЗРОБКИ МОДЕЛІ УХВАЛЕННЯ РІШЕННЯ ОПЕРАТИВНИМ ПЕРСОНАЛОМ АЕС В НЕШТАТНИХ СИТУАЦІЯХ

П.Ф. Буданов, К.Ю. Бровко

*У статті розглянуті етапи ухвалення рішення оперативним персоналом атомних електростанцій в штатних і нештатних ситуаціях для різних режимів функціонування при виявленні динаміки зміни технологічних параметрів, які ведуть до виникнення несправностей, аварій і катастроф, для цього розроблена схема основних етапів моделювання автоматизованого повчального засобу - тренажера і запропонована структурно-функціональна схема дій оператора по ухваленню рішень з допомогою апаратно-програмних засобів і модульних сценаріїв, інтегрованих в моделі - тренажі автоматизованого повчального засобу, - тренажера, запропонований новий підхід при розгляді інформаційного простору кількісних і якісних характеристик технологічних параметрів енергооб'єктів з використанням кластерного аналізу на основі апарату теорії фракталів.*

**Ключові слова:** модель і алгоритм ухвалення рішень, модель тренажу і тренажера, кластерний аналіз і фрактальна розмірність інформаційного простору.

### SYNERGETICS GOING NEAR DEVELOPMENT OF MODEL OF DECISION-MAKING BY OPERATIVE PERSONNEL AES IN NONPERMANENT SITUATIONS

P.F. Budanov, K.Yu. Brovko

*In the article the stages of decision-making by the operative personnel of nuclear power plants are considered in regular and nonpermanent situations for the different modes of functioning at the exposure of dynamics of change of technological parameters which conduce to the origin of disrepairs, failures and catastrophes, the chart of the basic stages of design of the automated teaching mean is worked out for this purpose - trainer and offered structurally is a functional diagram of actions of operator on making decision with a help hard warily - programmatic facilities and module scenarios, computer-integrated in a model - simulators of the automated teaching mean - trainer, new approach is offered at consideration of informative space of quantitative and high-quality descriptions of technological parameters of energy objects with the use of cluster analysis on the basis of vehicle of theory of fractals.*

**Keywords:** model and algorithm of making a decision, model of trainer, cluster analysis and fractal dimension of informative space.