

КОНЦЕПЦИЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРИРОВАННЫХ МОДЕЛЕЙ ПОВЕДЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КИРИЛЛОВ Н.П.

УДК 681.5

Кириллов Н.П. Концепция разработки методологического обеспечения процессов формирования структурированных моделей поведения технических систем.

Аннотация. Рассматривается проблема создания методологической и технологической поддержки процессов формирования структурированных знаний о моделях функционирования технических систем и правилах принятия решений по управлению их состояниями. Предложена концепция ее решения, основанная на построении общесистемных прототипов таких моделей и правил для класса «технические системы».

Ключевые слова: техническая система, формирование знаний, моделирование в пространстве состояний.

Kirillov N.P. The concept of development of methodological support of processes of creation of the structured models of behaviour of technical systems.

Abstract. The problem of creation of methodological and technological support of processes of creation of the structured knowledge of models of functioning(operation) of technical systems and decision rules on handle(control) of their states is considered(examined). The concept of its(her) solution grounded on construction obshchesistemnyh of prototypes of such models and rules for a class «technical systems» is offered.

Keywords: technical system, creation of knowledge, modelling(simulation) in the problem space.

1. Введение. Для управления состояниями технических систем (ТС) необходимо наличие моделей процессов их функционирования и правил принятия решений в потенциально возможных штатных и нештатных ситуациях (модельные представления (МП) ТС). Очевидно, что от объема содержания и форм представления МП в существенной степени зависят возможности их однозначного восприятия и понимания пользователями, представления их в виде алгоритмов и программ для создания и совершенствования автоматизированных систем управления ТС и, в целом, — возможности управления ТС. В идеальном варианте, МП ТС должны содержать только необходимую и достаточную информацию для управления ТС во всех потенциально возможных ситуациях и быть представлены в структурированном формализованном виде в наглядной форме, допускающей простоту их однозначного восприятия и понимания.

В настоящее время исходная информация о МП ТС предоставляется потребителям в конструкторской документации и инструкциях по

эксплуатации в неформализованном и не в явно структурированном виде. Она может быть получена также в аналогичных формах в процессе общения пользователей с соответствующими специалистами (экспертами). При этом для технических систем, состоящих из большого числа взаимодействующих друг с другом конструктивных частей и элементов с управляемыми состояниями, оказывается весьма проблематичным составить и представить эти исходные описания (знания) в формализованном и структурированном виде.

Это обстоятельство обуславливает необходимость создания *инженерных методик формирования структурированных МП по вербальным исходным описаниям ТС*. В частности, наличие таких методик должно упростить решение проблемы выявления и анализа потенциально возможных нештатных ситуаций (НС) и построения правил (алгоритмов) принятия решений по управлению состояниями ТС в случае их возникновения. Это позволит, в свою очередь, решать следующие актуальные прикладные задачи:

- создавать системы автоматического управления состояниями ТС в штатных и нештатных ситуациях за счет реализации возможностей предварительного выявления таких ситуаций и формирования для них соответствующих алгоритмов принятия решений;

- поэтапно, по мере формирования таких алгоритмов, повышать уровень автоматизации существующих автоматизированных систем управления (АСУ) ТС за счет расширения их возможностей по автоматическому выявлению НС и принятию решений при их возникновении;

- сократить сроки обучения лиц, управляющих состояниями технических систем, и снизить требования к их профессиональной подготовке за счет представления инструкций по эксплуатации в виде наглядных структурированных графических изображений причинно-следственных связей и событий, содержащих необходимую и достаточную информацию для управления ТС в различных ситуациях.

2. Характеристика проблемы формирования структурированных модельных представлений ТС. Эта проблема обусловлена рядом причин, из которых наиболее существенными являются следующие.

1) Поведение каждой ТС зависит от большого числа изменяющихся во времени взаимосвязанных факторов:

- состояний среды и энергоресурсов системы;
- интервала времени ее «жизни»;

- технических состояний частей и элементов ее конструкции;
- целей и решаемых задач управления;
- возможных ситуаций в процессе управления ТС и т.п.

Все эти факторы должны быть каким-то образом увязаны между собой в описаниях соответствующих причинно–следственных закономерностей, характеризующих поведение ТС. При этом решение этой задачи, даже применительно к относительно «простым» ТС, оказывается весьма проблематичным, прежде всего, из-за сложности учета и анализа чрезвычайно большого (астрономического) числа возможных ситуаций (в первую очередь — нештатных).

2) Существенным препятствием в описании МП ТС является известное *психологическое ограничение* в способности людей в восприятии более чем 7 ± 2 взаимосвязанных событий. Оно проявляется в том, что исходные описания технических систем предоставляются в виде множества *фрагментарных (локальных) описаний* процессов их функционирования. Разделение на фрагменты осуществляется авторами исходных описаний ТС эмпирическим путем, исходя из собственных субъективных соображений, которые аналитику могут быть не известны (часто и сами авторы не могут их сформулировать). При этом информация о структурных закономерностях логики взаимодействия этих фрагментов предоставляется пользователям не в явном виде, а в виде различных контекстных условий, отдельные из которых могут использоваться в исходных описаниях ТС «по умолчанию».

3) Для решения задач управления ТС в различных ситуациях и условиях требуется как правило применение разных моделей ее поведения, описания которого, кроме того, может потребовать использования различной степени детализации МП. Это обстоятельство обуславливает наличие в исходных описаниях *многовариантных фрагментарных представлений* процессов поведения одних и тех же частей и элементов ТС. Это существенно затрудняет процессы формирования МП, так как при этом приходится дополнительно решать задачу селекции таких описаний и выбора из них информации, соответствующей условиям использования предварительно выявленных фрагментов моделей и правил.

4) В настоящее время отсутствуют общепринятые определения смыслового содержания (онтология) понятий, используемых для описания процессов функционирования и управления ТС. К ним в частности относятся понятия «цель управления», «состояние», «команда управления», «управляющее воздействие». Не определено и само понятие «техническая система». Вследствие этого все они имеют опреде-

ленную степень полисемии. Поэтому их смысловое содержание в исходных описаниях ТС может пониматься разными пользователями по-разному и неправильно использоваться при формировании МП.

В результате, исходная информация о процессах функционирования и правилах управления состояниями технических систем чаще всего представляется пользователям в виде неформализованных, неявно структурированных множеств фрагментарных описаний поведения их частей и элементов с использованием разных уровней его детализации. Эти особенности содержания и форм представления исходных описаний не позволяют осуществить формализацию правил поведения и управления ТС без проведения предварительной и достаточно кропотливой работы по анализу и структурированию содержащейся в них информации.

Известно [1], что моделирование любого объекта осуществляется в процессе итерационного выполнения двух этапов интеллектуальной деятельности людей: этапа *формирования* необходимых для этого знаний и этапа *представления* этих знаний в выбранных формах, позволяющих воспринимать их другим людям.

Этап *представления знаний* о ТС имеет достаточно хорошую методологическую и технологическую поддержку (теория, методы и средства моделирования, языки и стандарты представления знаний и т.п.). Поведение ТС принято описывать в пространстве их технических состояний. В настоящее время существует много теоретических работ и методик по такому представлению технических систем, а также по описанию различных особенностей их моделей и методов оперирования с ними. Однако следует специально отметить, что все они основаны на предположении, что состояния ТС, состояния частей и элементов ее конструкции, правила переходов между этими состояниями, цели управления и т.п. *предварительно уже как-то определены, решены задачи выявления фрагментов описаний логики функционирования ТС, а также — задачи формализации и преобразования этих фрагментов в структурированное целое.* То есть методы решения этих задач фактически остаются за рамками существующих методологий и технологий моделирования.

На этапе *формирования знаний* о правилах поведения ТС решаются следующие задачи:

- поиск и отбор в исходных описаниях информации, необходимой для построения моделей и правил и обеспечения их функциональной полноты;

- выбор степени ее агрегации, соответствующей решаемым задачам управления состояниями ТС;
- восстановление (построение) причинно-следственных закономерностей, характеризующих поведение ТС в различных условиях и ситуациях;
- структуризация фрагментов и выбор форм представления сформированных знаний.

По сути дела, этот этап моделирования *является основополагающим* в определении свойств моделей и возможностей их использования при управлении ТС. В процессе его выполнения осуществляется формирование эксплуатационных свойств МП ТС, определяемых, в первую очередь, степенью функциональной полноты и степенью соответствия этих модельных представлений отображаемым в них закономерностям функционирования и управления ТС.

В настоящее время применительно к каждой отдельной ТС этот этап осуществляется аналитиками интуитивно, эмпирическим путем с использованием различных субъективных позиций, изначально существенно привязанных к специфическим особенностям моделируемой ТС и ее системы управления. Это обуславливает уникальность полученных результатов и технологических решений, что препятствует их использованию для моделирования других ТС, а также определяет их существенную зависимость от множества трудно учитываемых субъективных факторов. При этом как правило весьма проблематично оценить степень функциональной полноты построенных таким образом МП, и, в конечном итоге, — достигнутый при их программной реализации уровень автоматизации системы управления ТС. В результате, относительно функциональных возможностей таких АСУ ТС, множество ситуаций, в которых решение должен принимать человек-оператор, и множество правил (алгоритмов) принятия этих решений остаются неопределенными. Это обстоятельство обуславливает необходимость непрерывного участия операторов в анализе текущих ситуаций и контроле действий автоматизированных систем для своевременного активного включения в процесс управления ТС, а также — высокие требования, предъявляемые к их профессиональной подготовке и психофизиологическим качествам.

Анализ библиографии по вопросам, касающимся рассмотрения методов решения проблемы обеспечения методологической поддержки этапа формирования моделей ТС и в целом проблемы формирования знаний (например, [2, 3]), показал, что почти все существующие предложения в этой области сводятся в основном только к рекоменда-

циям и/или «рецептам» организационного характера, общим для различных предметных областей (наблюдение, протокол «мыслей вслух», лекции, «мозговой штурм», ролевые игры и т.п.). В своей совокупности эти методы позволяют несколько упростить процессы формирования знаний, но они не содержат рекомендаций технологического характера по составу и последовательности выполнения конкретных действий для формирования структурированных МП ТС.

Указанные обстоятельства означают, что этап формирования МП ТС на сегодняшний день выполняется интуитивно, относится к категории «искусство» и поэтому его результаты существенно зависят от множества субъективных факторов.

3. Концепция решения проблемы. Из когнитивной психологии [1] известно, что одним из действенных методов, позволяющих существенно упростить процессы формирования знаний, является использование примеров их представления для схожих предметных областей. При этом, чем больше информации содержат такие примеры об общесистемных особенностях этих областей, тем проще решается проблема формирования соответствующих структурированных знаний об анализируемой предметной области. Эта закономерность была принята в качестве исходной идеи в разработке концепции создания методологического обеспечения процессов формирования МП ТС.

Концепция предполагает построение общесистемных структурно-функциональных моделей-прототипов процессов функционирования объектов, относящихся к классу «технические системы», а также — определение общесистемных закономерностей процессов выявления возможных нештатных ситуаций и формирования алгоритмов (правил) принятия решений при их возникновении. Такие модели и закономерности рассматриваются в качестве основы для разработки инженерных методик и технологического обеспечения процессов формирования соответствующих знаний о технических системах. При этом по мере последовательной детализации отдельных свойств таких общесистемных моделей и закономерностей будет увеличиваться и степень конструктивности соответствующих методик. Кроме того, это позволит построить систему классификации объектов класса «ТС» по признакам, характеризующим функциональные свойства этих систем и процессов управления их состояниями.

Наличие такой системы классификации позволит, в свою очередь, существенно упростить процедуры выбора для каждой конкретной ТС адекватных ей методов моделирования и перейти к созданию системы

квалиметрии моделей и алгоритмов принятия решений, отсутствующей сегодня, но необходимой для объективной оценки трудоемкости процессов разработки программного обеспечения АСУ ТС и требуемых для этого ресурсов, а также для решения задач планирования и управления ходом соответствующих работ.

Анализ различных свойств и особенностей модели класса «ТС» позволит решить следующие задачи:

1) Определить основные онтологические понятия, характеризующие процессы функционирования ТС (состояния, цели управления, программы и команды управления, управляющие воздействия), смысловые взаимоотношения и связи между ними. Решение этой задачи необходимо для разработки методического обеспечения процессов целенаправленного поиска и представления информации, требуемой для построения моделей ТС.

2) Определить возможность и правила представления информации о модели класса «ТС» во фрагментарных формах с целью выявления и исследования общесистемных свойств таких форм описаний поведения технических систем, используемых в конструкторской документации. Полученные при этом результаты позволят упростить процедуры отбора информации о разных фрагментах и отдельного анализа фрагментарных описаний поведения ТС.

3) Разработать методы формализованного представления и верификации таких фрагментов.

4) Разработать методы и правила поиска в этих фрагментах информации о логике их взаимосвязей и выявлении их структурных закономерностей.

5) Разработать методы и рекомендации рационального наглядного представления структурированных моделей поведения ТС.

Главная проблема в реализации и дальнейшем развитии предложенной концепции заключается в подтверждении выдвинутой гипотезы о наличии общесистемных свойств, характеризующих процессы функционирования технических систем, и в их определении. Решение этой проблемы состоит в разработке онтологической модели класса «ТС».

В процессе проведенных исследований и обсуждений их результатов с научной общественностью определен следующий состав общесистемных свойств технических систем [4]:

- они состоят из конечного множества взаимодействующих материальных объектов;
- обладают свойством целостности;

- имеют предусмотренные их конструкцией условия штатной эксплуатации;
- содержат последовательно взаимодействующие друг с другом сенсорные и исполнительные части;
- имеют способность, находясь в целевых состояниях, самостоятельно выполнять потребительские функции, предусмотренные их конструкцией;
- имеют модели предопределенного поведения в пространстве достижимых равновесных устойчивых состояний;
- имеют целевые состояния, соответствующие состояниям исполнительной части объекта управления ТС.

Перечисленные свойства ТС представляются достаточными для описания признакового пространства класса «технические системы» и могут быть представлены в виде следующего его определения [4]:

техническая система — это целостная совокупность конечного числа взаимосвязанных материальных объектов, имеющая последовательно взаимодействующие сенсорную и исполнительную функциональные части, модель их предопределенного поведения в пространстве равновесных устойчивых состояний и способность, при нахождении хотя бы в одном из них (целевом состоянии), самостоятельно выполнять в штатных условиях предусмотренные ее конструкцией потребительские функции.

Множество объектов класса (таксона) «ТС» может быть естественным образом разбито на непересекающиеся подклассы при использовании разделяющих их дополнительных классификационных признаков (меронов). Такие признаки могут быть получены при детализации каждого из общесистемных свойств ТС, а также за счет использования признаков (свойств), характеризующих наличие или отсутствие в функциональном составе моделей технических систем функции принятия решений по управлению состояниями их исполнительных частей. За счет этого может быть построена иерархическая система классификационных признаков, характеризующих особенности процессов функционирования различных подклассов ТС, для каждого из которых могут быть сформированы соответствующие им прототипы модельных представлений.

Принцип построения системы классификации ТС и их моделей показан на рис. 1.

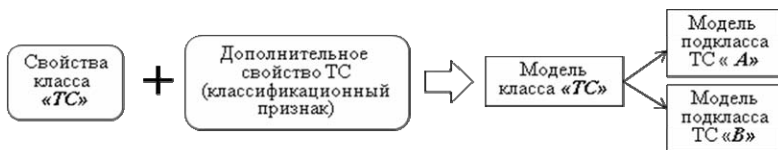


Рис. 1. Принцип построения системы классификации ТС.

Разбиение класса «ТС» на подклассы позволит в соответствии с изложенной выше логикой сначала сформировать модели-прототипы для каждого из них и, по результатам анализа этих моделей, разработать новые и/или детализировать полученные ранее для класса «ТС» методы формирования моделей процессов функционирования технических систем, составляющие эти подклассы.

На рис. 2 показаны последовательность разработки и принцип детализации методов формирования моделей ТС.



Рис. 2. Последовательность разработки и принцип детализации методов формирования моделей ТС.

Существенной проблемой в формировании моделей поведения ТС является обеспечение их полноты, т.е. соответствия этих моделей задачам, решаемым при управлении системой и всем потенциально существующим возможностям изменения ее состояний, предусмотренных ее конструкцией. Оказывается, что решить эту проблему можно путем выделения в составе ТС «сенсорных элементов» — органов управления и датчиков, т.е. устройств, непосредственно реагирующих на управляющие (сигнальные) воздействия.

Такие устройства всегда можно достаточно просто выделить в любой ТС. Это — выключатели, переключатели, заслонки, задвижки и т.п., а также — датчики параметров различных физических процессов, используемые в качестве сенсоров устройств встроенных систем автоматического управления. Определение пространства состояний и построение моделей их поведения не представляют особых проблем, если каждое из таких устройств рассматривать отдельно. Каждому из

них может быть сопоставлена модель поведения, содержащая информацию обо всех потенциально существующих возможностях управления их состояниями.

Число таких «сенсорных элементов» в каждой ТС конечно. Число состояний каждого из них и управляющих воздействий также конечно. Следовательно, и число возможных сочетаний состояний таких элементов, конечно.

При рассмотрении этих элементов в составе ТС, число *допустимых* сочетаний их состояний, как правило, существенно уменьшается за счет структурных особенностей элементов исполнительной части системы. Они проявляются в том, что изменение состояний этой части ТС может осуществляться только *заранее* определенным ее конструкцией образом. Это обстоятельство обуславливает *допустимые* последовательности изменений состояний сенсорных элементов ТС, то есть — определяет *правила* управления системой. Информация об этих правилах содержится в контекстных условиях логики изменения состояний ее сенсорных элементов.

Использование таких контекстов и моделей поведения сенсорных элементов позволяет фрагментарно представлять правила поведения ТС, а их анализ — выявить и восстановить структурные закономерности последовательностей их взаимодействия при управлении состояниями системы. Методическая подсказка аналитику, создающему структурированную модель поведения и управления ТС, состоит в понимании сути такого представления исходной информации, методах ее целенаправленного поиска и построения структуры логики взаимодействия фрагментов.

Построив структурированную модель процессов штатного функционирования ТС (таких моделей может быть несколько — для разных условий: состояний среды, энергоресурсов, времени жизни системы, степени ее структурной деградации), можно перейти к анализу потенциально возможных нештатных ситуаций и к формированию правил и алгоритмов принятия решений в случае их возникновения в процессе управления ТС.

Возможность формирования таких правил обусловлена следующими обстоятельствами:

- модель штатного поведения ТС будет представлена в виде структурированных фрагментов, что позволяет последовательно и поэтапно выявлять и анализировать потенциально возможные отклонения в ее функционировании (принцип «разделяй и властвуй»);

- каждый из таких фрагментов отражает процессы поведения конкретных устройств и частей ТС, что позволяет естественным образом ассоциировать нештатные ситуации в их функционировании с конкретными материальными процессами, характеризующими их поведение. На этом этапе осуществляется: во-первых, анализ степени «негативной» значимости нештатных ситуаций для ТС и решаемых с ее помощью задач (это позволяет создать методику управления степенью функциональной полноты этих правил), во-вторых, — отсеивание «ложных» ситуаций, которые могут быть ошибочно выявлены при формальном рассмотрении значений наблюдаемых параметров, характеризующих состояния таких устройств; в третьих, — верификация исходных описаний ТС, т.е. проверка их соответствия реальной конструкции и поведению ее устройств;

- при управлении ТС могут возникать самые различные нештатные ситуации, но возможности управления системой при этом всегда конечны. Они определены ее конструкцией. Учет этого факта позволяет классифицировать возможные нештатные ситуации по возможности их компенсации путем управления ТС и тем самым кардинальным образом сократить их разнообразие (уйти от «проклятия размерности»). При этом в случае выявления некорректируемых нештатных ситуаций также могут быть сформированы соответствующие им решения. Например: отключение системы от энергоресурсов (выключение ТС), выдача команды на самоуничтожение, отказ от управления (это тоже решение) и т.п.

В рамках излагаемой концепции уже разработаны отдельные методы решения рассматриваемой проблемы. Они апробированы на нескольких ТС, для которых в литературе имеются альтернативные модели и алгоритмы. При этом наглядно показано, что, в отличие от них, построение МП ТС в соответствии с предлагаемой концепцией осуществляется не интуитивно, а в процессе конкретной технологии целенаправленного последовательного поиска, отбора и структурированного представления информации: о процессах штатного функционирования ТС; обо всех возможных нештатных ситуациях; о правилах принятия соответствующих решений. Кроме того, сформированные МП ТС существенно отличаются в лучшую сторону от своих альтернатив степенью своей функциональной полноты и наглядностью.

Обеспечение функциональной полноты МП ТС и оценка ее степени осуществляется при использовании принципа «разделяй и властвуй» с учетом следующих выявленных возможностей и правил их реализации:

- изначального разделения друг от друга модели штатного функционирования (МШФ) ТС от правил принятия решений в НС;
- выделения «сенсорных» (управляющих) и «исполнительных» функциональных устройств ТС и их смыслового соотношения с конкретными материальными объектами (элементами конструкции), реализующими их функции в системе;
- последовательного построения моделей штатного функционирования каждого из таких устройств и представления их в виде множества независимых друг от друга моделей;
- представления МШФ ТС в виде структуры, определяющей порядок взаимодействия множества построенных ранее моделей функциональных устройств ТС;
- последовательного (в соответствии с этой структурой) выявления для каждого из таких устройств возможных отклонений их поведения от ожидаемых состояний в процессе управления ТС;
- всесторонней оценки каждой из этих нештатных ситуаций (возможность и/или вероятность возникновения; возможные последствия для ТС и хода выполнения программы управления ее состояниями и т.п.), ее классификации (корректируемая — некорректируемая ситуация); поиска и/или формирования решений, соответствующих этой НС.

В результате на этой методологической основе могут быть построены системы *автоматического* управления ТС в нештатных ситуациях, в том числе, с возможностью автоматической защиты от несанкционированных действий персонала и их оперативной компенсации. В этом случае нештатная ситуация будет идентифицирована как попытка или факт принудительного изменения состояний сенсорных элементов ТС не санкционированных лицом, имеющим на это право, или вопреки логике функционирования самой системы, и выполнено предусмотренное для такой ситуации решение: запретить выполнение таких действий, вернуть сенсорные элементы в установленные для них состояния, выдать сигнал тревоги, применить предусмотренные для этого средства против нарушителя и т.п.

4. Заключение. Предложенная концепция представлена здесь в виде общей идеи (замысла) создания методологической поддержки этапа формирования моделей ТС и правил управления их состояниями. Предварительные исследования возможностей реализации этой идеи подтверждают ее право на существование и использование для сниже-

ния трудоемкости процессов формирования структурированных знаний о процессах функционирования технических систем.

Детальная разработка методологического обеспечения процессов формирования моделей ТС, а также и самой концепции требует решения ряда проблемных задач, многие из которых не рассматривались ранее или же решались с позиций, не совпадающих с предложенной концепцией. Кроме того следует понимать, что создание детализированной системы классификации ТС и прототипов моделей их поведения, а также методов формирования моделей конкретных классов ТС требует интеллектуальных усилий многих исследователей. Создаваться такая методологическая поддержка будет постепенно, «сверху вниз», по мере уточнения свойств и разработки методик для вышестоящих в иерархии классов ТС.

Следует отметить, что предложенная концепция и цели ее реализации никак не противоречат существующим сегодня теориям, методологиям и технологиям моделирования ТС. Разрабатываемая методология ориентирована, прежде всего, на решение пока еще открытых проблем формирования знаний. При этом ее создание должно гарантированно повысить эффективность процессов моделирования и качество самих моделей ТС, создаваемых с использованием существующих технологий.

Литература

1. *Солсо Р.* Когнитивная психология. СПб.: Питер, 2006. 589 с.
2. *Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф.* Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 383 с.
3. *Лефифенгуэлл Д., Уидрик Д.* Принципы работы с требованиями к программному обеспечению. Унифицированный подход. М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. 447 с.
4. *Кириллов Н.П.* Признаки класса и определение понятия «технические системы» // *Аэрокосмическое приборостроение.* 2009. (в печати)

Кириллов Николай Петрович — к.т.н., с.н.с.; старший научный сотрудник лаборатории интеллектуальных технологий с системным анализе и моделировании Учреждения Российской академии наук С.-Петербургский институт информатики и автоматизации РАН (СПИИРАН). Область научных интересов: формирование и представление структурированных знаний о моделях процессов функционирования технических систем и правилах принятия решений по управлению ими в штатных и нештатных ситуациях. Число научных публикаций — 102. knp@mail.ru; СПИИРАН, 14-я линия В.О., д. 39, г. Санкт-Петербург, 199178, РФ; р.т. +7(812)328-0103, факс +7(812)328-4450.

Kirillov Nikolay Petrovich — PhD in technik, associate professor; senior scientific employee of laboratory of intellectual technologies with the system analysis and modelling of Establishment of the Russian Academy of Sciences the S.-Petersburg institute of computer science and automation of the Russian Academy of Sciences (СПИИРАН). Area of scientific interests: formation and representation of the structured knowledge of models of processes of functioning of technical systems and decision-making rules on management of them in regular and supernumerary situations. Number of scientific publications — 102. knp@mail.ru; SPII-WOUNDS, 14th line of Century O, д. 39, St.-Petersburg, 199178, the Russian Federation; the river т. +7(812) 328-0103, a fax +7(812) 328-4450.

Поддержка исследований. В публикации представлены результаты исследований, поддержанные грантом РФФИ 08-08-00346-а, рук. Н.П. Кириллов.

Статья поступила в редакцию 02.07.2009.