

# ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

## INFOCOMMUNICATION TECHNOLOGIES

УДК 004.716

DOI 10.18413/2411-3808-2019-46-3-563-572

### ПЕРСПЕКТИВЫ СИСТЕМНО-ОБЪЕКТНОГО ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

### PROSPECTS OF SYSTEM-OBJECTIVE IMITATIVE MODELING OF INFORMATION TRANSFER SYSTEMS

А.Г. Жихарев, С.П. Белов, С.А. Рачинский  
A.G. Zhikharev, S.P. Belov, S.A. Rachinskiy

Белгородский государственный национальный исследовательский университет,  
Россия, 308015, г. Белгород, ул. Победы, 85

Belgorod National Research University, 85 Pobedy St, Belgorod, 308015, Russia

E-mail: zhikharev@bsu.edu.ru

#### Аннотация

Системно-объектное имитационное моделирование является перспективным направлением развития системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект». Ранее авторы применяли данный метод в разработках имитационных моделей различной природы, где метод показал свою работоспособность. В настоящей статье осуществляется попытка использования метода системно-объектного имитационного моделирования в области построения и исследования систем передачи информации. Для этого авторы, применяя исчисление функциональных узлов, а также программный инструмент «UFOModeler», рассматривают пример создания системно-объектной имитационной модели простейшей системы передачи информации с двоичной фазовой модуляцией. Для этого описываются структурная и функциональная составляющие модели. Проведены ряд экспериментов по имитации процесса передачи данных, результаты которых свидетельствуют о пригодности метода системно-объектного имитационного моделирования для построения и исследования систем передачи информации. Разработанная модель позволяет в реальном режиме времени имитировать процесс модуляции сигнала, что в свою очередь открывает перспективы использования рассматриваемого инструмента для формирования комбинированных канальных сигналов с требуемыми характеристиками.

#### Abstract

System-object simulation modeling is a promising direction for the development of the system-object approach "Node-Function-Object". Previously, the authors used this method in the development of simulation models of various nature, where the method showed its efficiency. This article attempts to use the method of system-object simulation in the field of building and researching information transfer systems. To do this, the authors, using the calculus of functional units, as well as the software toolkit «UFOModeler», consider an example of creating a system-object simulation model of the simplest information transmission system with binary phase modulation. For this, the structural and functional components of the model are described. A number of experiments have been carried out to simulate the process of data transmission, the results of which indicate the suitability of the system-object simulation method for constructing and studying information transmission systems. The developed model allows real-time simulation of the signal modulation process, which in turn opens up prospects for using the instrument in question to form combined channel signals with the required characteristics.

**Ключевые слова:** имитационное моделирование, объект, система, структура, функция, система передачи информации, двоичная фазовая модуляция, сигнально-кодовая конструкция.



**Keywords:** simulation, object, system, structure, function, information transfer system, binary phase modulation, signal code design.

## Введение

Метод системно-объектного имитационного моделирования [Жихарев и др., 2013; Жихарев и др., 2014] является новым и перспективным методом построения симуляторов функционирования процессов и систем с целью управления, оптимизации, исследования поведения и т. п. В работах [Маторин и др., 2013; Жихарев и др., 2014; Жихарев и др., 2015; Жихарев и др., 2016; Егоров и др., 2017] авторы демонстрируют перспективы разработанного подхода в таких областях как, например: моделирование процессов распространения подземных вод, моделирование систем массового обслуживания, моделирование технологических операций. Все это позволяет предполагать, что системно-объектный подход к имитационному моделированию применим и в других областях. Одним из таких направлений является исследование и построение систем передачи информации, отвечающих требованиям уровня помеховой обстановки в канале передачи информации [Белов и др., 2015; Белов и др., 2019]. Рассмотрим возможности метода системно-объектного имитационного моделирования на примере построения простейшей модели системы передачи информации с двоичной фазовой модуляцией. Причем разрабатываемая модель должна имитировать функционирование системы в реальном режиме времени. Для этого рассмотрим основные понятия и определения формального аппарата, используемого в системно-объектном имитационном моделировании.

## Основные понятия и определения

Основные концептуальные положения системного подхода, с учетом которых далее будут описываться формальные конструкции исчисления, лежащего в основе разрабатываемой системной теории, представлены ниже (более подробно см. [Zhikharev et al., 2016; Kondratenko et al., 2017]).

Во-первых, система рассматривается как функциональный объект [Уемов, 1978], функция которого обусловлена функцией объекта более высокого яруса (т. е. надсистемы) [Жихарев и др., 2013].

Во-вторых, любая система обязательно связана с другими системами и эти связи представляют собой потоки элементов глубинного яруса связанных систем [Маторин и др., 2016; Мельников, 1978]. При этом связи данной системы с другими системами – функциональные, связи между подсистемами данной системы – поддерживающие.

В-третьих, следствием упомянутого выше определения системы и понимания связи между системами является представление системы в виде триединой конструкции «Узел-Функция-Объект» (УФО-элемента) [Маторин и др., 2016], где:

- узел – структурный элемент надсистемы в виде перекрестка связей данной системы с другими системами;
- функция – динамический (функциональный) элемент надсистемы, выполняющий определенную роль с точки зрения поддержания надсистемы путем балансирования связей данного узла;
- объект – субстанциальный элемент надсистемы, реализующий функцию узла в виде некоторого материального образования, обладающего конструктивными, эксплуатационными и т. д. характеристиками.

Ранее авторами проводились исследования по формализации системно-объектного подхода с использованием теории паттернов Гренандера и исчисления процессов Милнера. Однако полноценного описания систем как элементов «Узел-Функция-Объект» с их помощью получить не удалось. В настоящий момент наиболее перспективными для формализации УФО-подхода представляются идеи, заложенные в исчислении объектов Аббади-

Кардели [Abadi et al., 1996]. Понимание и формулировка абстрактного объекта в данном исчислении позволили при разработке системно-объектного метода представления знаний предложить формальное описание УФО-элемента как специального «узлового» объекта, а также формальное описание связи как специального «потокowego» объекта [Zhikharev et al., 2018; Matorin et al., 2018]. Данные формализмы используются нами далее при описании исчисления функциональных объектов, т. е. исчисления систем как УФО-элементов.

Введем в рассмотрение множество потоковых объектов  $L$ , соответствующее множеству связей системы

$$L = \{l_1, l_2, \dots, l_i, \dots, l_n\}, \quad (1)$$

где  $n$  – количество потоковых объектов (связей системы).

Каждый  $n$ -й элемент множества  $L$  представляет собою специальный потоковый объект (соответствующий конкретной связи системы), который в соответствии с теорией объектов Аббади-Кардели и состоит из полей и не включает методы и имеет следующий вид:

$$l_n = [r^1, r^2, \dots, r^k], \quad (2)$$

где:  $l_n \in L$ ;

$k$  – количество полей потокового объекта  $l_n$ ;

$r^1, r^2, \dots, r^k$  – поля потокового объекта, представляющие собой пару «идентификатор-значение».

Множество  $L$  при этом примет следующий вид:

$$L = \{l_1 = [r_1^1, r_1^2, \dots, r_1^{k_1}], l_2 = [r_2^1, r_2^2, \dots, r_2^{k_2}], \dots, l_n = [r_n^1, r_n^2, \dots, r_n^{k_n}]\}, \quad (3)$$

где нижние индексы полей  $r$  представляют собою номер потокового объекта – родителя, а верхние индексы полей  $r$  – это порядковый номер поля в рамках родительского потокового объекта, причем  $k_n$  – количество полей потокового объекта  $l_n$ . Обозначим множество полей потокового объекта  $l_n$  переменной  $R_n$ , тогда:

$$R_n = \{ r_n^{kn} \mid r_n^{kn} = [\text{идентификатор, значение}] \}. \quad (4)$$

Таким образом, множество  $L$  потоковых объектов (связей системы) можно определить следующим образом:

$$L = \{l_n \mid l_n = [R_n]\}. \quad (5)$$

Рассмотрим далее множество узловых объектов  $S$ , которое соответствует множеству систем как УФО-элементов, согласно основным положениям СОМПИЗ [Zhikharev et al., 2013]:

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_j, \dots, s_m\}, \quad (6)$$

где  $m$  – количество узловых объектов (систем).

Каждый  $j$ -й элемент множества  $S$  представляет собою специальный узловой объект (соответствующий конкретной системе/УФО-элементу), который в соответствии с теорией объектов Аббади-Кардели [Abadi et al., 1996] состоит из полей и метода и имеет следующий вид:

$$s_j = [U, f, O], \quad (7)$$

где:

$U$  – представляет собою множество полей для описания интерфейсных потоковых объектов узлового объекта  $s_j$ , соответствующих множеству функциональных связей данной системы. Множество  $U = L_? \cup L_!$ , где  $L_?$  представляет собою множество входящих интерфейсных потоковых объектов, соответствующих входящим связям системы,  $L_!$  представляет собою множество исходящих интерфейсных потоковых объектов, соответствующих исходящим связям системы. Индексы «?» и «!» потоковых объектов в работе применяются как обозначение входящего «?» и исходящего «!» потокового объекта по отношению к узловому объекту (см. рисунок 1). Причем:  $L_? \subset L$ ;  $L_! \subset L$ .



$f$  – представляет собою метод узлового объекта  $s_j$ , описывающий функцию преобразования входящих интерфейсных потоковых объектов (входящих связей системы)  $L_?$  в выходящие –  $L_!$ . Далее метод узлового объекта будем представлять в следующем виде:

$$f(L_?)L_!, \quad (8)$$

где  $f$  – метод узлового объекта (функция системы) с областью определения  $L_?$  и областью значений  $L_!$ , соответственно.

$O$  – представляет собою множество полей для описания объектных характеристик узлового объекта (системы)  $s_j$ , элементы которого имеют следующий формат:

$$O = \{o_i \mid o_i = [\text{идентификатор, значение}]\}, \quad (9)$$

где  $i$  – представляет собой количество полей узлового объекта  $s_m$ . Множество полей для описания объектных характеристик системы состоит из трех подмножеств:

$$O = O_? \cup O_! \cup O_f. \quad (10)$$

Множество полей  $O_?$  содержит интерфейсные входные характеристики узлового объекта. Для каждого поля каждого входного потокового объекта в множестве  $O_?$  содержится соответствующий экземпляр вида (9). Таким образом, если, например, множество входящих потоковых объектов состоит из одного элемента (потокового объекта  $l_1$ ), а множество полей входящего потокового объекта состоит из двух элементов следующего вида:

$$L_? = \{l_1 = [r_1, r_2]\}, \quad (11)$$

тогда соответствующее множество  $O_?$  примет вид:

$$O_? = \{o_1, o_2\}. \quad (12)$$

Мощность множества  $O_?$  будет зависеть от количества входящих интерфейсных потоковых объектов и количества их полей. Если мощность множества:

$$|L_?| = n, \quad (13)$$

а мощности входных потоковых объектов:

$$|l_1^1| = m_1, |l_1^2| = m_2, \dots, |l_1^n| = m_n, \quad (14)$$

тогда мощность соответствующего множества интерфейсных характеристик объекта  $O_?$  будет равна:

$$|O_?| = \sum_1^n |l_1^n| \quad (15)$$

Мощность множества  $O_!$  (соответствует выходным интерфейсным потоковым объектам), по аналогии с выражением (15) вычисляется по формуле:

$$|O_!| = \sum_1^n |l_1^n| \quad (16)$$

Множество  $O_f$  содержит объектные характеристики системы, присущие объекту, реализующему функцию, и их количество будет зависеть от конкретной системы.

Таким образом, систему в рамках исчисления систем, описанную выражением (7), будем представлять в виде следующего выражения:

$$s_j = [L_?, L_!, f(L_?)L_!, O_?, O_!, O_f]. \quad (17)$$

Графическое представление выражения (17) показано на рисунке 1.

Данное представление будем рассматривать как графический формализм, по аналогии с графическим формализмом – образующей в теории паттернов Гренандера. Этот производный объект будет являться элементарным носителем информации в исчислении функциональных узлов.

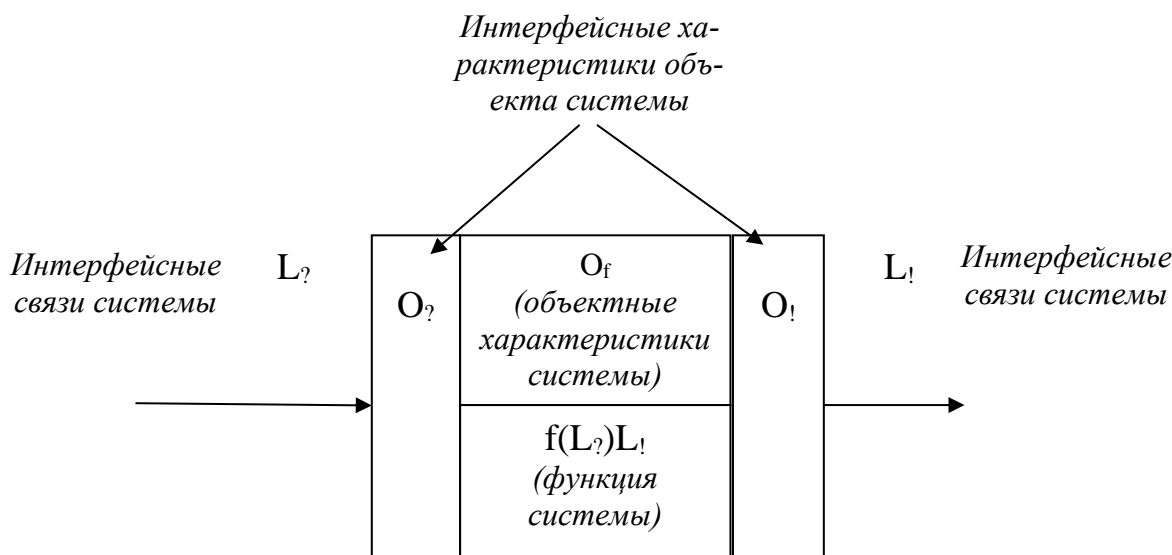


Рис. 1. Графический формализм системы как УФО-элемента  
 Fig. 1. Graphical formalism of the system as a UFO-element

### Разработка модели системы передачи информации

Используя описанные выше формальные основы исчисления функциональных узлов, рассмотрим системно-объектную имитационную модель системы передачи информации вида:

$$M=(L,S), \tag{18}$$

где: M – модель системы;

L – множество потоковых объектов модели вида (2);

S – множество узловых объектов модели, элементы которого описываются формой (17).

Рассмотрим необходимые потоковые объекты модели, среди которых выделим следующие:

- S(t) – передаваемое сообщение в двоичном представлении имеет следующий вид: S(t)=[s], причем s может принимать значение 1 или -1;
- u(t)=[u] – представляет собой электромагнитный сигнал, причем для рассматриваемого случая с двоичной фазовой модуляцией значение поля потокового объекта u(t).u в заданный момент времени t будет рассчитываться по формуле:

$$u(t).u = S(t).s * \cos[2*\pi*f_c*t], \tag{19}$$

где: S(t).s – огибающая сигнала, меняющая фазу; f<sub>c</sub> – частота сигнала, t – время.

- П(t) – помехи, воздействующие на передаваемый сигнал;
- y(t) – принимаемый сигнал, причем y(t)=u(t)+П(t);
- S'(t) – демодулированный сигнал на приемной стороне.

Таким образом, множество потоковых объектов примет вид:

$$L=\{S(t),u(t),П(t),y(t),S'(t)\}. \tag{20}$$

Узловые объекты модели будут представлять собой технические элементы, составляющие систему передачи информации, а именно:

- источник сообщения (ИС);
- кодер источника (КИ);
- кодер канала (КК);
- модулятор (М);
- генератор помех (ИП);
- канал связи (КС);

- демодулятор (ДМ);
- декодер канала (ДК);
- декодер источника (ДИ);
- получатель сообщения (ПС).

Таким образом, множество  $S$  примет вид:

$$S = \{ИС, КИ, КК, М, ИП, КС, ДМ, ДК, ДИ, ПС\}. \quad (21)$$

В рассматриваемой модели для удобства примем за условие, что источник сигнала генерирует двоичную последовательность, состоящую из 1 и -1, кодер источника и кодер канала выполняют функции ретрансляторов, а модулятор формирует сигнал в соответствии с передаваемой двоичной последовательностью. Визуально системно-объектная имитационная модель рассматриваемой системы передачи информации примет вид (рис.2):

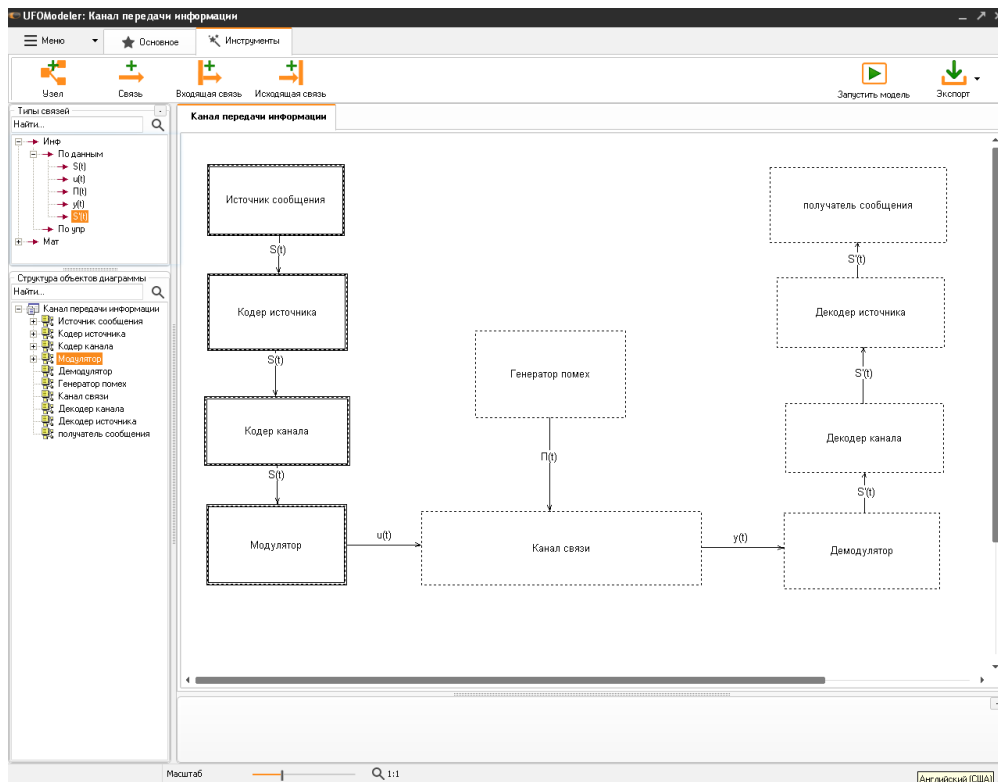


Рис. 2. Структурная схема системы передачи информации

Fig. 2. Block diagram of the information transmission system

Рассмотрим подробнее узел М, представляющий собой модулятор системы, данный узловый объект примет вид:

$$M = [S(t), u(t); f \{S(t)\} u(t); O_? = \emptyset, O_! = \emptyset, O_f = (f_c)], \quad (22)$$

а метод узлового объекта:

$$M.f \{S(t)\} u(t) = \{u(t).u = S(t).s * \cos[2 * \pi * f_c * t]\}. \quad (23)$$

Для реализации описанного выше метода, а также генератора информационного сообщения были разработаны следующие алгоритмы, которые были реализованы как функции соответствующих узловых объектов.

Как видно из рисунка 3, генератор двоичной последовательности работает бесконечно и генерирует один двоичный символ -1 или 1. Каждый бит последовательности генерируется в течение пяти секунд, это реализовано для удобства симуляции в режиме реального времени.

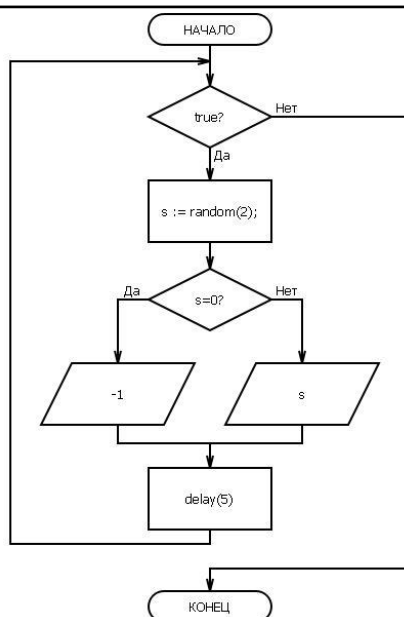


Рис. 3. Алгоритм генератора двоичной последовательности  
 Fig. 3. Binary sequence generator algorithm

Алгоритм модуляции сигнала работает следующим образом: как только на вход модулятора попадает разряд (1 или -1), на выход генерируется сигнал по формуле (23), алгоритм модуляции представлен на рисунке 4. Как только приходит новый разряд последовательности, меняется фаза сигнала. Результат симуляции процесса двоичной фазовой модуляции представлен на рисунке 5.

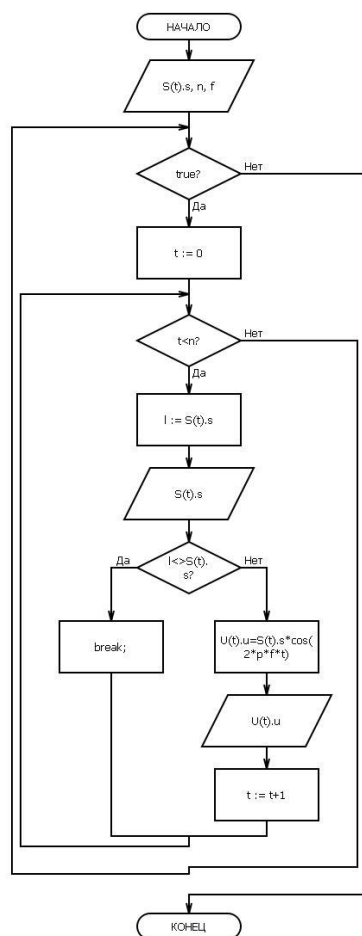


Рис. 4. Алгоритм модулятора сигнала  
 Fig.4. Signal modulator algorithm

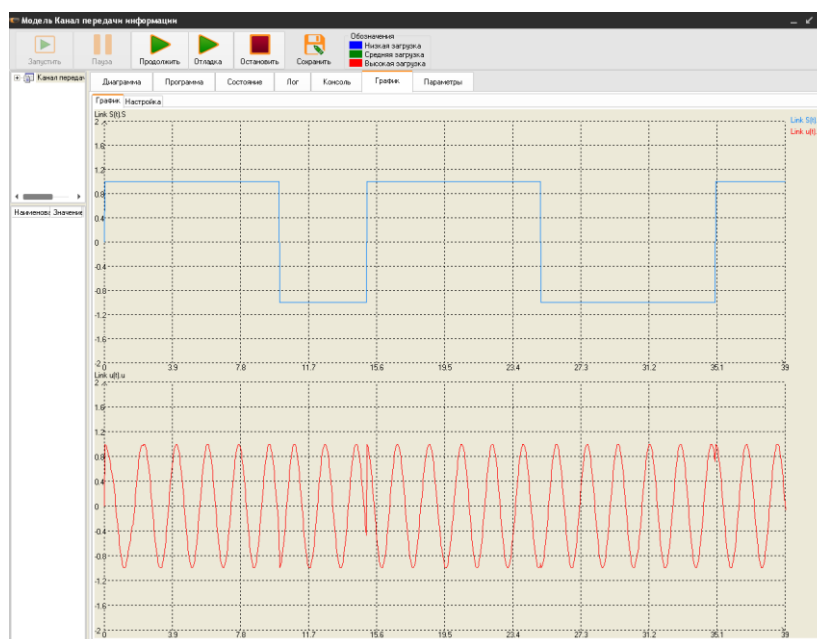


Рис. 5. Симуляция процесса модуляции сигнала  
Fig. 5. Simulation of the signal modulation process

### Заключение

Построенная имитационная модель позволяет в реальном режиме времени генерировать сигнал с двоичной фазовой модуляцией. Это позволяет говорить о применимости программного инструментария «UFOModeler» в области построения и исследования сигнально-кодовых конструкций в системах передачи информации, в частности для решения задачи формирования комбинированных сигналов с требуемыми характеристиками исходя из оценки уровня помеховой обстановки в канале передачи информации системы спутниковой связи, когда в зависимости от результатов проведенной оценки адаптивно изменяются частотно-временные характеристики.

**Благодарности.** Исследования выполнены при финансовой поддержке проекта Российского фонда фундаментальных исследований № 18-07-00356.

### Список литературы

1. Белов С.П., Жилияков Е.Г., Белов А.С., Рачинский С.А. 2015. Об одном способе цикловой синхронизации широкополосных сигналов. Научные ведомости БелГУ. Сер. Экономика. Информатика, 19 (216): 187–190.
2. Белов С.П., Рачинский С.А., Жилияков Е.Г. 2019. Оценка структуры спектра широкополосных шумоподобных ЛЧМ ФМ и ПС ЛЧМ сигналов. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика, 46(2):349–358.
3. Егоров И.А., Маторин С.И., Жихарев А.Г. 2018. Системно-объектное имитационное моделирование химических загрязнений подземных вод в горнопромышленном кластере. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика, 45(3):510–523.
4. Жихарев А.Г., Болгова Е.В., Гурьянова И.В., Маматова О.П. 2014. О перспективах развития системно-объектного метода представления организационных знаний. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика, 1 (172): 110–114.
5. Жихарев А.Г., Корчагина К.В., Бузов П.А., Акулов Ю.В., Жихарева М.С. 2016. Об имитационном моделировании производственно-технологических систем. Сетевой журнал «Научный результат», серия «Информационные технологии», 3 (3):25–31.



6. Жихарев А.Г., Маторин С.И. 2014. Системно-объектное моделирование технологических процессов. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика, 21 (192): 137–142.
7. Жихарев А.Г., Маторин С.И., Зайцева Н.О. 2015. Системно-объектное имитационное моделирование транспортных и технологических процессов. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика, 7 (204): 159–170.
8. Жихарев А.Г., Маторин С.И., Зайцева Н.О. 2015. Системно-объектный инструментарий для имитационного моделирования технологических процессов и транспортных потоков. Искусственный интеллект и принятие решений, 4:95–103.
9. Жихарев А.Г., Маторин С.И., Маматов Е.М., Смородина Н.Н. 2013. О системно-объектном методе представления организационных знаний. Научные ведомости БелГУ. Сер. Информатика, 8(151):137–146.
10. Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зайцева Н.О., Брусенская И.Н. 2013. Имитационное моделирование транспортных потоков с применением УФО-подхода. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Сер. История. Политология. Экономика. Информатика, 22 (165):148–153.
11. Маторин С.И., Жихарев А.Г., Зимовец О.А. 2016. Системно-объектное моделирование адаптации эволюции экономических систем. Вестник Белгородского университета кооперации, экономики и права, 4(60):81–92.
12. Маторин С.И., Зимовец О.А., Жихарев А.Г. 2016. Общесистемные принципы в терминах системно-объектного подхода «Узел-Функция-Объект». Труды Института системного анализа российской академии наук, 1(66):10–17.
13. Мельников Г.П. 1978. Системология и языковые аспекты кибернетики. М., Сов. Радио, 368.
14. Системно-объектный подход "Узел-Функция-Объект". Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Узел-Функция-Объект> (дата обращения: 12.06.2019).
15. Уемов А.И. 1978. Системный подход и общая теория систем. «МЫСЛЬ», 272.
16. Abadi Martin and Luca Cardelli. 1996. A Theory of Objects. Springer-Verlag, 397.
17. Kondratenko, A.A., Matorin, S.I., Zhikharev, A.G., Nemtsev, A.N., and Riabtceva, I.N. 2017. Application of logical output means on ontologies to UFO models of subject domains. Journal of Engineering and Applied Sciences, 12(5):1347–1354.
18. Matorin S.I., Zhikharev A.G. and Zimovets O.A. 2018. Object Calculus in the System–Object Method of Knowledge Representation. Scientific and Technical Information Processing, 5(45): 1–10.
19. Zhikharev A.G., Matorin S.I., Kuznetsov A.V., Zherebtsov S.V., Tchekanov N.A. 2018. To the problem of the coefficient calculus of the nodal object in the system-object models. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, 10(10 Special Issue):1813–1817.
20. Zhikharev A.G., Matorin S.I., Zimovets O.A., Zhikhareva M.S., Rakov V.I. 2016. The simulation modeling of systems taking into account their internal parameters change. International Journal of Pharmacy & Technology, 8 (4):26933–26945.

## References

1. Belov S.P., Zhilyakov E.G., Belov A.S., Rachinskij S.A. 2015. About one method of cyclic synchronization of broadband signals. Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies, 19 (216): 187–190 (in Russian).
2. Belov S.P., Rachinsky S.A., Zhilyakov E.G. 2019. Evaluation of the structure of the spectrum of broadband noise-like chirp FM and PS chirp signals. Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser. History. Political science. Economics. Information technologies, 46 (2): 349–358 (in Russian).
3. Yegorov I.A., Matorin S.I., Zhikharev A.G. 2018. System-object simulation modeling of chemical pollution of groundwater in the mining cluster. Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser. Economics. Information technologies, 45 (3): 510–523 (in Russian).
4. Zhikharev A.G., Bolgova E.V., Gur'yanova I.V., Mamatova O.P. 2014. On the prospects for the development of a system-object method for representing organizational knowledge. Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser. History. Political science. Economics. Information technologies, 1 (172): 110–114.
5. Zhikharev A.G., Korchagina K.V., Buzov P.A., Akulov Yu.V., Zhikhareva M.S. 2016. On simulation modeling of production and technological systems. Network journal "Scientific result", a series of "Information technology", 3 (3): 25–31 (in Russian).



6. Zhiharev A.G., Matorin S.I. 2014. System-object modeling of technological processes]. Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser. History. Political science. Economics. Information technologies, 21 (192): 137–142.
7. Zhiharev A.G., Matorin S.I., Zajceva N.O. 2015. System-object simulation of transport and technological processes. Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser. History. Political science. Economics. Information technologies, 7 (204): 159–170.
8. Zhikharev A.G., Matorin S.I., Zaitseva N.O. 2015. System-Object Tools for Simulation Modeling of Technological Processes and Transport Flows. Artificial Intelligence and Decision Making, 4: 95–103 (in Russian).
9. Zhiharev A.G., Matorin S.I., Mamatov E.M., Smorodina N.N. 2013. On a system-object method for representing organizational knowledge. Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser. Economics. Information technologies, 8(151):137–146.
10. Matorin S.I., Zhiharev A.G., Zajceva N.O., Brusenskaya I.N. 2013. Simulation of traffic flows using the UFO-approach. Belgorod State University Scientific Bulletin. Ser. History. Political science. Economics. Information technologies, 22 (165):148–153.
11. Matorin S.I., Zhikharev A.G., Zimovets O.A. 2016. System-object modeling adaptation of the evolution of economic systems. Herald of Belgorod University of Cooperation, Economics and Law, No. 4 (60): 81–92 (in Russian).
12. Matorin S.I., Zimovets O.A., Zhikharev A.G. 2016. System-wide principles in terms of the Knot-Function-Object system-object approach. Proceedings of the Institute of Systems Analysis of the Russian Academy of Sciences, 1 (66): 10–17 (in Russian).
13. Melnikov G.P. 1978. Systematology and language aspects of cybernetics. M., Sov. Radio, 368 (in Russian).
14. Sistemno-ob'ektnyj podhod "Uzel-Funkciya-Ob'ekt" [The system-object approach "Node-Function-Object"]. Vikipediya. Svobodnaya enciklopediya. Available at: <http://ru.wikipedia.org/wiki/Uzel-Funkciya-Ob'ekt> (data obrashcheniya: 12.06.2019).
15. Uemov A. I. 1978. Sistemnyj podhod i obshchaya teoriya system [Systems approach and general theory of systems]. «MYSL'», 272.
16. Abadi Martin and Luca Cardelli. 1996. A Theory of Objects. Springer-Verlag, 397.
17. Kondratenko, A.A., Matorin, S.I., Zhikharev, A.G., Nemtsev, A.N., and Riabtceva, I.N. 2017. Application of logical output means on ontologies to UFO models of subject domains. Journal of Engineering and Applied Sciences, 12(5):1347–1354.
18. Matorin S.I., Zhikharev A.G. and Zimovets O.A. 2018. Object Calculus in the System-Object Method of Knowledge Representation. Scientific and Technical Information Processing, 5(45): 1–10.
19. Zhikharev A.G., Matorin S.I., Kuznetsov A.V., Zherebtsov S.V., Tchekanov N.A. 2018. To the problem of the coefficient calculus of the nodal object in the system-object models. Journal of Advanced Research in Dynamical and Control Systems, 10(10 Special Issue):1813–1817.
20. Zhikharev A.G., Matorin S.I., Zimovets O.A., Zhikhareva M.S., Rakov V.I. 2016. The simulation modeling of systems taking into account their internal parameters change. International Journal of Pharmacy & Technology, 8 (4):26933–26945.

### Ссылка для цитирования статьи

#### Reference to article

Жихарев А.Г., Белов С.П., Рачинский С.А. 2019. Перспективы системно-объектного имитационного моделирования систем передачи информации. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. 46 (3): 563–572. DOI 10.18413/2411-3808-2019-46-3-563-572.

Zhikharev A.G., Belov S.P., Rachinskiy S.A. 2019. Prospects of system-objective imitative modeling of information transfer systems. Belgorod State University Scientific Bulletin. Economics. Information technologies. 46 (3): 563–572 (in Russian). DOI 10.18413/2411-3808-2019-46-3-563-572.