

При использовании материалов статьи необходимо использовать данную ссылку:

Шевкунов М.А. Агрегирование моделей при разработке и проектировании информационно-управляющих систем // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2020. № 3. (55). С. 45-51

УДК 519.876.5: 004.94

АГРЕГИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРИ РАЗРАБОТКЕ И ПРОЕКТИРОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ

Шевкунов М.А.

Рассматривается в концептуальном плане подход к построению комплексных моделей при разработке информационно-управляющих систем на основе агрегирования аналитических и имитационных моделей для уменьшения априорной неопределенности, за счет реализации модельно-алгоритмической избыточности. Выделяя информационные и кибернетические принципы «ИКС-подхода» для обеспечения устойчивости функционирования сложных систем на модельном уровне предлагается развивать свойства адаптации и самоорганизации. Для представления разнообразной динамики функционирования логико-вероятностных структур проектируемых систем предлагается использовать класс устройств для моделирования сложных систем и соответствующим им имитационных моделей для оценки вероятностно-временных характеристик наблюдаемых процессов. В заключении отмечено. Для организации моделирования сложных организационно-технических систем целесообразно агрегирование разнотипных моделей, каждая из которых ориентирована на отдельную подсистему с соответствующими требованиями к эксплуатационно-техническим показателям. Для обоснования условий применения разрабатываемой ИУС, планируемых режимов работы, возможности отказоустойчивой работы при возникновении нештатных ситуаций предлагается использовать имитационные модели, которые наиболее просты для организации компьютерного эксперимента. Для повышения достоверности результатов моделирования следует опираться на аналитические зависимости, что в ряде случаев трудно осуществить из-за различных видов априорной внешней неопределенности. В целом ИМ имеют целью уменьшить область неопределенности путем комплексирования моделей различного типа на пути оптимизации разрабатываемых технических решений.

Ключевые слова: модель, агрегирование, имитационное моделирование, сложная система, ИКС-подход.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальной проблемой развития современных информационных технологий является разработка и совершенствование систем моделирования, призванных оценивать эффективность существующих информационных систем, путем разработки и внедрения информационных моделей, способных решать аналитические и оптимизационные задачи, позволяющие повысить обоснованность принимаемых решений в организационно-технических системах. Исследование реальных организационно-технических систем в большинстве случаев

осуществляется на основе моделирования, представляющего собой одну из основных методологических концепций познания окружающей действительности.

При анализе организационных, технико-топологических, информационных структур сложных систем оцениваются показатели связности, компактности, сложности, иерархичности и др. [1]. Сложность является важнейшей характеристикой ряда информационно-управляющих систем (ИУС), т.к. непосредственно связана с полнотой реализации технических, эксплуатационных, стоимостных

Шевкунов Михаил Анатольевич, соискатель, ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», г. Москва

показателей и сроками разработки систем. Вид анализируемой структуры диктует выбор математической модели, описывающей ее поведение и компоненты и их взаимодействие [2, 3].

Одним из примеров распределенных информационно-управляющих систем выступают системы мониторинга на базе беспилотных летательных систем [4], важным этапом исследования которых выступает имитационное моделирование [5]. Имитационные модели (ИМ), в отличие от аналитических или математических моделей, позволяют моделировать процессы, не прибегая к точным математическим зависимостям. Количественной мерой формируемых структур выступают вероятностно-временные характеристики, определяемые аналитически или на базе имитационных моделей, построенных на основе системного подхода и принципов моделирования [6]. Целью настоящего исследования является обоснование методологического подхода к комплексированию различных типов моделей при моделировании сложных информационно-управляющих систем.

КОНЦЕПЦИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Моделирование как процесс исследования сложных проблем заключается в построении и анализе моделей [6, 7]. Среди основных видов моделирования, исключая физическое, можно выделить концептуальное моделирование, структурно-функциональное, математическое и имитационное моделирование.

На практике в процессе исследования используются комбинированные модели для различных этапов анализа, а также в ходе компьютерного моделирования, выделяя системно-функциональные модели, системно-эволюционные и имитационные, построенные под решаемые научные и практические задачи моделирования, связанные с синтезом технических, функциональных, программных структур организационно-технических систем [8].

Понятие модели отражает смысловые значения в зависимости от приложения и соответствующего контекста или целей исследования. В большинстве случаев это есть шаблон, образ, макет, математическое, графическое или информационное представление в зависимости от практического применения моделируемого объекта.

В таблице 1 приведены некоторые определения понятия «Модель», представленные в научных и нормативных

источниках (терминологических разделах ГОСТов). Многоаспектность данного термина основывается на функциональную, структурную или целевую направленность моделей.

Таблица 1

Трактовки понятия «Модель»

Определяющая формулировка термина «Модель»	Краткое название источника
- физическая система или математическое описание, отражающее свойства и характеристики изучаемого объекта, процесса или явления	Словарь по кибернетике [9]
- информационное представление объектов моделирования, удовлетворяющих условиям достижения поставленных целей исследования	ГОСТ Р 55345-2012, п. 3.1.18
- форма («математическая, физическая, символическая, описательная» или иная) абстрактного представления «определенных аспектов» реальных объектов	ГОСТ Р ИСО 15704-2008, п. 3.16
- используемый для предсказания и сравнения инструмент, позволяющий логическим путем оценить последствия альтернативных действий, повышающий эффективность интуиции исследователей	Р. Шеннон [10, с.15]
- сформированная система знаний об исследуемом объекте или явлении, отображающая свойства и отношения реального объекта с целью получения новых знаний	Обобщение для сложных систем

Таким образом, обобщая представленные в таблице 1 определения *модели*, можно заключить, что модель есть некоторый образ моделируемого объекта, воспроизводящий его свойства с целью получения новых сведений о нем.

Познавательный аспект моделей, как средства получения новых знаний, базируется на следующих сущностных факторах моделей [11]:

- абстрактности;
- множественности;
- многомерности;

адекватности реальному объекту.

Абстрактность всецело зависит от ресурсных ограничений при моделировании, т.е. от цены эксперимента. *Множественность* характеризует возможность многовариантного исследования в зависимости от целей. *Многомерность* отражает степень детализации в модели объекта моделирования. *Адекватность* оценивается применяемыми такими показателями эффективности, как точность, достоверность, мерами отношений сходства/различия для бинарных признаков качества, образующих признаковое пространство с определенными в нем аксиомами соответствия, предпочтения и обобщения [12], что для информационных контуров обслуживания сложных динамических объектов демонстрируется на моделях сжатия данных в (см. обзор [13]).

Формальное описание модели M может быть задано в виде тройки:

$$M = \langle A, S, T \rangle, \quad (1)$$

где

A – множество элементов моделирования;

S – множество допустимых связей между элементами;

T – множество наблюдаемых моментов времени.

Основные познавательные функции моделирования представлены в таблице 2. При решении ряда практических задач может актуализироваться часть функций [7] в зависимости от имеющейся априорной информации об объекте моделирования и стоящих целей исследования.

Таблица 2
Типовые функции моделирования

Наименование	Содержание функции
Дескриптивная (познавательная)	Разработка моделей для различного уровня абстрагирования исследуемой системы, позволяющая обосновать наблюдаемые явления или процессы для формирования новых знаний, на основе текущего восприятия мира
Прогностическая	Для прогнозирования состояния и возможной динамики развития моделируемых систем на заданный период упреждения в краткосрочной или долгосрочной перспективе

Наименование	Содержание функции
Нормативная	Позволяет получить нормативное представление (стандарт) исследуемого объекта (системы), соответствующий общепринятым требованиям и нормам, количественные и качественные значения которых отражают используемые признаки качества
Управленческая	Является средством принятия решений с целью планирования процессов, в том числе и реконфигурации объекта управления на структурном, функциональном и информационном уровне

Исследование сложных объектов требует применения методологии системного подхода, когда с учетом целевого принципа осуществляется переход от общего к частному. При этом частными факторами могут выступать элементы декомпозиции общей структуры моделируемой ИУС, например, на функциональные подсистемы в зависимости от глубины представления. Для информационно-управляющих систем это подсистемы измерений, принятия решений, информационного обмена [9, 10, 14], образующие некоторые подмножества на уровне подсистем или функциональных устройств $A_i \in A, i = \overline{1, n}$, расширяя формализацию (1) и сохраняя одновременно, как внутренние информационно-управляющие связи, так и внешние связи, характеризующие целевое взаимодействие сложного объекта с окружающим миром.

АГРЕГИРОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ

В рамках информационно-кибернетического представления сложных объектов или «ИКС-подхода» системный подход с его базовыми принципами (целостности, сложности и целеполагания), будем трактовать как способ организации деятельности по выявлению закономерностей и взаимосвязей с целью повышения эффективности их использования [15]. При этом «ИКС-подход» делает акцент, в первую очередь, на Информационные, Кибернетические и Синергетические группы принципов, что

отражается в разрабатываемых в ходе исследования моделях.

Модели, используемые при разработке сложных систем, их подсистем и элементов требуют учета многообразных факторов, влияющих на многомерные показатели эффективности [16]. Эти модели громоздки, за счет большой размерности переменных, сложны, т.к. формализуют процессы с высокой динамикой, ресурсоемки и дорогостоящи, поэтому актуальным становится комплексирование разнообразных моделей: аналитических, например, логико-вероятностных, и ИМ [16]. ИМ фактически воспроизводят словесное или вербальное представление процесса функционирования исследуемой системы. Для создания ИМ достаточно подробно описать происходящие в моделируемой системе, режимы работы, их последовательность и условия протекания в процессе эксплуатации.

Агрегативно-декомпозиционный подход активно используется в теории систем [2, 8, 11] и основывается на синтезе структур ИУС. Построение многоуровневого комплекса взаимосвязанных моделей оптимизационных (аналитических) и/или ИМ [8] позволяет оценивать структурную динамику ИУС и требует разработки и применения интеллектуальных методов, построения многоагентных систем, реализующих, как целевые режимы, так и вспомогательные или обеспечивающие [17].

При исследовании высоко динамичных информационных систем сталкиваются с проблемой переработки слабоструктурированных данных, для которых характерно отсутствие точной структуры, наличие разнотипной информации, качественные и количественные признаки исследуемых процессов, когда требуются иные подходы к решению задач оценивания перерабатываемой информации, ее преобразованию и представлению для принятия оперативных решений [14, 18].

В ходе системного синтеза определяются базовые элементы, из которых формируются устойчивые схемы под решаемые задачи, получившие название *радикалов*. На следующем этапе исследования радикалы служат элементами для конструирования временных рабочих сетей, обеспечивающих решение частных задач, в том числе и для возникающих нештатных ситуаций (НшС) [19]. Часть НшС прописывается в конструкторской документации, а часть может парироваться по результатам анализа текущей ситуации в реальном времени, за счет заложенной аппаратурной и

информационной избыточности. Достоинством данного подхода является способность к самообучению и самоорганизации, за счет наличия у радикалов памяти, т.е. отработав определенную НшС, в следующий раз процедура уже не воспринимает ее как нештатную, за счет адаптации и структурной избыточности модельно-алгоритмических процедур в контуре управления ИУС. Для автономных объектов управления, например, беспилотных летательных аппаратов, это алгоритмы управления режимами питания бортовой аппаратуры, а также целевой аппаратурой при оперативной смене режимов из-за внешних и внутренних факторов.

Имитационное моделирование предоставляет возможность апробации новых и существующих методов при исследовании сложных распределенных ИУС, создавая модели описания процессов функционирования, сценарии поведения, достаточно точно воспроизводящие реальную обстановку, позволяя получать комплексные оценки моделируемых систем.

Сравнительно недорогим и доступным способом исследования вероятностно-временных характеристик процессов функционирования разнообразных ИУС является разработка устройств для моделирования, построенных на элементах системотехники, в которых исследуемые объекты представляются как системы массового обслуживания, воспроизводя потоковые события, случайные факторы, состояния, их смену и режимы работы, а также организуя вычисление ряда вероятностных показателей.


Так устройство для моделирования систем связи [20] позволяет оценивать динамику передачи данных, когда решение о правильности переданных сообщений принимается на приемной стороне. Устройство построено на базе функциональных элементов цифровой логики, генераторов случайных импульсов, регистров памяти, воспроизводящих динамику функционирования системы связи при передаче сообщений. При этом учитываются такие исходы, как правильный прием сообщения в прямом и обратном каналах, а также варианты трансформации квитанций «Да» в «Нет» при обнаружении ошибок, что приводит либо к пропуску сообщений, либо к приему ложных сообщений. В итоге, в имеющихся счетчиках подсчитывается число правильно или ошибочно переданных сообщений, определяются вероятностные характеристики процесса передачи данных (правильной передачи,

вероятности обнаружения ошибки, пропуска сообщения и др.).

Аналогичные параметры можно определить для процесса моделирования динамики функционирования поверочных лабораторий, с учетом режимов подготовки, транспортировки, поверки средств измерений, документирования и контроля результатов тестирования [21].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для организации моделирования сложных организационно-технических систем целесообразно агрегирование разнотипных моделей, каждая из которых ориентирована на отдельную подсистему с соответствующими требованиями к эксплуатационно-техническим показателям. Для обоснования условий применения разрабатываемой ИУС, планируемых режимов работы, возможности отказоустойчивой работы при возникновении нештатных ситуаций предлагается использовать имитационные модели, которые наиболее просты для организации компьютерного эксперимента.

Для повышения достоверности результатов моделирования следует опираться на аналитические зависимости, что в ряде случаев трудно осуществить из-за различных видов априорной внешней неопределенности. В целом ИМ имеют целью уменьшить область неопределенности путем комплексирования моделей различного типа на пути оптимизации разрабатываемых технических решений. 

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ И ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Дмитриев А.К., Мальцев П.А. Основы теории построения и контроля сложных систем. – Л.: Энергоатомиздат, 1988. – 191 с.
2. Buryi A.S. Structure complexity of distributed information-control systems // Известия РАН. Теория и системы управления. 1994. № 5. С. 160-167.
3. Бурый А.С. Картирование технологий как метод в форсайт-исследованиях // Транспортное дело России. 2014. № 5. С. 155-157.
4. Бурый А.С., Шевкунов М.А. Оценка качества беспилотных авиационных систем мониторинга окружающей среды // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2017. № 6(40). С. 4.
5. Бурый А.С., Шевкунов М.А. Суррогатное моделирование распределенных информационных систем по большим данным // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2019. № 5(51). С. 43-50.
6. Васильев К.К., Служивый М.Н. Математическое моделирование инфокоммуникационных систем. Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия – Телеком, 2018. – 236 с.
7. Воронин, А.А. Математические модели организаций: учебное пособие / А.А. Воронин, М.В. Губко, С.П. Мишин, Д.А. Новиков. – М.: ЛЕНАНД, 2008. – 360 с.
8. Соколов Б.В., Малюгин К.А. Комплексное моделирование процессов управления структурной динамикой информационной системы // Информационно-управляющие системы. 2003. № 2-3. С. 19-29.
9. Словарь по кибернетике / Под ред. В. С. Михалевича. 2-е изд. – К.: Гл. ред. УСЭ им. М. П. Бажана, 1989. – 751 с.
10. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 418 с.
11. Омельченко В.В. Основы систематизации: Методология и философские аспекты. Принципы и законы познания реальной действительности. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. – 480 с.
12. Бурый А.С. Информационно-математическое обеспечение контроля качества компьютерных программ // Правовая информатика. 2019. № 2. С. 15-25.
13. Buryi, A.S., Loban, A.V., Lovtsov, D.A. Compression models for arrays of measurement data in an automatic control systems // Automation and Remote Control. 1998. Vol. 59(5). Pt. 1. P. 613-631.
14. Бурый А.С., Шевкунов М.А. Интеллектуализация процессов принятия решений в эргатических системах // Транспортное дело России. 2015. № 4. С. 48-50.
15. Ловцов Д.А. Теоретические основы системной информации правового регулирования // Правовая информатика. 2019. № 4. С. 12-28.
16. Козарь В.Б. Использование имитационно-логико-вероятностных моделей для оценки эффективности сложных систем // Вестник Концерна ПВО «Алмаз-Антей». 2015. № 2. С. 16-20.
17. Бурый А.С., Фомичев И.Д. Мультиагентные модели управления группами автономных летательных аппаратов // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования. 2013. № 2(12). С. 6.

18. Черников Б.В. Технология хранения слабоформализуемых документов на основе лексикологического синтеза // Информатика и ее применение. 2009. Том 3. Вып. 4. С. 64-75.
19. Соболева Т.С., Чечкин А.В. Дискретная математика. Углубленный курс: учебник. – М.: КУРС: ИНФРА-М, 2017. – 278 с.
20. Бурый А.С., Касаев О.Б., Попов М.Ю. Устройство для моделирования систем связи. Авторское свидетельство SU № 1741148 А1. 15.06.1992, Бюл. № 22.
21. Адерихин И.В., Бурый А.С., Романов А.В. Устройство для моделирования процессов функционирования поверочных пунктов. Авторское свидетельство SU № 1257661 А1. 15.09.1986, Бюл. № 34.

AGGREGATION OF MODELS IN THE DEVELOPMENT AND DESIGN OF INFORMATION AND CONTROL SYSTEMS

Shevkunov Mikhail Anatolievich, FSUE STANDARTINFORM

A conceptual approach to the construction of complex models in the development of information and control systems based on aggregation of analytical and simulation models to reduce a priori uncertainty by implementing model-algorithmic redundancy is considered. Highlighting the information and cybernetic principles of the "ICS-approach" to ensure the stability of the functioning of complex systems at the model level, it is proposed to develop the properties of adaptation and self-organization. To represent the various dynamics of the functioning of logical and probabilistic structures of the designed systems, it is proposed to use a class of devices for modeling complex systems and corresponding simulation models for evaluating the probabilistic and temporal characteristics of the observed processes. It was noted in the conclusion. To organize the modeling of complex organizational and technical systems, it is advisable to aggregate different types of models, each of which is focused on a separate subsystem with corresponding requirements for operational and technical indicators. To substantiate the conditions for using the developed I&C system, the planned operating modes, the possibility of fault-tolerant operation in the event of emergency situations, it is proposed to use simulation models, which are most simple for organizing a computer experiment. To increase the reliability of modeling results, one should rely on analytical dependencies, which in some cases is difficult to implement due to various types of a priori external uncertainty. In general, MI are aimed at reducing the area of uncertainty by integrating models of various types in order to optimize the developed technical solutions.

Key words: model, aggregation, simulation, complex system, ICS – approach.

REFERENCES:

1. Dmitriyev A.K., Mal'tsev P.A. Osnovy teorii postroyeniya i kontrolya slozhnykh system [Fundamentals of the theory of construction and control of complex systems]. – L.: Energoatomizdat, 1988. – 191 p.
2. Buryi A.S. Structure complexity of distributed information-control systems [Structure complexity of distributed information-control systems] // Izvestiya RAN. Teoriya i sistemy upravleniya [Izvestiya RAN. Theory and control systems]. 1994. № 5. pp. 160-167.
3. Buryy A.S. Kartirovaniye tekhnologiy kak metod v forsayt-issledovaniyakh [Technology mapping as a method in foresight research] // Transportnoye delo Rossii [Transport business of Russia]. 2014. № 5. pp. 155-157.
4. Buryy A.S., Shevkunov M.A. Otsenka kachestva bespilotnykh aviatsionnykh sistem monitoringa okruzhayushchey sredy [Assessment of the quality of unmanned aerial systems for environmental monitoring] // Informatsionno-ekonomicheskiye aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya [Information and economic aspects of standardization and technical regulation]. 2017. № 6(40). p. 4.
5. Buryy A.S., Shevkunov M.A. Surrogatnoye modelirovaniye raspredelennykh informatsionnykh sistem po bol'shim dannym [Surrogate modeling of distributed information systems based on big data] // Informatsionno-ekonomicheskiye aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya [Information and economic aspects of standardization and technical regulation]. 2019. № 5(51). pp. 43-50.
6. Vasil'yev K.K., Sluzhivyy M.N. Matematicheskoye modelirovaniye infokommunikatsionnykh sistem. Uchebnoye posobiye dlya vuzov [Mathematical modeling of infocommunication systems. Textbook for universities]. – М.: Goryachaya liniya – Telekom [Hot line - Telecom], 2018. – 236 p.
7. Voronin, A.A. Matematicheskiye modeli organizatsiy: uchebnoye posobiye [Mathematical models of organizations: textbook] / A.A. Voronin, M.V. Gubko, S.P. Mishin, D.A. Novikov. – М.: LENAND, 2008. – 360 p.

8. Sokolov B.V., Malyugin K.A. Kompleksnoye modelirovaniye protsessov upravleniya strukturnoy dinamikoyn informatsionnoy sistemy [*Complex modeling of management processes for the structural dynamics of an information system*] // Informatsionno-upravlyayushchiye sistemy [*Information and control systems*]. 2003. № 2-3. pp. 19-29.
9. Slovar' po kibernetike [*Dictionary of Cybernetics*] / Pod red. V. S. Mikhalevicha. 2-ye izd. – K.: Gl. red. USE im. M. P. Bazhana, 1989. – 751 p.
10. Shennon R. Imitatsionnoye modelirovaniye sistem – iskusstvo i nauka [*Systems Simulation - Art and Science*]. – M.: Mir, 1978. – 418 p.
11. Omel'chenko V.V. Osnovy sistematzatsii: Metodologiya i filosofskiye aspekty. Printsipy i zakony poznaniya real'noy deystvitel'nosti [*Basis of systematization: Methodology and philosophical aspects. Principles and laws of knowledge of reality*]. – M.: Knizhnyy dom «LIBROKOM», 2012. – 480 s.
12. Buryy A.S. Informatsionno-matematicheskoye obespecheniye kontrolya kachestva komp'yuternykh program [*Information and mathematical support for quality control of computer programs*] // Pravovaya informatika [*Legal informatics*]. 2019. № 2. pp. 15-25.
14. Buryi, A.S., Loban, A.V., Lovtsov, D.A. Compression models for arrays of measurement data in an automatic control systems [*Compression models for arrays of measurement data in an automatic control systems*] // Automation and Remote Control [*Automation and Remote Control*]. 1998. Vol. 59(5). Pt. 1. pp. 613-631.
15. Buryy A.S., Shevkunov M.A. Intellektualizatsiya protsessov prinyatiya resheniy v ergaticheskikh sistemakh [*Intellectualization of decision-making processes in ergatic systems*] // Transportnoye delo Rossii [*Transport business of Russia*]. 2015. № 4. pp. 48-50.
16. Lovtsov D.A. Teoreticheskiye osnovy sistemnoy informatsii pravovogo regulirovaniya [*Theoretical foundations of systemic information of legal regulation*] // Pravovaya informatika [*Legal informatics*]. 2019. № 4. pp. 12-28.
17. Kozar' V.B. Ispol'zovaniye imitatsionno-logiko-veroyatnostnykh modeley dlya otsenki effektivnosti slozhnykh system [*The use of simulation-logical-probabilistic models for assessing the effectiveness of complex systems*] // Vestnik Kontserna PVO «Almaz-Antey» [*Bulletin of the Concern PVO "Almaz-Antey"*]. 2015. № 2. pp. 16-20.
18. Buryy A.S., Fomichev I.D. Mul'tiagentnyye modeli upravleniya gruppami avtonomnykh letatel'nykh apparatov [*Multi-agent models of control of groups of autonomous aircraft*] // Informatsionno-ekonomicheskkiye aspekty standartizatsii i tekhnicheskogo regulirovaniya [Information and economic aspects of standardization and technical regulation]. 2013. № 2(12). p. 6.
19. Chernikov B.V. Tekhnologiya khraneniya slaboformalizuyemykh dokumentov na osnove leksikologicheskogo sinteza [*Storage technology for poorly formalized documents based on lexicological synthesis*] // Informatika i yeye primeneniye [*Informatics and its application*]. 2009. Tom 3. Vyp. 4. pp. 64-75.
20. Soboleva T.S., Chechkin A.V. Diskretnaya matematika. Uglublennyy kurs: uchebnik [*Discrete Math. Advanced course: textbook*]. – M.: KURS: INFRA-M, 2017. – 278 p.
21. Buryy A.S., Kasayev O.B., Popov M.YU. Ustroystvo dlya modelirovaniya sistem svyazi [*A device for simulating communication systems*]. Avtorskoye svidetel'stvo SU № 1741148 A1. 15.06.1992, Byul. № 22.
22. Aderikhin I.V., Buryy A.S., Romanov A.V. Ustroystvo dlya modelirovaniya protsessov funktsionirovaniya poverochnykh punktov [*A device for simulating the processes of functioning of verification points*]. Avtorskoye svidetel'stvo SU № 1257661 A1. 15.09.1986, Byul. № 34.