

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 004.89; 004.94; 007.5

DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-33-46

EDN: SKUFYO

Научная статья

**Разработка экспериментальной лабораторной системы
для исследования процессов автоматического проектирования
и прототипирования с интеллектуальным управлением
мягких полимерных мехатронных конструкций****А. У. Заммиев, Р. Н. Абуталипов**Институт информатики и проблем регионального управления –
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

Аннотация. Разработка теоретических основ проектирования и прототипирования бионаноробототехнических систем и конструкций в киберфизических системах и средах требует решения актуальных проблем создания полноценных систем автоматического проектирования и прототипирования с интеллектуальным управлением (САППИУ). В статье представлены результаты разработки экспериментальной лабораторной САППИУ для создания мягких полимерных мехатронных конструкций, позволяющей проводить исследования процессов САППИУ и разрабатывать специализированный исследовательско-производственный комплекс для синтеза прикладных устройств и систем мягкой робототехники и биоробототехники. Полученные на практике технические и экспериментальные данные применяются при анализе процессов САППИУ и поиске возможностей развития теоретической базы САППИУ, применимой для разработки киберфизических систем и сред для создания прикладных устройств и систем бионаноробототехники.

Ключевые слова: мягкая робототехника, мягкая полимерная мехатронная конструкция, биоробототехника, бионаноробототехника, автоматическое проектирование, интеллектуальное управление, киберфизические системы и среды, виртуальное прототипирование, физическое прототипирование

Поступила 27.11.2023, одобрена после рецензирования 29.11.2023, принята к публикации 04.12.2023

Для цитирования. Заммиев А. У., Абуталипов Р. Н. Разработка экспериментальной лабораторной системы для исследования процессов автоматического проектирования и прототипирования с интеллектуальным управлением мягких полимерных мехатронных конструкций // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 6(116). С. 33–46. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-33-46

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Заммиев А. У., Абуталипов Р. Н. Поиск методов и исследование возможностей применения современных технологий виртуального прототипирования и конструирования бионженерных систем при проектировании бионаноустройств и систем бионаноробототехники // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 6(98). С. 34–42. DOI: 10.35330/1991-6639-2020-6-98-34-42. EDN: JNLSCR.

2. Заммиев А. У., Абуталипов Р. Н. Мягкие полимерные мехатронные конструкции для применения биоинтегрированного подхода в мягкой робототехнике и биоробототехнике // Перспективные системы и задачи управления: Материалы XVII всероссийской научно-практической конференции и XIII молодежной школы-семинара, п. Домбай, 4–8 апреля 2022 года. Таганрог: ИП Марук М.Р., 2022. С. 302–313. EDN: RULOPE.

3. Matas J., James S., Davison A.J. Sim-to-real reinforcement learning for deformable object manipulation // Conference on Robot Learning. PMLR, 2018. Pp. 734–743.

4. Заммиев А. У. Перспективы развития методов и средств эволюционного моделирования // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН № 6(116) 2023

ния для виртуального прототипирования бионаноробототехнических устройств и систем // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2018. № 6-2(86). С. 157–164. EDN: YZKELZ.

5. *Kamm R.D., Bashir R., Arora N. et al.* Perspective: The promise of multi-cellular engineered living systems. *APL bioengineering*. 2018. Vol. 2. No. 4. P. 040901.

6. *Noor N., Shapira A., Edri R. et al.* 3D printing of personalized thick and perfusable cardiac patches and hearts. *Advanced Science*. 2019. Vol. 6. No. 11. P. 1900344.

7. *Cvetkovic C., Raman R., Chan V. et al.* Three-dimensionally printed biological machines powered by skeletal muscle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014. Vol. 111. No. 28. Pp. 10125–10130.

8. *Kriegman S., Blackiston D., Levin M. et al.* A scalable pipeline for designing reconfigurable organisms. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2020. Vol. 117. No. 4. Pp. 1853–1859.

9. *Абуталипов Р. Н., Заммоев А. У., Назоев З. В.* Бионаноробототехника: концептуализация, проблематика и задачи исследований // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2016. № 6(74). С. 11–17. EDN: XRUYRN.

10. *Абуталипов Р. Н., Заммоев А. У.* Интеррепрезентативные сети (ИРС) и репрезентативность VR визуализации наноструктур и процессов в наносреде // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2016. № 4(72). С. 5–9. EDN: WKDXXD.

11. *Абуталипов Р. Н., Заммоев А. У.* Доменная модель когнитивной инфокоммуникационной системы для интеллектуального медицинского онлайн-сервиса на базе бионаносенсорных устройств // Славянский форум. 2018. № 1(19). С. 104–113. EDN: YWXRMT.

12. *Заммоев А. У., Абуталипов Р. Н.* Поиск, исследование и развитие технологий бионаноробототехники для устойчивого развития горных территорий в эпоху шестого технологического уклада // Устойчивое развитие горных территорий. 2018. Т. 10. № 3(37). С. 447–457. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-3-447-457. EDN: YONKLLJ.

13. *Абуталипов Р. Н., Заммоев А. У.* Актуальные задачи бионаноробототехники в области виртуального прототипирования бионаноустройств // Перспективные системы и задачи управления: Материалы XV всероссийской научно-практической конференции и XI молодежной школы-семинара «Управление и обработка информации в технических системах», Нижний Архыз, 5–9 октября 2020 года. Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2020. С. 193–200. EDN: HDQFSF.

14. *Заммоев А. У., Абуталипов Р. Н.* Доменная модель когнитивной информационно-коммуникационной системы как основа среды виртуального прототипирования устройств и систем бионаноробототехники // Сборник научных трудов II Международной научно-практической конференции «Цифровая трансформация науки и образования». Нальчик, 1–4 октября 2021 года. Нальчик, 2021. С. 140–148. EDN: DTKSPA.

15. *Абуталипов Р. Н., Заммоев А. У.* Разработка элементов технологии экспериментального прототипирования мягких полимерных мехатронных конструкций // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022. № 1(105). С. 12–24. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-1-105-12-24. EDN: VHTUQQ.

16. *Абуталипов Р. Н., Заммоев А. У.* Проблема разработки теоретических основ проектирования и прототипирования устройств и систем бионаноробототехники в киберфизических системах и средах // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2022.

№ 6(110). С. 28–38. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-6-110-28-38. EDN: ТТКАЕЛ.

17. *Заммоев А. У., Абуталипов Р. Н.* Разработка техники виртуального прототипирования мягких полимерных мехатронных конструкций // Материалы XVIII всероссийской научно-практической конференции и XIV молодежной школы-семинара «Перспективные системы и задачи управления». п. Домбай, Карачаево-Черкесская

Республика, 3–7 апреля 2023 года. Таганрог: Лукоморье, 2023. С. 302–313.

18. *Бабешко В. Н.* Информационная поддержка жизненного цикла изделий // Сборник научных трудов VIII международной научно-практической конференции «Техника и технологии: пути инновационного развития». Курск, 28 июня 2019 года. Том 1. Курск: Юго- Западный государственный университет, 2019. С. 24–26. EDN: TVBUYKB.

19. *Hiller J., Lipson H.* Dynamic simulation of soft multimaterial 3d-printed objects. *Soft robotics*. 2014. Vol. 1. No. 1. Pp. 88–101.

Информация об авторах

Заммоев Аслан Узеирович, канд. техн. наук, зав. совместной лабораторией «Андроидная техника» и «Бионаноробототехника», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

zammoev@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7966-3557>

Абуталипов Ренат Надельшаевич, канд. техн. наук, ст. науч. сотр. совместной лаборатории «Андроидная техника» и «Бионаноробототехника», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

bnt_nat_2016@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0187-563X>