

**КОГНИТИВНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ: СТРУКТУРЫ И МОДЕЛИ****М. А. Поляков***Запорожский национальный технический университет*

**Аннотация.** Рассмотрены многоуровневые системы управления, использующие на каждом уровне соответствующие формы знаний и деятельности. Эти системы описаны в рамках уровней управлений образованных пирамидами форм знаний и деятельности: непосредственного, сигнального, вычислительного, информационного, когнитивного, концептуального и целевого управления. Предложены теоретико-множественные модели операций преобразования форм знаний и деятельности в виде соответствующих отображений множеств и автоматов. Определены автоматы целей и сценариев достижения этих целей.

**Ключевые слова:** функциональные структуры управления, когнитивное управление, теоретико-множественные модели структур управления.

**Введение**

Возрастание объема использования высших форм знаний для целей управления техническими объектами - устойчивая тенденция, которая в 10-20 -летней перспективе приведет к когнитивной революции и изменению технологического уклада человечества [1]. В этой связи актуально исследование, проектирование и изучение систем управления техническими объектами и процессами, которые используют в процессе управления высшие формы знаний пирамид знаний [2,3]. Такие системы называют когнитивными системами управления (КСУ). Пробразом КСУ следует считать информационно-управляющие системы (ИУС).

При этом постоянно снижается «порог сложности» объекта управления, когда целесообразно применять когнитивное управление. От ИУС для кораблей [4], к нечетким контроллерам для управления поездами метрополитена [5]. В обозримом будущем не исключено появление «когнитивных» лампочек и электрических проводников систем электроснабжения.

**1. Постановка задачи исследования**

Известные работы по когнитивным системам посвящены управлению на основе знаний в организационных системах [6] и системах искусственного интеллекта [7].

Настоящая работа продолжает исследования структур и элементов контроллерных систем управления в [8-14]. Так в работе [8] выявлены функциональные уровни контроллерных систем управления, лежащие ниже уровня когнитивного управления. Это уровни управления адаптацией, состояниями, комплексными и стандартными

операциями и другие. В работе [9] описана иерархия управлений в контроллерных системах, в соответствии с которой, подсистема управления  $i$ -го уровня является объектом управления на высших уровнях ( $(i+1)$  – м и других). Теоретико-множественные модели элементов таких структур приведены в работе [10]. В работах [11-13] предложенные иерархии управления используются для описания структуры удаленных лабораторий для изучения методов проектирования систем управления.

В работе [14] определены структуры подсистем непосредственного, сигнального, вычислительного, информационного, когнитивного, концептуального и целевого управления, сформулирован принцип однородности знаний хранящихся в системе и следствие из него о возможности управления формами деятельности и знаний нижестоящих управляющих блоков (модулей, устройств). Вместе с тем модели этих подсистем и их взаимосвязи не описаны в известной автору литературе и требуют детализации.

Целью работы является сокращение цикла проектирования КСУ на основе применения типовых элементов и структур для различных уровней КСУ.

Задачей работы является разработка теоретико-множественных моделей этих элементов и структур.

**2. Преобразование форм знаний в КСУ**

С одной стороны, функциональную структуру КСУ определяют процессы переработки знаний об объекте управления и управляющих модулях (подсистемах). Знания перерабатываются в направлении от низших к высшим формам в пирамидах форм знаний DIKW, DIKUW, где D это форма данных (Data), I – информации (Information), K – знаний (Knowledge), U – пони-

маний (Understanding) и W – мудрости (Wisdom). Знания, участвующие в процессах управления, подразделим на приобретенные системой в ходе ее функционирования и заложенные в нее в процессе проектирования и изготовления.

С другой стороны, КСУ выполняет деятельности, трансформирующие цели функционирования системы в конкретные воздействия на объект управления. Эта трансформация происходит в направлении от высших к низшим формам деятельности в пирамиде форм деятельности GSBOD, где G – цель (Goal), S – сценарий (Scenario), B – поведение (Behavior), O – информация (Operation) и D – данные (Data).

Взаимодействие этих двух процессов находит отражение в структурах баз знаний и структурах управляющих блоков/модулей/устройств и порождает новые знания, которые используются в процессе когнитивного управления.

Рассмотрим пирамиду типов знаний, которые хранятся в базе знаний и используются в работе КСУ. Знания характеризуются содержанием, формой представления и достоверностью. Переработка знаний (действия с базой знаний) направлена на получение нового содержания (новых выводов из имеющихся знаний), повышение уровня знаний и степени их достоверности.

Источником приобретенных системой знаний являются сигналы от датчиков объекта управления и окружающей среды КСУ. Эти сигналы преобразуются в данные. При этом на уровне системы управления сигналами повышение степени достоверности знаний производится путем аналоговой фильтрации с целью удаления помех, внесенных во время передачи сигналов по линиям связи от датчиков. Знания в форме данных появляются в КСУ после того как амплитуда отфильтрованного сигнала преобразована с помощью АЦП, в двоичный код, который сохранен в памяти базы знаний вместе с кодом системного времени в момент преобразования. По истечении заданного интервала времени, неактуальные данные, как правило, удаляются из базы данных. Таким образом, преобразование сигналов в данные опишем отображениями:

$$M_{sign} \times P_{sign} \times T_{sys} \rightarrow D^+;$$

$$D \times T_{sys} \rightarrow D^-;$$

где  $M_{sign}$  – множество сигналов от объекта управления и внешней среды в определенный отрезок времени;  $P_{sign}$  – множество параметров преобразования сигналов в данные (параметры

аналоговой фильтрации, масштаба, точности, периода дискретизации АЦП преобразования, формата кода данных и другие);  $T_{sys}$  – множество параметров системного времени;  $D^+$  – множество кодов значений и погрешностей данных и текущего времени, вносимых в базу знаний в текущий момент времени;  $D^-$  – множество кодов значений и погрешностей данных и текущего времени, удаляемых из базы знаний в текущий момент времени.

На уровне системы управления данными на основе данных формируется информация о параметрах объекта управления и внешней среды. Во-первых, проводится цифровая фильтрация данных и компенсация систематических погрешностей измерений. Во-вторых, величина, время и канал поступления данных связываются с наименованием и единицами измерения параметра объекта управления, и рассчитывается суммарная погрешность измерения и преобразования параметра. В-третьих, из базы удаляется неактуальная информация. Преобразование данных в информацию опишем отображениями

$$D \times P_{ID} \rightarrow I_1^+;$$

$$I_1 \times T_a \rightarrow I_1^-;$$

где  $D$  – данные в базе знаний в текущий момент времени;  $P_{ID}$  – параметры преобразования первичных данных, включая отображение множества каналов по которым поступают сигналы на множество параметров объекта управления и окружающей среды;  $I_1, I_1^+, I_1^-$  – приобретенная первичная информация имеющаяся, добавляемая и удаляемая в текущий момент времени из базы знаний, соответственно;  $T_a$  – множество параметров астрономического времени.

На уровне вычислительного управления выполняется обработка полученной информации:

- Отдельные значения объединяются в массивы, сортируются, нормализуются, выполняется кластеризация экземпляров классов информации;
- Определяются такие вторичные параметры как спектральные и статистические (частоты появления, среднеарифметические, среднегеометрические, среднеквадратичные) значения; динамические (производные, экстремумы) характеристики величин в информационных массивах; производится оценка погрешностей вторичных параметров;
- Выполняется сравнение данных полученных по различным каналам и различными

методами, сравнение с результатами моделирования и (или) расчета;

- Сформированная вторичная информация добавляется в базу знаний, а неактуальная вторичная информация удаляется из нее;

Получение вторичной информации опишем преобразованиями

$$I_1 \times P_{2D} \rightarrow I_2^+;$$

$$I_2 \times T_a \rightarrow I_2^-;$$

где  $I_2, I_2^+, I_2^-$  - приобретенная вторичная информация имеющаяся, добавляемая и удаляемая в текущий момент времени из базы знаний, соответственно;  $P_{2D}$  - параметры алгоритмов получения вторичной информации из первичной.

На уровне управления информацией выполняется:

- Извлечение из полученной информации знания о принадлежности элементов информационных массивов диапазонам допустимых значений и диапазонам уровней тревожной сигнализации;

- Аппроксимация последовательности значений в информационных массивах стандартными функциями;

- Определение путем интерполяции недостающих элементов в информационных массивах;

- Выявление тенденций в изменении значений;

- Нахождение коррелированных переменных и параметров корреляции;

- Аппроксимация статистических данных законами распределения;

- Формирование нечетких и лингвистических переменных, фаззификация значений переменных, которые хранятся в базе информации;

- Удаление неактуальных знаний из базы знаний.

Формирование этих первичных знаний опишем преобразованиями

$$(I_1 \cap I_2) \times P_{1K} \rightarrow K_1^+;$$

$$K_1 \times T_a \rightarrow K_1^-;$$

где  $K_1, K_1^+, K_1^-$  - приобретенные первичные знания, хранящиеся в базе знаний, добавляемые в нее и удаляемые из нее в текущий момент времени, соответственно;  $P_{1K}$  - параметры преобразования первичной информации в первичные знания.

На уровне управления знаниями производится дальнейшее изучение объекта управления и окружающей среды, построение их моделей и изучение процесса управления. В том числе выполняется:

- Переход от знаний о параметрах к знаниям о состояниях объекта управления и управляющей подсистемы (пример приведен в [15]);

- Извлечение вторичных знаний на основе фактов хранящихся в базе первичных знаний и процедур логического вывода, например с использованием языка программирования ПРОЛОГ;

- Связывание полученных знаний об объекте с информацией об операциях управляющей подсистемы с этим объектом. Модель этой связи может быть получена в результате обучения нейронной сети данными из информационных массивов;

- Разработка модели прогноза изменений параметров объекта управления и окружающей среды путем экстраполяции информационных массивов и использования нейро-фаззи моделей взаимосвязей трендов воздействий на объект управления и динамики его параметров;

- Удаление неактуальных вторичных знаний из базы знаний системы.

Формирование вторичных знаний опишем преобразованиями

$$K_1 \times P_o \rightarrow K_c;$$

$$K_1 \times K_2 \rightarrow K_2;$$

$$(K_1 \cap K_2) \times P_{2K} \rightarrow K_2^+;$$

$$K_2 \times K_2 \times T_a \rightarrow K_2^-;$$

где  $K_2, K_2^+, K_2^-$  - вторичные знания об объекте управления хранящиеся в базе знаний, добавляемые в нее и удаляемые из нее в текущий момент времени, соответственно;  $K_c$  - знание о текущем состоянии объекта управления;  $P_o$  - параметры текущей операции деятельности системы;  $P_{2K}$  - параметры извлечения вторичных знаний.

На уровне управления пониманием:

- Выполняется расчет результатов выполнения известных сценариев деятельности исходя из знаний о текущем состоянии объекта управления с определением его конечного состояния и затрат на реализацию сценария. Эти знания необходимы для оценки достижимости целей управления;

• Иницируется работа модели системы управления, которая учитывает имеющиеся знания, текущие параметры, состояние объекта управления и генерирует данные о его ненаблюдаемых и прогнозируемых параметрах;

Соответствующие отображения имеют вид

$$K_2 \times K_C \rightarrow D_3^+;$$

$$K_2 \times K_C \rightarrow K_3,$$

где  $D_3^+$  - данные генерируемые моделью системы управления, которые добавляются в базу данных системы;  $K_3$  - знания о достижимости целей управления и затратах на реализацию сценариев управления.

На уровне управления мудростью производится выбор текущей цели управления исходя из приоритетов целей управления и знаний  $K_3$ .

### 3. Формы деятельности в КСУ

Рассмотрение форм деятельности начнем с ее высших форм. Для описания деятельности используем формализм дискретных или гибридных автоматов [16,17]. Гибридный автомат позволяет объединить язык описания непрерывного поведения с использованием дифференциальных уравнений и язык дискретных автоматов.

На уровне целей структура деятельности представлена дискретным автоматом целей (purpose automate)

$$(X^p, Y^p, S^p, \mu^p, \delta^p),$$

где:  $X^p$  - множество событий целей информирующие о невозможности или нецелесообразности продолжения некоторого сценария достижения соответствующей цели;  $Y^p$  - множество сценариев деятельности;  $S^p$  - множество состояний - целей деятельности; - исходная и конечная цели деятельности;  $\mu^p$  - функция сценариев, задаваемая отображением  $\mu^p : S^p \times X^p \rightarrow Y^p$ ;  $\delta^p$  - функция транзакции целей, задаваемая отображением  $\delta^p : S^p \times X^p \rightarrow S^p$ .

В каждый момент времени активным является только одно состояние  $S_i^p \in S^p$ . С этим состоянием связана текущая цель деятельности системы. Множество  $X^p$  задает условия изменения текущей цели. Действием в активном состоянии  $S_i^p$  является активизация сценария  $Y_i^p \in Y^p$ , достигающего текущую цель наилучшим способом.

На уровне сценариев структура представлена дискретным автоматом сценариев (script machine)

$$(X^s, Y^s, S^s, S_0^s, S_e^s, \mu^s, \delta^s),$$

где  $X^s$  - множество событий сценариев;  $Y^s$  - множество поведений;  $S^s$  - множество типов поведения;  $S_0^s, S_e^s$  - исходное и конечное поведение;  $\mu^s$  - функция поведения сценария, задаваемая отображением  $\mu^s : S^s \times X^s \rightarrow Y^s$ ;  $\delta^s$  - функция транзакции поведений, задаваемая отображением  $\delta^s : S^s \times X^s \rightarrow S^s$ .

Выполнение сценария характеризуется последовательностью смены состояний сценариев и исполнением поведений, связанных с этими состояниями.

На уровне поведений сценарий реализуется дискретным или гибридным автоматом поведения (behavior machine). Дискретным автоматом поведения назовем автомат

$$(X^b, Y^b, S^b, S_0^b, S_e^b, \mu^b, \delta^b),$$

где  $X^b$  - множество событий поведения, включая события времени;  $Y^b$  - множество действий;  $S^b$  - множество состояний поведения;  $S_0^b, S_e^b$  - исходное и конечное состояние поведения;  $\mu^b$  - функция действий поведения;  $\delta^b$  - функция транзакции состояний.

Дискретный автомат управляет последовательностью действий в ходе реализации поведения системы.

Гибридным автоматом поведения назовем набор

$$(X^b, SC^b, S_0^b, F^b, Pr^b, Al^b),$$

где  $X^b$  - множество непрерывных  $X^{bc}$  и дискретных  $X^{bd}$  переменных поведения  $X^b = \{X^{bc}, X^{bd}\}$ ;  $SC^b$  - граф  $SC^b = \{S^b, E^b\}$  с множеством узлов (состояний)  $S^b$  и множеством ориентированных дуг  $E^b = \{(S_i^b, S_j^b), i=1, k; j=1, m\}$ , где;  $S_0^b$  - множество начальных состояний;  $F^b$  - функция  $F^b : F^b \times T^b \times X^{bc}$  определяющая характер изменения непрерывных величин во множестве временных интервалов  $T^b$ , в зависимости от значения дискретных переменных;  $Pr^b$  - множество предикатов;  $Al^b$  - множество алгоритмов.

Узлы графа могут быть простыми и параллельными или последовательными гиперузлами. Каждому узлу графа  $SC^b$  поставлена в соответ-

ствие совокупность дискретных переменных, принимающих постоянное значение в данном состоянии, а каждой дуге – пара, состоящая из предиката и алгоритма  $(pr_i, al_j, i = 1, k; j = 1, m)$ .

Работа обоих автоматов в системе управления заключается в определении активного, на данный момент, состояния  $S_i^b, S_i^b \in S^b$  и выполнения действий  $Y_i^b, Y_i^b \in Y^b$  для дискретного автомата или функции  $F_i^b, F_i^b \in F^b$  для гибридного автомата.

На уровне вычислительного управления деятельность системы заключается в определении данных  $D_i^c$  действий на основе актуальной на данный момент информации о действиях  $Y_i^b$  и значении функции  $F_i^b$ . При этом используется отображения

$$Y_i^b \times P_D \rightarrow D_i^c;$$

$$F_i^b \times P_D \rightarrow D_i^c,$$

где  $P_D$  – множество параметров действия, например способ кодирования, адрес канала связи с объектом управления, время начала, продолжительность действия и другие.

На уровне управления данными деятельность системы управления заключается в формировании сигналов управления в соответствии с данными  $D_i^c$ . Эти сигналы передаются в исполнительные механизмы и управляют воздействиями на объект управления.

### Выводы

Когнитивные системы управления это перспективный класс систем управления, в которых объединяются процессы познания объекта управления, окружающей среды и управляющей подсистемы и процессы деятельности системы направленные на достижение целей ее функционирования.

Когнитивные системы управления целесообразно описывать в рамках уровней управлений образованных пирамидами форм знаний DIKUW и деятельности GSBOD: непосредственного, сигнального, вычислительного, информационного, когнитивного, концептуального и целевого управления.

Предложены теоретико-множественные модели операций преобразования форм знаний и деятельности в виде соответствующих отображений множеств и автоматов. Определены автоматы целей и сценариев достижения этих целей. Эти модели описывают типовые варианты внешние связи и логику работы управляющих подси-

стем КСУ, что облегчает их выбор и, в конечном счете, сокращает затраты на проектирование.

Предложенные модели предполагается использовать при проектировании удаленных лабораторий для курсов обучения проектированию когнитивных систем управления разрабатываемых в рамках международных проектов “Tempus” “DesIRE - Development of Embedded System Courses with implementation of Innovative Virtual approaches for integration of Research, Education and Production in UA, GE, AM”, Grant No. 544091-TEMPUS-1-2013-1-BE-TEMPUS-JPCR и “Union Internet of Things: Emerging Curriculum for Industry and Human Application ALIOT”, Grand No. 573818-EPP-1-2016-1-UK-EPPKA2-CBHE-JP.

### Список использованной литературы

1. Когнитивный анализ и управление развитием ситуаций (CASC'2009): Труды Международной конференции (17–19 ноября 2009 г., Москва). – [Текст], М.: ИПУ РАН, 2009. – 288 с.
2. Rowley, J. The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. – [Text] / Journal of Information and Communication Science. 2007, 33 (2): 163–180. doi:10.1177/0165551506070706.
3. Ackoff, R. L. From data to wisdom. – [Text] / Journal of Applied Systems Analysis 16 (1989) 3–9.
4. Combat Management System "SIGMA-E" – Leaflet. [Electrical resours]. – Режим доступа [http://npomars.com/en/products/sis\\_upr\\_voen/bius/](http://npomars.com/en/products/sis_upr_voen/bius/).
5. Леоненков, А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. – [Text]-СПб.: БХВ – Петербург, 2005,–736 с.: ил.
6. Цветков, В. Я., Соловьев, И. В. Принципы когнитивного управления сложной организационно-технической системой. – [Текст], /Государственный советник. Изд.: Экологическая помощь (Воронеж) №1(13), 2016, с. 27–32, ISSN: 2308-9369, eISSN: 2308–9369.
7. Рассел, С., Норвиг, П. Искусственный интеллект: современный подход, 2-е изд.: Пер. с англ. – [Текст], М.: Издательский дом «Вильямс», 2006.–1408 с.:ил.
8. Поляков, М. А. Теоретико-множественная модель интегрированной контроллерной системы управления. – [Текст], // Системні технології.– 2009, № 4, Дніпро, с. 131–137.
9. Поляков, М. О. Часть 2. Системы керування електричними машинами та апаратами / Поляков, М. О., Ларіонова, Т. Ю. // Віддалений та віртуальний інструментарій в інжинірингу: монографія / за заг. ред. Хенке, К.. – [Текст],– Запоріжжя: Дике Поле, 2015. – 250 с. ISBN 978–966–2752–74–8.

10. Поляков, М. А. Теоретико-множественные модели элементов и структур интегрированных контроллерных систем управления. – [Текст], // Системні технології.– 2012, № 2, Дніпро, с. 75–81.

11. Poliakov, M., Larionova, T., Tabunshchik, G., Parkhomenko, A., Henke, K.. Remote laboratory for teaching of control systems design as an integrated system – [Text], // International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV2016, Madrid, Spain, February 24–26, 2016, pp. 333–340.

12. Poliakov, M., Larionova, T., Tabunshchik, G., Parkhomenko A., and Henke, K. «Hybrid Models of Studied Objects Using Remote Laboratories for Teaching Design of Control Systems» – [Text] in: International Journal of Online Engineering (iJOE), Vol. 9 (2016), Vienna, IAOE, pp. 7–13. <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v12i09.6128>

13. Poliakov, M., Henke, K., Wuttke, H.-D.. The augmented functionality of the physical models of objects of study for remote laboratories – [Text], REV2017 – 14th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation. 15-17 March 2017, Columbia University, New York, USA, pp. 148–157.

14. Поляков, М. А. Теоретико-множественные модели функциональных структур систем когнитивного управления – [Текст] // Системні технології.. - № 3(110). Дніпро, 2017. – С. 16–23.

15. Поляков, М. А.. От мониторинга параметров – к мониторингу состояний силового трансформатора. – [Текст]// Електротехніка і електромеханіка, 2011, № 1. с.49–52.

16. Карпов, Ю. Г. Теория автоматов. — [Текст], СПб., Питер, 2002. – 224 p.

17. Бенькович, Е. С., Колесов, Ю. Б., Сенченков, Ю. Б. Практическое моделирование динамических систем. – [Текст], СПб.: БХВ–Петербург, 2002, 464 с.: ил.

## References

1. Cognitive analysis and management of development of situations [Kognitivny analiz i upravleniia razvitiem situatsiy] (CASC'2009): Proceedings of the International conference (17–19 November 2009, Moscow). – М.: IPU RAN, 2009. – 288 p.

2. Rowley, J. (2007). The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. / Journal of Information and Communication Science., 33 (2): pp.163–180. doi:10.1177/0165551506070706.

3. Ackoff, R.L. (1989). From data to wisdom. /Journal of Applied Systems Analysis, 16 pp. 3–9.

4. Combat Management System "SIGMA-E" – Leaflet. [Electronic Resource]. – Access Mode [http://npomars.com/en/products/sis\\_upr\\_voen/bius/](http://npomars.com/en/products/sis_upr_voen/bius/).

5. Leonenkov, A.V. (2005). Fuzzy modeling in MATLAB and fuzzyTECH. [Nechetkoe modelirovanie v srede MATLAB i fuzzyTECH ]. St. Petersburg BXV- Petersburg, –736 p.

6. Tsvetkov, V. Y., Soloviev, I. V. (2016), The Principles of cognitive management of complex organizational-technical system [Prinsipii kognitivnogo upravleniia slozhnoy organizatsionno tekhnicheskoy sistemoy]. /State Advisor. Ed.: Environmental assistance (Voronezh) №1 (13), p. 27–32, ISSN: 2308–9369, eISSN: 2308–9369 .

7. Russel, S. J., Norvig, P. (2006). Artificial Intelligence A Modern Approach. Second edition. – «Prentice Hall»,.–1408 p.

8. Poliakov, M. A. (2009). A set - theoretic model of the integrated controller of the control system. [Teoretiko-mnozestvenniia model integrirovanoii kontrollernoy sistemu upravleniia.]// System technologies. № 4. - Dnipro., – P. 131–137.

9. Poliakov, M. A, (2015) Part 2. Control system of electrical machines and devices. /Poliakov, M. A., Larionova T. Yu// Remote and virtual tools in engineering: monograph / general editorship Henke, K [Sistemi keruvannia elektrichnumi masinami ta aparatami], Dike Pole, Zaporizhzhya, Ukraine, 250p. ISBN 978–966–2752–74–8.

10. Poliakov, M. A. (2012). Set-theoretic models of elements and structures integrated controller control systems. [Teoretiko – mnozestvenni modeli elementov i struktur integrirovanih kontrollernix sistem upravleniia.] // System technologies. № 2. – Dnipro, – P. 75–81.

11. Poliakov, M. Larionova, T., Tabunshchik G., Parkhomenko, A., Henke, K.. (2016), Remote laboratory for teaching of control systems design as an integrated system// International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation, REV2016, Madrid, Spain, 2016, February 24–26, pp. 333–340.

12. Poliakov, M., Larionova, T., Tabunshchik, GParkhomenko. A. and Henke, K. (2016), «Hybrid Models of Studied Objects Using Remote Laboratories for Teaching Design of Control Systems» in: International Journal of Online Engineering (iJOE), Vol.9 Vienna, IAOE, pp. 7–13. <http://dx.doi.org/10.3991/ijoe.v12i09.6128>.

13. Poliakov, M, Henke, K., Wuttke, H.-D..(2017) The augmented functionality of the physical models of objects of study for remote laboratories REV2017 – 14th International Conference on Remote Engineering and Virtual Instrumentation.

15-17 March 2017, Columbia University, New York, USA, p. 148–157.

14. Poliakov, M. A. (2017). Set-theoretical models of functional structures of systems of cognitive control. [Teoretika – mnozestvennei modeli funktsionalnix struktur system kognitivnogo upravleniya]. // System technologies. № 3 (110). – Dnipro, – P. 16–23.

15. Poliakov, M. A., (2011). From monitoring of parameters – to monitoring of the states of power transformer. [Ot monitoringa parametrov k moni-

toringy sostoyani silovogo transformatora ] // Electrical engineering & electromechanics, 2011, no.1, pp. 49–52.

16. Karpov, Ju. G. (2002). – Automata theory [Teoria avtomatov]. – Saint Petersburg, Piter, 224 p.

17. Berkovich, E. S., Kolesov, Y. B., Senchenkov, Yu. B. (2002). Practical modeling of dynamic systems. [Prakticheskoe modelirovanie dinamicheskoi sistem] – Saint Petersburg: BXV – Petersburg, 2002, p. – 464.

## COGNITIVE CONTROL SYSTEM: STRUCTURES AND MODELS

**Mykhailo Poliakov**

Zaporizhzhya National Technical University

**Abstract.** The cognitive control system is a promising class of control systems. The highest form of knowledge the pyramid of knowledge used in rate system. The subject of study is the structure and model of cognitive control systems. These control systems are described in the framework of the control levels formed by the pyramids of the forms of knowledge and activity: direct, signal, computational, informational, cognitive, conceptual and task management. The pyramid forms of knowledge DIKUW includes Data, Information, Knowledge, Understanding and Wisdom. Pyramid activities GSBOD represented by levels of Goals, Scenarios, Behaviors, Operations and Data. The proposed set-theoretic models of transactions conversion of forms of knowledge and activities in relevant mappings sets and finite automata. FSM defined the goals of the system and scenarios to achieve these goals. These models describe the typical options, external relations and the logic of control subsystems of cognitive control systems, which facilitates their selection and, ultimately, was terminated design costs.

**Key words:** functional structure of control, cognitive control, set-theoretic models of control structures.

## КОГНІТИВНІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ: СТРУКТУРИ І МОДЕЛІ

**М. О. Поляков**

Запорізький національний технічний університет

**Анотація.** Розглянуто багаторівневі системи управління, які використовують на кожному рівні відповідні форми знань і діяльності. Ці системи описані в рамках рівнів управлінь утворених пірамідами форм знань і діяльності: безпосереднього, сигнального, обчислювального, інформаційного, когнітивного, концептуального і цільового управління. Запропоновано теоретико-множинні моделі операцій перетворення форм знань і діяльності у вигляді відповідних відображень множин і автоматів. Визначено автомати цілей і сценаріїв досягнення цих цілей.

**Ключові слова:** функціональні структури управління, когнітивне управління, теоретико-множинні моделі структур управління.

Получено 24.04.2017



**Поляков Михаил Алексеевич**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры электрических и электронных аппаратов Запорожского национального технического университета. Ул. Жуковского, 64, Запорожье Украина, E-mail: polyakov@zntu.edu.ua, тел. +38-093-074-09-63

**Mykhailo Poliakov**, PhD, Associate professor, Assistant Professor of Electrical and Electronics Apparatuses Department of Zaporizhzhya National Technical University, Zaporizhzhya National Technical University, Zhukovskogo Str., 64, Zaporizhzhya, Ukraine

**ORCID ID:** 0000-0002-7772-3122