

УДК 004.94

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-1-21-28

EDN: CSBTNG

Информационное обеспечение процессов управления качеством продукции из многокомпонентных эластомерных композитов

А. С. Кузнецов

Российский государственный социальный университет
129226, Россия, Москва, ул. Вильгельма Пика, 4, стр. 1

Аннотация. В данной статье подробно рассмотрены основные вопросы управления качеством продукции из многокомпонентных эластомерных композитов на основе информационных моделей. Описаны (рассмотрены) основные технологические стадии, технические процедуры и операции производства в сложной химико-технологической системе получения готовых изделий из многокомпонентных эластомерных композитов. Приведена логико-информационная модель производственной системы на основе вербальной модели описания процессов в табличной форме. Представлены основные действия и функции исполнителей процессов, реализующих конкретные стадии производства полуфабриката и готового продукта. На основе принципов системного подхода и методологии SADT структурного анализа для производственной системы был построен комплекс логико-информационных и функциональных моделей – описаний сложной цепочки производственных процессов получения эластомерных композитов. Предложена обобщенная функционально-технологическая схема производства готового продукта на основе методологии функционального моделирования IDEF0. Проведена функциональная декомпозиция обобщенной структурно-функциональной модели производства с целью детализации производственных стадий, операций и действий отдельных исполнителей групп процессов. Выполнена формализация всех технологических стадий и операций производства готового продукта – эластомерного композита с уровнем свойств и эксплуатационных характеристик, отвечающих требуемому уровню показателей качества. Предложенное информационное обеспечение в виде комплекса структурно-функциональных моделей производства может быть использовано для дальнейшей интенсификации производственных процессов, организации более гибкого и адаптивного, высокоэффективного процесса оперативного управления и контроля производства путем выявления наиболее чувствительных точек управления. Выявление и использование новых контрольных точек позволит более эффективно управлять характеристиками качества готового продукта. Методика научного исследования строится на анализе научных данных, сравнительном анализе, синтезе данных, графической интерпретации. Результатом исследования является создание модели информационной поддержки для управления качеством продукции из многокомпонентных эластомерных композитов. В работе также определены перспективы развития и рассмотрены исследования в данной области.

Ключевые слова: информационное обеспечение, процессы управления, эластомерный композит, структурный анализ, системный подход

Поступила 10.01.2024, одобрена после рецензирования 31.01.2024, принята к публикации 07.02.2024

Для цитирования. Кузнецов А. С. Информационное обеспечение процессов управления качеством продукции из многокомпонентных эластомерных композитов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 1. С. 21–28. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-1-21-28

Information support for quality management processes of products from multi-component elastomer composites

A.S. Kuznetsov

Russian State Social University
129226, Russia, Moscow, 4 Wilhelm Pieck street, 1 building

Abstract. This article discusses in detail the main issues of quality management of products made from multicomponent elastomeric composites based on information models. The main technological stages, technical procedures and production operations in a complex chemical-technological system for producing finished products from multi-component elastomeric composites are described (considered). A logical-information model of a production system is presented based on a verbal model for describing processes in tabular form. The main actions and functions of process performers that implement specific stages of production of semi-finished and finished products are presented. Based on the principles of the systems approach and the SADT methodology of structural analysis, a set of logical-information and functional models was built for the production system – descriptions of a complex chain of production processes for producing elastomeric composites. A generalized functional and technological scheme for the production of a finished product is proposed based on the IDEF0 functional modeling methodology. A functional decomposition of a generalized structural-functional model of production was carried out in order to detail the production stages, operations and actions of individual performers of process groups. All technological stages and operations for the production of the finished product – an elastomeric composite with a level of properties and performance characteristics that meet the required level of quality indicators – have been formalized. The proposed information support in the form of a complex of structural and functional production models can be used for further intensification of production processes, organization of a more flexible and adaptive, highly efficient process of operational management and production control by identifying the most sensitive control points. Identifying and using new control points will allow you to more effectively manage the quality characteristics of the finished product. The scientific research methodology is based on the analysis of scientific data, comparative analysis, data synthesis, and graphic interpretation. The result of the study is the creation of an information support model for managing the quality of products made from multi-component elastomeric composites. The work also identifies development prospects and reviews research in this area.

Keywords: information support, management processes, elastomeric composite, structural analysis, systems approach

Submitted 10.01.2024,

approved after reviewing 31.01.2024,

accepted for publication 07.02.2024

For citation. Kuznetsov A.S. Information support for quality management processes of products from multi-component elastomer composites. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 1. Pp. 21–28. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-1-21-28

ВВЕДЕНИЕ

Современное промышленное производство изделий из эластомеров представляет собой сложный многостадийный процесс, характеризующийся наличием нескольких последовательных стадий [1–4].

В работе рассматриваются система производства изделий из эластомеров, а также химико-технологические процессы смешения и структурирования многокомпонентных

эластомерных композитов. Данные процессы включают: подготовку каучука и ингредиентов к смешению; навеску ингредиентов; собственно процесс смешения каучука с ингредиентами, приводящий к образованию промежуточного продукта – сырой резиновой смеси, полуфабриката; процесс структурирования, а также контроль и управление процессами смешения и структурирования эластомерных композитов на стадии резиновой смеси и готового продукта.

Для оперативного принятия управленческих решений по регулированию качества продукции на основе контроля параметров процессов смешения и структурирования многокомпонентных эластомерных композитов необходимо обладать всей полнотой информации о совокупности данных процессов, что показывает целесообразность создания системы информационного обеспечения. Решение этих задач требует систематического анализа связей и закономерностей функционирования и развития объектов и процессов с учетом особенностей отрасли на основе баз данных информационных технологий, теории управления и принятия решений [5–9].

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Представление в формализованном виде процессов производства продукции из многокомпонентных эластомерных композитов начинается с разработки и актуализации нормативно-технической документации. Сначала формулируется словесное описание, представляющее собой вербальную модель процессов.

Вербальное моделирование процессов производства готового продукта – изделия из эластомерных композитов – выполнено в виде логико-семантической модели. В общем виде логико-семантическую модель процесса получения многокомпонентного эластомерного композита можно представить в виде таблицы, перечислив основные функции, действия и исполнителей производственных процессов, стадий и операций (табл. 1).

Таблица 1. Логико-семантическая модель процесса структурирования многокомпонентных эластомерных композитов в табличной форме

Table 1. Logical-semantic model of the process of structuring multicomponent elastomeric composites in tabular form

Функции процесса	Документы процесса	Исполнители процесса
F1 – определение параметров производства резиновой смеси	D1 – карта производства смеси	E1 – оператор узла подготовки к смешению
F2 – подготовка каучука и ингредиентов к смешению	D2 – паспорт каучука	E2 – вальцовщик
F3 – контроль качества смеси	D3 – паспорт смеси	E3 – специалист ЦЗЛ
F4 – доработка смеси	D4 – паспорт смеси, данные виброреометрии	E4 – специалист-технолог
F5 – оценка и контроль вулканизационных характеристик смеси	D5 – паспорт смеси, данные физико-механических испытаний	E5 – специалист отдела контроля качества готовой продукции
F6 – контроль свойств готового изделия, выявление брака	D6 – паспорт свойств готового продукта	

Процедуру подготовки каучука и ингредиентов к смешению (F2) осуществляет отдельный исполнитель процесса – оператор установки подготовки (E1).

Определение значений технологических параметров производства резиновой смеси (F1) осуществляется специалистом-вальцовщиком (E2) с помощью контрольных карт (D1), которые показывают необходимый уровень значений технологических параметров процесса смешения с учетом сохранения доверительных интервалов [10, 11].

Контроль качества полуфабриката (сырьевой смеси) (F3) осуществляют специалисты центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ) (E3) производителя по паспорту смеси (D3).

Процедуру оценки характеристик вулканизации (F5) проводит технолог (E4) с использованием паспорта смеси и данных реометрических испытаний (D3).

Контроль получения стандартной продукции (F4) – заключительный этап – осуществляется специалистами отдела технического контроля качества готовой продукции (E5) по данным испытаний технических свойств продукции (D5) [8].

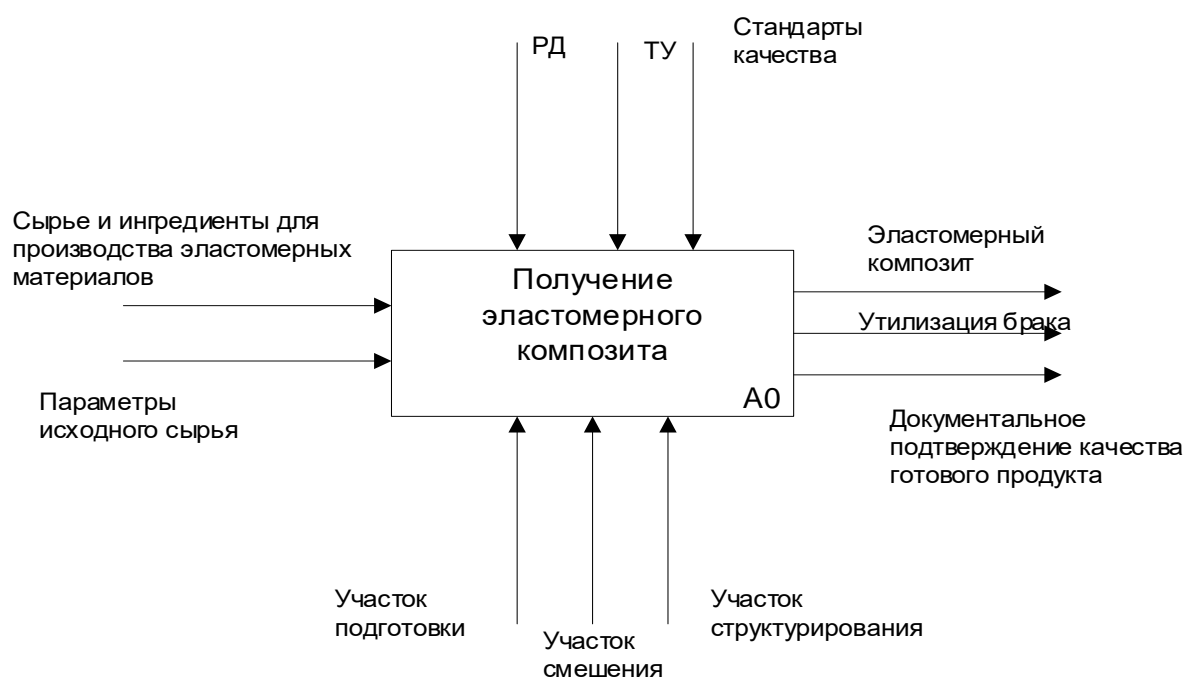


Рис. 1. Диаграмма уровня A0 – обобщенная функциональная модель получения ЭКМ (ТУ – технические условия, РД – регламентирующие документы)

Fig. 1. Diagram of level A0 – generalized functional model for obtaining ECM (TS – technical specifications, RD – regulatory documents)

Представленная на рисунке 1 диаграмма уровня A0 – структурно-функциональная схема, представляющая собой обобщенную схему получения эластомерного композита [12, 13]. Здесь на входе – сырье (эластомерная основа – каучук) и различные ингредиенты для производства эластомерных композиционных материалов (ЭКМ). Процессы получения ЭКМ строго регламентированы и документированы [14]. На выходе получается продукт – эластомерный композиционный материал с заданным на этапе рецептуростроения комплексом свойств, требования к уровню которых заложены в стандартах и сертификатах на готовую продукцию.

Далее выполняется декомпозиция данной диаграммы, она приведена на рис. 2. Диаграмма уровня A1 – детализация процессов получения ЭКМ на основе функционального моделирования [14, 15].

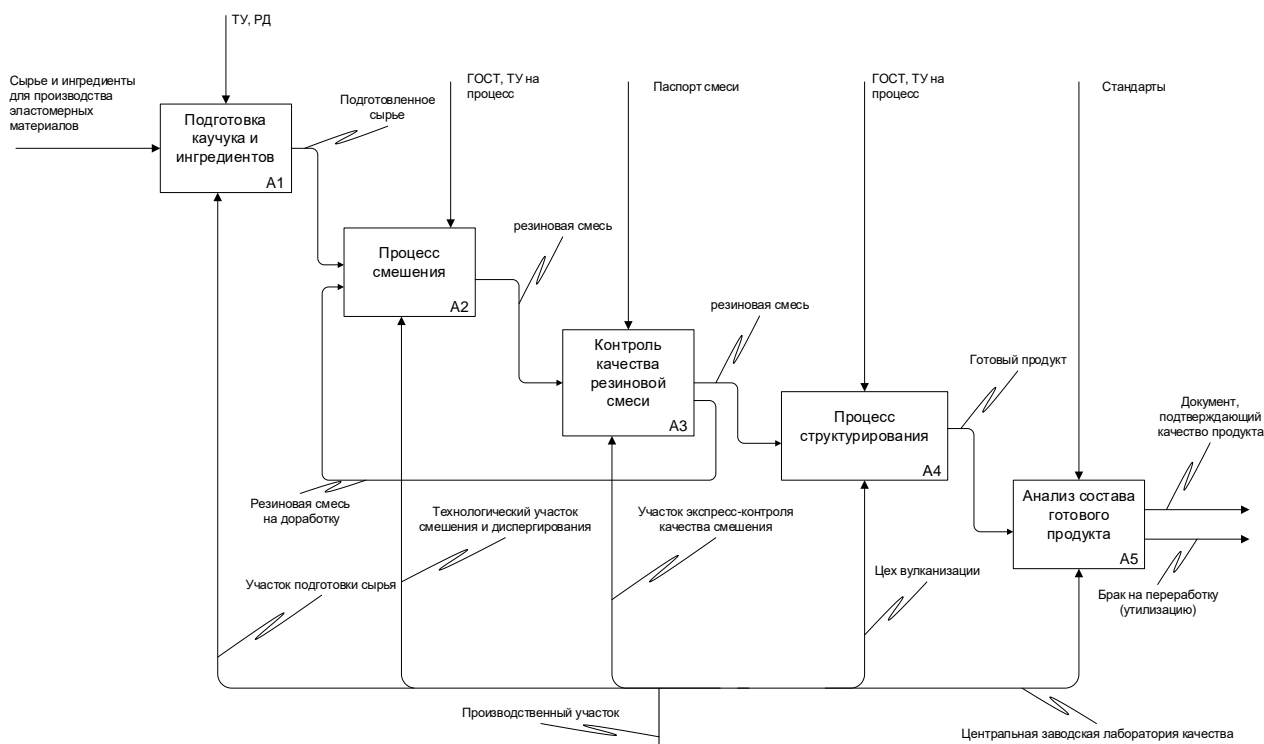


Рис. 2. Диаграмма A1. Детализация процессов получения ЭКМ на основе функционального моделирования

Fig. 2. Diagram A1. Detailing the processes for obtaining ECM based on functional modeling

На входе подаются исходные реагенты – каучук и различные ингредиенты. Они попадают на участок подготовки к проведению процесса смешения. Подготовка каучука – эластомерной основы композиций – представляет собой его доработку до определенного уровня пластозластических свойств (пластикация или пластификация), а также резку на части определенного размера и массы. Подготовка ингредиентов – несколько процессов: их предварительное измельчение (диспергирование), а также ручная или автоматизированная навеска – дозирование согласно рецептурному листу или паспорту смеси. Таким образом, в стадии смешения участвуют заранее подготовленные материалы.

Подготовленное сырье поступает на технологический участок смешения. Процесс смешения, как правило, проводится в резиносмесителе закрытого типа. Смешение каучука с ингредиентами проводится в течение строго определенного времени. Промежуточный продукт – сырая резиновая смесь – попадает на экспресс-контроль качества (анализ перерабатываемости). После проверки, при частичном несовпадении параметров, отвечающих за ее переработку, смесь возвращается на этап смешения и дорабатывается до заданных значений.

Резиновая смесь, отвечающая всем показателям качества, отправляется на этап структурирования (вулканизацию) – заключительный этап, предшествующий получению готовой продукции. Процесс реализуется в цеху вулканизации в прессе при заданной температуре под давлением.

Полученный в ходе структурирования готовый продукт поступает в центральную заводскую лабораторию на контроль качества. Продукция, прошедшая контроль, отправляется на склад и реализуется. Готовый продукт с отклонениями в уровне свойств либо становится готовой продукцией классом ниже, либо отправляется в брак и утилизируется.

Для выбора контрольных точек процессов смешения и структурирования эластомерных композитов необходимо выполнить следующие действия:

- провести системный анализ взаимосвязей всех производственных стадий и операций и создать на его основе информационное обеспечение цепочки производственных процессов на основе комплекса моделей. Системный анализ в данном подходе направлен на выявление скрытых взаимосвязей в сложной производственной системе получения многокомпонентных эластомерных композитов;
- определить назначение и показатели эффективности всего техпроцесса получения эластомерного композита в целом, а также для отдельных стадий и производственных операций;
- установить основные возмущающие воздействия, оказывающие влияние на вход техпроцесса и его показатели эффективности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен комплекс моделей процессов получения многокомпонентного эластомерного композита. Представлены инструменты выявления и использования новых контрольных точек процессов, позволяющие более гибко и эффективно управлять характеристиками качества готового продукта. Рассмотренные в статье подходы к описанию сложных химико-технологических процессов смешения и структурирования многокомпонентных эластомерных композитов являются инструментами организации высокоэффективного управления и контроля процессов на основе системного подхода и структурного анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Уральский М. Л., Горелик Р. А., Буканов А. М.* Контроль и регулирование технологических свойств резиновых смесей. М.: Химия, 1983. 128 с.
2. *Махлис Ф. А., Федюкин Д. Л.* Терминологический справочник по резине. М.: Химия, 1989. 400 с.
3. *Догадкин Б. А., Донцов А. А., Шершнев В. А.* Химия эластомеров. М.: Химия, 1981. 376 с.
4. *Корнев А. Е., Буканов А. М., Швердяев О. Н.* Технология эластомерных материалов. М.: Эксим, 2000. 288 с.
5. *Сочнев А. Н., Садчикова Г. М., Бирюков В. П.* Анализ параметров состояния резиновой смеси для управления технологическим процессом его получения // Сборник научных трудов «Автоматизация и управление в машино- и приборостроении». Саратов: СГТУ, 2007. С. 206–209.
6. *Агаянц И. М.* Пять столетий каучука и резины. М.: Модерн, 2002. 432 с.
7. *Новаков И. А., Новопольцева О. М., Кракшин М. А.* Методы оценки и регулирования пластоэластических и вулканизационных свойств эластомеров и композиций на их основе. М.: Химия, 2000. 240 с.
8. *Кузнецов А. С., Корнюшко В. Ф., Садеков Л. В.* Информационное и программное обеспечение гибридной интеллектуальной системы при управлении технологическими процессами // Программные продукты и системы. 2021. № 4. С. 629–638. DOI: 10.15827/0236-235X.136.629-638
9. *Столбов Л. А., Дубавов Д. С., Филоретова О. А., Лисица А. В.* Системы информационного обеспечения при создании проблемно ориентированной базы данных с применением когнитивного моделирования // Интеграл. 2013. № 1. С. 52–53.
10. *Самойлова Е. М.* Построение экспертной системы поддержки принятия решения как интеллектуальной составляющей системы мониторинга технологического процесса // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. 2016. № 2. С. 128–142.

11. Мешалкин В. П. Экспертные системы в химической технологии. М.: Химия, 1995. 367 с.
12. Егоров А. Ф., Савицкая Т. В., Михайлова П. Г. Модели и методы решения задач оперативного управления безопасностью непрерывных химико-технологических систем. Ч. 1. Управление в условиях неопределенности // Проблемы управления. 2005. № 6. С. 50–56.
13. Егоров А. Ф., Савицкая Т. В., Бельков В. П., Горанский А. В. Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств. Автоматизированный лабораторный комплекс. М.: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2008. 202 с.
14. Бурляева Е. В., Колыбанов К. Ю., Панова С. А. Информатика для химиков-технологов / под ред. Л. С. Гордеева и В. Ф. Корнюшко. М.: Высшая школа, 2006. 286 с.
15. Волкова В. Н., Денисов А. А. Теория систем и системный анализ: учебник для вузов. 3-е изд. М.: Юрайт, 2023. 562 с. ISBN 978-5-534-14945-6.

REFERENCES

1. Uralsky M.L., Gorelik R.A., Bukanov A.M. *Kontrol' i regulirovaniye tekhnologicheskikh svoystv rezinovykh smesey* [Monitoring and regulation of technological properties of rubber compounds]. Moscow: Chemistry, 1983. 128 p. (In Russian)
2. Makhlis F.A., Fedyukin D.L. *Terminologicheskii spravochnik po rezine* [Terminological reference book on rubber]. Moscow: Chemistry, 1989. 400 p. (In Russian)
3. Dogadkin B.A., Dontsov A.A., Shershnev V.A. *Khimiya elastomerov* [Chemistry of elastomers]. Moscow: Chemistry, 1981. 376 p. (In Russian)
4. Kornev A.E., Bukanov A.M., Sheverdyayev O.N. *Tekhnologiya elastomernykh materialov* [Technology of elastomeric materials]. Moscow: Exim, 2000. 288 p. (In Russian)
5. Sochnev A.N., Sadchikova G.M., Biryukov V.P. *Analiz parametrov sostoyaniya rezinovoy smesi dlya upravleniya tekhnologicheskim protsessom yego polucheniya* [Analysis of the state parameters of the rubber mixture to control the technological process of its production]. *Sbornik nauchnykh trudov «Avtomatizatsiya i upravlenie v mashino- i priborostroenii»* [Collection of scientific papers “Automation and control in mechanical and instrument engineering”]. Saratov: SGTU, 2007. Pp. 206–209. (In Russian)
6. Agayants I.M. *Pyat' stoletiy kauchuka i reziny* [Five centuries of rubber and rubber]. Moscow: Modern, 2002. 432 p. (In Russian)
7. Novakov I.A., Novopol'tseva O.M., Krakshin M.A. *Metody otsenki i regulirovaniya plastoelasticheskikh i vulkanizatsionnykh svoystv elastomerov i kompozitsiy na ikh osnove* [Methods for assessing and regulating the plastoelastic and vulcanization properties of elastomers and compositions based on them]. Moscow: Chemistry, 2000. 240 с. (In Russian)
8. Kuznetsov A.S., Korniyushko V.F., Sadekov L.V. Information and software of a hybrid intelligent system for process control. *Software & systems*. 2021. No. 4. Pp. 629–638. DOI: 10.15827/0236-235X.136.629-638. (In Russian)
9. Stolbov L.A., Dubavov D.S., Filoretova O.A., Lisitsa A.V. Information support systems when creating a problem-oriented database using cognitive modeling. *Integral*. 2013. No. 1. Pp. 52–53. (In Russian)
10. Samoilova E.M. *Postroyeniye ekspertnoy sistemy podderzhk i prinyatiya resheniya kak intellektual'noy sostavlyayushchey sistemy monitoring tekhnologicheskogo protsessa* [Construction of an expert decision support system as an intellectual component of a technological process monitoring system]. *Bulletin of PNIPU. Mechanical engineering, materials science*. 2016. No. 2. Pp. 128–142. (In Russian)
11. Meshalkin V.P., *Ekspertnyye sistemy v khimicheskoy tekhnologii* [Expert systems in chemical technology]. Moscow: Chemistry, 1995. 367 p. (In Russian)

12. Egorov A.F., Savitskaya T.V., Mikhailova P.G. Models and methods for solving problems of operational safety management of continuous chemical-technological systems. Part 1. Management under conditions of uncertainty. *Management problems*. 2005. No. 6. Pp. 50–56. (In Russian)
13. Egorov A.F., Savitskaya T.V., Belkov V.P., Goransky A.V. *Matematicheskoye modelirovaniye i metody sinteza gibkikh khimicheskikh proizvodstv. Avtomatizirovanny laboratornyy kompleks* [Mathematical modeling and methods of synthesis of flexible chemical production. Automated laboratory complex]. Moscow: RHTU im. D. I. Mendeleeva, 2008. 202 p. (In Russian)
14. Burlyaeva E.V., Kolybanov K.Yu., Panova S.A. *Informatika dlya khimikov-tekhnologov* [Informatics for chemical technologists]. Eds. L.S. Gordeev, V.F. Korniyushko. Moscow: Higher School, 2006. 286 p. (In Russian)
15. Volkova V.N., Denisov A.A. *Teoriya sistem i sistemnyy analiz: uchebnyk dlya vuzov* [Systems theory and system analysis: a textbook for universities]. Moscow: Yurayt, 2023. 562 p. ISBN 978-5-534-14945-6. (In Russian)

Информация об авторе

Кузнецов Андрей Сергеевич, канд. тех. наук, доцент кафедры информационных технологий, искусственного интеллекта и общественно-социальных технологий цифрового общества, Российский государственный социальный университет;

129226, Россия, Москва, ул. Вильгельма Пика, 4, стр. 1;

askgoogle@internet.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1569-4765>

Information about the author

Andrey S. Kuznetsov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Technologies, Artificial Intelligence and Social Technologies of Digital Society, Russian State Social University;

129226, Russia, Moscow, 4 Wilhelm Pieck street, 1 building;

askgoogle@internet.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1569-4765>