

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ
МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN



**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР
ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ
ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION
AND COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

2025 (23) 3
шілде- қыркүйек

ISSN 2708–2032 (print)
ISSN 2708–2040 (online)

БАС РЕДАКТОР:

Исахов Асылбек Абдишимович — есептеу теориясы саласында математика бойынша PhD доктор, "Компьютерлік ғылымдар және информатика" бағыты бойынша қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің Басқарма Төрағасы – Ректор (Қазақстан)

БАС РЕДАКТОРДЫҢ ОРЫНБАСАРЫ:

Колесникова Катерина Викторовна — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ғылыми-зерттеу қызметі жөніндегі проректор (Қазақстан)

ҒАЛЫМ ХАТШЫ:

Ипалакова Мадина Түлегеновна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің ғылыми-зерттеу қызметі жөніндегі департамент директоры (Қазақстан)

РЕДАКЦИЯЛЫҚ АЛҚА:

Разак Абдул — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессоры (Қазақстан)
Лучино Томмазо де Паолис — Саленто Университеті (Италия) инновация және технологиялық инжиниринг департаменті AVR зертханасының зерттеу және әзірлеу бөлімінің директоры

Лиз Бэкон — профессор, Абертей Университеті (Ұлыбритания) вице-канцлерінің орынбасары

Микеле Пагано — PhD, Пиза Университетінің (Италия) профессоры

Өтелбаев Мұхтарбай Өтелбайұлы — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, КР ҰҒА академигі, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Рысбайұлы Болатбек — физика-математика ғылымдарының докторы, профессор, Есептеу және деректер ғылымдары департаментінің профессоры, Astana IT University (Қазақстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Дузаев Нуржан Токсужаевич — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті цифрландыру және инновациялар жөніндегі проректор (Қазақстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — техника ғылымдарының докторы, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Сейлова Нургуль Абдуллаевна — техника ғылымдарының докторы, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік технологиялар және киберқауіпсіздік факультетінің деканы (Қазақстан)

Мұхамедиева Ардак Габитовна — экономика ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті бизнес медиа және басқару факультетінің деканы (Қазақстан)

Абдикаликова Замира Тұрсынбаевна — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті математика және компьютерлік модельдеу кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті экономика және бизнес кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Дамелия Максумовна Ескендірова — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — филология ғылымдарының кандидаты, доцент, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті медиакоммуникация және Қазақстан тарихы кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Айтмағамбетов Алтай Зуфарович — техника ғылымдарының кандидаты, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының профессоры (Қазақстан)

Бахтиярова Елена Азизбековна — техника ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті радиотехника, электроника және телекоммуникация кафедрасының меңгерушісі (Қазақстан)

Канибек Сансызбай — PhD, қауымдастырылған профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Тынымбаев Сахиябай — техника ғылымдарының кандидаты, профессор, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті компьютерлік инженерия кафедрасының профессор-зерттеушісі (Қазақстан)

Алимереб Али Абд — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті киберқауіпсіздік кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті ақпараттық жүйелер кафедрасының қауымдастырылған профессоры (Қазақстан)

Янг Им Чу — PhD, Гачон университетінің профессоры (Оңтүстік Корея)

Талеуш Валдас — PhD, Адам Мицкевич атындағы (Польша) университеттің проректоры

Мамырбаев Оркен Жұмажанович — PhD, КР ҒЖБМ Ғылым комитеті ақпараттық және есептеу технологиялары институты ӨМК директорының ғылым жөніндегі орынбасары (Қазақстан)

Бушув Сергей Дмитриевич — техника ғылымдарының докторы, профессор, Украинаның "УКРНЕТ" жобаларды басқару қауымдастығының директоры, Киев ұлттық құрылыс және сәулет университеті жобаларды басқару кафедрасының меңгерушісі (Украина)

Белошицкая Светлана Васильевна — техника ғылымдарының докторы, доцент, Astana IT University есептеу және деректер ғылымы кафедрасының профессоры (Қазақстан)

РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, Халықаралық ақпараттық технологиялар университетінің редакторы (Қазақстан)

Халықаралық ақпараттық және коммуникациялық технологиялар журналы

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Меншік иесі: АҚ «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» (Алматы қ.).

Қазақстан Республикасы Ақпарат және қоғамдық даму министрлігіне мерзімді баспасөз басылымын есепке қою туралы куәлік № KZ82VPY00020475, 20.02.2020 ж. берілген

Тақырып бағыты: ақпараттық технологиялар, ақпараттық қауіпсіздік және коммуникациялық технологиялар, әлеуметтік-экономикалық жүйелерді дамытудағы цифрлық технология.

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тираж: 100 дана.

Редакция мекенжайы: 050040 Алматы қ., Манас к., 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09.

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Журнал сайты: <https://journal.iitu.edu.kz>

© Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті АҚ, 2025

Журнал сайты: <https://journal.iitu.edu.kz> © Авторлар ұжымы, 2025

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

Исахов Асылбек Абдиашимович — доктор PhD по математике в области теории вычислимости, ассоциированный профессор по направлению "Компьютерные науки и информатика", Председатель Правления – Ректор Международного университета информационных технологий (Казахстан)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

Колесникова Катерина Викторовна — доктор технических наук, профессор, проректор по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ:

Ипалакова Мадина Тулегеновна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, директор департамента по научно-исследовательской деятельности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Разак Абдул — PhD, профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Лучио Томмазо де Паолис — директор отдела исследований и разработок лаборатории AVR департамента инноваций и технологического инжиниринга Университета Саленто (Италия)

Лиз Бэкон — профессор, заместитель вице-канцлера Университета Абертей (Великобритания)

Микеле Пагано — PhD, профессор Университета Пизы (Италия)

Отелбаев Мухтарбай Отелбайұлы — доктор физико-математических наук, профессор, академик НАН РК, профессор кафедры математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Рысбайұлы Болатбек — доктор физико-математических наук, профессор, профессор Astana IT University (Казахстан)

Дайнеко Евгения Александровна — PhD, профессор-исследователь кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дузбаев Нуржан Токкужаевич — PhD, ассоциированный профессор, проректор по цифровизации и инновациям Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Синчев Бахтгерей Куспанович — доктор технических наук, профессор, профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Сейлова Нургуль Абадуллаевна — кандидат технических наук, декан факультета компьютерных технологий и кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мухамедиева Ардак Габитовна — кандидат экономических наук, декан факультета бизнеса медиа и управления Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Абдикаликова Замира Турсынбаевна — PhD, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой математического и компьютерного моделирования Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Шильдибеков Ерлан Жаржанович — PhD, ассоциированный профессор, заведующий кафедрой экономики и бизнеса Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Дамеля Максумовна Ескендирова — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Ниязгулова Айгуль Аскарбековна — кандидат филологических наук, доцент, профессор, заведующая кафедрой медиакоммуникации и истории Казахстана Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Айтмагамбетов Алтай Зуфарович — кандидат технических наук, профессор кафедры радиотехники, электроники и телекоммуникаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Бахтиярова Елена Ажибековна — кандидат технических наук, ассоциированный профессор, заведующая кафедрой радиотехники, электроники и телекоммуникаций Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Канибек Сансызбай — PhD, ассоциированный профессор, профессор-исследователь кафедры кибербезопасности, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Тынымбаев Сахиябай — кандидат технических наук, профессор, профессор-исследователь кафедры компьютерной инженерии, Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Алмисреб Али Абд — PhD, ассоциированный профессор кафедры кибербезопасности Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Мохамед Ахмед Хамада — PhD, ассоциированный профессор кафедры информационных систем Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Янг Им Чу — PhD, профессор университета Гачон (Южная Корея)

Талеуш Валлас — PhD, проректор университета имен Адама Мицкевича (Польша)

Мамырбаев Оркен Жумажанович — PhD, заместитель директора по науке РГП Института информационных и вычислительных технологий Комитета науки МНВО РК (Казахстан)

Бушуев Сергей Дмитриевич — доктор технических наук, профессор, директор Украинской ассоциации управления проектами «УКРНЕТ», заведующий кафедрой управления проектами Киевского национального университета строительства и архитектуры (Украина)

Белошницкая Светлана Васильевна — доктор технических наук, доцент, профессор кафедры вычислений и науки о данных Astana IT University (Казахстан)

РЕДАКТОР:

Мрзабаева Раушан Жалиевна — магистр, редактор Международного университета информационных технологий (Казахстан)

Международный журнал информационных и коммуникационных технологий

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Собственник: АО «Международный университет информационных технологий» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Министерство информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ82VPY00020475, выданное от 20.02.2020 г.

Тематическая направленность: информационные технологии, информационная безопасность и коммуникационные технологии, цифровые технологии в развитии социально-экономических систем.

Периодичность: 4 раза в год.

Тираж: 100 экземпляров.

Адрес редакции: 050040 г. Алматы, ул. Манаса 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09.

E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Сайт журнала: <https://journal.iitu.edu.kz>

© АО Международный университет информационных технологий, 2025

© Коллектив авторов, 2025

EDITOR-IN-CHIEF

Assylbek Issakhov — PhD in Mathematics in Computability Theory, associate professor in “Computer Science and Informatics,” Chairman of the Board – Rector of the International Information Technology University (Kazakhstan)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

Kateryna Kolesnikova — Doctor of Technical Sciences, professor, Vice-Rector for Research, International Information Technology University (Kazakhstan)

ACADEMIC SECRETARY

Madina Ipalakova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Director of the Research Department, International Information Technology University (Kazakhstan)

EDITORIAL BOARD

Abdul Razak — PhD, professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Lucio Tommaso De Paolis — Director of the R&D Department of the AVR Laboratory, Department of Engineering for Innovation, University of Salento (Italy)

Liz Bacon — Professor, Deputy Vice-Chancellor, Abertay University (United Kingdom)

Michele Pagano — PhD, Professor, University of Pisa (Italy)

Mukhtarbay Otelbayev — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, academician of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, professor of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Bolatbek Rysbauly — Doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor, professor of the Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

Yevgeniya Daineko — PhD, research professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Nurzhan Duzbayev — PhD, associate professor, Vice-Rector for Digitalization and Innovation, International Information Technology University (Kazakhstan)

Bakhtgerai Sinchev — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Nurgul Seilova — Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Computer Technologies and Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Ardak Mukhamediyeva — Candidate of Economic Sciences, Dean of the Faculty of Business, Media and Management, International Information Technology University (Kazakhstan)

Zamira Abdikalikova — PhD, associate professor, Head of the Department of Mathematical and Computer Modeling, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yerlan Shildibekov — PhD, associate professor, Head of the Department of Economics and Business, International Information Technology University (Kazakhstan)

Damilya Yeskendirova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Aigul Niyazgulova — Candidate of Philological Sciences, Professor, Head of the Department of Media Communications and History of Kazakhstan, International Information Technology University (Kazakhstan)

Altai Aitmagambetov — Candidate of Technical Sciences, Professor, Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yelena Bakhtiyarova — Candidate of Technical Sciences, associate professor, Head of the Department of Radio Engineering, Electronics and Telecommunications, International Information Technology University (Kazakhstan)

Kanibek Sansyzbay — PhD, research professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Sakhybay Tynymbayev — Candidate of Technical Sciences, Professor, Research Professor, Department of Computer Engineering, International Information Technology University (Kazakhstan)

Ali Abd Almisreb — PhD, associate professor, Department of Cybersecurity, International Information Technology University (Kazakhstan)

Mohamed Ahmed Hamada — PhD, associate professor, Department of Information Systems, International Information Technology University (Kazakhstan)

Yang Im Chu — PhD, Professor, Gachon University (South Korea)

Tadeusz Wallas — PhD, Vice-Rector, Adam Mickiewicz University (Poland)

Orken Mamyrbayev — PhD, Deputy Director for Science, RSE Institute of Information and Computational Technologies, Committee for Science of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Kazakhstan)

Sergey Bushuyev — Doctor of Technical Sciences, professor, Director of the Ukrainian Project Management Association “UKRNET,” Head of the Department of Project Management, Kyiv National University of Construction and Architecture (Ukraine)

Svetlana Beloshitskaya — Doctor of Technical Sciences, professor, Department of Computing and Data Science, Astana IT University (Kazakhstan)

EDITOR

Raushan Mrzabayeva — Master of Science, editor, International Information Technology University (Kazakhstan)

«International Journal of Information and Communication Technologies»

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Owner: International Information Technology University JSC (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan, Information Committee No. KZ82VPY00020475, issued on 20.02.2020.

Thematic focus: information technology, digital technologies in the development of socio-economic systems, information security and communication technologies

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 100 copies.

Editorial address: 050040. Manas st. 34/1, Almaty. +7 (727) 244-51-09. E-mail: ijict@iitu.edu.kz

Journal website: <https://journal.iitu.edu.kz>

© International Information Technology University JSC, 2025

© Group of authors, 2025

МАЗМҰНЫ

А.Е. Абдуалиев, Г.Қ. Сембина ГЕНЕТИКАЛЫҚ АЛГОРИТМ ЖӘНЕ БАЙЕСИЯЛЫҚ ГИПЕРПАРАМЕТРЛЕРДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ НЕГІЗІНДЕ АЙМАҚТЫҚ БЮДЖЕТТІ БӨЛҮДІ ОҢТАЙЛАНДЫРУ.....8	8
А.М. Альжанов, К.Қ. Рахымбек, А.Б. Нугуманова БЛОКЧЕЙННЕН ШАБЫТТАНҒАН КОНСЕНСУС МОДЕЛЬДЕРІ АРҚЫЛЫ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕГІ СУ ТАСҚЫНЫ БОЛЖАМЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН АРТТЫРУ.....24	24
А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жұмағали, А.С. Инчин, С.М. Трепашко НАВИГАЦИЯЛЫҚ ПЛОМБА МОДУЛЬДЕРІНІҢ ЭНЕРГИЯ ТҰТЫНУЫН БАҒАЛАУ ҮШІН СТЕНД ӨЗІРЛЕУ ЖӘНЕ СЫНАУ.....45	45
С. Аманжолова, Г. Мутанов, С. Муханов, О. Усатова, А. Razaque ZABVIX ЖӘНЕ GRAFANA КӨМЕГІМЕН ЖЕЛІЛІК БЕЛСЕНДІЛІКТІ БАҚЫЛАУҒА ЖӘНЕ SQL ИНЪЕКЦИЯЛЫҚ ШАБУЫЛДАРЫН АНЫҚТАУҒА АРНАЛҒАН AI-МЕН ЖҰМЫС ІСТЕЙТІН ЖҮЙЕ.....61	61
Н.Ә. Асан, Д.М. Утебаева, А.Е. Қасенхан, Л.М. Илипбаева БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕЛЕРІНЕ ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІНІ ЕНГІЗУ.....84	84
О. Бекмурат, В. Сербин, М. Алиманова, Ү. Базарбаева ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕ ЖАСӨСПІРІМДЕРДІҢ СУИЦИДТІК БЕЙІМДІЛІГІН БОЛЖАУ.....100	100
А. Белошицкий, Ю. Андрашко, А. Кучанский, А. Нефтисов, М. Гладка ЖАҢА АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ДАҚЫЛДАРЫН ӨСІРУ БОЙЫНША ЖЫЛЫЖАЙ АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ КӘСІПОРЫНДАРЫНЫҢ ОПЕРАЦИЯЛЫҚ ҚЫЗМЕТІНЕ ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ҮЛГІСІ.....115	115
Э. Гайсина, А. Кубашева, А. Кумаргалиева, Г. Дашева, П. Шмидт ОНЛАЙН ОҚЫТУ ПЛАТФОРМАЛАРЫНЫҢ ҚАБЫЛДАНУЫНА ЫҚПАЛ ЕТЕТІН ФАКТОРЛАРДЫ АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ТҰРҒЫСЫНАН ЗЕРТТЕУШ.....133	133
Ележанова, Х. Кутуку, Ш. Коданова, А. Кубашева, Ж. Аманбаева DuckDB МЕН ChromaDB НЕГІЗІНДЕ ҚЫЗМЕТКЕРЛЕР ТУРАЛЫ МӘЛІМЕТТЕРДІ ӨНДЕУДЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ДЕРЕКТЕРДІ ТАЛДАУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ.....145	145
А.К. Калдарова, М.А. Васкес СТУДЕНТТЕРДІҢ СӨЗДІК ҚОРЫН ДАМУ: WORDWALL ПЛАТФОРМАСЫ НЕГІЗІНДЕГІ ИНТЕРАКТИВТІ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІНІҢ ҰҚПАЛЫ.....173	173
К.В. Колесникова, А.В. Нефтисов, И.М. Казамбаев, Т.М. Олех, Ж. Әбдібаев, МӘЛІМЕТТЕРДІ ИНТЕГРАЦИЯЛАУДЫҢ МӘСЕЛЕЛЕР АРАЛЫҚ СУ РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУДАҒЫ ӘДІСТЕМЕЛІК ҚАҒИДАТТАРЫ.....186	186
Л. Курманғазиева, О. Финдик, В. Махатова, Д. Құдабаева, А. Маратұлы ОБЪЕКТІЛЕРДІ ТАҢУ ЖӘНЕ ЫҒЫСУЫН БАҚЫЛАУҒА АРНАЛҒАН КОНВОЛЮЦИЯЛЫҚ НЕЙРОНДЫҚ ЖЕЛІ.....202	202
Г.М. Мауина, Б.Е. Таныкпаева, А.У. Есиркепова, Г.Ж. Өтеген, Х.М. Рай МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІМЕН АГРОӨНЕРКӘСІПТІК ТИІМДІЛІК КӨРСЕТКІШТЕРІ БОЙЫНША СЫРТҚЫ ФАКТОРЛАРДЫ БАҒАЛАУ.....222	222
К.К. Мырзабек, А.Б. Хасен, Ш.М.У. Хан УАҚЫТТЫҚ ЫҚТИМАЛДЫ АВТОМАТТАР НЕГІЗІНДЕ ӨУЕ ҚОЗҒАЛЫСЫН БАСҚАРУ ЖҮЙЕЛЕРІН ТАЛДАУ.....238	238
М.К. Рыспаева, О.С. Салыкова ТРАНСФЕРЛІК ОҚЫТУ МЕН RADIMAGENET САЛМАҚТАРЫНА НЕГІЗДЕЛГЕН СИРЕК ПАТОЛОГИЯЛАРҒА АРНАЛҒАН GAN ӘДІСІ АРҚЫЛЫ МЕДИЦИНАЛЫҚ БЕЙНЕЛЕРДІ ГЕ НЕРАЦИЯЛАУ.....254	254
Б. Синчев, А. Синчев, Н. Бахтгерейұлы, А. Муханова	

МЫҢЖЫЛДЫҚ МӘСЕЛЕСІНІҢ ШЕШІМДІЛІГІ: Р ЖӘНЕ NR.....	270
М.У. Сулейменова, Д.М. Мұхаммеджанова, А.С. Бижанова ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТ НЕГІЗІНДЕ ТЕРІНІ ДИАГНОСТИКАЛАУ ЖӘНЕ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ОҒАН КҮТІМ ЖАСАУДЫ ОҢАЙЛАНДЫРУ.....	278
А. Тлеубаев, С.Е. Керімқұл, А. Адалбек, Ж.С. Асанова, К.Д. Кулиев АНАЛИТИКАЛЫҚ ИЕРАРХИЯ ПРОЦЕСІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ ТЕХНИКАСЫН БАҒАЛАУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ТӘСІЛІ.....	289
М. Уразғалиева, Х.И. Бюльбюль, Б. Утенова, А. Майлыбаева, А. Муханбетқалиева КӨРНЕКІ ДЕРЕКТЕРДІ КОЛОРИЗАЦИЯЛАУ ҮШІН АВТОКОДЕР НЕГІЗІНДЕГІ НЕЙРОЖЕЛІЛІК МОДЕЛЬДІ ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ ОҚЫТУ.....	303
Р.К. Ускенбаева, Ж.Б. Кальпеева, А.Н. Молдагулова, А.Б. Касымова, Р.Ж. Сатыбалдиева ӨНДІРУШІЛЕР МЕН ИМПОРТТАУШЫЛАРҒА АРНАЛҒАН МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУҒА НЕГІЗДЕЛГЕН НЕСИЕЛІК БАҒАЛАУ.....	323

СОДЕРЖАНИЕ

А.Е. Абдуалиев, Г.К. Сембина ОПТИМИЗАЦИЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНОГО БЮДЖЕТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА И БАЙЕСОВСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ГИПЕРПАРАМЕТР ОВ.....	8
А.М. Альжанов, К.К. Рахымбек, А.Б. Нугуманова ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ НАВОДНЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНСЕНСУСНЫХ МОДЕЛЕЙ, ВДОХНОВЛЁННЫХ БЛОКЧЕЙН ОМ.....	24
А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жумағали, А.С. Инчин, С.М. Трепашко РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ СТЕНДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ МОДУЛЕЙ НАВИГАЦИОННОЙ ПЛОМБЫ.....	45
С. Аманжолова, Г. Мутанов, С. Муханов, О. Усатова, А. Razaque СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СЕТЕВОЙ АКТИВНОСТИ И ОБНАРУЖЕНИЯ SQL- ИНЪЕКЦИЙ НА БАЗЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ZABBIX И GRAFANA.....	61
Н.А. Асан, Д.М. Утебаева, А.Е. Касенхан, Л.М. Илипбаева ВНЕДРЕНИЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМЫ ОБРАЗОВАНИЯ.....	84
О. Бекмурат, В. Сербин, М. Алиманова, У. Базарбаева ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СУИЦИДАЛЬНЫХ НАКЛОННОСТЕЙ ПОДРОСТКОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА.....	100
А. Белошицкий, Ю. Андрашко, А. Кучанский, А. Нефтисов, М. Гладка МОДЕЛЬ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТЕПЛИЧНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ НОВЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР.....	115
Э. Гайсина, А. Кубашева, А. Кумарғалиева, Г. Дашева, Р. Schmidt ИССЛЕДОВАНИЕ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПРИНЯТИЕ ОНЛАЙН-ПЛАТФОРМ ОБУЧЕНИЯ, С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	133
Ш. Ележанова, Х. Кутуку, Ш. Коданова, А. Кубашева, Ж. Аманбаева ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ В ОБРАБОТКЕ ИНФОРМАЦИИ О СОТРУДНИКАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ DuckDB и ChromaDB.....	145
А.К. Калдарова, М.А. Васкес РАСШИРЕНИЕ СЛОВАРНОГО ЗАПАСА У СТУДЕНТОВ: ВЛИЯНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ОБУЧАЮЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ WORDWALL.....	173
К.В. Колесникова, А.В. Нефтисов, И.М. Казамбаев, Т.М. Олех, Ж. Абдибаев, МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ИНТЕГРАЦИИ ДАННЫХ В УПРАВЛЕНИИ ТРАНСГРАНИЧНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ.....	186



Л. Курмангазиева, О. Финдик, В. Махатова, Д. Кудабасева, А. Маратулы СВЕРТОЧНАЯ НЕЙРОННАЯ СЕТЬ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ И ОТСЛЕЖИВАНИЯ СМЕЩЕНИЙ ОБЪЕКТОВ.....	202
Г.М. Мауина, Б.Е. Таныкпаева, А.У. Есиркепова, Г.Ж. Өтеген, Х.М. Рай ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ВНЕШНИХ ФАКТОРОВ НА ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АГРОПРОМЫШЛЕННОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕ НИЯ.....	222
К.К. Мырзабек, А.Б. Хасен, Ш.М.У. Хан АНАЛИЗ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЕРОЯТНОСТНЫХ АВТОМАТОВ С ВРЕМЕННЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ.....	238
М.К. Рыспаева, О.С. Салыкова ГЕНЕРАЦИЯ МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ GAN ДЛЯ РЕДКИХ ПАТОЛОГИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСФЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ И ВЕСОВ RADIMA GENET.....	254
Б. Синчев, А. Синчев, Н. Бахтгерейулы, А. Муханова РАЗРЕШИМОСТЬ ПРОБЛЕМЫ ТЫСЯЧЕЛЕТИЯ P ПРОТИВ NP.....	270
М.У. Сулейменова, Д.М. Мухаммеджанова, А.С. Бижанова ДИАГНОСТИКА КОЖИ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И ОПТИМИЗАЦИЯ УХОДА ЗА НЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ...278	
А.Б. Тлеубаев, С.Е. Керимкулов, А. Адалбек, Ж.С. Асанова, К.Д. Кулиев ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕССА АНАЛИТИЧЕСКОЙ ИЕРАРХИИ.....	289
М. Уразгалиева, Х.И. Бюльбюль, Б. Утенова, А. Майлыбаева, А. Муханбеткалиева РАЗРАБОТКА И ОБУЧЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ МОДЕЛИ АВТОКОДИРОВЩИКА ДЛЯ КОЛОРИЗАЦИИ ВИЗУАЛЬНЫХ ДАННЫХ.....	303
Р.К. Ускенбаева, Ж.Б. Кальпеева, А.Н. Молдагулова, А.Б. Касымова, Р.Ж. Сатыбалдиева КРЕДИТНЫЙ СКОРИНГ НА ОСНОВЕ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ И ИМПОРТЕРОВ.....	323

CONTENTS

A.E. Abdualiyev, G.K. Sembina OPTIMIZATION OF REGIONAL BUDGET ALLOCATION USING GENETIC ALGORITHM AND BAYESIAN HYPERPARAMETER OPTIMIZATION.....	8
A. Alzhanov, K. Rakhymbek, A. Nugumanova IMPROVING ROBUSTNESS IN AI FLOOD FORECASTING VIA BLOCKCHAIN-INSPIRED CONSENSUS MODELS	24
A.Z. Aitmagambetov, S.Zh. Zhumagali, A.S. Inchin, S.M. Trepashko DEVELOPMENT AND TESTING OF A STAND FOR EVALUATING THE ENERGY CONSUMPTION OF NAVIGATION SEAL MODULES.....	45
S. Amanzholova, G. Mutanov, S. Mukhanov, O. Ussatova, A. Razaque AI-POWERED SYSTEM FOR NETWORK ACTIVITY MONITORING AND DETECTION OF SQL INJECTION ATTACKS USING ZABBIX AND GRAFANA.....	61
N. Assan, D. Utebayeva, A. Kassenkhan, L. Ilipbayeva INTRODUCTION OF AI IN EDUCATION SYSTEMS.....	84
O. Bekmurat, V. Serbin, M. Alimanova, U. Bazarbayeva AI-BASED PREDICTION OF ADOLESCENT SUICIDAL TENDENCIES.....	100
A. Biloshchytskyi, Y. Andrashko, O. Kuchanskyi, A. Neftissov, M. Gladka DECISION-MAKING MODEL FOR GREENHOUSE AGRICULTURAL ENTERPRISE OP- ERATIONS IN THE CASE OF CULTIVATING NEW AGRICULTURAL CROPS.....	115
E. Gaisina, A. Kubasheva, A. Kumargaliyeva, G. Dasheva, P. Shmidt INVESTIGATING FACTORS INFLUENCING THE ADOPTION OF ONLINE LEARNING PLATFORMS FROM AN INFORMATION TECHNOLOGY PERSPECTIVE.....	133

Sh. Yelezhanova, H. Kutucu, Sh. Kodanova, A. Kubasheva, Zh. Amanbayeva APPLICATION OF INTELLIGENT DATA ANALYSIS METHODS TO EMPLOYEE INFORMATION PROCESSING USING DuckDB and ChromaDB.....	145
A.K. Kaldarova, M.A. Vasquez ENHANCING VOCABULARY ACQUISITION IN STUDENTS: THE IMPACT OF WORD-WALL-BASED INTERACTIVE LEARNING TOOLS.....	173
K.V. Kolesnikova, A.V. Neftissov, I.M. Kazambayev, T.M. Olekh, Zh. Abdibayev, METHODOLOGICAL APPROACH TO DATA INTEGRATION IN TRANSBOUNDARY WATER RESOURCES MANAGEMENT.....	186
L. Kurmangazyeva, O. Findik, V. Makhatova, D. Kudabayeva, A. Maratuly CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK FOR RECOGNITION AND TRACKING OF OBJECT DISPLACEMENTS.....	202
G. Mauina, B. Tanykpayeva, A. Yessirkepova, G. Otegen, H.M. Rai EVALUATION OF EXTERNAL FACTORS ON AGROINDUSTRIAL EFFICIENCY INDICATORS USING MACHINE LEARNING METHODS.....	222
K. Myrzabek, A. Khassen, S. Khan PROBABILISTIC TIMED AUTOMATA ANALYSIS OF AIR TRAFFIC CONTROL SYSTEMS...	238
M.K. Ryspayeva, O.S. Salykova GAN-BASED MEDICAL IMAGE GENERATION FOR RARE PATHOLOGIES USING TRANSFER LEARNING AND RADIMAGENET WEIGHTS.....	254
B. Sinchev, A. Sinchev, N. Bakhtgereiuly, A. Mukhanova SOLVABILITY OF THE MILLENNIUM PROBLEM: P VS NP.....	270
M.U. Suleimenova, D.M. Mukhammejanova, A.S. Bizhanova AI-BASED SKIN DIAGNOSTICS AND SKINCARE OPTIMIZATION USING MACHINE LEARNING.....	278
A.B. Tleubayev, S.E. Kerimkhulle, A. Adalbek, Z.S. Assanova, K.D. Kuliev AN INTELLIGENT APPROACH TO EVALUATING AGRICULTURAL MACHINERY BASED ON THE ANALYTIC HIERARCHY PROCESS.....	289
M. Urazgaliyeva, H.İ. Bülbül, B. Utenova, A. Mailybayeva, A. Mukhanbetkaliyeva DEVELOPMENT AND TRAINING OF A NEURAL NETWORK AUTOENCODER MODEL FOR VISUAL DATA COLORIZATION.....	303
R.K. Uskenbayeva, Zh.B. Kalpeyeva, A.N. Moldagulova, A.B. Kassymova, R.Zh. Satybaldiyeva MACHINE LEARNING-BASED CREDIT SCORING FOR MANUFACTURERS AND IMPORTERS.....	323



tion of irrigation water pollution sources and pathways with a wireless sensor network and blockchain framework // *Sensors*. — 2020. — Vol. 20. — No. 13. — Article 3634. — DOI: 10.3390/s20133634.

Le Thuy T., Nguyen M.K., Bui T.D., Yen H.P.H., Hoai N.T., Ngan N.V.C., et al. (2025). Blockchain-Enabled Water Quality Monitoring: A Comprehensive Review of Digital Innovations and Challenges [Preprint] // *Preprints*. — 2025. — DOI: 10.20944/preprints202507.1849.v1.

Magureanu H., Usher N. (2024). Consensus learning: A novel decentralised ensemble learning paradigm // *arXiv preprint*. — 2024. — No. arXiv:2402.16157. — DOI: 10.48550/arXiv.2402.16157.

Solanki H., Vegad U., Kushwaha A., Mishra V. Improving streamflow prediction using multiple hydrological models and machine learning methods // *Water Resources Research*. — 2025. — Vol. 61, No. 1. — Article e2024WR038192. — DOI: 10.1029/2024WR038192.

Satilmisoglu T.K., Sermet Y., Kurt M., Demir I. (2024). Blockchain opportunities for water resources management: a comprehensive review // *Sustainability*. — 2024. — Vol. 16. — No. 6. — Article 2403. — DOI: 10.3390/su16062403.

Scher S., Messori G. (2021). Ensemble methods for neural network-based weather forecasts // *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*. — 2021. — Vol. 13. — No. 2. — DOI: 10.1029/2020MS002331.

Sheikh M.R., Coulibaly P. (2025). Local- and Large-Scale Hydrologic Forecast Merging through Time Series Features-Based Dynamic Weights Estimation Framework // *Journal of Hydrometeorology*. — 2025. — Vol. 26. — No. 8. — Pp. 1201–1217. — DOI: 10.1175/JHM-D-25-0023.1.

Sheikh M.R., Coulibaly P. (2024). Review of recent developments in hydrologic forecast merging techniques // *Water*. — 2024. — Vol. 16. — No. 2. — Article 301. — DOI: 10.3390/w16020301.

Torres F.L.R., Lima L.M.M., Reboita M.S., de Queiroz A.R., Lima J.W.M. (2024). Integrating Hydrological and Machine Learning Models for Enhanced Streamflow Forecasting via Bayesian Model Averaging in a Hydro-Dominant Power System // *Water*. — 2024. — Vol. 16. — No. 4. — Article 586. — DOI: 10.3390/w16040586.

Tyralis H., Papacharalampous G., Langousis A. (2021). Super ensemble learning for daily streamflow forecasting: Large-scale demonstration and comparison with multiple machine learning algorithms // *Neural Computing and Applications*. — 2021. — Vol. 33. — No. 8. — Pp. 3053–3068. — DOI: 10.1007/s00521-020-05172-3.

Tanguy M., Eastman M., Chevuturi A., Magee E., Cooper E., Johnson R.H., et al. (2024). Optimising ensemble streamflow predictions with bias-correction and data assimilation techniques // *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*. — 2024. — Pp. 1–41. — DOI: 10.5194/hess-29-1587-2025.

Umar R., Abadi A., Aldali B., Vincent B., Hurley E.A., Aljazaeri H., et al. (2025). Decentralized Weather Forecasting via Distributed Machine Learning and Blockchain-Based Model Validation // *arXiv preprint*. — 2025. — No. arXiv:2508.09299. — DOI: 10.48550/arXiv.2508.09299.

Vangipuram S.L., Mohanty S.P., Kougianos E., Ray C. (2022). G-DaM: A distributed data storage with blockchain framework for management of groundwater quality data // *Sensors*. — 2022. — Vol. 22. — No. 22. — Article 8725. — DOI: 10.3390/s22228725.

Wee G., Chang L.C., Chang F.J., Amin M.Z.M. (2023). A flood Impact-Based forecasting system by fuzzy inference techniques // *Journal of Hydrology*. — 2023. — Vol. 625. — Article 130117. — DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.130117.

Wu Y., Li J.S., Li C.F., Liu I.H. (2024). Enhancing Dam Security and Water Level Alerting with Blockchain Technology // *29th International Conference on Artificial Life and Robotics (ICAROB 2024)*. — Beppu, Japan: ALife Robotics Corporation Ltd., 2024. — Pp. 22–25. — URL: <https://alife-robotics.co.jp/members2024/icarob/data/html/data/OS/OS1-3.pdf>.

Williams J., Neilley P., Koval J., McDonald J. (2016). Adaptable regression method for ensemble consensus forecasting // *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*. — 2016. — Vol. 30. — No. 1. — DOI: 10.1609/aaai.v30i1.9913.

Xia W., Chen X., Song C. (2022). A framework of blockchain technology in intelligent water management // *Frontiers in Environmental Science*. — 2022. — Vol. 10. — Article 909606. — DOI: 10.3389/fenvs.2022.909606.

Yasuno T., Ishii A., Amakata M., Fujii J. (2020). Smart dam: Upstream sensing, hydro-blockchain, and flood feature extractions for dam inflow prediction // *Future of Information and Communication Conference*. — Cham: Springer International Publishing, 2020. — Pp. 139–158. — DOI: 10.1007/978-3-030-39445-5_12.

Zhang J., Feng J., Li H., Zhu Y., Zhi X., Zhang F. (2021). Unified ensemble mean forecasting of tropical cyclones based on the feature-oriented mean method // *Weather and Forecasting*. — 2021. — Vol. 36, No. 6. — Pp. 1945–1959. — DOI: 10.1175/WAF-D-21-0062.1.

DEVELOPMENT AND TESTING OF A STAND FOR EVALUATING THE ENERGY CONSUMPTION OF NAVIGATION SEAL MODULES

A.Z. Aitmagambetov^{1,2}, S.Zh. Zhumagali², A.S. Inchin², S.M. Trepashko²*

¹International Information Technology University, Almaty, Kazakhstan;

²Institute of Space Engineering and Technologies, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: a.aitmagambetov@iitu.edu.kz

Aitmagambetov Altay — Candidate of Technical Sciences, project manager, professor of «Radio Engineering, Electronics and Telecommunications» department, International Information Technology University

E-mail: altayzf@mail.ru, a.aitmagambetov@iitu.edu.kz, <https://orcid.org/0000-0002-7808-5273>;

Zhumagali Sabyrzhan — Master of Sc., chief engineer, «Institute of Space Engineering and Technologies» LLP

<https://orcid.org/0009-0007-5995-4377>;

Inchin Alexander — Candidate of Technical Sciences, leading researcher, «Institute of Space Engineering and Technologies» LLP

<https://orcid.org/0000-0002-4799-0828>;

Trepashko Sergey — senior researcher, «Institute of Space Engineering and Technologies» LLP

<https://orcid.org/0009-0000-9463-5522>.

© A.Z. Aitmagambetov, S.Zh. Zhumagali, A.S. Inchin, S.M. Trepashko

Abstract. The article is devoted to the development and testing of a special stand for assessing the energy consumption of navigation seal modules used in logistics for cargo transportation control and monitoring. The aim of the study was to create a platform that allows high-precision measurement of the current and voltage of individual modules in various operating modes, which is an important step to optimize the energy efficiency of the navigation seal. The paper describes measurement techniques, data analysis, and graphs showing differences in energy consumption between active and energy-saving modes. The results showed that optimizing the operating modes, for example, putting the modules into sleep mode, reduces current consumption, which significantly increases the battery life of navigation seals and reduces operating costs. The modular architecture used in the development of the device provides flexibility in the replacement and modernization of components,

contributing to increased reliability and stability of transportation control systems. The data obtained and the proposed recommendations are of practical importance for further optimization of logistics processes and reducing the environmental impact of modern transport systems. The results demonstrate the high potential of the modular navigation seal to increase energy efficiency, reduce environmental impacts, and optimize logistics processes.

Key words: navigation seal, international cargo transportation, modular design, autonomous operation, energy efficiency, electronic seal, sensors, GPS

For citation: A.Z. Aitmagambetov, S.Zh. Zhumagali, A.S. Inchin, S.M. Trepashko. Development and testing of a stand for evaluating the energy consumption of navigation seal modules//International journal of information and communication technologies. 2025. Vol. 6. No. 23. Pp. 45–60 (In Rus.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.003>.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

НАВИГАЦИЯЛЫҚ ПЛОМБА МОДУЛЬДЕРІНІҢ ЭНЕРГИЯ ТҰТЫ- НУЫН БАҒАЛАУ ҮШІН СТЕНД ӘЗІРЛЕУ ЖӘНЕ СЫНАУ

А.З. Айтмағамбетов^{1,2}, С.Ж. Жұмағали², А.С. Инчин², С.М. Трепашко²*

¹Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, Алматы, Қазақстан;

²Ғарыштық техника және технологиялар институты.

E-mail: altayzf@mail.ru, a.aitmagambetov@iitu.edu.kz

Айтмағамбетов Алтай — жоба жетекшісі, т.ғ.к, «Радиотехника, электроника және телекоммуникациялар» кафедрасының профессоры, Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті

E-mail: altayzf@mail.ru, [tps://orcid.org/0000-0002-7808-5273](https://orcid.org/0000-0002-7808-5273);

Жұмағали Сабыржан — магистр, аға инженер, «Ғарыштық техника және технологиялар институты» ЖШС

<https://orcid.org/0009-0007-5995-4377>;

Инчин Александр — т.ғ.к, жетекші ғылыми қызметкер, «Ғарыштық техника және технологиялар институты» ЖШС

<https://orcid.org/0000-0002-4799-0828>;

Трепашко Сергей — аға ғылыми қызметкер, «Ғарыштық техника және технологиялар институты» ЖШС

<https://orcid.org/0009-0000-9463-5522>.

© А.З. Айтмағамбетов, С.Ж. Жұмағали, А.С. Инчин, С.М. Трепашко

Аннотация. Бұл мақала логистикада жүк тасымалдарын бақылау және мониторингілеу үшін қолданылатын навигациялық пломбаның модульдерінің энергия тұтынуын бағалауға арналған арнайы стендті әзірлеу және сынақтан өткізуге арналған. Зерттеудің мақсаты — түрлі жұмыс режимдерінде жекелеген

модульдердің ток пен кернеуін жоғары дәлдікпен өлшеуге мүмкіндік беретін платформа құру болды. Бұл — навигациялық пломбаның энергия тиімділігін оңтайландыру үшін маңызды кезең. Жұмыста өлшеу әдістемелері, деректерді талдау сипатталып, белсенді және энергияны үнемдеу режимдері арасындағы тұтыну айырмашылықтарын көрсететін графиктер келтірілген. Нәтижелер көрсеткендей, жұмыс режимдерін оңтайландыру, мысалы, модульдерді ұйқы режиміне ауыстыру арқылы ток тұтынуын төмендетуге болады, бұл навигациялық пломбалардың автономды жұмыс істеу уақытын едәуір арттырып, пайдалану шығындарын азайтады. Құрылғыны жасау барысында қолданылған модульдік архитектура компоненттерді оңай ауыстыру мен жаңартуға мүмкіндік береді, бұл жүк тасымалдарын бақылау жүйелерінің сенімділігі мен тұрақтылығын арттырады. Алынған деректер мен ұсынылған ұсынымдар логистикалық процестерді одан әрі оңтайландыру және заманауи көлік жүйелерінің экологиялық әсерін азайту үшін практикалық маңызға ие. Жұмыс нәтижелері модульдік навигациялық пломбаның энергия тиімділігін арттыру, экологиялық әсерді төмендету және логистикалық процестерді жетілдіру әлеуетінің жоғары екенін дәлелдейді.

Түйін сөздер: навигациялық пломба, халықаралық жүк тасымалдары, модульдік құрылым, автономды жұмыс, энергия тиімділігі, электрондық пломба, датчиктер, GPS

Дәйексөздер үшін: А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жұмағали, А.С. Инчин, С.М. Трепашко. Навигациялық пломба модульдерінің энергия тұтынуын бағалау үшін стенд әзірлеу және сынау//Халықаралық ақпараттық және коммуникалық технологиялар журналы. 2025. Т. 6. No. 23. 45–60 бет. (орыс тілінде). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.003>.

Мүдделер қақтығысы: Авторлар осы мақалада мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

РАЗРАБОТКА И ИСПЫТАНИЯ СТЕНДА ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ МОДУЛЕЙ НАВИГАЦИОННОЙ ПЛОМБЫ

А.З. Айтмагамбетов^{1,2}, С.Ж. Жумағали², А.С. Инчин², С.М. Трепашко²*

¹ Международный университет информационных технологий, Алматы, Казахстан;

² ТОО «Институт космической техники и технологий», Алматы, Казахстан.

E-mail: altayzf@mail.ru, a.aitmagambetov@iitu.edu.kz

Айтмагамбетов Алтай — к.т.н., руководитель проекта, профессор кафедры «Радиотехника, электроника и телекоммуникации», Международный университет информационных технологий

E-mail: altayzf@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7808-5273>;

Жумағали Сабыржан — магистр, главный инженер ТОО «Институт

космической техники и технологий»

<https://orcid.org/0009-0007-5995-4377>;

Инчин Александр — к.т.н., ведущий научный сотрудник, ТОО «Институт космической техники и технологий»

<https://orcid.org/0000-0002-4799-0828>;

Трепашко Сергей — старший научный сотрудник, ТОО «Институт космической техники и технологий»

<https://orcid.org/0009-0000-9463-5522>.

© А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жумагали, А.С. Инчин, С.М. Трепашко

Аннотация. Статья посвящена разработке и испытаниям специального стенда для оценки энергопотребления модулей навигационной пломбы, используемых в логистике для контроля и мониторинга грузоперевозок. Цель исследования заключалась в создании платформы, позволяющей с высокой точностью измерять ток и напряжение отдельных модулей в различных режимах работы, что является важным этапом для оптимизации энергоэффективности навигационной пломбы. В работе описаны методики измерения, анализ данных, а также построены графики, демонстрирующие различия в потреблении энергии между активным и энергосберегающим режимами. Результаты показали, что оптимизация режимов работы, например, перевод модулей в спящий режим, позволяет снизить потребление тока, что существенно увеличивает время автономной работы навигационных пломб и снижает эксплуатационные затраты. Модульная архитектура, примененная при разработке устройства, обеспечивает гибкость в замене и модернизации компонентов, способствуя повышению надежности и устойчивости систем контроля перевозок. Полученные данные и предложенные рекомендации имеют практическую значимость для дальнейшей оптимизации логистических процессов и снижения экологического воздействия современных транспортных систем. Результаты работы демонстрируют высокий потенциал модульной навигационной пломбы для повышения энергоэффективности, снижения экологического воздействия и оптимизации логистических процессов.

Ключевые слова: навигационная пломба, международные грузоперевозки, модульная конструкция, автономная работа, энергоэффективность, электронная пломба, датчики, GPS

Для цитирования: А.З. Айтмагамбетов, С.Ж. Жумагали, А.С. Инчин, С.М. Трепашко. Разработка и испытания стенда для оценки энергопотребления модулей навигационной пломбы // Международный журнал информационных и коммуникационных технологий. 2025. Т. 6. No. 23. Стр. 45–60. (На рус.). <https://doi.org/10.54309/IJICT.2025.23.3.003>.

Благодарность. Работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан в

рамках конкурса на программно-целевое финансирование по научным, научно-техническим программам на 2024–2026 годы, ИРН программы BR24992884 «Разработка опытного образца электронного идентификатора с целью дальнейшей организации их производства».

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

В эпоху глобализации и ускоренного развития технологий, особое значение приобретает сфера логистики, где безопасность и эффективность транспортировки играют особую роль. Важным элементом в этом процессе являются навигационные пломбы, которые используются для мониторинга и контроля перемещений грузов. Традиционные электронные пломбы, несмотря на свою функциональность, обладают рядом недостатков, таких как ограниченный срок службы, сложности с ремонтом и модернизацией, что приводит к необходимости их полной замены при выходе из строя даже одного компонента.

Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 4 июля 2023 г. № 75 устанавливает строгие требования к таким устройствам, что показывает стремление улучшить контроль и безопасность в области транспортировки товаров (Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 4 июля 2023 года).

Согласно данному решению, навигационные пломбы должны обеспечивать высокий уровень защиты от несанкционированного доступа, возможность длительной автономной работы и точность в передаче данных о местоположении и состоянии грузов. Особенно важными являются требования к модульности устройства, способности к работе в широком диапазоне температур и наличию энергонезависимой памяти для хранения критически важной информации.

Решением данных проблем является разработка модульной навигационной пломбы, представляющей собой передовой подход в конструкции и обслуживании подобных устройств. Модульная конструкция позволяет не только упростить процесс обслуживания, но и значительно увеличить экологическую устойчивость продукта за счет возможности замены отдельных модулей вместо утилизации всего устройства. Это, в свою очередь, способствует снижению отходов и поддержке принципов устойчивого развития.

В данной статье подробно описывается процесс разработки модульной навигационной пломбы, включая инновационные подходы к конструкции и техническим характеристикам. Особое внимание уделяется возможностям модернизации и адаптации пломбы к изменяющимся требованиям логистической индустрии. Процессорный модуль, например, содержит энергоэффективный микроконтроллер и расширенную память для хранения данных, в то время как электромеханический модуль обеспечивает надежное и безопасное крепление,

а модуль полезной нагрузки позволяет интегрировать дополнительные датчики для контроля состояния груза.

Современные исследования подтверждают актуальность внедрения интеллектуальных систем пломбирования. Так, в работе (Kim и др., 2019) представлена интеллектуальная электронная пломба, совмещающая датчики вскрытия, GPS и модуль беспроводной связи для оперативного контроля положения контейнера и фиксации попыток несанкционированного доступа. Разработка демонстрирует высокую эффективность при практическом использовании.

Развитие этой идеи можно наблюдать в (Zhang и др., 2020), где описана система мониторинга, объединяющая радиочастотную идентификацию и беспроводные сенсорные сети. Такая интеграция расширяет возможности по отслеживанию не только вскрытия, но и параметров среды таких как температура, вибраций, что особенно ценно при транспортировке чувствительных грузов.

Важность достоверности и неизменности данных подчеркивается в (Chen и др., 2021), где предложена система, использующая технологии для обеспечения прозрачности и удаленного контроля. Это решение делает возможным эффективное управление глобальными цепочками поставок и повышает доверие к логистическим операциям.

В свою очередь, статьи (Gonzalez и др., 2019: 5632–5640; Li и др., 2020) фокусируется на автономности таких систем, авторы предлагают пломбы с функцией сбора энергии из окружающей среды. Это позволяет значительно увеличить срок службы устройств, снижая эксплуатационные затраты при сохранении надежности.

С аналогичной целью в (Martinez и др., 2021: 7890–7899) исследуется использование вибрационной и солнечной энергии для питания электронных компонентов пломбы. Такой подход дает возможность отказаться от частой замены источников питания, особенно в длительных и удаленных перевозках.

Практическая устойчивость систем к внешним воздействиям рассмотрена в (Singh и др., 2019), где проведена оценка надежности интеллектуальных пломб в экстремальных условиях. Результаты подчеркивают значимость выбора устойчивых материалов и энергоэффективных решений, особенно в морских и сухопутных маршрутах с высокой нагрузкой на устройство.

В условиях, где важна простота и доступность, эффективным решением является система, представленная в (Yao и др., 2020). Недорогая GPS-пломба с базовым сенсором вскрытия обеспечивает необходимый минимум функциональности при сохранении контроля в реальном времени.

Более сложные подходы включают мультимодальные решения, как в (Alam и др., 2019: 2710–2719), где объединяются визуальные и аудиосигналы, GPS и сенсоры вскрытия. Это позволяет значительно повысить точность обнаружения нарушений и снизить число ложных срабатываний.

Наконец, обобщающим примером является система из (El-Melegy и др., 2018: 492–504), где реализован комплексный контроль целостности контейне-

ров с помощью датчиков вскрытия, температуры и вибрации, что обеспечивает всесторонний мониторинг условий транспортировки. Таким образом, развитие интеллектуальных пломб демонстрирует широкий спектр решений – от минималистичных и экономичных до высокотехнологичных и автономных систем.

Предлагаемая разработка не просто технологическое усовершенствование, но и стратегический ответ на потребности современной экономики в надежных, устойчивых и адаптируемых системах контроля за перемещением товаров. Модульная навигационная пломба демонстрирует пример, как технические новшества могут способствовать созданию более устойчивых и экономически выгодных решений в промышленности.

Исследование по разработке стенда для оценки энергопотребления модулей электронной пломбы необходимо для повышения энергоэффективности, снижения эксплуатационных расходов и минимизации экологического воздействия. Это позволит не только продлить срок службы навигационных пломб, но и сделать их использование более устойчивым и экономически выгодным.

Целью данного исследования является разработка и тестирование стенда, который позволит оценить и оптимизировать энергопотребление каждого модуля навигационной пломбы. Задачи включают разработку стенда, проведение серии испытаний и анализ полученных данных для определения наиболее энергоэффективных решений.

Материалы и методы

Объектом исследования являлись модули электронной пломбы, включая процессорный, электромеханический и модуль полезной нагрузки. Предметом исследования было изучение их энергопотребления, надежности механизмов фиксации и точности данных, передаваемых коммуникационными модулями.

Исследование проводилось с использованием специально разработанного испытательного стенда, оснащенного измерительными приборами для точной регистрации потребляемой мощности каждого модуля. Для анализа данных использовались методы математической статистики и программное обеспечение для обработки экспериментальных данных. Эксперименты включали серию тестов, каждый из которых соответствовал различным рабочим режимам пломбы: активный, ожидание и спящий режимы. Испытания проводились при различных внешних условиях, чтобы оценить влияние температуры, влажности и других факторов на энергопотребление и функциональность устройства.

Исследование было проведено в лабораторных условиях специализированного технического центра. Эксперименты проводились в контролируемой среде с соблюдением всех необходимых технических норм и стандартов безопасности. Поскольку исследование касалось только технической части и не включало в себя работу с живыми организмами, особых этических вопросов не возникло. Все процедуры проводились в строгом соответствии с корпоративными и международными стандартами качества и безопасности.

Испытательный стенд для оценки энергопотребления модулей электронной пломбы предназначен для комплексного анализа характеристик энергопотребления в различных режимах работы модулей навигационных пломб. Основная цель разработки стенда заключается в обеспечении точного контроля и мониторинга потребляемой мощности с целью оптимизации энергопотребления и повышения энергоэффективности системы в целом. Применение данного стенда позволит получить детальные данные о потреблении энергии каждым модулем в различных условиях эксплуатации, что особенно важно для систем, предназначенных для длительной автономной работы.

Результаты

Для обеспечения эффективности и надежности навигационных пломб, особенно в условиях их использования в международных логистических операциях, важно тщательно контролировать и оптимизировать их энергопотребление. С точки зрения энергоэффективности разработка и испытание стенда для оценки энергопотребления модулей электронной пломбы становятся важными задачами, которые направлены на достижение следующих целей:

1. *Повышение энергоэффективности.* Навигационные пломбы должны обеспечивать длительное время работы от одного заряда аккумулятора, особенно при использовании в условиях длительных транспортных перевозок. Стенд позволяет точно измерять потребление энергии каждым модулем пломбы, что способствует разработке более эффективных алгоритмов управления питанием.

2. *Улучшение надежности и продолжительности работы.* Тестирование модулей на стенде дает возможность определить, какие компоненты потребляют больше всего энергии и при каких условиях. Это позволяет инженерам оптимизировать конструкцию и программное обеспечение навигационных пломб для минимизации нежелательного расхода энергии и увеличения общей надежности устройств.

3. *Снижение эксплуатационных расходов.* Навигационные пломбы с более низким энергопотреблением требуют более редкую замену или перезарядку аккумуляторов, что снижает эксплуатационные расходы для пользователей. Это особенно важно для компаний, занимающихся массовыми и частыми грузоперевозками.

4. *Соответствие международным стандартам.* Многие страны и экономические блоки, такие как Евразийский экономический союз, устанавливают строгие требования к электронным устройствам, включая навигационные пломбы, в части их экологичности и энергоэффективности. Разработка стенда позволит гарантировать, что продукция будет соответствовать их требованиям, что необходимо для ведения международной торговли.

5. *Инновационные разработки.* Стенд для тестирования энергопотребления стимулирует инновации в области материаловедения, электроники и программного обеспечения, что может способствовать к разработке новых,

более продвинутых технологических решений для логистической отрасли.

Рисунок 1 демонстрирует конструкцию испытательного стенда для оценки энергопотребления модулей навигационной пломбы.

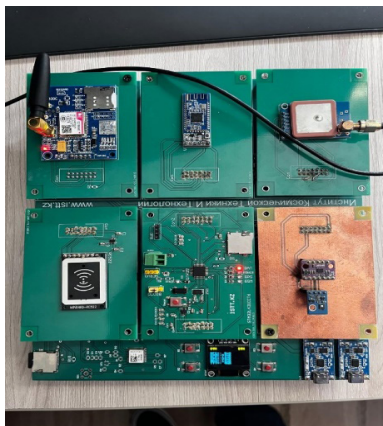


Рис. 1. Испытательный стенд для оценки энергопотребления модулей электронной

Стенд состоит из нескольких модулей, размещенных на печатной плате, соединенных между собой с использованием стандартизированных интерфейсов. Основные компоненты стенда включают: GSM-модуль SIM800C, GPS-модуль MAX M8Q, bluetooth-модуль HC-09, NFC-модуль RC522, модуль управления на основе микроконтроллера Raspberry Pi Pico, датчик температуры и влажности АНТ20, OLED-дисплей, система хранения данных на флеш-память, контроллеры и преобразователи питания.

Каждый модуль закреплен на отдельной плате, что обеспечивает удобство монтажа и замены компонентов в процессе тестирования. Модули соединены между собой с помощью унифицированных интерфейсов, что позволяет легко адаптировать конфигурацию стенда в зависимости от исследуемого объекта.

Для обеспечения надежности и гибкости работы навигационной пломбы при отслеживании и контроле грузов важна модульная архитектура, позволяющая быстро модернизировать и заменять отдельные узлы. На рисунке 2 представлена структурная схема такой навигационной пломбы, в которой четко разграничены функции электромеханического, процессорного модулей и модуля полезной нагрузки. Такое решение позволяет достичь высокого уровня энергоэффективности и надежности, а также упрощает обслуживание и ремонт устройства в полевых условиях.

Таким образом, представленная на рисунке 2 схема демонстрирует модульный подход к проектированию навигационной пломбы, позволяющий реализовать не только основные функции мониторинга и передачи данных, но и расширить возможности системы за счет дополнительных датчиков и каналов связи.

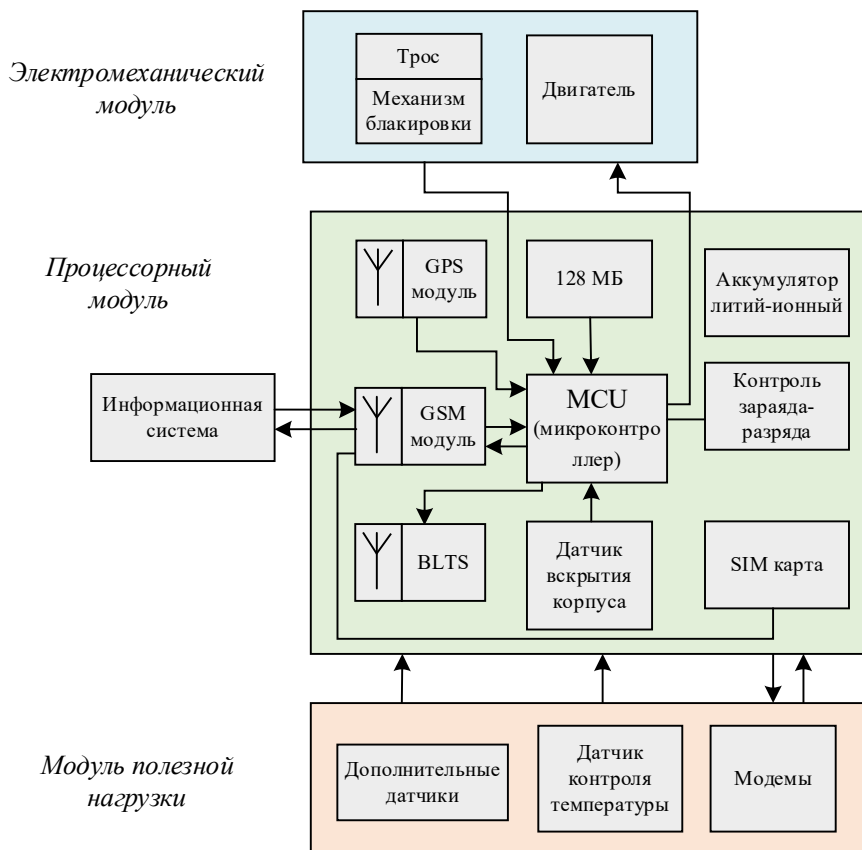


Рис. 2. Структурная схема модульной навигационной пломбы

Данная архитектура обеспечивает удобство адаптации устройства к конкретным условиям эксплуатации, а также повышает его общую устойчивость и срок службы, что особенно важно для длительных логистических операций.

При исследовании энергопотребления GSM-модулей в различных режимах работы важно выявить наиболее энергоемкие состояния и определить потенциал для снижения расхода энергии. На рисунке 3 представлен график, отражающий потребление тока модулем SIM800C при передаче данных по TCP, в режиме ожидания и в спящем режиме. Это наглядно демонстрирует, насколько значительно может меняться уровень энергопотребления в зависимости от выбранного режима функционирования модуля.

Таким образом, как видно на рисунке 3, перевод модуля из режима активной передачи данных в спящий режим позволяет существенно уменьшить расход энергии (с 200 мА до 0,5 мА), что имеет важное значение для увеличения времени автономной работы устройства. Оптимизация режимов работы GSM-модуля SIM800C дает возможность значительно повысить энергоэффективность всей системы и снизить эксплуатационные затраты, сохраняя при этом функциональность и надежность в условиях длительной эксплуатации.

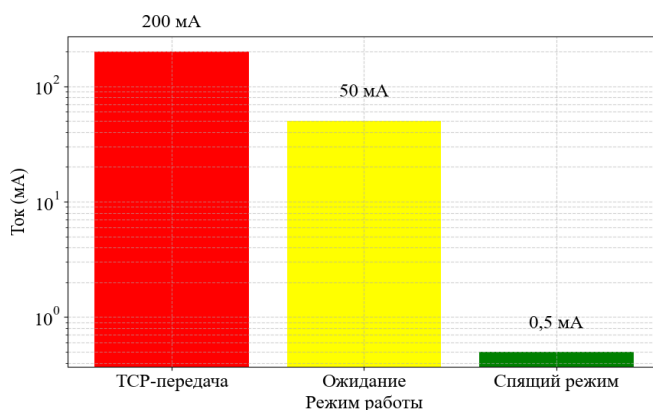


Рис. 3. График потребления тока модулем SIM800C в различных режимах работы

Для микропроцессоров, используемых в навигационных пломбах, одним из важнейших параметров является энергопотребление в различных режимах работы. На рисунке 4 представлен график, показывающий, как существенно меняется потребление тока микропроцессором при переходе из активного режима в спящий. Такие данные позволяют более точно оценить общую энергоэффективность системы и выбрать оптимальные режимы функционирования для увеличения времени автономной работы.

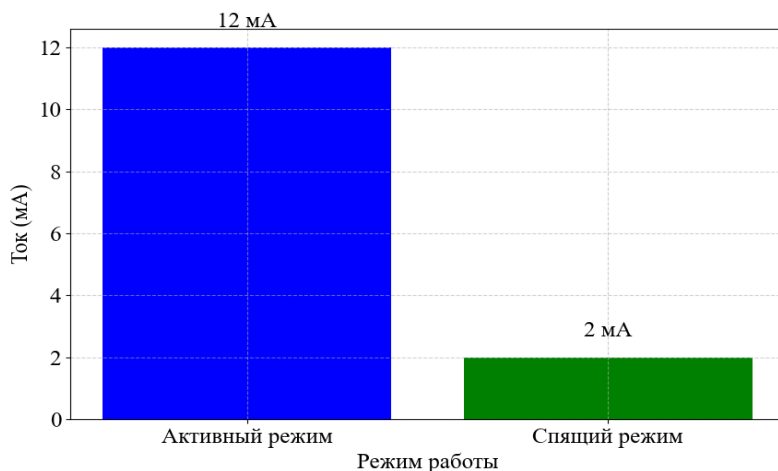


Рис. 4. Энергопотребление микропроцессора в различных режимах работы

Таким образом, согласно рисунку 4, активный режим микропроцессора требует 12 мА, в то время как спящий режим снижает потребление до 2 мА. Подобная разница свидетельствует о высокой эффективности энергосберегающих режимов и указывает на необходимость грамотного управления питанием для достижения максимальной автономности устройства.

Одним из основных компонентов навигационной пломбы является GPS-

модуль, обеспечивающий точное определение местоположения устройства. На рисунке 5 представлен график, показывающий, как значительно меняется потребление тока GPS-модулем в режиме трекинга и в спящем режиме. Анализ этих данных позволяет выявить наиболее энергоемкие сценарии работы и определить, в каких случаях переход в спящий режим оправдан для сохранения заряда батареи.

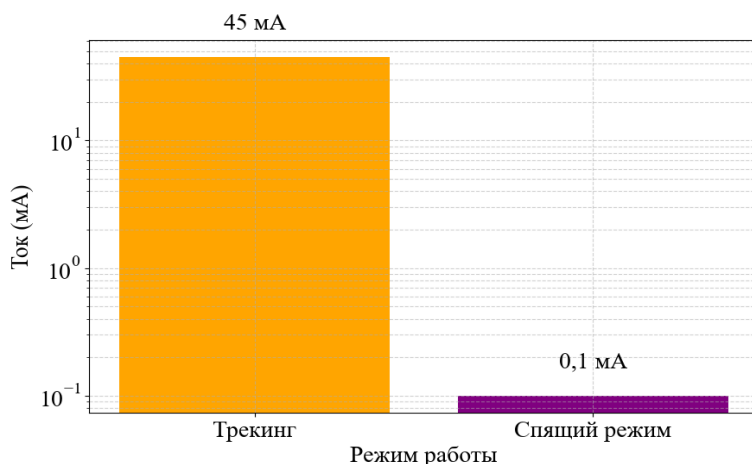


Рис. 5. График потребления тока модулем GPS MAX-8Q в различных режимах работы

Согласно приведенным на рисунке 5 данным, в режиме трекинга потребление тока GPS-модуля достигает 45 мА, в то время как в спящем режиме оно снижается до 0,1 мА. Такая разница показывает высокую эффективность использования энергосберегающего режима, что особенно важно для устройств, функционирующих в автономных условиях. Оптимизация алгоритмов переключения между режимами трекинга и сна позволяет существенно продлить время работы навигационной пломбы без необходимости замены или подзарядки аккумуляторов.

Одним из важных критериев при проектировании навигационных пломб является энергоэффективность беспроводных модулей, обеспечивающих обмен данными на коротких расстояниях. На рисунке 6 показан график, показывающий, как существенно может меняться потребление тока модулем Bluetooth HC-09 в режиме активного обмена данными и в спящем режиме. Изучение данных показателей позволяет оптимизировать алгоритмы управления питанием, чтобы продлить время автономной работы устройства.

Согласно данным, представленным на рисунке 6, при обмене данными модуль Bluetooth HC-09 потребляет 12 мА, тогда как в спящем режиме это значение снижается до 0,1 мА. Подобная разница наглядно демонстрирует эффективность использования режима сна и подчеркивает важность грамотного управления питанием для поддержания длительной автономной работы навигационной пломбы.

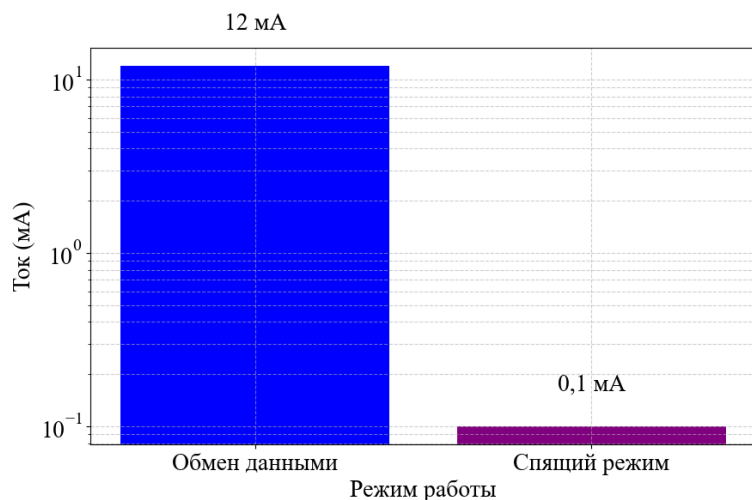


Рис. 6. График потребления тока Bluetooth HC-09 в различных режимах работы

NFC-модуль играет важную роль в обеспечении бесконтактного взаимодействия и расширенных функций контроля при эксплуатации навигационных пломб. На рисунке 7 представлен график, демонстрирующий различия в энергопотреблении модуля NFC RC522 при нормальном режиме работы и в спящем режиме. Анализ этих данных помогает понять, как оптимальное использование спящего режима может существенно сократить расход энергии и продлить срок автономной работы устройства.

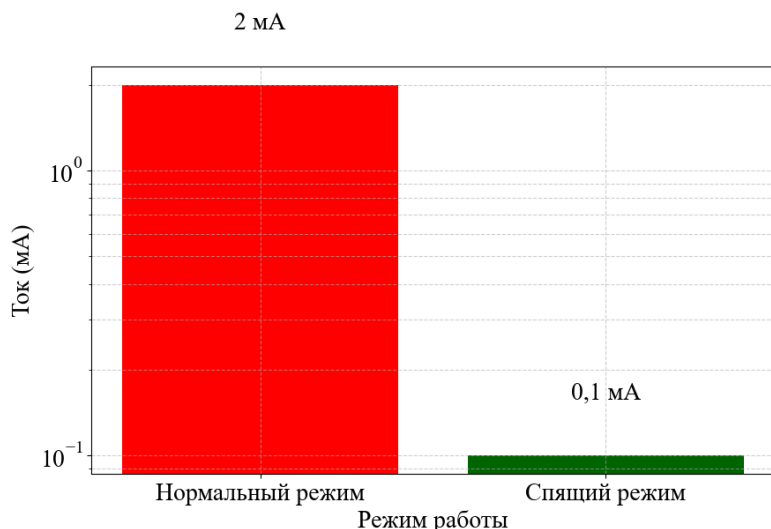


Рис. 7. График потребления тока NFC RC522 в различных режимах работы

Как следует из рисунка 7, в нормальном режиме потребление тока NFC-модуля RC522 достигает 2 мА, а в спящем режиме снижается до 0,1 мА. Такая разница наглядно показывает эффективность использования энергосберегающих

режимов и подтверждает целесообразность их применения для повышения энергоэффективности всей системы. Правильная настройка и своевременное переключение между режимами позволяют обеспечить длительную автономную работу навигационной пломбы без потери функциональности.

Датчик температуры и влажности является важным компонентом для мониторинга окружающей среды при перевозке грузов, особенно когда требуется контролировать микроклимат внутри контейнера. На рисунке 8 представлен график, показывающий различия в энергопотреблении датчика АНТ20 при проведении измерений и в режиме ожидания. Анализ этих данных позволяет оценить, насколько применение энергосберегающих режимов может продлить время автономной работы устройства.

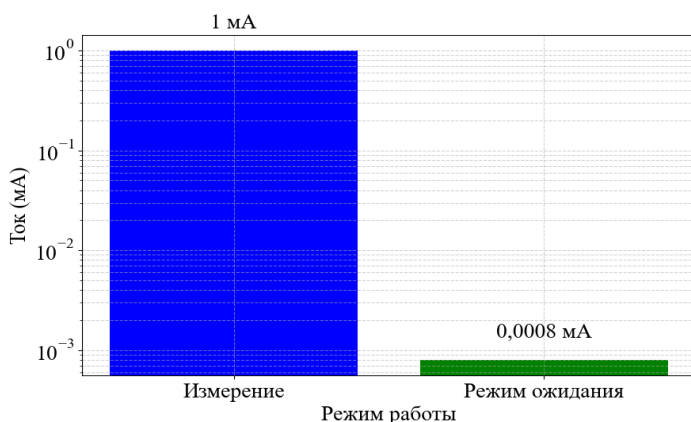


Рис. 8. График потребления тока АНТ20 в различных режимах работы

Согласно данным рисунка 8, при измерении датчик АНТ20 потребляет около 1 мА, тогда как в режиме ожидания потребление снижается до 0,0008 мА. Такое соотношение свидетельствует о высокой эффективности энергосбережения, что особенно актуально для систем, работающих от автономных источников питания. Эффективное управление режимами работы датчика позволяет достичь оптимального баланса между точностью измерений и экономией энергии, тем самым продлевая срок службы навигационной пломбы.

Представленные графики наглядно показывают, насколько значительно отличается энергопотребление различных модулей в активных и спящих режимах. В активном состоянии ток может достигать десятков или сотен миллиампер, тогда как в энергосберегающих режимах оно резко снижается. Данные результаты подтверждают важность оптимального использования режимов сна и ожидания для продления времени автономной работы электронной пломбы, особенно в условиях ограниченного доступа к источникам питания.

Обсуждение

В проведенном исследовании были получены детальные данные о потреблении энергии модулями навигационной пломбы в различных режимах

работы. Результаты демонстрируют, что переход в энергосберегающие режимы позволяет значительно снизить расход энергии, например, в случае GSM-модуля SIM800C потребляемый ток снижается с 200 мА до 0,5 мА, а у микропроцессора – с 12 мА до 2 мА. Полученные показатели подтверждают, что модульный подход к конструкции пломбы способствует не только оптимизации энергопотребления, но и упрощает обслуживание и модернизацию устройства. Среди ограничений исследования следует отметить проведение испытаний в лабораторных условиях, что может не полностью отражать реальные эксплуатационные параметры в полевых условиях. Практическая значимость полученных данных заключается в возможности внедрения оптимизированных алгоритмов управления питанием, что позволяет продлить срок автономной работы навигационных пломб и снизить эксплуатационные затраты. Перспективы дальнейших исследований направлены на разработку новых сенсоров, проведение испытаний в экстремальных условиях и внедрение технологий сбора энергии для автономного питания устройств.

Заключение

В результате проведенных испытаний на разработанном стенде были получены высокоточные данные об энергопотреблении модулей электронной пломбы в различных режимах работы. Исследование показало, что оптимизация режимов работы, включая перевод в спящий режим, позволяет существенно снизить потребление энергии. Модульный подход к конструкции навигационной пломбы обеспечивает возможность замены или модернизации отдельных компонентов без необходимости замены всего устройства, что снижает эксплуатационные расходы и повышает экологическую устойчивость. Использование испытательного стенда позволило проводить комплексный анализ работы каждого модуля, что является базой для разработки эффективных алгоритмов управления электропитанием. Практические рекомендации, вытекающие из полученных данных, включают внедрение оптимизированных алгоритмов, которые автоматически переводят модули в спящий режим в периоды низкой активности, что продлевает время автономной работы, а также разработку специализированного программного обеспечения для точного мониторинга и анализа энергопотребления, позволяющего своевременно обнаруживать отклонения и корректировать работу системы. Для дальнейшего исследования необходимо провести испытания в реальных эксплуатационных условиях для уточнения параметров и повышения надежности навигационных пломб, а также исследовать возможности энергосбора для автономного питания устройства с целью снижения зависимости от внешних источников энергии. Таким образом, результаты исследования подтверждают, что оптимизация энергопотребления навигационных пломб посредством модульного подхода и эффективного управления режимами работы является важным фактором для повышения энергоэффективности, снижения эксплуатационных затрат и обеспечения устойчивости систем контроля перевозок.

ЛИТЕРАТУРЫ

Решение Совета Евразийской экономической комиссии от 4 июля 2023 года № 75.

Alam, F., Mehmood, R., & Katib, I. (2019). Energy harvesting in smart seals for container tracking. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. — 15(5). — 2710–2719. <https://doi.org/10.1109/TII.2019.2913775>

Chen, L., Liu, J., & Zhao, Q. (2021). A blockchain-based secure electronic seal system for logistics. *Applied Sciences*. — 11(5). — 2341. <https://doi.org/10.3390/app11052341>

El-Melegy, M.T., & El-Sayed, A. (2018). Multimodal container seal monitoring. *Computers & Electrical Engineering*. — 71. — 492–504. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2018.06.005>

Gonzalez, R., Perez, M., & Sanchez, J. (2019). Enhancing container security through smart seals with energy harvesting capabilities. — *IEEE Sensors Journal*. — 19(14). — 5632–5640. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2912345>

Kim, S., Lee, J., & Park, H. (2019). Development of a smart electronic seal for container security using IoT technology. *Sensors*. — 19(12). — 2765. <https://doi.org/10.3390/s19122765>

Li, X., Sun, Y., & Wang, Z. (2020). Real-time monitoring system for container transportation based on NB-IoT. *Sensors*. — 20(8). — 2345. <https://doi.org/10.3390/s20082345>

Martinez, F., Gomez, C., & Lopez, D. (2021). Performance evaluation of smart seals in harsh environmental conditions. — *IEEE Internet of Things Journal*. — 8(10). — 7890–7899. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3069874>

Singh, A., Kumar, P., & Bhatia, R. (2019). Low-cost GPS tracking system with tamper detection for logistics applications. — *Journal of Sensors*. — 2019. — Article ID 1234567. <https://doi.org/10.1155/2019/1234567>

Yao, Q., Chen, L., & Wang, H. (2020). Real-time container integrity detection using smart seals. *Measurement*. — 166. — 108321. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108321>

Zhang, Y., Wang, X., & Li, H. (2020). Design and implementation of an intelligent container monitoring system based on RFID and WSN. — *IEEE Access*, 8. — 123456–123465.

REFERENCES

Alam, F., Mehmood, R., & Katib, I. (2019). Energy harvesting in smart seals for container tracking. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*. — 15(5). — 2710–2719. <https://doi.org/10.1109/TII.2019.2913775>

Chen, L., Liu, J., & Zhao, Q. (2021). A blockchain-based secure electronic seal system for logistics. *Applied Sciences*. — 11(5). — 2341. <https://doi.org/10.3390/app11052341>

El-Melegy, M.T., & El-Sayed, A. (2018). Multimodal container seal monitoring. *Computers & Electrical Engineering*. — 71. — 492–504. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2018.06.005>

Resheniye Soveta Evraziyskoy ekonomicheskoy komissii ot 4 iyulya 2023 goda No. 75.

Gonzalez, R., Perez, M., & Sanchez, J. (2019). Enhancing container security through smart seals with energy harvesting capabilities. — *IEEE Sensors Journal*. — 19(14). — 5632–5640. <https://doi.org/10.1109/JSEN.2019.2912345>

Kim, S., Lee, J., & Park, H. (2019). Development of a smart electronic seal for container security using IoT technology. *Sensors*. — 19(12). — 2765. <https://doi.org/10.3390/s19122765>

Li, X., Sun, Y., & Wang, Z. (2020). Real-time monitoring system for container transportation based on NB-IoT. *Sensors*. — 20(8). — 2345. <https://doi.org/10.3390/s20082345>

Martinez, F., Gomez, C., & Lopez, D. (2021). Performance evaluation of smart seals in harsh environmental conditions. — *IEEE Internet of Things Journal*. — 8(10). — 7890–7899. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2021.3069874>

Singh, A., Kumar, P., & Bhatia, R. (2019). Low-cost GPS tracking system with tamper detection for logistics applications. — *Journal of Sensors*. — 2019. — Article ID 1234567. <https://doi.org/10.1155/2019/1234567>

Yao, Q., Chen, L., & Wang, H. (2020). Real-time container integrity detection using smart seals. *Measurement*. — 166. — 108321. <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2020.108321>

Zhang, Y., Wang, X., & Li, H. (2020). Design and implementation of an intelligent container monitoring system based on RFID and WSN. — *IEEE Access*, 8. — 123456–123465.

**ХАЛЫҚАРАЛЫҚ АҚПАРАТТЫҚ ЖӘНЕ
КОММУНИКАЦИЯЛЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖУРНАЛЫ**

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЖУРНАЛ ИНФОРМАЦИОННЫХ И
КОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ**

**INTERNATIONAL JOURNAL OF INFORMATION AND
COMMUNICATION TECHNOLOGIES**

Правила оформления статьи для публикации в журнале на сайте:

<https://journal.iitu.edu.kz>

ISSN 2708–2032 (print)

ISSN 2708–2040 (online)

Собственник: АО «Международный университет
информационных технологий» (Казахстан, Алматы)

ОТВЕТСТВЕННЫЙ РЕДАКТОР

Мрзабаева Раушан Жалиқызы

НАУЧНЫЙ РЕДАКТОР

Ермакова Вера Александровна

ТЕХНИЧЕСКИЙ РЕДАКТОР

Рашидинов Дамир Рашидинович

КОМПЬЮТЕРНАЯ ВЕРСТКА

Асанова Жадыра

Подписано в печать 15.09.2025.

Формат 60x881/8. Бумага офсетная. Печать - ризограф. 9,0 п.л. Тираж 100
050040 г. Алматы, ул. Манаса 34/1, каб. 709, тел: +7 (727) 244-51-09).

Издание Международного университета информационных технологий
Издательский центр КБТУ, Алматы, ул. Толе би, 59