

В.В. Коробкин, А.Е. Колоденкова, А.П. Кухаренко

**УЧЕТ РИСКОВЫХ СИТУАЦИЙ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССА
ПРОЕКТИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ
НА ОСНОВЕ КОГНИТИВНЫХ МОДЕЛЕЙ***

Процесс проектирования сложных управляющих систем (СУС) является сложным итеративным процессом, который характеризуется крупными капитальными вложениями, значительными затратами ресурсов (финансовых, трудовых, временных), множеством возникающих рискованных ситуаций, большим количеством оформления многочисленной документации. Для выявления рискованных ситуаций на этапе проектирования СУС предлагается применить системный подход, направленный на раскрытие целостности процесса проектирования, выявление его сложных связей, а также накоплению сведений о системных свойствах на всех подэтапах этапа проектирования СУС. Предлагается обобщенная модель процесса проектирования СУС, представленная в форме соединения так называемых «триад» и позволяющая системно организовать исследования исполнителей, а также осмыслить применяемые алгоритмы, методы и модели (когнитивные, функциональные, процессные). Системный подход при выявлении и анализе рискованных ситуаций на этапе проектирования СУС предполагает реализацию ряда основополагающих принципов (общесистемных, управления и моделирования). Данные принципы позволяют сформулировать с единых теоретических позиций различные задачи, связанные с анализом рискованных ситуаций с использованием методологии когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования и определить способы их решения. Для построения и анализа структур четких и нечетких когнитивных моделей предлагается воспользоваться обобщенной схемой методологии когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования, состоящей из семи этапов. Применение данного подхода позволяет выявлять, анализировать факторы и их взаимодействия, исследовать возможные сценарии возникновения рискованных ситуаций на этапе проектирования СУС, находить пути их разрешения в модельных ситуациях. Все это позволяет выработать научно обоснованные управленческие решения, направленные на прогнозирование и предотвращение ситуаций, приводящих к критическому несоответствию СУС заявленным целям и требованиям заказчика.

Системный подход; сложная управляющая система; рискованные ситуации; проектирование; когнитивное моделирование.

V.V. Korobkin, A.E. Kolodenkova, A.P. Kuharenko

**ACCOUNTING OF RISK SITUATIONS IN MODELING THE PROCESS
DESIGNING COMPLEX CONTROL SYSTEMS BASED ON COGNITIVE
MODELS**

The process of designing complex control systems (CCS) is a complex iterative process characterized by large capital investments, significant resource outlays (financial, labor, time), a multitude of emerging risk situations, and a large number of numerous documentation. To identify risk situations during the design phase of the CCS, it is proposed to apply a systematic approach aimed at revealing the integrity of the design process, identifying its complex relationships, and accumulating information about system properties in all sub-stages of the CCS design phase. We propose a generalized model of the CCS design process, presented in the form of a connection of the so-called "triads" and allows us to systematically organize the researches of performers, and also to comprehend the algorithms, methods and models used (cognitive, functional, process). Systematic approach to identifying and analyzing risk situations in the design phase involves the implementation of a number of CCS basic principles (system-wide, management and simulation). These principles allow us to formulate, from a single theoretical point of view, various tasks relat-

* Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-08-00402.

ed to the analysis of risk situations using the methodology of cognitive and fuzzy cognitive modeling and to determine how to solve them. To construct and analyze the structures of clear and fuzzy cognitive models, it is suggested to use the generalized scheme of the methodology of cognitive and fuzzy cognitive modeling, consisting of seven stages. The application of this approach makes it possible to identify, analyze factors and their interactions, investigate possible scenarios for the emergence of risk situations at the stage of CCS design, and find ways to resolve them in model situations. All this makes it possible to develop scientifically sound management decisions aimed at forecasting and preventing situations that lead to a critical nonconformity of the CCS with the stated goals and requirements of the customer.

Systems approach; complex control system; risk situations; design; cognitive modeling.

Введение. В настоящее время процесс проектирования СУС является сложным итеративным процессом, состоящим из ряда последовательных этапов и характеризуется крупными капитальными вложениями, большой трудоемкостью, значительными затратами ресурсов (информационных, финансовых, технических, трудовых, временных), рисковыми ситуациями, большим количеством оформления разнообразной документации [1, 2]. Глубокий итеративный процесс приводит к значительному увеличению трудоемкости рутинных процедур, которые в ходе проектирования СУС выполнялись и продолжают выполняться “вручную” почти незаметно, вследствие чего сравнительно редко изучаются в системной инженерии. Однако даже незначительные ошибки, допущенные на данном этапе, могут привести к ситуации, когда принятые решения по проектированию могут в дальнейшем привести к критическому несоответствию СУС заявленным целям и требованиям заказчика.

Несмотря на важность необходимости и значимости эффективного решения задач по управлению процессами проектирования СУС, в настоящее время не существует единого подхода к решению подобных задач с учетом разнообразия возникающих рисков. Существующие программные продукты по управлению проектированием систем громоздки и не способны порождать рациональные типовые решения с учетом рисков ввиду их базирования на разнородных «тяжеловесных» математических средствах, подогнанных под разнообразные частные парадигмы и вследствие этого такие программные продукты плохо адаптируемы к нуждам конкретных организаций и предприятий, проектирующих СУС для объектов критической инфраструктуры.

Учитывая актуальность проблемы, большой интерес вызывают новые технологии проектирования с выявлением и анализом рискованных ситуаций, направленные на уменьшение затрат при проектировании систем путем построения набора моделей, заполняющих «когнитивную дистанцию» между автоматизируемой предметной областью [3] и качеством проектных решений на предприятии.

В связи этим в настоящей статье для выявления рискованных ситуаций предлагается обобщенная модель процесса проектирования, а также методология когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования, позволяющие учитывать многофакторность итеративного процесса этапа проектирования СУС.

Обобщенная модель процесса проектирования сложных управляющих систем. Обобщенная модель базируется на системном подходе и представляет собой совокупность методов и средств, позволяющих исследовать свойства, структуру, функции объектов и процессов в целом, представив их в качестве систем со сложными многочисленными внутренними и внешними связями [4].

Системный подход направлен на раскрытие целостности процесса проектирования СУС, выявление его сложных связей, а также накоплении сведений о системных свойствах при проектировании, при этом каждый подэтап этапа проектирования неразрывно связан между собой, а в целом является основополагающим во всем жизненном цикле СУС (рис. 1).

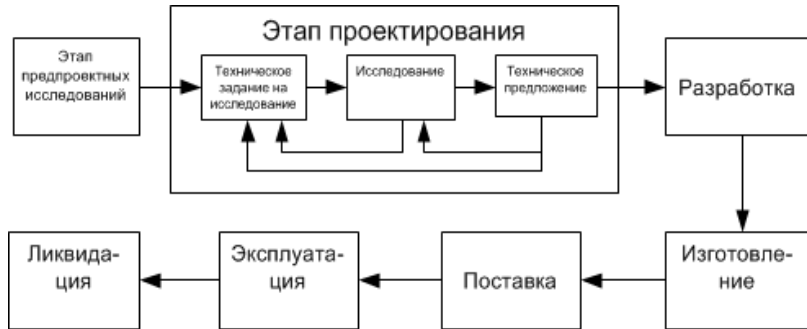


Рис. 1. Структура жизненного цикла СУС

На этапе *предпроектного* исследования проводится анализ идеи, выбор целей и постановка задач, выбор альтернатив, выявление рисков и анализ реализуемости проекта. Данные, полученные на этом этапе, являются основой для принятия решения по созданию СУС, а также используются для разработки технического задания на исследование при выполнении следующего этапа.

Этап *проектирования* [1] состоит из следующих подэтапов:

- ◆ разработка технического задания на исследование (формализация требований в предметной области);
- ◆ исследование (изучение, анализ и структурирование предметной области, проведение сравнительного анализа технологических, технических, организационных требований к проектированию и их параметризация, синтез и анализ структуры СУС, анализ и выбор методов проектирования различных вариантов конструктивного и технологического исполнения, выявление и анализ рисков);
- ◆ техническое предложение (формирование требований к уровню и качеству СУС, формирование требований к технической и организационной структуре этапа разработки СУС, предварительная конструкторская проработка, технико-экономическое обоснование).

Процесс проектирования можно представить в виде обобщенной модели, представляющей собой ориентированный граф с вершинами (триадами), объединяющей их в один единый процесс (рис. 2).

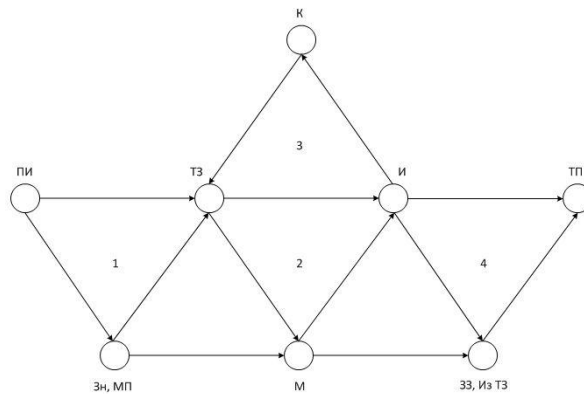


Рис. 2. Обобщенная модель процесса проектирования СТС

В основе всех этих триад лежит фундаментальная триада: «Начальное состояние – Технология перехода (знания, способ, алгоритм) – Конечное состояние» [5], обладающая свойством целостности, что позволяет проводить системный, качественный, количественный и логический анализ.

На первом этапе: включается предпроектное исследование (ПИ) и подэтап технического задания (ТЗ). При этом для реализации ТЗ используются знания исполнителей (Зн) и методы проектирования (МП). Таким образом, можно сформировать триаду «ПИ – Зн, МП – ТЗ».

На втором этапе: после того, как завершилось ТЗ, проводится исследование (И) с применением построенных моделей (когнитивных, функциональных, процессных) (М), при этом формируется триада «ТЗ – М – И».

На третьем этапе: по окончании второго этапа исполнители могут в полученные модели ввести изменения (например, изменить структуру когнитивной модели, путем корректировки (К)). В результате (К) происходит возврат к началу этапа. Таким образом формируется следующая триада: «И – К – ТЗ».

На четвертом этапе: после завершения И, осуществляется техническое проектирование (ТП) на основе замечаний заказчика (ЗЗ) и возможных изменений ТЗ. Таким образом, можно сформировать триаду «ЭП – ЗЗ, ИзТЗ – ТП».

Следует отметить, что применяемые в настоящее время подходы к моделированию процесса проектирования, ориентированные на использование количественных объективных оценок, и методы традиционной теории принятия решений, опирающейся на методы выбора лучшей альтернативы из их множества, оказываются недостаточными [6]. Это обусловлено тем, что на этапе проектирования данные, на основе которых принимаются решения, неизбежно содержат большую долю нечетких, субъективно оцененных данных, что зачастую не позволяет объективно оценить риски выполнения проекта на дальнейших этапах жизненного цикла СУС.

Поэтому, учитывая предложенную обобщенную модель процесса проектирования, системно организующую исследования исполнителей в результате структурной связанности триад, применительно к выявлению рисков ситуаций на этапе проектирования СУС, наиболее интересными представляются когнитивные модели, построенные с помощью когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования. Такие модели позволяют оперировать разного рода данными, отражать проблемы системы в модели, исследовать возможные сценарии, находить пути разрешения конфликтных (рисковых) ситуаций, что в результате позволяет качественно повысить обоснованность принятых решений в трудноформализуемых условиях.

Методология когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования. Построение и анализ структуры когнитивных и нечетких когнитивных моделей базируется на обобщенной схеме методологии четкого и нечеткого когнитивного моделирования, состоящей из семи этапов [7].

Этап 1. Выявление факторов, связей между ними, а также задание их значений.

Этап 2. Задание значений факторов и связей между ними.

Этап 3. Обработка значений факторов и связей между ними.

Этап 4. Построение четкой и/или нечеткой когнитивной модели.

Под *четкой когнитивной моделью* понимается когнитивная карта (знаковый ориентированный граф) [8, 9]:

$$G = \langle V, E \rangle, \quad (1)$$

где $V = \{v_i\}$ – множество вершин, $i = \overline{1, h}$, h – количество вершин; E – бинарное отношение на V (дуги (связи) между вершинами v_i и v_j). Элементы e_{ij} , $e_{ij} \in E$

$(i, j = \overline{1, h})$ характеризуют направление и силу влияния между вершинами v_i и v_j , $e_{ij} = e(v_i, v_j)$.

Под *нечеткой когнитивной моделью* понимается нечеткая когнитивная карта, в которой вершины представляют факторы, а ребра – нечеткие причинно-следственные связи между факторами [10, 11]

$$G_{\text{неч}} = \langle V, W \rangle, \quad (2)$$

где $V = \{v_i\}$ – множество вершин, $v_i \in V$, $i = \overline{1, h}$, h – количество вершин; $X = \{x_{v_i}\}$ – множество параметров вершин, $i = \overline{1, h}$. При этом каждой вершине ставится один параметр; W – нечеткие причинно-следственные связи между вершинами.

Заметим, что на данном этапе может быть построена не одна четкая и/или нечеткая когнитивная модель, а набор четких G и/или нечетких когнитивных моделей $G_{\text{неч}}$.

Отметим, что в общем случае, пока работа не ведется с ЧКМ и/или НКМ как с математической моделью, оперируем понятием «факторы». Как только началась работа с ЧКМ и/или НКМ, оперируем понятием «вершина».

Существует два подхода к построению ЧКМ и/или НКМ [12, 13]:

1) «Сверху». На начальном этапе строится общая ЧКМ и/или НКМ, которая в дальнейшем достраивается с помощью отдельных блоков когнитивной модели.

2) «Снизу». На начальном этапе сначала строятся отдельные блоки когнитивной модели, а затем происходит их объединение в общую четкую когнитивную модель.

Этап 5. Вычислительный эксперимент четкой и/или нечеткой когнитивной модели, включающий анализ структур моделей, импульсное моделирование и сценарный анализ.

В случае проведения импульсного моделирования на четкой и/или нечеткой когнитивной модели, сценарного анализа могут быть построены различные сценарии прогноза развития рискованных ситуаций на этапе проектирования СТС, с целью ослабления негативных тенденций и/или усиления позитивных тенденций.

Для проведения импульсного моделирования на ЧКМ и/или НКМ необходимо исследовать зависимости изменения параметров x_{v_i} от времени $x_{v_i}(t)$, $t = 1, 2, 3, \dots$. Процесс распространения возмущения по графу G , $G_{\text{неч}}$ ($t(n-1)$ в $t(n)$, $t(n+1)$, ...) определяется выражением [14, 15].

$$x_{v_i}(n+1) = x_{v_i}(n) + \sum_{v_j: e=e_{ij}}^{h-1} f(x_{v_i}, x_{v_j}, e_{ij})P_j(n) + Q_i(n),$$

где $x_{v_i}(n+1)$, $x_{v_i}(n)$ – значение параметра вершины v_i в момент $t = n$ и $t = n + 1$; n – такты моделирования; $P_j(n)$ – изменение в вершине v_j в момент времени $t(n)$; $Q_i(n)$ – вектор внешних импульсов q_i , вносимых в вершины v_i в момент времени $t(n)$; f – коэффициент связи между вершинами v_i и v_j [16]. Сценарии, порождаемые возмущениями, дают ответ на вопрос: «А что будет с системой в момент $t(n+1)$, если ...?».

Проведение вычислительного эксперимента путем импульсного моделирования требует предварительного его планирования. План вычислительного эксперимента для ЧКМ и/или НКМ предлагается оформлять в виде таблицы, представленной на рис. 3.

Под *планированием* понимается выбор вершин, в которые должны вноситься возмущающие воздействия.

Сценарий	Возмущение	Вершины				
		v_1	v_2	v_3	...	v_i
Сценарий № 1	$q_1 = -1$	-1				
Сценарий № 2	$q_3 = 1$			1		
...
Сценарий № p	$q_1 = 1$ $q_i = 1$	1				1

Рис. 3. План вычислительного эксперимента

Символ «1» обозначает положительную связь между вершинами v_i и v_j , т.е. увеличение (уменьшение) влияния вершины v_i вызывает увеличение (уменьшение) в вершине v_j ; символ «-1» означает отрицательную связь между v_i и v_j , т.е. увеличение (уменьшение) влияния вершины v_i вызывает уменьшение (увеличение) в вершине v_j ; символ «0» означает, что влияние v_i на v_j отсутствует.

Этап 6. Анализ результатов.

После проведения анализа структуры модели предлагается сделать выбор, а именно принять решение о корректировке / не корректировке начальной ЧКМ G и/или НКМ $G_{\text{неч}}$ или о разработке новой ЧКМ $G_{\text{(нов)}}$ и/или НКМ $G_{\text{неч(нов)}}$.

Отметим, что когнитивные модели рассматривают формирование интегрального показателя реализации этапа проектирования СУС с позиций системного подхода. Особенностью предлагаемых моделей является то, что каждый из выделенных факторов модели является сам по себе интегральным показателем реализации этапа проектирования СУС [17, 18].

Этап 7. Вывод о реализации этапа проектирования СУС с учетом рисков ситуаций.

Если результаты анализа не предполагают корректировку, применяются математические методы анализа для интерпретации результатов и делаются выводы [19].

Заключение. В настоящее время даже такие современные средства как CASE практически не позволяют в полной мере оценить риски, возникающие на этапе проектирования – они способны только механически выполнять команды инженеров [20].

Главным достоинством предложенной обобщенной модели процесса проектирования и когнитивного и нечеткого когнитивного моделирования [21] на этапе проектирования СУС является возможность систематического качественного учета отдаленных последствий принимаемых решений и выявления побочных эффектов, которые могут помешать реализации, казалось бы, очевидных решений и которые трудно оценить интуитивно при большом числе факторов и многообразии многочисленных путей взаимодействия между ними. Задача выявления возможных рисков вообще, а на этапе проектирования в частности, должно являться важнейшей составной частью деятельности предприятия. И если не придавать значения этой динамичной проблеме, то даже незначительные ошибки, допущенные на этапе проектирования СИС, могут привести к ситуации, когда принятые решения по проектированию могут в дальнейшем привести к критическому несоответствию СУС заявленным целям и требованиям заказчика.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ГОСТ Р 15.000-2016. Система разработки и постановки продукции на производство (СРПП). Основные положения. – М.: Стандартинформ, 2016.
2. Юрков Н.К. Системный подход к организации жизненного цикла сложных технических систем // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 1. – С. 27-35.
3. Ковалев С.П. Теоретико-категорийные модели и методы проектирования больших информационно-управляющих систем: автореф. дисс. ... д-ра физ.-мат. наук. – М.: ИПУ РАН, 2013. – 32 с.
4. Семенов С.С. Основные положения системного анализа при оценке технического уровня сложных систем с применением экспертного метода // Надежность и качество сложных систем. – 2013. – № 4. – С. 45-53.
5. Гузаиров М.Б., Ильясов Б.Г., Герасимова И.Б. Системный подход к анализу сложных систем и процессов на основе триад // Проблемы управления. – 2007. – № 5. – С. 32-38.
6. Ильясов Б.Г., Макарова Е.А. Проблемы и концептуальные основы системного анализа и моделирования воспроизводственного процесса на макроуровне с учетом взаимодействия потоков и запасов // Стратегии бизнеса. – 2013. – № 2 (2). – С. 50-56.
7. Krioni N.K., Kolodenkova A.E., Korobkin V.V., Gubanov N.G. Intelligent decision-making support system using cognitive modeling for project feasibility assessment on creating complex technical systems // International Journal of Applied Business and Economic Research. – 2016. – Vol. 14, No. 10. – P. 7289-7300.
8. Roberts F. Graph Theory and its applications to problems of society, society for industrial and applied mathematics. – Philadelphia, 1978. – 116 p.
9. Робертс Ф.С. Дискретные математические модели с приложениями к социальным, биологическим и экологическим задачам. – М.: Наука, 1986. – 496 с.
10. Dickerson J., Kosko B. Virtual worlds as fuzzy dynamic systems // Technology for multimedia. – New York, IEEE Press, 1998. – P. 567-603.
11. Koulouriotis D.E., Diakoulakis I.E., Emiris D.M. Learning fuzzy cognitive maps using evolution strategies: a novel schema for modeling a simulating high-level behavior // Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation, Seoul, Korea. – 2001. – Vol. 1. – P. 364-371.
12. Горелова Г.В. Когнитивный подход к имитационному моделированию сложных систем // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 3 (140). – С. 239-250.
13. Горелова Г.В., Колоденкова А.Е. Выявление рисков на этапе предпроектного исследования при разработке интеллектуальных информационно-управляющих систем технических объектов на основе когнитивного моделирования // Конгресс по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'15»: Тр. конгресса. – Таганрог: ЮФУ, 2015. – Т. 2. – С. 236-242.
14. Кастри Дж. Большие системы: связность, сложность и катастрофы. – М.: Мир, 1982. – 216 с.
15. Кульба В.В., Кононов Д.А., Ковалевский С.С. Сценарный анализ динамики поведения социально-экономических систем. – М.: ИПУ РАН, 2002. – 122 с.
16. Горелова Г.В., Захарова Е.Н., Радченко С.А. Исследование слабоструктурированных проблем социально-экономических систем: когнитивный подход. – Ростов-на-Дону: РГУ, 2006. – 332 с.
17. Садовникова Н.П., Жидкова Н.П. Выбор стратегий территориального развития на основе когнитивного анализа и сценарного моделирования // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Строит. информатика. – 2012. – Вып. 7 (21). – Режим доступа: www.vestnik.vgasu.ru.
18. Новичихин А.В., Уланкин А.Н. Методические особенности проектного программирования развития предприятий ресурсного региона (на примере угольной отрасли). – Режим доступа: http://www.giab-online.ru/files/Data/2011/3/Novichihin_3_2011.pdf.
19. Шоломицкий А.Г. Теория риска. Выбор при неопределенности и моделирование риска. – М.: Высшая школа, 2005.
20. Ковалёв С.П. Повышение эффективности процессов проектирования больших информационно-управляющих систем // XII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. – М., 2014. – С. 9291-9300.
21. Кузнецов О.П. Когнитивное моделирование слабо структурированных ситуаций. – Режим доступа: <http://posp.raai.org/data/posp2005/Kuznetsov/kuznetsov.html>.

REFERENCES

1. GOST R 15.000-2016. Sistema razrabotki i postanovki produktsii na proizvodstvo (SRPP). Osnovnye polozheniya [System development and launching products to the production (SRPP). The main provisions]. Moscow: Standartinform, 2016.
2. Yurkov N.K. Sistemnyy podkhod k organizatsii zhiznennogo tsikla slozhnykh tekhnicheskikh sistem [A systematic approach to the organization of the life cycle of complex technical systems], *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem* [Reliability and quality of complex systems], 2013, No. 1, pp. 27-35.
3. Kovalev S.P. Teoretiko-kategoriynye modeli i metody proektirovaniya bol'shikh informatsionno-upravlyayushchikh sistem: avtoref. diss. ... d-ra fiz.-mat. nauk [Theoretical-categorical models and methods of design of large management information systems: autoabstract dr. of phys.-math. sc. diss.]. Moscow: IPU RAN, 2013, 32 p.
4. Semenov S.S. Osnovnye polozheniya sistemnogo analiza pri otsenke tekhnicheskogo urovnya slozhnykh sistem s primeneniem ekspertnogo metoda [Main provisions of the system of analysis when assessing technical level of complex systems using expert method], *Nadezhnost' i kachestvo slozhnykh sistem* [Reliability and quality of complex systems], 2013, No. 4, pp. 45-53.
5. Guzairov M.B., Il'yasov B.G., Gerasimova I.B. Sistemnyy podkhod k analizu slozhnykh sistem i protsessov na osnove triad [A systematic approach to the analysis of complex systems and processes on the basis of triads], *Problemy upravleniya* [Control Sciences], 2007, No. 5, pp. 32-38.
6. Il'yasov B.G., Makarova E.A. Problemy i kontseptual'nye osnovy sistemnogo analiza i modelirovaniya vosproizvodstvennogo protsessa na makrourovne s uchedom vzaimodeystviya potokov i zapasov [Issues and conceptual framework of system analysis and modelling of the reproductive process at the macro level, accounting for the interaction of flows and stocks], *Strategii biznesa* [Business strategy], 2013, No. 2 (2), pp. 50-56.
7. Krioni N.K., Kolodenkova A.E., Korobkin V.V., Gubanov N.G. Intelligent decision-making support system using cognitive modeling for project feasibility assessment on creating complex technical systems, *International Journal of Applied Business and Economic Research*, 2016, Vol. 14, No. 10, pp. 7289-7300.
8. Roberts F. Graph Theory and its applications to problems of society, society for industrial and applied mathematics. Philadelphia, 1978, 116 p.
9. Roberts F.S. Diskretnye matematicheskie modeli s prilozheniyami k sotsial'nym, biologicheskim i ekologicheskim zadacham [Discrete mathematical models with applications to social, biological and environmental problems]. Moscow: Nauka, 1986, 496 p.
10. Dickerson J., Kosko B. Virtual worlds as fuzzy dynamic system, *Technology for multimedia*. New York, IEEE Press, 1998. pp. 567-603.
11. Koulouriotis D.E., Diakoulakis I.E., Emiris D.M. Learning fuzzy cognitive maps using evolution strategies: a novel schema for modeling a simulating high-level behavior, *Proceedings of IEEE Congress on Evolutionary Computation, Seoul, Korea*, 2001, Vol. 1, pp. 364-371.
12. Gorelova G.V. Kognitivnyy podkhod k imitatsionnomu modelirovaniyu slozhnykh sistem [A cognitive approach for modeling complex systems], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskije nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2013, No. 3 (140), pp. 239-250.
13. Gorelova G.V., Kolodenkova A.E. Vyyavlenie riskov na etape predproektnogo issledovaniya pri razrabotke intellektual'nykh informatsionno-upravlyayushchikh sistem tekhnicheskikh ob"ektov na osnove kognitivnogo modelirovaniya [Identifying risks at the stage of exploratory research in the development of intelligent information-control systems of technical objects on the basis of cognitive modeling], *Kongress po intellektual'nym sistemam i informatsionnym tekhnologiyam «IS&IT'15»: Tr. Kongressa* [Congress on intellectual systems and information technologies "IS&IT'15": proceedings of the Congress]. Taganrog: YuFU, 2015, Vol. 2, pp. 236-242.
14. Kasti Dzh. Bol'shie sistemy: svyaznost', slozhnost' i katastrofy [Large systems: connectivity, complexity and catastrophe]. Moscow: Mir, 1982, 216 p.

15. Kul'ba V.V., Kononov D.A., Kovalevskiy S.S. Stsenarnyy analiz dinamiki povedeniya sotsial'no-ekonomicheskikh system [Scenario analysis the dynamics of behaviour of socio-economic systems]. Moscow: IPU RAN, 2002, 22 p.
16. Gorelova G.V., Zakharova E.N., Radchenko S.A. Issledovanie slabostrukturirovannykh problem sotsial'no-ekonomicheskikh sistem: kognitivnyy podkhod [The study semi-structured socio-economic systems: a cognitive approach]. Rostov-on-Don: RGU, 2006, 332 p.
17. Sadovnikova N.P., Zhidkova N.P. Vybory strategiy territorial'nogo razvitiya na osnove kognitivnogo analiza i stsenarnogo modelirovaniya [The choice of strategies of territorial development on the basis of cognitive analysis and scenario modeling], *Internet-vestnik VolgGASU. Ser.: Stroit. Informatika* [Internet-Vestnik VolgGASU. Series: Construction Informatics], 2012, Issue 7 (21). Available at: www.vestnik.vgasu.ru.
18. Novichikhin A.V., Ulankin A.N. Metodicheskie osobennosti proektnogo programmirovaniya razvitiya predpriyatiy resursnogo regiona (na primere ugol'noy otrasli) [Methodical peculiarities of project programming enterprise development resource of region (on example of the coal industry)]. Available at: http://www.giab-online.ru/files/Data/2011/3/Novichihin_3_2011.pdf.
19. Sholomitskiy A.G. Teoriya riska. Vybory pri neopredelennosti i modelirovaniye riska [The theory of risk. Choice under uncertainty and risk modeling]. Moscow: Vysshaya shkola, 2005.
20. Kovalev S.P. Povyshenie effektivnosti protsessov proektirovaniya bol'shikh informatsionno-upravlyayushchikh sistem [Improving the efficiency of processes of design of large information management systems], *XII Vserossiyskoe soveshchanie po problemam upravleniya VSPU-2014* [XII all-Russian meeting on control problems VCPU-2014]. Moscow, 2014, pp. 9291-9300.
21. Kuznetsov O.P. Kognitivnoye modelirovaniye slabostrukturirovannykh situatsiy [Cognitive modeling of weakly structured situations]. Available at: <http://posp.raai.org/data/posp2005/Kuznetsov/kuznetsov.html>.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. Э.В. Мельник.

Коробкин Владимир Владимирович – НИИ МВС ЮФУ; e-mail: vvk@niimvs.ru; г. Таганрог, ул. Чехова, 2; к.т.н.; главный конструктор по направлению; зав. лабораторией.

Кухаренко Анатолий Павлович – e-mail: ss@mvs.sfedu.ru; к.т.н.; доцент; заместитель директора НИИ МВС ЮФУ.

Колоденкова Анна Евгеньевна – Уфимский государственный авиационный технический университет; e-mail: anna82_42@mail.ru; 450008, г. Уфа, ул. К. Маркса, 12; тел.: +73472730763; кафедра технологии машиностроения; к.т.н.; доцент.

Korobkin Vladimir Vladimirovich – Acad. Kalyaev Scientific Research Institute of Multiprocessor Computer Systems; e-mail: vvk@niimvs.ru; 2, Chekhov street, Taganrog, Russia; cand. of eng. sc.; chief designer in the direction; head laboratory.

Kukharenko Anatoly Pavlovich – e-mail: ss@mvs.sfedu.ru; cand. of eng. sc.; associate professor; deputy director Scientific Research Institute of Multiprocessor Computer Systems.

Kolodenkova Anna Evgen'evna – Ufa State Aviation Technical University; e-mail: anna82_42@mail.ru; 12, K. Marksa street, Ufa, 450008, Russia; the department of engineering technology; cand. of eng. sc.; associate professor.