

ISSN 2618-7558 (pdf-version)
ISSN 2312-4997 (paper version)

АВТОМАТИКА И ПРОГРАММНАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

2022 N 4(42)

Automatics & Software Engineering. 2022. N4(42)

Оглавление

Общие сведения о журнале АиПИ	3
Common Information about the Journal A&SE	7
Канонический анализ сейсмических атрибутов в программе Statistica для оценки фильтрационно-емкостных свойств коллекторов месторождения Томской области	10
<i>М.М. Аmani¹, О.В. Стукач^{2,3}</i>	10
Математический аппарат для определения причин возможных повреждений кабельных линий	20
<i>М.В. Кравченко, Х.С. Далиев, О.Х. Кулдашов</i>	20
Оценка зоны уверенного приема в сети цифрового эфирного телевизионного вещания на примере Астраханского телецентра	24
<i>Д.Р. Аймухамедов, Д.В. Кутузов, А.В. Осовский, Н.С. Мальцева, Р.М. Бакалаева</i>	24
Эксперимент по измерению наблюдаемого темпа хода движущихся часов	41
<i>Коллектив авторов:</i>	41
Международная Сибирская конференция по управлению и связи SIBCON-2022	80
<i>О.В. Стукач</i>	80
Обзор интенсивно развивающихся исследований зарубежной фотоники и электроники	89
<i>В.А. Жмудь^{1, 2, 3}, А.В. Ляпидевский¹</i>	89
Международная конференция информационные технологии и технические средства управления (ICST-2022)	123
<i>А.В. Осовский, Н.С. Мальцева, Д.В. Кутузов</i>	123
Content	132

Общие сведения о журнале АиПИ

Главный редактор д.т.н., доцент **В.А. Жмудь**, зам. директора АО «Новосибирский институт программных систем» (НИПС), **Новосибирск, Россия**

Редакционный совет:

- Вадим Аркадьевич Жмудь** – Главный редактор, Председатель редакционного совета, зам. директора АО «Новосибирский институт программных систем» (НИПС), 360090, просп. Ак. Лаврентьева, д. 6/1, НИПС, **Новосибирск, Россия**
- Александр Валерьевич Ляпидевский** – Генеральный директор организации-учредителя – АО «Новосибирский институт программных систем» (АО «НИПС»), к.э.н., **Новосибирск, Россия**
- Уранчимэг Тудэвдагвын** – Профессор Института Энергетики, Доктор Технические наук, Член докторского диссертационного совета по информатике и связи Монголий, МГУНиТ Член высшего научного совета МГУНиТ, Член научного совета Института Энергетики, Заслуженный доктор НГТУ, **Германия, Монголия**
- Любомир Ванков Димитров** – Проректор по международным связям Технического университета Софии, доктор, профессор, Заслуженный доктор НГТУ, София (Sofia), **София, Болгария**
- Алексей Владимирович Тайченачев** – Директор ФГБУН Институт лазерной физики СО РАН, д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН, член президиума ВАК РФ, **Новосибирск, Россия**
- Эрик Хальбах** – Д.т.н., Технологический университет Тампере, Лаборатория автоматки и гидравлики, П.О. А/я 589, 33101 **Тампере, Финляндия**
- Олег Владимирович Стукач** – Д.т.н., профессор Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» и Новосибирского государственного технического университета, член IEEE, **Москва – Новосибирск – Томск, Россия**
- Наталья Сергеевна Мальцева** – К.т.н., доцент, зам. директора института Информационных технологий и коммуникаций, Астраханский государственный технический университет, **Астрахань, Россия.**
- Алексей Викторович Осовский** – К.т.н., доцент кафедры «Связь» Астраханского государственного технического университета, член IEEE, **Астрахань, Россия**

Редакционная коллегия:

- Анатолий Сергеевич Востриков** – Профессор кафедры Автоматики НГТУ, д.т.н., лауреат Премии Президента Российской Федерации в области образования, заслуженный деятель науки РФ, заслуженный профессор НГТУ, почетный профессор Шанхайского университета, почетный профессор Алтайского государственного технического университета, награжден орденом Почета, **Москва, Россия**
- Владимир Иванович Гужов** – Профессор кафедры Систем сбора и обработки данных, Новосибирский государственный технический университет, **Новосибирск, Россия**
- Сйба С. Махапатра** – Профессор кафедры Машиностроения в Национальном Институте Технологии, **Роукела (Rourkela), Индия**
- Губерт Рот** – Заведующий кафедрой Автоматизированного управления в университете Зигена, профессор, **Зиген (Siegen), Germany**
- Ю Бо** – Директор Института робототехники и Технологии автоматизации, Декан факультета Автоматики, Профессор, Харбинский университет науки и техники, **Харбин (Harbin), Китай**

- Ярослав Носек** Профессор факультета мехатроники, информатики и междисциплинарного образования Технического университета Либерец (ТУЛ) доктор, Заслуженный доктор НГТУ, **Либерец, Чехия**
- Петр Тума** Профессор факультета мехатроники, информатики и междисциплинарного образования Технического университета Либерец (ТУЛ), доктор наук, г. **Либерец, Чехия**
- Терри Шато** Заведующий кафедрой, профессор, Институт Паскаля, Университет Блез Паскаль, **Клермон-Ферран, Франция.**
- Вольфрам Хардт** Заместитель декана по международным делам, директор Университетского компьютерного центра, Профессор вычислительной техники, Хемницкий технологический университет, **Хемниц, Германия**
- Вимал Дж. Савсани** Доцент в высшем колледже электротехники и технологии им. Б.Х. Гарди, **Сурат, Индия**
- Равипуди Венката Рао** Д.т.н. (**Польша**). Профессор, факультет машиностроения, Бывший декан и руководитель Национального института технологии им. Сардара Валлабхбая (Институт национального значения правительства Индии) Иччанат, Сурат-395 007, Гуджарат, **Сурат, Индия.**
- Неъматжон Рахимович Рахимов** Профессор кафедры Разведки и разработки нефтяных и газовых месторождений филиала Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Октябрьском, д.т.н., **Уфа, Россия**
- Геннадий Павлович Цапко** Профессор Отделения автоматизации и робототехники инженерной школы информационных технологий и робототехники Томского политехнического университета (ФГАОУ ВПО НИ ТПУ), директор Научно-образовательного центра CALS-технологий, профессор, д.т.н., академик Международной академии информатизации, **Томск, Россия**
- Александр Максимович Малышенко** Профессор Отделения автоматизации и робототехники инженерной школы информационных технологий и робототехники ФГАОУ ВПО НИ ТПУ, д.т.н., академик МАН ВШ и Академии электротехнических наук РФ, **Томск, Россия**
- Вадим Яковлевич Копп** Заведующий кафедрой автоматизированных приборных систем Севастопольского национального технического университета, Заслуженный деятель науки и техники Украины, д.т.н., профессор, **Севастополь, Россия**
- Евгений Владимирович Рабинович** Профессор кафедры Вычислительной техники НГТУ, д.т.н., профессор, **Новосибирск, Россия**
- Михаил Геннадьевич Гриф** Профессор кафедры Автоматизированных систем управления НГТУ, д.т.н., профессор, **Новосибирск, Россия**
- Сергей Леонидович Миньков** Заведующий кафедрой информационного обеспечения инновационной деятельности Национального исследовательского университета «Томский государственный университет», к.ф.-м.н., ст. н. с., чл.-корр. МАИ, **Томск, Россия**
- Борис Викторович Поллер** Заведующий лабораторией Института Лазерной физики СО РАН (ИЛФ СО РАН), д.т.н., **Новосибирск, Россия**
- Татьяна Владимировна Авдеенко** Профессор кафедры Экономической информатики НГТУ, профессор, д.т.н., **Новосибирск, Россия**
- Баярын Бат-Эрдэнэ** Заместитель директора по научным исследованиям и инновациям Энергетического Института Монгольского государственного университета науки и технологии, к.т.н. асс. профессор. **Улаан-Баатор, Монголия**

Анатолий Михайлович Кориков	Зав. кафедрой автоматизированных систем управления ТУСУРа, профессор, д.т.н., акад. МАН ВШ, специалист в области системного анализа и ТАУ. Томск, Россия
Виталий Сергеевич Щербаков	Декан факультета «Нефтегазовая и строительная техника», д.т.н., профессор СибАДИ, Омск, Россия
Алексей Александрович Руппель	И.о. зав. каф. АППиЭ, к.т.н., доцент СибАДИ, Омск, Россия
Сэнгэ Самбуевич Ямпиров	Профессор каф. «Биомедицинская техника» ПАПП, д.т.н., Улан-Удэ, Россия
Владимир Иванович Гололобов	Руководитель лаборатории АО «НИПС», к.т.н., Новосибирск, Россия
Константин Витальевич Змеу	Доцент, к.т.н., Заведующий кафедрой Технологий промышленного производства, Инженерной школы Федерального дальневосточного университета, Владивосток, Россия
Алексей Дмитриевич Припадчев	Д.т.н., профессор, Заведующий кафедрой летательных аппаратов ФГБОУ ВПО «Оренбургский государственный университет», Аэрокосмический институт, Оренбург, Россия
Виктор Петрович Мельчинов	К.ф.-м.н., доцент, заведующий кафедрой радиотехники и информационных технологий Северо-восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия
Вячеслав Николаевич Федоров	К.т.н., доцент кафедры радиотехники и информационных технологий Северо-восточного федерального университета им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия
Ульяна Анатольевна Михалёва	К.т.н., заведующий кафедрой «Многоканальные телекоммуникационные системы» Технологического института ФГАОУ ВПО «Северо-Восточный Федеральный Университет им. М.К. Аммосова, Якутск, Россия
Анастасия Дмитриевна Стоцкая	К.т.н., доцент, зам. зав. кафедрой Систем автоматического управления, Санкт-Петербургский Электротехнический университет (ЭТУ ЛЭТИ), Санкт-Петербург, Россия
Анастасия Георгиевна Русина	Д.т.н., профессор кафедры Автоматизированных электроэнергетических систем Новосибирского государственного технического университета, доцент, Новосибирск, Россия
Ольга Николаевна Долинина	Д.т.н., профессор, Директор института прикладных информационных технологий (ИнПИТ) Саратовского государственного технического университета имени Гагарина Ю.А., доцент, Саратов, Россия
Михаил Витальевич Калинин	Контент-менеджер АО «НИПС», Новосибирск, Россия

УДК 681.2; 681.3; 681.5; 681.7

Научно-технический журнал «Автоматика и программная инженерия»

Название журнала на английском языке: *Automatics & Software Enginery (A&SE)*.

ISSN 2312-4997 для бумажной версии на русском языке

ISSN 2618-7558 для электронной версии на русском языке

ISSN 2619-0028 для английской электронной версии

Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-55079

Дата основания: июнь 2012 г.

Учредитель журнала:

Акционерное общество «Новосибирский институт программных систем»

Сайт организации: www.nips.ru

Журнал входит в наукометрическую базу РИНЦ (Российский индекс научного цитирования, договор № 497-08/2014 от 20.08.2014 г.).

Адрес редакции:

630090, Россия, Новосибирск, просп. Академика Лаврентьева, 6/1,

АО «НИПС», заместителю директора по науке

e-mail: oao_nips@bk.ru

web: <http://www.jurnal.nips.ru/>, E-library: https://elibrary.ru/title_profile.asp?id=51757

Перечень специальностей, по которым рекомендуется опубликование статей в данном журнале

1.2.1. Искусственный интеллект и машинное обучение (Физико-математические науки);

1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (Технические, физ.-мат. науки);

1.2.3. Теоретическая информатика, кибернетика

1.2.4. Кибербезопасность (Физ.-мат. науки)

1.3.6. Оптика (Физ.-мат. науки);

1.3.19. Лазерная физика, (Физ.-мат. науки, Технические науки).

2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации (Технические науки);

2.3.2. Вычислительные системы и их элементы (Технические науки)

2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (Технические науки)

2.3.4. Управление в организационных системах

2.3.5. Математическое и программное обеспечение вычислительных систем, комплексов и компьютерных сетей (Физ.-мат. науки);

2.3.6. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность (Технические науки);

2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования (Технические науки);

2.3.8. Информатика и информационные процессы (Технические науки);

Подписано в печать 30 декабря 2022 г.

Common Information about the Journal A&SE

Chief Editor – Professor Vadim A. Zhmud, Vice-Director of Novosibirsk Institute of Program Systems (NIPS).
Novosibirsk, Russia E-mail: oao_nips@bk.ru

Editorial Council:

Vadim A. Zhmud	Chief Editor, Vice-Director of Novosibirsk Institute of Program Systems (NIPS). Novosibirsk, Russia
Alexander V. Liapidevskiy	Director of Novosibirsk Institute of Program Systems (NIPS), Ph.D., Novosibirsk, Russia
Uranchimeg Tudevtagva	Professor of Mongolian State University of Science and Technology Honorable Doctor of NSTU. Ulaan Baator, Mongolia
Lubomir V. Dimitrov	Vice-Rector of Technical University of Sofia, Doctor, Honorable Doctor of NSTU, Professor, Sofia, Bulgaria
Aleksey V. Taichenachev	Director of Institute of Laser Physics SB RAS, Doctor of Phys. and Mathemat. Sci., Professor, Corresponding Member of Russian Academy of Sciences, Member of the Presidium of the Higher Attestation Commission, Novosibirsk, Russia
Eric Halbach	D.Sc. (Tech.), Tampere University of Technology, Laboratory of Automation and Hydraulics, P.O. Box 589, 33101 Tampere, Finland
Oleg V. Stukach	Dr. of Sci., Professor of National Research University "Higher school of Economics" and Novosibirsk State Technical University, Tomsk – Novosibirsk – Moscow, Russia
Nataliya S. Maltseva	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Deputy Director of the Institute of Information Technologies and Communications, Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia.
Alexey V. Osovsky	Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Communications Department, Astrakhan State Technical University, member of IEEE, Astrakhan, Russia

Editing Board:

Anatoly S. Vostrikov	Professor, Department of Automation in NSTU, Doctor of Technical Science, Distinguished Lecturer of Russia, Academician of Academician of the International Academy of Higher Education, Novosibirsk and Moscow, Russia
Vladimir I. Guzhov	Professor, Doctor of Technical Sciences, Department of Data Acquisition Systems in Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia
Siba S. Mahapatra	Professor in the Department of Mechanical Engineering, NIT Rourkela, India
Hubert Roth	Head of the Department of Automatic Control Engineering of University of Siegen, Professor, Germany
You Bo	Director of Institute of Robotics and Automation Technology, Dean of School of Automation, Professor, Harbin University of Science and Technology, China
Jaroslav Nosek	Professor in Technical University of Liberec, Deputy Dean of the Faculty of Mechatronics, Computer Science and Interdisciplinary Research, Honorable Doctor of NSTU. Liberec, Czech Republic
Petr Tůma	Professor at the Faculty of Mechatronics, Informatics and Interdisciplinary Education Technical University of Liberec, Doctor, Czech Republic

- Thierry Chateau** Full Professor, Université Blaise Pascal, Head of ISPR/ComSee Team, Clermont Ferrand, **France**.
- Wolfram Hardt** Vice-Dean on International Affairs, Director of University Computer Center, Professor on Technical Informatics, Technical University of Chemnitz, **Germany**
- Vimal J. Savsani** Associate Professor at B. H. Gardi college of engineering and technology, Surat, **India**
- Ravipudi Venkata Rao** B. Tech., M. Tech., Ph.D., D.Sc. (**Poland**). Professor, Department of Mechanical Engineering, Former Dean (Academics) and Head (Mech. Eng. Dept.), Sardar Vallabhbhai National Institute of Technology (SV NIT) An Institute of National Importance of Government of India}, Ichchanath, Surat-395 007, Gujarat State, **India**.
- Nematzhon R. Rakhimov** Head of the Laboratory of Optoelectronic Siberian State Geophysics Academy, Professor, Doctor of Technical Science, **Russia** and **Uzbekistan**
- Gennady P. Tsapko** Professor of the Department of Automation and Computer Systems of the National Research Tomsk Polytechnic University (TPU), Director of Research and Education Center of CALS-technologies, Professor, Doctor of Technical Sciences, Academician of the International Academy of Informatization, Tomsk, **Russia**
- Alexander M. Malishenko** Professor of the Department of Automation and Computer Systems of TPU, Doctor of Technical Sciences, Academician of the Institute of Higher School of Economics and the Academy of Electrotechnical Sciences of the Russian Federation, Tomsk, **Russia**
- Vadim Ya. Kopp** Head of the Department of Automated Instrument Systems in Sevastopol National Technical University, Honored Worker of Science and Technology, Professor, Sevastopol, **Russia** and **Ukraine**
- Eugeny V. Rabinovich** Professor, Department of Computer Science, NSTU, Doctor of Technical Science, Professor, Novosibirsk, **Russia**
- Michail G. Grif** Head of the Department of Automated Control Systems, NSTU, Doctor of Technical Science Professor, Novosibirsk, **Russia**
- Sergey L. Minkov** Head of the department of information support innovation National Research University “Tomsk State University”, PhD, Physical and Mathematical Sciences, major researcher, Corresponding Member of International Academy of Informatization, Tomsk, **Russia**
- Boris V. Poller** Head of the Laboratory of the Institute of Laser Physics SB RAS (ILP SB RAS), Doctor of Technical Science, Novosibirsk, **Russia**
- Tatiana V. Avdeenko** Head of the Department of Economic Informatics NSTU, Professor, Doctor of Technical Science, Novosibirsk, **Russia**
- Bayardin Bat-Erdene** Deputy Director of Research and Innovation Energy Institute in Mongolian State University of Science and Technology, Ph.D. ass. Professor. Ulaan Baator, **Mongolia**
- Anatoly M. Korikov** Head of the Department of Control Systems in Tomsk University of Control Systems and Radioelectronics (TUSUR). Professor, Doctor of Technical Science, Academician of International Academy of Sciences of Higher Education, expert in system analysis and automatics. Tomsk, **Russia**
- Vitaly S. Shcherbakov** Dean of the Faculty, “Oil and gas and construction equipment”, Head of Department “Automation of Production Processes and Electrical Engineering”, Doctor of Technical Sciences, Professor, Siberian State Automobile and Road Academy (SibADI), Omsk, **Russia**

- Aleksey A. Ruppel** PhD, Technical Science, Associate Professor, Siberian State Automobile and Road Academy (SibADI), Omsk, **Russia**
- Senge S. Yampilov** Professor of Department “Biomedical Engineering: Processes and Equipment for Food Production”, Doctor of Technical Sciences, Ulan-Ude, **Russia**
- Vladimir I. Gololobov** Head of Laboratory in NIPS, PhD, Novosibirsk, **Russia**
- Konstantin V. Zmeu** Associate Professor, PhD., Head of the Department of Technology of Industrial Production, the Engineering School of the Far Eastern Federal University, Vladivostok, **Russia**
- Aleksey D. Pripadchev** Professor, Doctor of Technical Sciences, Head of the Department of Flying Apparatus of Orenburg State University, Aero-Space Institute, Orenburg, **Russia**
- Victor P. Melchinov** PhD., Assistant Professor, Head of the Department of Radiotechniques and Information Technologies of North-West Federal University honored to M.K. Ammosov, Yakutsk, **Russia**
- Vyacheslav N. Fyodorov** PhD., Assistant Professor, Department of Radiotechniques and Information Technologies of North-West Federal University honored to M.K. Ammosov, Yakutsk, **Russia**
- Ulyana A. Mikhalyova** PhD., Assistant Professor, Head of the Department “Multi-Channel Telecommunication Systems” of Technology Institute of North-West Federal University honored to M.K. Ammosov, Yakutsk, **Russia**
- Anastasiya D. Stotskaya** PhD., Assistant Professor, Deputy Head of Automatic control system department, Saint-Petersburg Electrotechnical University (ETU LETI), Saint-Petersburg, **Russia**
- Anastasiya G. Rusina** Professor of the Department of Automated Electrical and Power Systems of NSRU, Doctor of Technical Sciences, Novosibirsk, **Russia**
- Olga N. Dolinina** Dr. of Techn. Sciences, Professor, vice-rector in development & digital transformation, professor of the chair "Information systems & Technologies" Ulyanovsk State Technical University, **Ulyanovsk, Russia.**
- Michail V. Kalinin** Content manager, NIPS, Novosibirsk, **Russia**

UDC 681.2; 681.3; 681.5; 681.7

Scientific and technical journal “Avtomatika i programmnaya inzheneriya”
Name of the journal in English: “Automatics & Software Engineering” (A&SE).
ISSN 2312-4997 for the paper version in Russian
ISSN 2618-7558 for the electronic version in Russian
ISSN 2619-0028 for of English online pdf-version
Registration certificate PI N ФС77-55079
Established: June 2012

Founder of the journal:

Public Joint-Stock Company “Novosibirsk Institute of Software Systems”

Organization website: www.nips.ru

The journal is included in the scientometric base of the RSCI (Russian Science Citation Index, contract No. 497-08 / 2014 of 08.20.2014).

Editorial address:

630090, Russia, Novosibirsk, ave. Academician Lavrentiev, 6/1,

NIPS PJSC, Deputy Director for Science

E-mail: oao_nips@bk.ru

Web: <http://www.jurnal.nips.ru/>

Signed to print December 30, 2022

Канонический анализ сейсмических атрибутов в программе Statistica для оценки фильтрационно-емкостных свойств коллекторов месторождения Томской области

М.М. Аmani¹, О.В. Стукач^{2,3}

¹Halliburton Ltd., г. Хьюстон, Техас, США

²Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", Москва, Россия

³Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия

Аннотация. Для решения задач количественной оценки петрофизических свойств коллекторов на определенном горизонте используются сейсмические атрибуты. Принцип применения сейсмических атрибутов для решения задач прогнозирования фильтрационно-емкостных свойств основан на поиске зависимостей между прогнозируемыми петрофизическими параметрами и сейсмическими атрибутами. Процесс статистического прогнозирования ФЕС по сейсмическим атрибутам обосновать сложно: если бы эти зависимости существовали, то взаимосвязи давно были бы доказаны с точки зрения физики и геологии. При использовании известных статистических методик прогноза, таких как регрессионный анализ, нейросетевое моделирование и тому подобное стоит помнить, что результаты прогноза корректны только в тех областях вариабельности сейсмических атрибутов, из которых была получена выборка данных. Количество потенциально возможных атрибутов для прогноза велико, но отсутствие точных критериев выбора атрибутов для различных геологических условий и регионов усложняют выбор информативных атрибутов. Для решения задач выбора информативных атрибутов все более изощренные алгоритмы заставляют применять необходимость повысить доказательность расчетов и получить хорошо интерпретируемый результат. В данной работе делается попытка выбрать наиболее информативные сейсмические атрибуты для прогноза фильтрационно-емкостных свойств в сложных геологических условиях. Рассмотрена возможность канонического анализа в программе Statistica для выбора информативных сейсмических атрибутов. В результате были определены сейсмические атрибуты, которые значимо отражают изменение фильтрационно-емкостных свойств и позволяют оценить петрофизические свойства пород.

Ключевые слова: Трещиноватый коллектор, трещинно-порово-каверновый коллектор, фильтрационно-емкостные свойства, сейсмические атрибуты, геометрические атрибуты, геостатистика, коррелированность атрибутов, регрессионный анализ, канонический анализ.

ВВЕДЕНИЕ

При прогнозировании фильтрационно-емкостных свойств (ФЕС) горных пород в нефтяной сейсморазведке широко используются сейсмические атрибуты (СА) как интегральные характеристики базовых динамических или кинематических параметров. Комплексный атрибутный анализ помогает решать принципиальные вопросы районирования и изучения физических и литологических особенностей отложений для оценки ФЕС пород-коллекторов [1–2].

Развитие трещиноватых коллекторов, сформированных вследствие активных тектонических процессов, а также наличием трещиноватости на месторождениях обуславливает различие в дебитах близкорасположенных скважин при радикальных различиях в ФЕС. Проблема прогнозирования ФЕС коллекторов нефти и газа на месторождении является **актуальной**, поскольку эти данные важны для бурения эксплуатационных скважин.

Сейчас геостатистика имеет обширный набор статистических методов и моделей для представления, обработки и интерпретации пространственно-распределенной информации [3–4]. Эффективность сейсмического атрибутного анализа сегодня не вызывает вопросов. При этом остаются слабо изученными вопросы выбора атрибутов, наиболее подходящих для изучения

трещиноватости и методик их анализа. Поэтому актуальной задачей является исследование всех возможных статистических методов с точки зрения использования их для прогнозирования ФЕС коллекторов.

Количество СА весьма велико, поэтому регрессионные или факторные модели по атрибутам зачастую не приводят к прогнозу с достаточной для практики достоверностью. Попытка включения в модель дополнительных атрибутов только ухудшает ситуацию, так как начинают нарушаться базовые принципы регрессионного анализа. Например, переменные должны быть некоррелированными, а зависимость – линейной. Но атрибуты, как правило, имеют сильную взаимную корреляцию. Большинство авторов решают вопрос о прогнозе ФЕС коллекторов через одномерную корреляционную зависимость. Для этого случая СА описывают геологическую среду и одновременно петрофизические свойства коллекторов, но линейность зависимости всегда не соблюдается. Анизотропия геологической среды, нестационарность процессов в ней, наличие трещиноватости и другие эффекты обуславливают различие в дебитах близкорасположенных скважин при отсутствии радикальных различий в ФЕС. В инженерной сейсморазведке связь атрибутов сейсмических записей с элементами геологического разреза до конца не выявлена. Поэтому важно найти такие

сейсмические атрибуты, которые при моделировании дадут высокую точность прогноза ФЕС [2, 5].

Популярностью пользуются методы регрессионного анализа атрибутов и ФЕС по скважинам. Например, в работе [6] даётся сравнение статистических методов для определения набора наиболее информативных сейсмических атрибутов для решения задачи многомерной регрессии.

При этом рассчитывается набор СА, потом строятся графики зависимости всех СА от петрофизического параметра, например, дебита. Далее выбирается СА, который обеспечивает наилучшую корреляционную связь с этим параметром, определяется регрессионное уравнение, и с помощью полученной зависимости рассчитывается дебит для всего объёма. Тут возникают вопросы, на которые у интерпретатора никогда нет ответа. Например, каково количество скважин, необходимое для анализа и каким должно быть значение коэффициента корреляции, которое считается существенным. При атрибутном анализе чаще всего анализируются усреднённые параметры пласта, т. е. фактически каждая скважина представлена всего лишь одним значением. Поэтому размер выборки нельзя считать удовлетворительным. Для слабо разбуренного участка прогноз получается весьма грубым. Кроме того, СА как правило взаимно коррелированы, то есть нарушается основное правило регрессионного анализа – требование некоррелированности независимых переменных.

По нашему мнению, выявить набор наиболее информативных СА для решения задачи многомерной регрессии можно каноническим анализом, который целесообразно выполнить в одном из широко распространённых пакетов статистического анализа [7–8].

Цель исследования: проведение канонического анализа сейсмических атрибутов на примере месторождения в Томской области для эффективного решения задач прогнозирования фильтрационно-емкостных свойств коллекторов.

1. МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом анализа выступают породы со сложным строением пустотного пространства за счёт интенсивной кавернозности и трещиноватости. Метод атрибутного анализа при прогнозе ФЕС – это анализ вариабельности в межскважинном пространстве атрибутов волнового поля и прогноз возможных свойств резервуара на основании связей, установленных между характеристиками скважин, таких как пористость, эффективная толщина, песчаность и т.д. и параметрами акустических волн – амплитудой, фазой и частотой в месте скважин по картам атрибутов при двумерном анализе и по кубам вдоль траекторий скважин. Физически основа метода заключается в связи атрибутов сейсмических волн со свойствами пород [6, 23, 24].

Атрибутный анализ сейсмической записи выполняется с целью прогноза эффективных

параметров пласта (ФЕС) по площади в межскважинном пространстве. По данным сейсморазведки вычисляется большое количество кинематических и динамических параметров (атрибутов) сейсмического волнового пакета (амплитуды, энергии, фазы, частоты и т.д. в различных окнах), далее в точках скважин устанавливается регрессионная зависимость между ФЕС пласта и значениями сейсмических атрибутов и на этой основе осуществляется прогноз ФЕС пласта в межскважинном пространстве. Количественный атрибутный анализ сейсмических данных проводился в специализированном программном комплексе Petrel (2016) компании Schlumberger. В модуле Surface attributes вдоль отражающего горизонта рассчитывались следующие статистические значения объёмных сейсмических атрибутов: Average energy, Average envelope, Average magnitude, Average negative amplitude, Average negative trough value, Average peak value between zero crossings, Average peak value, Average positive peak value, Average positive amplitude, Average trough value between zero crossings, Average trough value, Cipher Amplitude of 1st peak above, Extract value, Geometric mean, Half energy, Harmonic mean, Interval average Arithmetic, Maximum amplitude, Maximum magnitude, Mean amplitude, Median, Minimum amplitude, Most of, Number of negative zero crossings, Number of positive zero crossings, Number of zero crossings, Positive to negative ratio, RMS amplitude, Standard deviation of amplitude, Sum of amplitudes, Sum of energy, Sum of magnitudes, Sum of negative amplitudes, Sum of positive amplitudes, Threshold greater than 0, Time at maximum amplitude, Time at minimum amplitude Average.

В наших исследованиях рассчитываются следующие сейсмические атрибуты, имеющие физический смысл и предполагаемую связь с определяемыми параметрами ФЕС трещиноватых коллекторов.

Геометрические атрибуты [5, 9, 25]. Они считаются информативными для выявления трещиноватых зон, а физической основой является предположение о том, что в местах сильного изгиба пластов породы подвергаются деструкции и растяжениям с появлением зон трещиноватости. Среди геометрических атрибутов, перспективных на обнаружение латеральных неоднородностей, таких как зоны выклинивания, погребенные русла, разрывные нарушения, зоны повышенной трещиноватости в первую очередь следует назвать *когерентность, кривизну и хаос*.

Куб псевдоакустического импеданса. Согласно теории [10], параметры трещиноватости могут быть связаны с акустическим импедансом. В трещиноватых коллекторах изменяются три величины: скорость, плотность, пористость. Анализ кривых импеданса в скважинах показал, что предпосылок для прогнозирования трещиноватых интервалов в разрезе нет [11]. Интервалы коллекторов порового и трещинного типа слабо дифференцированы по значению акустического импеданса, а диапазоны их изменения перекры-

ваются. Однако энергетический вклад трещиноватых коллекторов в значение продуктивного интервала для эффективного акустического импеданса в сейсмическом масштабе может оказаться значимым [12, 26].

Затухание. Этот запатентованный сейсмический атрибут для выявления трещиноватых зон в сейсмическом кубе основан на затухании частот в окне. Затухание связано с плотностью трещин и вертикальной толщиной трещиноватой зоны. Трещины подавляют высокие частоты, таким образом, сопоставление частот выше и ниже трещиноватой зоны фиксирует локальный сдвиг по отношению к низкой частоте. Согласно теории [13, 14], поглощение высоких частот будет происходить в трещинах, наполненных газом, а низких частот – в трещинах, наполненных флюидом.

При расчёте атрибутов диапазоны выбираются по геологической информации о мощности и размерах искомого объектов. В нашем случае мощность нашего объекта варьируется от 1,5 до 6,4 метра. При такой мощности сложно определить временное окно для расчета атрибутов, поэтому вдоль отражающего горизонта P^a (подшва баженновской свиты), рассчитывались сейсмические атрибуты.

Прогноз ФЕС коллекторов нефти и газа по анализу СА – это сложный технологический процесс. Он делится на три этапа. На первом этапе извлекаются значения СА в точках скважин. На втором этапе выполняется поиск корреляционных связей между извлечёнными значениями и параметрами скважины. На третьем этапе создаются и анализируются карты с лучшими статистическими связями с искомыми геологическими параметрами. Первые два этапа являются самыми трудоёмкими, поскольку представляют собой однотипные действия. И только применительно к третьему этапу можно говорить о непосредственной интерпретации результатов методом геостатистики [15, 27].

В качестве метода разведочного анализа СА предлагается использовать канонический анализ. Этот вид статистического исследования представляет собой удачное обобщение множественной корреляции как меры зависимости между одной случайной переменной, в нашем случае какого-то петрофизического параметра и подмножеством других случайных величин, например СА [8, 27]. Канонический анализ весьма полезен, когда для двух больших подмножеств величин необходимо определить взаимную связь между ними. Имеет смысл ограничиться исследованием небольшого числа наиболее коррелированных линейных комбинаций из каждого множества [16].

Некоторую трудность представляет индивидуальный характер зависимости между конкретным атрибутом и свойством коллекторов разных месторождений. На практике атрибуты, которые дают пригодный результат на одном месторождении, могут вообще не дать результата на другом. Поэтому подбор атрибутов для анализа осуществляется методом расчёта при большом

количестве СА. Скважины, которые нарушают общую закономерность, это другой фактор, усложняющий использование атрибутного анализа. Если просто убрать эти скважины из расчёта, то есть риск потерять полезную информацию о действительном изменении свойств среды. Но если включить эти скважины в расчёт, уменьшается коэффициент корреляции, и может измениться форма зависимости. Любые операции с данными, в том числе их отсеивание или введение в расчёт, требуют предметного обоснования. Поэтому уже подготовка данных требует серьёзного внимания со стороны интерпретатора.

2. ПРИМЕР ПРИМЕНЕНИЯ КАНОНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА СЕЙСМИЧЕСКИХ АТРИБУТОВ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ТОМСКОЙ ОБЛАСТИ

Краткая сейсмогеологическая характеристика

Территория месторождения по географическому положению расположена в юго-восточной части Западно-Сибирской низменности и представляет собой плоскую, заболоченную, террасированную аккумулятивную равнину, современные формы рельефа на которой образовались в результате экзогенных процессов и проявления новейших тектонических эпигенетических движений. В геологическом строении района работ принимают участие образования палеозойского складчатого фундамента и осадочные отложения мезо-кайнозойского платформенного чехла.

Согласно «Тектонической карте фундамента Западно-Сибирской плиты» (В.С. Сурков, О.Г. Жеро, 1981), район исследования расположен в зоне сочленения северо-западных частей Айгольского синклиория и Назино-Сенькинского антиклиория. Считается, что в строении района участвуют два формационных структурных комплекса: собственно грабеновый, почти полностью образованный вулканогенно-осадочными породами, и рифтовый из базитовых интрузивных образований. Фундамент охвачен сетью грабен-рифтов, протягивающихся с северо-востока на юго-запад. Для мезозойско-кайнозойской структуры свойственна высокая степень унаследованности от рельефа эрозионно-тектонической поверхности фундамента. Осложняющие синклиории ядра, сложенного интенсивно метаморфизованными, дислоцированными складчатыми салаирскими и каледонскими комплексами, образуют средне-верхнедевонские карбонатно-терригенные толщи. С северо-запада Назино-Сенькинский антиклиорий и Айгольский синклиорий ограничены Колтогорско-Уренгойским грабен-рифтом. На юго-востоке их отсекает Усть-Тымский грабен-рифт.

Нефтяная и газовая перспективность района связана с породами широкого стратиграфического диапазона, включающего в себя верхнюю часть палеозойского фундамента и зону контакта отложений осадочного чехла с доюрскими образованиями (НГТЗК), нижнесреднеюрские

отложения тюменской свиты, верхнеюрские отложения васюганской свиты, меловые отложения.

Предварительная обработка данных

Как правило, за счёт интенсивной каверзности и трещиноватости из пород коллекторов со сложным строением пустотного пространства извлекается довольно большой набор СА. В нашем случае в результате работы в программном комплексе Petrel компании Schlumberger имеется 130 атрибутов. В модуле Volumes attributes был рассчитаны следующие сейсмические атрибуты V_i : coherency (VAR), attenuation (ATT), chaos, curvature dip (DIP), relative acoustic impedance (RAI), sweetness (SWETT). На первом этапе для выявления переменных, в наибольшей степени влияющих на ФЕС, проводится корреляционный анализ, и рассчитываются коэффициенты корреляции. Здесь

V_i – СА, полученные в результате предшествующего атрибутного анализа, H_{eff} – эффективная толщина нефтенасыщенности, H_{ob} – общая толщина коллектора, K_p – средней коэффициент пористости, Deb – дебит. Расчёты выполнены в программе Statistica 8.0 [8, 17].

В силу ограниченной разрешающей способности сейсморазведки СА всегда носят некую интегральную оценку и характеризуют определённый интерференционный объём пород со средними эффективными характеристиками. Корреляционный анализ (Рис. 1) позволяет сразу исключить из набора СА с коэффициентом корреляции, близким к ± 1 , что важно для последующей обработки. Мы убираем атрибуты, для которых коэффициент корреляции изменяется в диапазоне $\pm[0,9; 1]$, так как СА рассчитываются с допустимой ошибкой.

Variable	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18	V19
V1	1,00	-0,23	0,42	-0,32	-0,34	0,89	-0,20	0,30	0,38	0,14	-0,44	1,0	-0,18	0,36	0,5	-0,36	-0,40	1,0	-0,4
V2	-0,23	1,00	0,45	-0,28	0,52	-0,35	0,96	0,57	-0,56	-0,67	0,57	-0,3	0,97	0,48	-0,4	-0,35	0,54	0,3	-0,4
V3	0,42	0,45	1,00	-0,48	-0,06	0,27	0,48	0,87	-0,17	-0,32	-0,06	0,4	0,57	0,97	0,0	-0,58	-0,07	-0,4	-0,6
V4	-0,32	-0,28	-0,48	1,00	-0,00	-0,00	-0,34	-0,57	0,19	0,39	0,16	-0,3	-0,37	-0,57	-0,2	0,97	0,18	0,3	0,3
V5	-0,34	0,52	-0,06	-0,00	1,00	-0,47	0,59	-0,03	-0,57	-0,57	0,94	-0,4	0,53	-0,04	-0,6	0,02	0,93	0,4	-0,1
V6	0,89	-0,35	0,27	-0,00	-0,47	1,00	-0,34	0,14	0,50	0,32	-0,49	0,3	-0,32	0,17	0,5	-0,07	-0,48	-0,9	-0,3
V7	-0,20	0,96	0,48	-0,34	0,59	-0,34	1,00	0,61	-0,70	-0,80	0,61	-0,2	0,98	0,53	-0,5	-0,39	0,58	0,2	-0,4
V8	0,30	0,57	0,87	-0,57	-0,03	0,14	0,61	1,00	-0,27	-0,44	-0,06	0,3	0,66	0,93	-0,0	-0,67	-0,08	-0,3	-0,6
V9	0,38	-0,56	-0,17	0,19	-0,57	0,50	-0,70	-0,27	1,00	0,94	-0,65	0,4	-0,65	-0,27	0,3	0,19	-0,62	-0,4	0,2
V10	0,14	-0,67	-0,32	0,39	-0,57	0,32	-0,80	-0,44	0,94	1,00	-0,60	0,2	-0,75	-0,41	0,8	0,39	-0,58	-0,2	0,4
V11	-0,44	0,57	-0,06	0,16	0,94	-0,49	0,61	-0,06	-0,65	-0,60	1,00	-0,5	0,55	-0,06	-0,7	0,18	0,99	0,5	-0,11
V12	0,99	-0,26	0,39	-0,31	-0,44	0,90	-0,24	0,31	0,40	0,16	-0,51	1,0	-0,22	0,34	0,5	-0,36	-0,48	1,0	-0,3
V13	-0,18	0,97	0,57	-0,37	0,53	-0,32	0,98	0,66	-0,65	-0,75	0,55	-0,2	1,00	0,61	-0,5	-0,44	0,52	0,2	-0,5

Рис. 1. Корреляционный анализ сейсмических атрибутов (часть таблицы результатов)

Из-за того, что коэффициенты корреляции близки по значению, и наличествует много ложных корреляций, зачастую данная методика не позволяет выявить подмножество значимых переменных. Кроме того, есть много слабо коррелированных СА, хотя эти корреляции значимы. Поэтому для выявления множеств переменных, существенно влияющих на зависимую переменную, нами проводился факторный анализ методом главных компонент в пакете Statistica, который на основе реальных отношений переменных позволил выявить обобщенную структуру данных. Метод позволяет отслеживать значимость корреляционных связей между отдельными параметрами, а также между параметрами и общими факторами [17].

Рис. 2 представляет собой график факторных нагрузок, который показывает объединение переменных по факторам с наибольшими коэффициентами корреляции. Большинство СА на графике довольно далеко отстоит от петрофизических параметров, и их нельзя считать сильно влияющими на ФЕС. Такую ситуацию можно объяснить тем, что исследуются коллекторы различного типа – трещинно-каверново-поровые, каверново-поровые песчаники и др. Толщина поропластов варьируется в пределах 0,4–4,8 м, и

разрешающая способность сейсморазведки не позволяет выделить такие объекты. Для таких маломощных пластов трещиноватых коллекторов критерии выделения атрибутов зачастую неустойчивы.

Тем не менее, из данных можно убрать бесперспективные с точки зрения влияния на петрофизические параметры СА и выявить ряд атрибутов, имеющих сильную взаимную корреляцию с петрофизическими параметрами: V1 (Average energy_ATT); V2 (Average energy_CHAOS); V3 (Average energy_DIP); V4 (Average energy_SWEET); V5 (Average energy_VAR); V6 (Average envelope_ATT); V8 (Average envelope_DIP); V9 (Average envelope_RAI); V19 (Average negative amplitude_DIP); V21 (Average negative amplitude_SWEET); V23 (Average positive amplitude_DIP); V26 (Extract value_DIP); V33 (Geometric mean_DIP); V34 (Geometric mean_SWEET); V48 (Maximum amplitude_ATT); V49 (Maximum amplitude_CHAOS); V50 (Maximum amplitude_DIP); V51 (Maximum amplitude_RAI); V52 (Maximum amplitude_SWEET); V53 (Maximum amplitude_VAR); V72 (Minimum amplitude_ATT); V73 (Minimum amplitude_CHAOS); V74 (Minimum amplitude_DIP); V77 (Minimum amplitude_VAR).

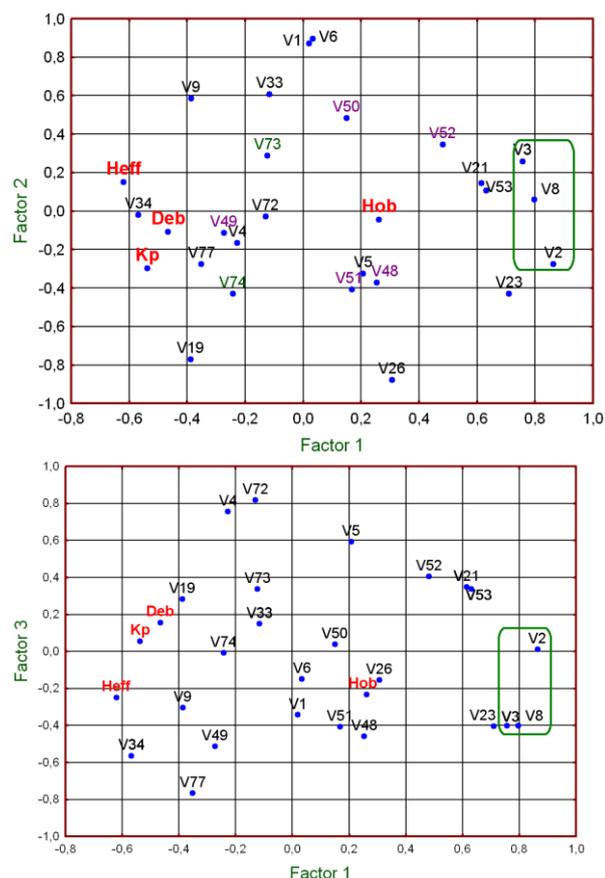


Рис. 2. Графики факторных нагрузок

Факторный анализ показывает существование трёх факторов, которые могут обеспечить вариацию около 70 % исходных переменных (Табл. 1). Цветом выделены значимые нагрузки.

В первый фактор входят атрибуты V2 (Average energy_CHAOS); V3 (Average energy_DIP); V8 (Average envelope_DIP); V21 (Average negative amplitude_SWEET); V23 (Average positive amplitude_DIP); V53 (Maximum amplitude_VAR); во второй фактор – V1 (Average energy_ATT); V6 (Average envelope_ATT); V9 (Average envelope_RAI); V19 (Average negative amplitude_DIP); V26 (Extract value_DIP); V33 (Geometric mean_DIP); в третий – V4 (Average energy_SWEET); V72 (Minimum amplitude_ATT); V77 (Minimum amplitude_VAR); V5 (Average energy_VAR). Две группы атрибутов V48 (Maximum amplitude_ATT); V49 (Maximum amplitude_CHAOS); V50 (Maximum amplitude_DIP); V51 (Maximum amplitude_RAI); V52 (Maximum amplitude_SWEET) (фиолетовые на графике факторных нагрузок), V73 (Minimum amplitude_CHAOS) и V74 (Minimum amplitude_DIP), незначимо входят во все факторы. Статистически значимая связь между этими СА и петрофизическими параметрами ничтожно мала, и эти переменные учитывать в дальнейшем анализе нецелесообразно.

Таблица 1. Факторные нагрузки (метод главных компонент)

	Фактор1	Фактор2	Фактор3
Hob	0,26151	-0,04559	-0,23327
Heff	-0,62014	0,151026	-0,24875
Kp	-0,53658	-0,29861	0,055172
Deb	-0,46568	-0,10882	0,154847
V1	0,019651	0,869938	-0,34322
V2	0,864171	-0,27638	0,012053
V3	0,75702	0,258915	-0,40158
V4	-0,22691	-0,16674	0,75695
V5	0,207325	-0,32647	0,594062
V6	0,03352	0,896742	-0,14909
V8	0,79736	0,060563	-0,40279
V9	-0,38633	0,583905	-0,30442
V19	-0,38857	-0,77074	0,284041
V21	0,614674	0,145521	0,348604
V23	0,710554	-0,43136	-0,40362
V26	0,306202	-0,87837	-0,15399
V33	-0,11563	0,606706	0,148711
V34	-0,56756	-0,02011	-0,56344
V48	0,253705	-0,37321	-0,45857
V49	-0,27345	-0,11432	-0,51283
V50	0,149805	0,484091	0,03888
V51	0,167996	-0,40696	-0,40714
V52	0,481676	0,344484	0,405397
V53	0,630689	0,105101	0,338652
V72	-0,12958	-0,02715	0,819476
V73	-0,12306	0,287904	0,337713
V74	-0,24282	-0,43064	-0,00724
V77	-0,35147	-0,27649	-0,76598
Expl.Var	5,655582	5,278117	4,645904
Prp.Totl	0,201985	0,188504	0,165925

Примечание: отмечены значимые нагрузки с корреляцией больше 0,7

Для нашего примера по предметному смыслу СА, которые значимо входят в каждый из факторов, можно сказать, что они в большей степени состоят из геометрических атрибутов. Геометрические атрибуты дают количественные результаты, которые могут быть использованы для прогнозирования плотности трещин и также могут быть использованы в анализе геологического риска. Если учитывать неравномерность распределения скважин по площади и статистический характер атрибутного анализа, полученный анализ следует отнести к допустимому с повышенным риском.

Проведение канонического анализа

После сокращения набора СА можно воспользоваться модулем «Canonical analysis» пакета Statistica. Общая идея канонического анализа в нашем случае состоит в наличии стохастической взаимосвязи между линейными комбинациями ФЕС и СА. Учитывая, что СА и параметры ФЕС измеряются в одной и той же области, мы можем

предположить, что их изменения, такие как свойства изменчивости среды, практически одинаковы или подобны. Далее, после получения так называемого уравнения модели канонической корреляции необходимо определить весовые коэффициенты для двух подмножеств переменных.

Результат анализа для данных с рассматриваемого месторождения завершился с сильной канонической корреляцией $R=0,87$, при этом вариация атрибутов V2, V3, V4, V6, V8 и V26 объясняет 83,4 % изменчивости петрофизических параметров (Табл. 2). При подборе весов исходим из условия наибольшей коррелированности двух множеств СА и петрофизических параметров, так как слабо коррелированные друг с другом взвешенные суммы не представляют никакого интереса для геофизиков.

Значение Total redundancy показывает, насколько изменчивость петрофизических параметров (37,59 %) объясняется вариабельностью СА (29,35 %). Видно, что атрибутный анализ учитывает только около половины изменчивости переменных, что неизбежно скажется на точности прогноза.

Таблица 2. Результат канонического анализа

Канонич. R: 87034 $Chi(24) = 14521$ $p=0,93396$		
	Левый набор переменных	Правый набор переменных
Количество переменных	4	6
Извлеченная дисперсия	100,00%	83,37%
Общая избыточность	37,59%	29,35%
	Hob	V2
	Heff	V3
	Kp	V4
	Deb	V6
		V8
		V26

В Табл. 3 приведены коэффициенты корреляции СА и петрофизических параметров. Разделить СА по степени влияния на петрофизические параметры оказалось невозможно.

Таблица 3. Корреляции сейсмических атрибутов и петрофизических параметров

	Hob	Heff	Kp	Deb
V2	0,33933	-0,51181	-0,18181	-0,2480
V3	0,08876	-0,1284	-0,24120	-0,3720
V4	-0,3449	-0,13676	0,16979	0,26188
V6	0,24352	0,06647	-0,38388	-0,0842
V8	0,18522	-0,2613	-0,17710	-0,3797
V26	0,16633	-0,38165	0,08646	-0,1293

Представляет интерес расчёт канонических весовых коэффициентов для СА и петрофизических параметров (Табл. 4 и 5). Канонические коэффициенты дают возможность оценить, как определённые переменные каждого подмножества

СА влияют на каноническую переменную, то есть взвешенную сумму.

Таблица 4. Канонические веса для петрофизических параметров, левый набор переменных

	Корень 1	Корень 2	Корень 3	Корень 4
Hob	0,06093	0,79969	0,40361	-0,6881
Heff	-1,2536	0,115839	0,21299	-0,2192
Kp	0,98067	-0,67442	0,58131	-0,8318
Deb	-0,1972	0,571867	-1,1311	-0,1873

Таблица 5. Канонические веса для сейсмических атрибутов, правый набор переменных

	Корень 1	Корень 2	Корень 3	Корень 4
V2	0,24834	1,03591	-0,35949	-0,065
V3	-1,4398	-0,037	0,173902	1,42472
V4	0,78897	-0,3669	-0,59866	0,66544
V6	0,3653	1,28371	-0,21003	0,48861
V8	1,65096	-1,2577	0,547257	-0,612
V26	0,48986	0,66329	0,214612	0,35036

Чем больше абсолютное значение весового коэффициента, тем больше вклад соответствующего атрибута в значение канонической переменной [8, 18]. Для интерпретации канонических корней СА оцениваем простые корреляции между каноническими переменными и из каждым подмножеством СА и петрофизических параметров [19]. Эти корреляции считают каноническими факторами нагрузок. При описании значений ФЕС и СА следует исходить из значения этих сильно коррелированных переменных, так как СА, тесно связанные с канонической переменной, имеют много общего с ней. Способ интерпретации канонических переменных аналогичен методу, используемому в факторном анализе. В нашем случае наиболее сильное влияние на канонические переменные оказывают СА V2, V3 и V8, причём атрибут V8 сильно коррелирован со всеми каноническими корнями. Это даёт основание считать, что прогноз ФЕС можно сделать, исследуя только эти атрибуты.

Коэффициенты соответствуют корреляционным зависимостям между взвешенными суммами по двум подмножествам СА и петрофизических параметров. Можно сделать вывод о доле объясненной дисперсии, учитывая нагрузки на канонические факторы (см. Табл. 6, 7), хотя они дают только косвенную информацию о том, какую часть изменчивости каждый канонический корень объясняет в подмножествах СА и петрофизических параметров.

Таблица 6. Нагрузки на канонические факторы фильтрационно-емкостных свойств, левый набор переменных

	Корень 1	Корень 2	Корень 3	Корень 4
Hob	0,18480	0,863435	0,43395	-0,1789
Heff	-0,7402	-0,40849	0,01091	-0,5339
Kp	0,05266	-0,59035	-0,1776	-0,7856
Deb	-0,0464	-0,07222	-0,8185	-0,5681

Таблица 7. Нагрузки на канонические факторы сейсмических атрибутов, правый набор переменных

	Корень 1	Корень 2	Корень 3	Корень 4
V2	0,61226	0,25054	0,47404	0,22416
V3	0,00359	0,00789	0,67553	0,69646
V4	0,30484	-0,3328	-0,8549	0,22537
V6	-0,4922	0,53676	-0,0361	0,4488
V8	0,27581	0,02619	0,80790	0,43501
V26	0,68806	-0,0564	0,42618	-0,2303

Долю дисперсии, принадлежащей каждой переменной СА и петрофизическим параметрам, будут отражать возводимые в квадрат корреляции. Нужно рассчитать среднюю дисперсию от каждого корня. Результатом является средняя изменчивость, объясненная на основе соответствующей канонической переменной [20]. Нагрузки канонических факторов представлены в Табл. 8, 9. Это корреляции переменных из множества данных и соответствующих канонических переменных, и их имеет смысл объяснить так же, как и в факторном анализе.

Таблица 8. Извлечённая дисперсия для канонических переменных ФЕС

	Извлеч. дисперсия	Избыточность
Корень 1	0,146756	0,111167
Корень 2	0,316528	0,18755
Корень 3	0,222455	0,040713
Корень 4	0,31426	0,0365

Таблица 9. Извлечённая дисперсия для канонических переменных сейсмических атрибутов

	Извлеч. дисперсия	Избыточность
Корень 1	0,209917	0,159011
Корень 2	0,07759	0,045973
Корень 3	0,374578	0,068554
Корень 4	0,171626	0,019934

В этих таблицах коэффициенты избыточности для конкретного корня можно интерпретировать как среднюю долю дисперсии, объясняемую в переменных соответствующего множества, исходя из значения корня, при заданных значениях переменных другого множества [8]. Избыточность можно суммировать только по значимым корням. Так как извлекаемые канонические корни взаимно не коррелированы между собой, получим общую избыточность. Для нашего примера значимыми будут только два первых корня, поскольку

коэффициенты избыточности там существенно выше. Возвращаясь к Табл. 5, делаем вывод о том, что переменные V2 (Average energy_СНАОС), V3 (Average energy_DIP) и V8 (Average envelope_DIP), входящие в первые два корня, объясняют большую часть изменчивости ФЕС.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В инженерной сейсморазведке до конца не выявлена связь атрибутов сейсмических записей с элементами геологического разреза, то есть возможности применения СА для прогноза ФЕС. Поэтому важно найти такие СА, которые при моделировании дадут высокую точность прогноза ФЕС.

Полученный результат представляется субъективным, поскольку не гарантирует, что выбранные сейсмические атрибуты обеспечивают для конкретного случая наибольшую статистическую связь и, соответственно, наиболее достижимую точность геологического прогноза [21]. На самом деле процесс статистического прогнозирования ФЕС по СА обосновать сложно: если эти зависимости существуют, то взаимосвязи давно были бы доказаны с точки зрения физики и геологии.

Из Табл. 1 также следует, что все три переменные входят в первый фактор, а из графика факторных нагрузок (Рис. 1) видно, что для атрибутивного анализа важен не выбор отдельных СА, а их совместная изменчивость и взаимное влияние на петрофизические параметры. В результате факторного и канонического анализа показано, что вариабельность СА объясняет не более половины изменчивости ФЕС, поэтому для повышения точности прогноза петрофизических параметров следует вернуться к полным данным по волновым функциям. Разрабатываемые методы анализа больших данных дают такую возможность в современных условиях.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование развивает методы геостатистики в области оценки ФЕС коллекторов месторождений по данным сейсморазведки. Результаты анализа сейсмических атрибутов позволяют дать подробную оценку характеристик резервуара, поэтому он очень важен при проведении поисковых и разведочных работ. В статье предложено сочетание альтернативных подходов к прогнозу фильтрационно-емкостных свойств коллекторов по данным сейсморазведки. Это прямой прогноз по физическим параметрам среды, восстановленным из данных сейсмоки. Также это методы, использующие аппарат атрибутивного анализа для поиска взаимосвязей между свойствами и сейсмическими атрибутами.

При наличии очень сильных корреляций между данными даже весьма малые объёмы выборки в ряде случаев позволяют обнаружить значимые сейсмические атрибуты, существенно отражающих

влияние петрофизических параметров и объясняющие большую часть вариабельности в данных [22]. Для наших исследований базовой информацией послужили значения фильтрационно-емкостных свойств коллекторов трещиноватого типа по двадцати скважинам. Чтобы получить интерпретацию только наиболее значимого корня и получить оценку факторов, необходимо использовать существенно больше наблюдений, чем переменных. Соответственно для двух канонических корней для получения достоверных оценок необходимо использовать как минимум в пятьдесят раз больше наблюдений, чем число исследуемых переменных.

В ходе работы был выполнен канонический анализ по данным фильтрационно-емкостных свойств и сейсмических атрибутов, а также была определена степень влияния фильтрационно-емкостных свойств на сейсмические атрибуты. Полученные данные важны для адекватного построения трехмерной геологической модели, то есть при определении тренда для стохастического моделирования, и для качественного информационного обеспечения принятия решения о расположении точек бурения новых скважин.

В работе предложена методика отбора сейсмических атрибутов, наиболее важных для изучения мест с нарушенными прочностными и деформационными свойствами пород для месторождения в Томской области и определены эти атрибуты. Для решения инженерно-геологических задач обоснованное в результате канонического анализа использование сейсмических атрибутов открывает возможности получения более достоверных сведений о геологической среде.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено при финансовой поддержке РНФ в рамках научного проекта № 22-29-00024.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Chen S., Li X.-Y., Chapman M., Wu X. The application of quantitative gas saturation estimation based on the seismic wave dispersion inversion // *Journal of Applied Geophysics*. – 2015. – Т. 120. – С. 81–95.
- [2] Li C., Gou L., You J. Numerical simulation of bubble plumes and an analysis of their seismic attributes. // *Journal of Ocean University of China*. – 2017. – Т. 16. – № 2. – С. 223–232.
- [3] Zhang J., Wu S., Lin P., Jiang S., Fan T., Fan H. New method for reservoir petrophysical modeling of submarine fan channels: a case from oilfield a in West Africa // *Oil and Gas Geology*. – 2017. – Т. 38. – № 2. – С. 407–418.
- [4] Yang J., Yan J. Reservoir characterization with fluid mobility attribute provided by geoeast // *Shiyou Diqu Wuli Kantan*. – 2014. – Т. 49. – № SUPPL.1. – С. 216–220.
- [5] Ромашев Е.А. Геометрические атрибуты геологических структур и их связь с трещиноватостью / *Международная научно-практическая конференция молодых исследователей им. Д.И. Менделеева. Тюменский индустриальный университет*. – 2016. – С. 215–217.
- [6] Лаврик С.А., Логинов Д.В. Применение статистических методов для определения информативного набора сейсмических атрибутов / 10th EAGE science and applied research conference on oil and gas geological exploration and development. – Geomodel. – Геленджик, Россия, 21–26 сентября 2008.
- [7] Ouarda T.B.M.J., Ba K.M., Diaz-Delgado C., Carsteanu A., Chokmani K., Gingras H., Quentin E., Trujillo E., Bobe B. Intercomparison of regional flood frequency estimation methods at ungauged sites for a Mexican case study // *Journal of Hydrology*. – 2008. – V. 348. – P. 40–58.
- [8] Халафян А.А. *Statistica 6. Статистический анализ данных*. – М: Бином-Пресс, – 2007. – 512 С.
- [9] Хромова И.Ю. Практическое сравнение методик прогноза трещиноватости по сейсмическим данным // *Технологии сейсморазведки*. – 2010. – № 2. – С. 62–69.
- [10] Лебедев М.В., Соколовская О.А., Яневиц Р.Б. Методика и результаты прогноза коллекторов в коре выветривания северо-варьганского месторождения // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений*. – 2014. – № 3. – С. 4–12.
- [11] Екименко А.В. Прогнозирование коллекторских свойств с использованием куба акустического импеданса // *Записки Горного института*. – 2009. – Т. 183. – С. 235–237.
- [12] Saussus D., Sams M. Facies as the key to using seismic inversion for modelling reservoir properties // *First Break*. – 2012. – Т. 30. – № 7. – С. 45–52.
- [13] Ilyas Juzer Najmuddin Austin chalk fracture mapping using frequency data derived from seismic data / *Dissertation PhD thesis*. – Texas. – A&M University. – May 2003. – P. 69.
- [14] Method and system, and program storage device for analyzing compressional 2D seismic data to identify zones of open natural fractures within rock formations: U.S. Patent. – US 6941228 B2. – Sep. 6, 2005. – P. 27.
- [15] Кобрунов А.И., Ломинский Д.О. Прогнозирование фильтрационно-емкостных параметров нефтегазовых коллекторов с применением теории нечеткого логического вывода // *Успехи современного естествознания*. – 2018. – № 2. – С. 99–105.
- [16] Gumiaux C., Gapais D., Brun J.P. Geostatistics applied to best-fit interpolation of orientation data // *Tectonophysics*. – 2003. – Т. 376. – № 3–4. – С. 241–259.
- [17] Стукач О.В. Программный комплекс Statistica в решении задач управления качеством. – Томск. – Томский политехнический университет. – 2011. – С.163.
- [18] Гриднева А.Е. Анализ канонической корреляции как вероятностный метод в обработке информации / *Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям*. – 2016. – Т 1. – С. 102–105.
- [19] Резников М.Б., Федосенко Ю.С. Каноническая задача диспетчеризации: анализ масштабируемости решающего алгоритма при реализации на GPU / *Проблемы теоретической кибернетики. XVIII международная конференция*. Пенза, 19–23 июня 2017. – Под ред. Ю.И. Журавлева. – М.: МАКС Пресс, 2017. – 274 с.
- [20] Агарагимов М.Р., Атагишиева Г.С. Канонические корреляции: реализация в MS EXCEL / В сб. *Информатика: проблемы, методология, технологии. Материалы XVI международной научно-методической конференции*. – Россия, Воронеж. – 2016. – С. 3–7.
- [21] Смирнов В.Н., Натеганов А.А., Девятка А.П. Автоматизация процесса атрибутного анализа

сейсмических данных // Технологии сейсморазведки. – 2010. – № 4. – С. 14–17.

- [22] Жанатауов С.У. Теоремы о значениях соотношений между группами переменных // *Theoretical & Applied Science*. – 2018. – № 3(59). – С. 249–256.
- [23] Tayyab M.N., Asim S., Siddiqui M.M., Naeem M., Solange S.H., Babar F.K. Seismic attributes' application to evaluate the Goru clastics of indus basin, Pakistan // *Arabian Journal of Geosciences*. – 2017. – Т. 10. – № 7. С. 158.
- [24] Irvani M., Rastegarnia M., Javani D., Sanati A., Hajiabadi S.H. Application of seismic attribute technique to estimate the 3d model of hydraulic flow units: a case study of a gas field in Iran // *Egyptian Journal of Petroleum*. 2018. – Т. 27. – № 2. С. 145–157.
- [25] Wang L.L., Wei J.X., Di B.R., Huang P., Zhang F.H. Seismic prediction method of multiscale fractured reservoir // *Applied Geophysics*. – 2018. – Т. 15. – № 2. С. 240–252.
- [26] Feng J., Dai J., Lu J., Li X. Quantitative prediction of 3-d multiple fractures in tight sandstone reservoirs based on geomechanical method // *IEEE Access*. – 2018. – Т. 6. – С. 39096–39116.
- [27] Delsole T., Chang P. Predictable component analysis, canonical correlation analysis, and autoregressive models

// *Journal of the Atmospheric Sciences*. – 2003. – Т. 60. – № 2. – С. 409.



Амани Мангуа Марк Марсьяль – геофизик, компания Halliburton, г. Хьюстон, Техас, США
E-mail: mangouam@yahoo.fr



Стукач Олег Владимирович – основатель Томской группы Института IEEE, доктор технических наук, профессор Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики» (г. Москва) и Новосибирского государственного технического университета (г. Новосибирск).
E-mail: toms@ieee.org

Статья получена 27.12.2022

Canonical Analysis of the Seismic Attributes in Statistica Software for Evaluating of Petrophysical Properties of Collectors for the Tomsk Region Deposit

M.M. Amani¹, O.V. Stukach^{2,3}

¹Halliburton Ltd., Halliburton Ltd., Houston, Texas, USA

²National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia

³Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Abstract: The seismic attributes are used to solve the problems of quantitative evaluation of the petrophysical properties of reservoirs on a certain horizon. The principle of using of seismic attributes for predicting reservoir properties is based on the searching for dependencies between the predicted petrophysical parameters and seismic attributes (SA). The process of static prediction of petrophysical properties on seismic attributes is difficult to justify: if these dependencies existed, the interrelationships would have been proved long ago from the geology and physics point of view. When using statistical forecasting techniques (regression, neural network analysis, etc.) it must be note that the forecast results are correct only in those areas of seismic attribute variability from which the training set was obtained. The number of potential attributes for forecasting is large, but the lack of clear criteria for the selection of attributes for different geological regions and conditions complicates the choice of informative attributes. The desire to simplify calculations and get an interpretable result forced us to use more sophisticated algorithms for selecting informative attribute subsets. In the paper, an attempt is made to select the most informative SA for the petrophysical properties forecast in difficult geological conditions. The possibility of canonical analysis in the Statistica software for the selection of informative SA is considered. In result, the seismic attributes allow evaluating and reflected changing of petrophysical properties have been identified.

Key words: Fractured reservoir, fractured-porous-cavern collector, petrophysical properties, seismic attributes, geometric attributes, geostatistics, attribute correlation, regression analysis, canonical analysis.

REFERENCES

- [1] Chen S., Li X.-Y., Chapman M., Wu X. *The application of quantitative gas saturation estimation based on the seismic wave dispersion inversion* // *Journal of Applied Geophysics*. – 2015. – Т. 120. – С. 81–95.
- [2] Li C., Gou L., You J. *Numerical simulation of bubble plumes and an analysis of their seismic attributes* // *Journal of Ocean University of China*. – 2017. – Т. 16. – № 2. – С. 223–232.
- [3] Zhang J., Wu S., Lin P., Jiang S., Fan T., Fan H. *New method for reservoir petrophysical modeling of submarine fan channels: a case from oilfield a in West Africa* // *Oil and Gas Geology*. – 2017. – Т. 38. – № 2. – С. 407–418.
- [4] Yang J., Yan J. *Reservoir characterization with fluid mobility attribute provided by geoeast*, Shiyou Diqu Wuli Kantan. – 2014. – Т. 49. – № SUPPL.1. – С. 216–220
- [5] Romashev E.A. *Geometricheskie atributy geologicheskikh struktur i ih svyaz' s treshchinovost'yu* [Geometric attributes of the geological structures and their relationship with fracturing] / *Mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferenciya molodyh issledovatelei im. D.I. Mendeleeva. Tyumenskij industrial'nyi universitet, Institut promyshlennyh tekhnologij i inzhiniringa*. 2016. P. 215–217. In Rus.
- [6] Lavrik S.A., Loginov D.V. *Primenenie statisticheskikh metodov dlya opredeleniya informativnogo nabora*

- seismicheskikh atributov* [Application of the statistical methods to determine of the informative seismic attributes set] / 10th EAGE science and applied research conference on oil and gas geological exploration and development (Geomodel). Gelendzik, Russia, September 21–26, 2008. In Rus.
- [7] Ouarda T.B.M.J., Ba K.M., Diaz-Delgado C., Carsteanu A., Chokmani K., Gingras H., Quentin E., Trujillo E., Bobe B. *Intercomparison of regional flood frequency estimation methods at ungauged sites for a Mexican case study* // J. of Hydrology. – 2008. – V. 348. – P. 40–58.
- [8] Khalafyan A.A. *Statistica 6. Statisticheskij analiz dannyh* [Statistica 6. Statistical data analysis]. Moscow, Binom-Press. 2007. 512 P. In Rus.
- [9] Khromova I.Yu. *Prakticheskoe sravnenie metodik prognoza treshchinovostosti po seismicheskim dannym* [The practical comparing of the fracturing forecasting methods by seismic data] // Seismic technology. 2010, no. 2. P. 62–69.
- [10] Lebedev M.V., Sokolovskaya O.A., Yanevits R.B. *Metodika i rezultaty prognoza kollektorov v kore vyvetrivaniya severo-varyeganskogo mestorozhdeniya* [Methods and results of the forecasting of reservoirs in the weathering crust of the north-varyegansk field] // Geology, geophysics and development of oil and gas fields. 2014, no. 3. P. 4–12. In Rus.
- [11] Ekimenko A.V. *Prognozirovanie kollektorskih svoystv s ispol'zovaniem kuba akusticheskogo impedansa* [Prediction of reservoir properties by the acoustic impedance volume] // Notes of the Mining Institute. 2009. Vol. 183. P. 235–237. In Rus.
- [12] Saussus D., Sams M. *Facies as the key to using seismic inversion for modeling reservoir properties* // First Break. 2012. – Vol. 30. – No. 7. – P. 45–52.
- [13] Ilyas Juzer Najmuddin. *Austin chalk fracture mapping using frequency data derived from seismic data* // PhD thesis. Texas. A&M University, May 2003. P. 69.
- [14] *Method and system, and program storage device for analyzing compressional 2D seismic data to identify zones of open natural fractures within rock formations*: U.S. Patent. – US 6,941,228 B2. – Sep. 6, 2005. – P. 27
- [15] Kobrunov A.I., Lominsky D.O. *Prognozirovanie fil'tracionno-emkostnyh parametrov neftegazovyh kollektorov s primeneniem teorii nechetkogo logicheskogo vyvoda* [Prediction of FES parameters of oil and gas reservoirs using the theory of fuzzy inference] // Advances in modern science. 2018, no. 2. P. 99–105. In Rus.
- [16] Gumiaux C., Gapais D., Brun J.P. *Geostatistics applied to best-fit interpolation of orientation data* // Tectonophysics. – 2003. – T. 376. – № 3-4. – C. 241–259.
- [17] Stukach O.V. *Programmnyi kompleks Statistica v reshenii zadach upravleniya kachestvom* [Statistica Software in solving of the quality management problems]. Tomsk, Tomsk Polytechnic University. 2011. P. 163. In Rus.
- [18] Gridneva A.E. *Analiz kanonicheskoi korrelyatsii kak veroyatnostnyi metod v obrabotke informatsii* [Analysis of the canonical correlation as the probability method in the information processing] / International Conference on Soft Computing and Measurements. 2016. Vol. 1. Sections 1–3. P. 102–105. In Rus.
- [19] Reznikov M.B., Fedosenko Yu.S. *Kanonicheskaya zadacha dispetcherizatsii: analiz masshtabiruемости reshayushchego algoritma pri realizatsii na GPU* [Canonical task of dispatcherization: analysis of the scalability of a solution algorithm by GPU implementation] / *Problemy teoreticheskoi kibernetiki* [Problems of theoretical cybernetics] XVIII International Conference. Penza, 19–23 June 2017. Proceedings: Ed. Yu. I. Zhuravlev. – Moscow, MAKS Press, 2017. 274 P. In Rus.
- [20] Agaragimov M.R., Atagishieva G.S. *Kanonicheskie korrelyatsii: realizatsiya v MS Excel* [Canonical correlations: implementation in Ms Excel] / *Informatika: problemy, metodologiya, tekhnologii. Materialy XVI mezhdunarodnoi nauchno-metodicheskoi konferentsii* [Computer science: problems, methodology, technology. Materials of the XVI International Scientific Methodological Conference]. Russia, Voronezh. 2016. P. 3–7. In Rus.
- [21] Smirnov V.N., Nateganov A.A., Devyatka A.P. *Avtomatizatsiya processa atributnogo analiza seismicheskikh dannyh* [Automating of the seismic data attribute analysis process] // Seismic technologies. 2010, no. 4. P. 14–17.
- [22] Zhanatauov S.U. *Teoremy o znacheniyah sootnoshenii mezhdru gruppami peremennykh* [Theorems on the values of relationships between groups of variables] // Theoretical & Applied Science. 2018, no. 3 (59). P. 249–256. In Rus.
- [23] Tayyab M.N., Asim S., Siddiqui M.M., Naeem M., Solange S.H., Babar F.K. *Seismic attributes' application to evaluate the Goru clastics of indus basin, Pakistan* // Arabian J. of Geosciences. – 2017. – T. 10. – № 7. P. 158.
- [24] Irvani M., Rastegarnia M., Javani D., Sanati A., Hajiabadi S.H. *Application of seismic attribute technique to estimate the 3d model of hydraulic flow units: a case study of a gas field in Iran* // Egyptian Journal of Petroleum. 2018. – T. 27. – № 2. C. 145–157.
- [25] Wang L.L., Wei J.X., Di B.R., Huang P., Zhang F.H. *Seismic prediction method of multiscale fractured reservoir* // Applied Geophysics. – 2018. – T. 15. – № 2. C. 240–252.
- [26] Feng J., Dai J., Lu J., Li X. *Quantitative prediction of 3-d multiple parameters of tectonic fractures in tight sandstone reservoirs based on geomechanical method* // IEEE Access. – 2018. – T. 6. – C. 39096–39116.
- [27] Delsole T., Chang P. *Predictable component analysis, canonical correlation analysis, and autoregressive models* // Journal of the Atmospheric Sciences. – 2003. – V. 60. – N 2. – P. 409.



Amani Mangoua Marc Martial – Sr. Geophysicist, Halliburton Ltd., Houston, Texas, USA
E-mail: mangouam@yahoo.fr



Stukach Oleg V. is founder of the Tomsk IEEE Chapter, Dr. of Sci., Professor of National Research University Higher School of Economics (Moscow) and Novosibirsk State Technical University (Novosibirsk).
E-mail: tomsk@ieee.org

The paper has been received on 27/12/2022.

Математический аппарат для определения причин возможных повреждений кабельных линий

М.В. Кравченко, Х.С. Далиев, О.Х. Кулдашов

«Национальный исследовательский университет «МЭИ»
в городе Ташкенте

Аннотация. В данной работе проанализированы причины возможных повреждений кабельных линий, а именно механические повреждения, повреждения при монтаже, повреждения из-за осадки грунта, повреждения, связанные дефектами при изготовлении кабеля, старением изоляции и другие причины. Рассмотрен вопрос создания математического аппарата, основанного на соответствующих закономерностях и позволяющего в свою очередь определять с достаточной точностью вид, местоположение и иные параметры повреждений. Определено выражение количества выделяемого тепла при прохождении электрического тока по кабельным линиям, а также изменения временных интервалов распространения электромагнитных волн по кабелю. Установлена зависимость входного сопротивления от частоты напряжения источника, приведено сравнение электрических параметров, повреждённых и неповреждённых жил кабеля в линии, которое сводится к констатированию по имеющимся табличным данным электрофизических параметров. Для решения каждой из поставленных задач рассмотрено изменение параметров аварийного режима, соответствующее изменениям прочности и силы тока. Определены электрические параметры грунта, по соотношениям напряжённости, разности потенциалов, заряда, тока и средней мощности.

Ключевые слова: кабельные линии, математический аппарат, прочность, повреждение, вероятность, точность, контролирование, диагностика.

ВВЕДЕНИЕ

Электрические сети, являясь на сегодняшний день одним из самых основных видов передачи энергии на расстояние с момента перехода на переменный ток с последующим совершенствованием данной системы, в тоже время оставаясь самым эффективным по сравнению с беспроводной или иной системой передачи энергии, до сих пор требуют своего ещё большего совершенствования, ввиду ряда недостатков [1]. К одному из таких недостатков можно отнести наличие повреждений в системах связи, при применении кабелей с бумажно-пропитанной изоляцией марок: ААБ, ААШВ, ААШВУ, АББ, АВВБ, АВВГ и других.

В каждом конкретном случае кабельная линия может быть повреждена по одной из следующих причин. В результате предшествующих механических повреждений, что наблюдается в 43% случаев, связанные с непосредственными механическими повреждениями строительных или других работ составляет 16% по общей статистике, при этом повреждения при монтаже составляют 10%, повреждение вследствие осадки грунта – 8%, коррозия – 7%, также дефекты при изготовлении составляют – 5%, при нарушении прокладок – 3%, старения изоляции, либо перегрузки – 1% и иные причины повреждений действуют лишь в 7% случаев [2].

Продолжительное пребывание кабельных линий под постоянными рабочими напряжениями и токами приводит к физическому износу изоляции при больших сроках эксплуатации [3–4].

Систематические и длительные перегрузки кабельных линий, вызывают нагрев и ускоренный износ изоляции кабелей [5–6].

Нарушения технологии изготовления кабелей и температура окружающей среды также являются причинами повреждения кабельных линии [7–8].

МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИЧИН ВОЗМОЖНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ КАБЕЛЬНЫХ ЛИНИЙ

При прохождении электрического тока по кабельной линии (КЛ), неизбежно генерируется магнитное поле вокруг самой токопроводящей жилы кабеля, выделяется тепло, определяемое выражением (1), из которой можно вывести формулу (2).

$$Q = \left(\iiint_1^k \prod_{k=1}^i \frac{\partial U'(x,y,z,t)}{\partial t} dx dy dz \lim_{i \rightarrow n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial I(t)}{\partial t} \right)_{(q)} = UI t \quad (1)$$

$$Q = \iiint_1^\alpha \prod_{\alpha=1}^\beta \frac{\partial c'(x,y,z)}{\partial c} dx dy dz \left(\lim_{\beta \rightarrow \gamma} \sum_{\gamma=1}^n \frac{\partial m(E)}{\partial E} \times \left(\frac{\Delta T}{dt} \right) \right) = cm \Delta T \Rightarrow \Delta T = \frac{Q}{cm} \quad (2)$$

Здесь: $U(x, y, z, t)$ – функция, описывающая напряжение через заданные параметры в многомерном пространстве;

$I(t)$ – функция, описывающая силу тока через заданные параметры в многомерном пространстве;

k – коэффициент численности для единичного произведения и интегрирования функции напряжения;

i – коэффициент численности для единичной суммы и предела частной производной по времени для функции силы тока;

Q – теплота, получаемая телом при воздействии в многомерном пространстве с учётом всех

имеющихся факторов путём функционального анализа;

U – численное значение напряжения;

I – численное значение силы тока;

t – численное значение времени,

$c'(x, y, z)$ – функция, описывающая величину удельной теплоёмкости от общего состояния частиц составляющих тело в многомерном пространстве относительно квантовых явлений, сводящиеся к свойствам заданного тела;

$m(E)$ – функция, описывающая массу составляющую тела по её энергетическим характеристикам;

α – начальный коэффициент численности в многомерном интегрировании и единичном произведении для функции удельного сопротивления;

β – конечный коэффициент для единичного произведения функции удельного сопротивления и начальная составляющая предела относительно единичной суммы к функции энергетической массы по теории относительности по частной производной по энергии;

γ – завершающий коэффициент численности в единичной сумме предела по количеству составляющих делений тела;

E – полная (массовая) энергия тела, являющаяся переменной в многомерном пространстве;

ΔT – изменение температур (численное и после предела численное значение).

В случае неудовлетворительного качества изготовления концевых и соединительных муфт кабельных линий, который также является производным от первого, может наблюдаться уменьшение прочности самого проводника, а также ухудшение изоляционной способности, данная первопричина относится также и к третьему случаю.

Другие случаи также могут выступать в роли производных, либо более родственных проблем, благодаря чему можно выделить отдельные решения, после описания каждой из проблем.

Для решения каждой из поставленных задач необходимо рассмотреть решения для них, а именно, учет того, как изменяется параметр аварийного режима, что соответствует изменениям по прочности и силе тока. Это следует из определений закона Ома (3) и сопротивления (4).

$$I = \iiint_1^k \prod_{k=1}^i \frac{\partial U'(x,y,z,t)}{\partial t} dx dy dz \left(\lim_{i \rightarrow n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial R(t)}{\partial t} \right)^{-1} = \frac{U}{R} \quad (3)$$

Здесь, $U'(x, y, z, t)$ – частная функция, описывающая напряжение через заданные параметры в многомерном пространстве;

$R(t)$ – функция, описывающая сопротивление через заданные параметры в многомерном пространстве;

R – численное значение сопротивления.

$$R = \iiint_1^\alpha \prod_{\alpha=1}^\beta \frac{\partial \rho'(x,y,z)}{\partial c} dx dy dz \left(\lim_{\beta \rightarrow \gamma} \sum_{\gamma=1}^n \frac{\partial k(l)}{\partial t} \times \left(\frac{\Delta s}{\sin \varepsilon dt} \right)^{-1} \right) = \rho \frac{l}{s} \quad (4)$$

Здесь: $\rho'(x, y, z)$ – функция, описывающая величину удельного сопротивления от общего состояния частиц, составляющих тело в многомерном пространстве относительно квантовых явлений, сводящиеся к свойствам заданного тела;

$k(l)$ – функция, описывающая размерную составляющую тела по её одномерным параметрическим данным;

ε – сводящий коэффициент;

ρ – численное значение удельного сопротивления тела;

l – численное значение показателя длины тела;

s – численное значение площади поперечного значения тела.

Также применяется изменение временных интервалов распространения электромагнитных волн по кабелю, что свойственно для определения благодаря различным уравнениям электромагнитных волн (5–8), наряду с преобразованиями их в поля по соотношениям Максвелла (9–12).

$$\left(v_{ph}^2 \nabla^2 - \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) E = 0 \quad (5), \left(v_{ph}^2 \nabla^2 - \frac{\partial^2}{\partial t^2} \right) B = 0 \quad (6),$$

$$E(r, t) = E_0 \cos \left(\omega t - \overline{(k_x, k_y, k_z)} r + \varphi_0 \right) \quad (7)$$

$$B(r, t) = B_0 \cos \left(\omega t - \overline{(k_x, k_y, k_z)} r + \varphi_0 \right) \quad (8)$$

$$\nabla \cdot D = \rho \quad (9),$$

$$\nabla \cdot B = 0 \quad (10),$$

$$\nabla \times E = - \frac{\partial B}{\partial t} \quad (11),$$

$$\nabla \times H = j + \frac{\partial D}{\partial t} \quad (12)$$

Вместе с этим устанавливается зависимость входного сопротивления от частоты напряжения источника, что уже является совокупным последующим решением от выведенных ранее. Ещё одним методом решения поставленных проблем является сравнение электрических параметров повреждённой и неповреждённых жил кабельной линии, что сводится к констатированию по таблицам электрических и материалистических параметров.

Оценка же электромагнитного поля уже была ранее произведена из приведённых соотношений (9–12). В отличие от фиксации сейсмических колебаний, определяемых по шкале Рихтера по (13), а также чаще относится к экспериментальной части вопроса и решения в целом.

$$M_L = \log A + 3 \log(8\Delta t) - 2.92 = \log_{10} \left[\frac{A \Delta t_3}{1.62} \right] \quad (13)$$

Фиксирование же токов в самом грунте, уже относится к определению электрических параметров самого грунта, что даст последующие результаты, по соотношениям напряжённости, разности потенциалов, заряда, тока и средней мощности для единицы (14–18).

$$\frac{w'}{\partial w} \iiint_1^k \prod_{k=1}^i \frac{\partial F'(x,y,z,t)}{\partial t} dx dy dz \left(\lim_{i \rightarrow n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial q(t)}{\partial t} \right)^{-1} = \frac{F}{q} \quad (14),$$

$$U = \varphi_2 - \varphi_1 = \iiint_1^k \prod_{k=1}^i \frac{\partial k'(x,y,z,t)}{\partial t} dx dy dz \left(\lim_{i \rightarrow n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial r(x)}{\partial x} \right)^{-2} * \left(\left(\lim_{i \rightarrow n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial q_1(t)}{\partial t} \right) - \left(\lim_{i \rightarrow n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial q_2(t)}{\partial t} \right) \right) \quad (15)$$

$$q = \int_1^{\beta'} \left(\lim_{\beta \rightarrow \gamma} \sum_{\gamma=1}^n \frac{\partial A_{\beta,\gamma}(x,y,z,t)}{\partial t} \times \left(\frac{U(\Delta\varphi,x,y,z,t)}{\sin \varepsilon dt} \right) \right) dV = \frac{AU}{UI} \quad (16)$$

$$I = \frac{w'}{\partial w} \iiint_1^k \prod_{k=1}^i \frac{\partial q'(\nabla,t)}{\partial t} dx dy dz \left(\lim_{i \rightarrow n} \sum_{i=1}^n \frac{\partial(t)}{\partial t} \right)^{-1} = \frac{q}{t} \quad (17)$$

$$P = \int_1^{\beta'} \left(\lim_{\beta \rightarrow \gamma} \sum_{\gamma=1}^n \frac{\partial I_{\beta,\gamma}(x,y,z,t)}{\partial t} \times \left(\frac{U(\Delta\varphi,x,y,z,t)}{\sin \varepsilon dt} \right) \right) dV = \quad (18)$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для решения каждой из поставленных задач рассмотрены изменения параметра аварийного режима, соответствующее изменениям прочности и силы тока. Определены электрические параметры грунта, по соотношениям напряжённости, разности потенциалов, заряда, тока и средней мощности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Шувалов М.Ю. Некоторые аспекты диагностики силовых кабелей высокого напряжения // Кабели и провода. – 2001. – № 3. – С. 27–29.
- [2] Казанина И. В., Хадыева А. Р. Эффективность применения кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена с системой мониторинга. // Вестник электротехники. – 2013. – №4. – С. 14.
- [3] Белковский С.В., Ботов С. В., Германенко Д. В. Оперативный контроль технического состояния высоковольтных кабельных линий. // Энергоэксперт. – 2015. – №3. – С. 66 – 67.

- [4] Кучеренко Д.Е., Кочубей Е.А./ Методы диагностики кабельных линий. - Материалы VI Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы энергетики в АПК». - г. Саратов, 2015 – с.130-131.
- [5] Лебедев Г.М. Определение дефектов изоляции кабельных линий высокочастотным методом контроля // Электрика. – 2003. – № 7. – С. 37–40.
- [6] Коржов А.В. Оценка теплового режима работы изоляции в 2D-модели звена «кабель 6(10) кВ – грунт» в ANSYS с учётом подвижек грунта и уставок устройств релейной защиты / А.В. Коржов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2013. – Т. 13, №1. – С. 39–45.
- [7] Кадомская К.П. Электромагнитная совместимость с окружающей средой кабельных линий среднего и высокого напряжения с пластмассовой изоляцией // Электричество. – 2003. – № 4. – С. 56–61.
- [8] Luo P. Thermal and mechanical properties analysis for EHV XLPE cables with different operating years // 2013 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena. - Т. 3. - С.47–51.



Максим Владимирович Кравченко, кандидат технических наук, Директор Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Ташкенте



Хожақбар Султанович Далиев, доктор физико-математических наук, профессор, исполнительный директор Национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Ташкенте



Оббозжон Хоқимович Қулдашов, доктор технических наук, Профессор национального исследовательского университета «МЭИ» в г. Ташкенте
E-mail: kuldashov.abbos@mail.ru

Статья поступила 07.12.2022.

Mathematical Tool for Determining the Causes of Possible Damages of Cable Lines

Kravchenko M.V., Daliev Kh.S., Kuldashov O.Kh.
National Research University “MPEI”, Tashkent, Uzbekistan

Abstract. This paper analyzes the causes of possible damage to cable lines, namely mechanical damage, damage during installation, damage due to soil settlement, damage associated with defects in the manufacture of the cable, aging of insulation and other causes. The issue of creating a mathematical apparatus based on the relevant laws and allowing, in turn, to determine with sufficient accuracy the type, location and other parameters of damage is considered. The expression for heat is determined for the heat generated during the passage of electric current through cable lines, as well as changes in the time intervals for the propagation of electromagnetic waves along the cable. The dependence of the input resistance on the frequency of the source voltage is established, a comparison of the electrical parameters, damaged and undamaged cable cores in the line is given, which boils down to stating according to the available tabular electro-physical parameters. To solve each of the tasks set, a change in the emergency mode parameter is considered, corresponding to changes in strength and current strength. The electrical parameters of the soil were determined by the ratios of tension, potential difference, and charge, current and average power.

Key words: cable lines, mathematical apparatus, strength, damage, probability, accuracy, control, diagnostics.

REFERENCES

- [1] Shuvalov M.Yu. Some aspects of diagnostics of high voltage power cables // Cables and wires. - 2001. - No. 3. - P. 27–29.
- [2] Kazanina I. V., Khadiyeva A. R. The effectiveness of the use of cables with XLPE insulation with a monitoring system. // Bulletin of electrical engineering. - 2013. - No. 4. – P. 14.
- [3] Belkovsky S.V., Botov S.V., Germanenko D.V. Operational control technical condition of high-voltage cable lines. //
- [4] Energy expert. - 2015. - No. 3. - S. 66 - 67.
- [5] Kucherenko D.E., Kochubey E.A. / Diagnostic methods for cable lines. - Materials of the VI International scientific-practical conference "Actual problems of energy in the agro-industrial complex". - Saratov, 2015 - P.130-131.
- [6] Lebedev G.M. Determination of defects in the insulation of cable lines by a high-frequency method of control // Electricity. - 2003. - No. 7. - P. 37–40.
- [7] Korzhov A.V. Evaluation of the thermal mode of operation of the insulation in the 2D model of the "6 (10) kV cable - ground" link in ANSYS, taking into account the ground movements and settings of relay protection devices / A.V. Korzhov // Bulletin of SUSU. Series "Energy". - 2013. - V. 13, No. 1. – P. 39–45.
- [8] Kadomskaya K.P. Electromagnetic compatibility with the environment of medium and high voltage cable lines with plastic insulation // Electricity. - 2003. - No. 4. - P. 56–61.
- [9] Luo P. Thermal and mechanical properties analysis for EHV XLPE cables with different operating years // 2013 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena. - T. 3. - P.47–51.



Maxim Kravchenko, candidate of technical sciences, Director of the National Research University "MPEI" in Tashkent



Khozhakbar Sultanovich Daliev, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Executive Director of the National Research University "MPEI" in Tashkent



Obbozzjon Khokimovich Kuldashov, Doctor of Technical Sciences, Professor of National Research University "MPEI" in Tashkent
E-mail: kuldashov.abbos@mail.ru

The paper has been received on 07/12/2022.

Оценка зоны уверенного приема в сети цифрового эфирного телевизионного вещания на примере Астраханского телецентра

Д.Р. Аймухамедов, Д.В. Кутузов, А.В. Осовский, Н.С. Мальцева, Р.М. Бакалаева

Астраханский государственный технический университет, г. Астрахань, Россия

Аннотация: В статье представлено описание особенностей работы цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T2. В исследовании был произведен расчет зоны уверенного приема в сети цифрового эфирного телевизионного вещания Астраханского телецентра. На основании этих данных были построены зависимости напряженности поля от расстояния. С помощью программного комплекса ОНЕГА была получена карта покрытия. Даны рекомендации по оптимизации параметров оборудования для работы передающего центра.

Ключевые слова: цифровое телевидение, DVB-T2, уверенный прием, эфирное телевизионное вещание, ОНЕГА.

ВВЕДЕНИЕ

Модернизация сетей наземного эфирного вещания путем перехода на цифровые технологии — общая мировая тенденция. Цифровое эфирное телевидение становится обыденным явлением во многих странах мира.

Одним из основных недостатков аналогового сигнала в сравнении с цифровым сигналом является слабая защита от помех и широкая полоса радиочастотного спектра, которая необходима для одного канала. В результате, существовали всего два десятка цветных каналов в эфире, а в кабельных сетях до 70 каналов. Также для аналогового вещания необходимы передатчики более высокой мощности.

У цифрового вещания есть определенные преимущества над аналоговым, такие как:

- Повышенная помехоустойчивость.
- Уменьшенное требование к мощности оборудования.
- Возможность увеличения количества каналов в мультиплексе.
- Возможность организации регионального вещания («региональной врезки»).
- Экономия частотного ресурса.
- Возможность внедрения эфирного вещания в форматах высокой и сверхвысокой четкости, объемного звука.

В России цифровая эфирная трансляция появилась в 2010 году. В качестве основного формата цифрового эфирного ТВ в России принят стандарт DVB-T2. DVB-T2 – это второе поколение европейского стандарта эфирного цифрового телевидения.

Эфирное телевидение — это телевизионное вещание, при котором ТВ-сигнал транслируется передающей телестанцией в окружающее пространство с помощью электромагнитных волн. Эфирное вещание ведется на метровых волнах (МВ) и дециметровых волнах (ДМВ). В связи с переходом России на цифровой формат вещания, эфирное телевидение становится удобным и бесплатным способом доставки качественного телевизионного сигнала. В качестве основного формата цифрового эфирного ТВ в России принят

стандарт DVB-T2. Трансляция идет в разрешении 720 на 576 пикселей (качество SD).

Трансляция каналов только федерального значения приводит к недостатку информации и неосведомленности жителей региона о событиях в регионе. Принятие федеральной целевой программы “Развитие телерадиовещания в Российской Федерации на 2009–2018 годы” [1], поставившей задачу перехода от аналогового к цифровому вещанию, потребовало разработки алгоритма формирования единого сигнала мультиплекса, содержащего региональные вставки в сигналах федеральных общедоступных телеканалов. В Астраханской области цифровому стандарту DVB-T2 приведены некоторые радиоканалы и телеканалы регионального значения, которые в дальнейшем распространяются по региону.

Основной оператор цифрового эфирного и аналогового эфирного теле- и радиовещания в Астраханской области филиал Федерального Государственного Унитарного Предприятия (ФГУП) Российской Телевизионной и Радиовещательной Сети (РТРС) «Астраханский Областной Радиотелевизионный Передающий Центр» (ОРТПЦ). ОРТПЦ является структурным подразделением РТРС, представляющее его интересы и осуществляющее их защиту в Астраханской области. Предприятие образовано в 1926 году. С 2001 года входит в состав РТРС. В 2009 году ей было поручено создание сети вещания в цифровом формате нового поколения. На сегодняшний день основная задача астраханского филиала РТРС — обеспечить жителей региона бесперебойным, многоканальным и доступным телерадиовещанием. Разветвленная сеть передающих станций и современное технологическое оборудование позволяют охватить вещанием максимальную аудиторию.

Астраханский ОРТПЦ предоставляет широкий спектр услуг в области связи: обеспечивает доставку сигнала цифрового эфирного и аналогового эфирного теле- и радиосигнала, способствует развитию мобильной телефонной связи и

обеспечивает коммуникационную деятельность органов хозяйствования.

Астраханская область входит в вещательную зону «М». РТРС транслирует в Астраханской области:

- 20 телеканалов в цифровом формате;
- 3 радиоканала в цифровом формате;
- 5 телеканалов в аналоговом формате;
- 11 радиоканалов в аналоговом формате.

Инфраструктура эфирного телерадиовещания астраханского филиала РТРС включает:

- Областной радио-телецентр и три производственных подразделения;
- Региональный центр формирования мультиплексов;
- 25 передающих станций, предназначенных для организации вещания ЦЭТВ 1 и 2 мультиплекса, и 25 антенно-мачтовых сооружений (АМС);
- 37 приемные земные спутниковые станции.

ФОРМЫ ВЕЩАНИЯ DVB

DVB или цифровое видео вещание – семейство стандартов цифрового телевидения. Создателем является консорциум DVB Project.

Состоит из:

- DVB-S – цифровое спутниковое ТВ,
- DVB-T – цифровое эфирное ТВ,
- DVB-C – цифровое кабельное ТВ,
- DVB-H – мобильное ТВ.

Цифровое ТВ позволило уменьшить и упростить требуемую инфраструктуру для распространения телевидения среди пользователей.

Спутниковое ТВ (DVB-S). Изначально именно оно получило большое развитие цифрового вещания. У спутникового телевидения были ресиверы, а вещание аналоговых каналов велось уже в дециметровом диапазоне (1–3 ГГц). Следовательно, телекомпаниям достаточно запустить новый формат вещания на той же частоте, а пользователю только подключить к ресиверу дешевый декодер.

Кабельное ТВ (DVB-C). Работает по технологии потоковой передачи сигнала по проводу. Проводная передача данных обладает более высокой пропускной способностью и минимизирует риски потери данных, что позволяет вещать большой объем программ. На сегодня российские операторы предлагают выбор платных тарифов для просмотра, которые включают от нескольких десятков до более 100 каналов. Кабельное телевидение можно считать самым продвинутым и надежным форматом вещания с точки зрения предоставления контента.

Эфирное ТВ (DVB-T). Работает посредством технологии аналогового телевидения. Передача сигнала выполняется беспроводным путем с использованием ретрансляторов (наземных стационарных вышек). Для приема нужна дециметровая (ДМВ) или все волновая антенна. Эфирное цифровое ТВ является единственным форматом вещания, которое в полном объеме предоставляется бесплатно.

Оборудование для приема эфирного ТВ сигнала DVB-T необходимо телезрителю изображено на *Рис. 1*. Оно содержит:

- Приемное устройство. Эфирная антенна дециметрового диапазона волн (ДМВ) для приема сигнала от

ретранслятора.

- Декодер. Устройство расшифровки цифрового сигнала в привычный вид. В современных телевизорах присутствует встроенный декодер (ТВ-тюнер). При его отсутствии подключается цифровая приставка с функцией декодирования сигнала ТВ DVB-T2.

- Телевизор. На него выводится итоговое изображение. Если используется Smart-ресивер с монитором, можно осуществлять прием цифрового ТВ без декодера напрямую к телевизору от антенны.

Сеть цифрового наземного телерадиовещания Российской Федерации в стандарте DVB-T2 предназначена для охвата населения Российской Федерации цифровым вещанием пакета телерадиопрограмм первого и второго мультиплекса.

При этом обязательные общедоступные ТВ программы, входящие в состав первого мультиплекса, в каждом из регионов подлежат модификации в соответствии с требованиями вещательных организаций (региональные вставки в федеральные программы, местная реклама и т.п.). Региональная замена контента традиционно практикуется в аналоговом вещании и является важным элементом информационной политики региональных органов власти, поэтому обеспечение региональным вещанием населения должно сохраниться и при переходе к цифровому вещанию. Для этого региональная замена контента телеканалов должна осуществляться в региональных центрах формирования мультиплексов, после чего мультиплекс должен быть доставлен в региональные пункты вещания.

Распределенная система программного замещения сети цифрового эфирного телерадиовещания стандарта DVB-T2 имеет структуру, состоящую из федерального комплекса программного замещения (ФКПМ) и регионального комплекса программного замещения (РКПМ).

В состав ФКПМ входит не только оборудование центра формирования федеральных мультиплексов (ЦФФМ) РТРС, но и часть оборудования федеральных вещательных компаний, участвующего в генерации управляющих сигналов для системы замещения. Частью ФКПМ, находящейся в зоне ответственности РТРС, является ЦФФМ. Общая схема ФКПМ приведена на *Рис. 2*.

В состав РКПМ в каждом регионе входит не только оборудование регионального центра формирования мультиплекса (РЦФМ) РТРС, но и часть оборудования региональных вещательных компаний, участвующего в генерации управляющих сигналов для системы замещения. Также в состав РКПМ может входить оборудование, размещенное на радиотелевизионной передающей станции (РТПС) данного региона и участвующее в формировании региональной версии первого мультиплекса. Частями РКПМ, находящимися в зоне ответственности РТРС, являются РЦФМ и оборудование РТПС регионов. Общая схема РКПМ приведена на *Рис. 3*.

	Эфирное ТВ	Кабельное ТВ	Спутниковое ТВ
Прием сигнала	ДМВ-антенна	Сигнал подается по кабелю	Спутниковая тарелка
Оборудование	Ресивер или цифровой ТВ	Ресивер	Ресивер
Установка, подключение	Просто, быстро (от 15 минут), самостоятельно без установщиков	Выполняется установщиками, заявка подается за несколько дней	Выполняется установщиками, заявка подается за несколько дней
Время вещания	Местное	Местное	Московское
Региональные каналы	Да	Да	Нет
Абонентская плата	Нет	Есть	Есть
Цена = оборудование + установка	От 3000	От 3000 + абон.плата	От 8000 + абон.плата



Рис. 1 Оборудование для приема эфирного ТВ сигнала DVB-T

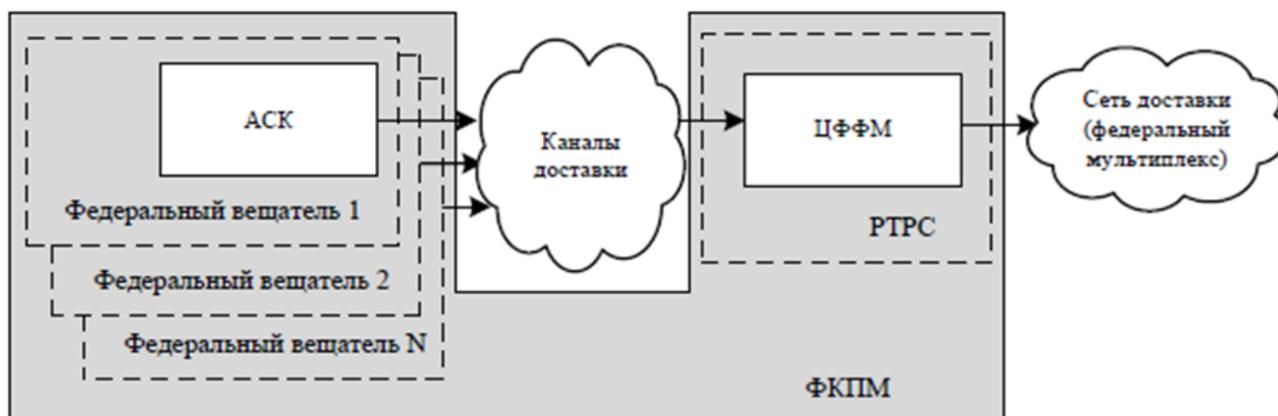


Рис. 2. Общая схема ФКПМ

Реализация РКПМ в каждом регионе может быть различна и выбирается из набора типовых решений конкретно для каждого региона Российской Федерации на основе технико-экономического анализа по критерию минимизации стоимости услуг связи для

каждого из вещателей в данном регионе. Каждый из РКПМ обеспечивает для соответствующего региона Российской Федерации формирование региональной версии Первого мультиплекса.

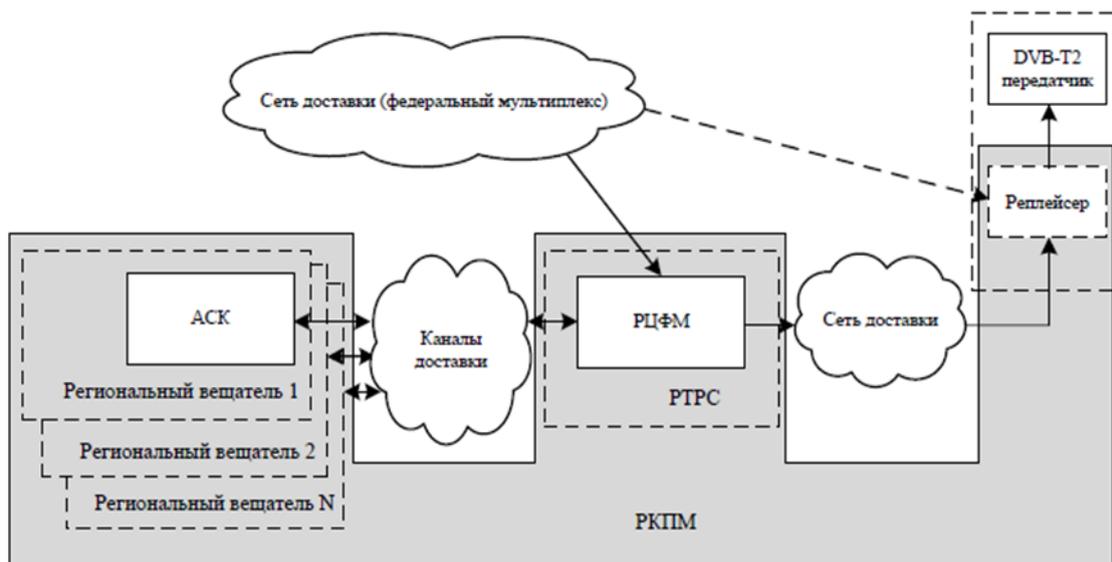


Рис. 3. Общая схема РКПМ

Мультиплекс

Мультиплекс – объединение в единый цифровой пакет телевизионных каналов при цифровом вещании, мультиплексируемых перед передачей транспортному каналу и демультиплексируемых на конечной приемной установке с выделением одного или нескольких каналов.

Всего существует 3 вида мультиплекса:

- 1) РТРС-1 или первый мультиплекс
- 2) РТРС-2 или второй мультиплекс
- 3) Третий мультиплекс

В России цифровое эфирное вещание ведется на РТРС-1 и РТРС-2.

Первый мультиплекс цифрового телевидения России представляет собой пакет общероссийских обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов цифрового телевидения, перечень, который утвержден на законодательном уровне. Расходы на осуществление эфирного вещания данного мультиплекса покрываются за счет средств федерального бюджета. Данный мультиплекс начал использоваться в России в 2009 году на стандарте DVB-T. В 2012 году был совершен переход на стандарт DVB-T2

Эфирный первый мультиплекс работает в дециметровом диапазоне 470-862 МГц и является бесплатным и открытым для приема [3]. В него входят 10 телеканалов (табл.2) и 3 радиоканала (табл.3).

Второй мультиплекс цифрового телевидения [4-10] России представляет собой пакет общероссийских обязательных общедоступных телеканалов цифрового телевидения, сформированных в результате конкурса федеральной конкурсной комиссии по телерадиовещанию. В России впервые был запущен в 2013 году в дециметровом диапазоне 470-862 МГц. Оператором

мультиплекса является ФГУП РТРС. РТРС-2 строился с максимальным использованием инфраструктур первого мультиплекса.

Таблица 2 – Список телеканалов первого мультиплекса

Позиция	Название	Формат кадра
1	Первый канал	16:9
2	Россия-1	
3	Матч ТВ	
4	НТВ	
5	Пятый канал	
6	Россия-Культура	
7	Россия-24	
8	Карусель	
9	ОТР	
10	ТВ Центр	

Конкурс был проведен в 2012 году при следующих условиях:

- o Время вещания – круглосуточно
- o Концепция вещания – свободная
- o Соотношение программ отечественного производства не менее 55%

Таблица 3 – Список радиоканалов первого мультиплекса

Позиция	Название
1	Вести ФМ
2	Маяк
3	Радио России

Покрытия расходов, связанных с эфирным вещанием, осуществляются за счет самих вещателей. В отличие от первого мультиплекса, запуск второго изначально прошел в стандарте DVB-T2. Карта расположения телевизионных станций, работающих на втором мультиплексе в

Астраханской области, представлена на Рис. 4.



Рис. 4. Карта расположения станций второго мультиплекса в Астраханской области

Эфирный второй мультиплекс является бесплатным и открытым для приема [2, 3]. В 2015 году телеканалы данного мультиплекса получили статус общедоступных. Во второй мультиплекс входит 10 телеканалов (табл. 4).

Таблица 4 – Список телеканалов второго мультиплекса

Позиция	Название	Формат кадра
11	РЕН ТВ	16:9
12	Спас	
13	СТС	
14	Домашний	
15	ТВ-3	
16	Пятница!	
17	Звезда	
18	Мир	
19	ТНТ	
20	Муз-ТВ	

КАНАЛЫ И ЧАСТОТЫ ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

В России эфирное цифровое телевидение работает в дециметровом диапазоне в полосе частот 470-862 МГц или же с 21 по 69 каналы. Существуют несколько частотных диапазонов:

1) 1 ТВ диапазон

Находится на частотах от 48,5 до 66 МГц и состоит из 2 каналов.

2) 2 ТВ диапазон

Находится на частотах от 76 до 100 МГц и состоит из 3 каналов

3) 1-я кабельная полоса

Находится на частотах от 110 до 174 МГц и состоит из 8 каналов.

4) 3 ТВ диапазон

Определен на частотах 174-230 МГц и состоит из 6 каналов.

5) 2-я кабельная полоса

Определена на частотах 230-302 МГц и состоит из 9 каналов

6) 3-я кабельная полоса

Находится на частотах от 302 до 470 МГц и состоит из 20 каналов.

7) 4 ТВ диапазон

Под него выделены частоты 470-580 МГц и состоит он из 14 каналов

8) 5 ТВ диапазон

Определен на частотах 582-790 и состоит из 26 каналов.

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОГРАММНОЙ МОДИФИКАЦИИ

ФКПМ предназначен для формирования транспортного потока федерального мультиплекса, пригодного для осуществления программной модификации посредством РКПМ в регионах. Функции федерального комплекса программной модификации выполняют аппаратно-студийный комплекс (АСК) федеральных вещателей и ЦФФМ РТРС.

ФКПМ выполняет следующие функции:

- включение в SDI сигналы телеканалов первого мультиплекса служебных данных, необходимых для работы РКПМ (АСК федеральных вещателей);
 - формирования 5-ти пакетов программ для организации регионального вещания в 5-ти временных зонах (ЦФФМ РТРС);
 - формирования дополнительной информации для организации одночастотных сетей вещания (ЦФФМ РТРС);
 - обеспечения условного доступа (шифрование) к телерадиопрограммам (ЦФФМ РТРС);
 - формирования электронного программного гида по федеральным телерадиопрограммам (ЦФФМ РТРС);
 - централизованного управления, контроля и мониторинга работы систем ЦФФМ;
 - аккумулирования отчетов о сбоях в работе систем ЦФФМ;
- ФКПМ должен обеспечивать:
- формирование структуры транспортного потока первого мультиплекса, необходимой для последующего формирования региональной версии мультиплекса.
- ФКПМ должен обеспечивать:
- формирование структуры транспортного потока первого мультиплекса, необходимой для последующего формирования региональной версии мультиплекса.
- Входными сигналами для ЦФФМ являются SDI сигналы телерадиоканалов федеральной версии первого мультиплекса.

Выходным сигналом ЦФФМ является транспортный поток DVB-T2@MPLR федеральной версии первого мультиплекса с введенными в транспортные потоки телеканалов служебными данными и структурой, необходимыми для формирования региональных и локальных версий первого мультиплекса.

В состав ФКПМ входят следующие системы:

- АСК федеральных вещателей;
- оборудование включения в SDI сигналы телеканалов первого мультиплекса служебных данных, необходимых для работы РКПМ;
- ЦФФМ РТРС:
 - система приема телерадиопрограмм, компрессии и формирования мультиплекса со всеми необходимыми служебными данными и дополнительной передаваемой в потоке информацией;
 - система условного доступа к телерадиопрограммам;
 - система управления автоматическим замещением блоков федеральных программ;
 - система управления и мониторинга оборудованием Комплекса;
 - система синхронизации.

Оборудование включения в SDI сигналы телеканалов первого мультиплекса служебных данных, необходимых для работы РКПМ, не входит в зону ответственности РТРС и детально в настоящем проекте не рассматривается, в связи с тем, что каждая вещательная компания сама принимает решение о выборе типа этого оборудования и степени его интеграции в структуру своего АСК. Тем не менее, от качества её функционирования и точности настройки зависит работоспособность всей системы программного замещения. Структурная схема ФКПМ приведена на Рис. 5.

РЕГИОНАЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ПРОГРАММНОЙ МОДИФИКАЦИИ (РКПМ)

ФКПМ предназначен для формирования транспортного потока федерального мультиплекса,

пригодного для осуществления программной модификации посредством РКПМ в регионах. Функции федерального комплекса программной модификации

РКПМ предназначен для формирования транспортного потока регионального мультиплекса, созданного на основе синтеза пакета программ из транспортного потока федерального мультиплекса и регионального пакета программ.

В зависимости от схемы реализации, оборудование РКПМ в зоне ответственности РТРС состоит либо из оборудования РЦФМ (в случае использования второго спутникового переподъема или наземных цифровых каналов связи), либо из оборудования РЦФМ и оборудования реплейсинга на всех объектах вещания региона (в случае формирования региональной версии первого мультиплекса на РТПС).

РКПМ выполняет следующие функции:

- АСК региональных вещателей:
 - включение в сигналы региональных телеканалов служебных данных для организации системы программного замещения в регионе (по усмотрению вещателя);
- РЦФМ РТРС:
 - получение программ и дополнительных данных от региональных вещателей и рекламных агентств, для формирования регионального пакета программ;
 - ретрансляция (полная, либо частичная, в зависимости от реализации) пакета федеральных программ, а также автоматическое замещение блоков федеральных программ согласно расписанию и управляющим сигналам от центрального сегмента;
 - формирование регионального пакета программ для организации регионального вещания;
 - адаптация сформированных транспортных потоков к передаче в одночастотных сетях вещания;

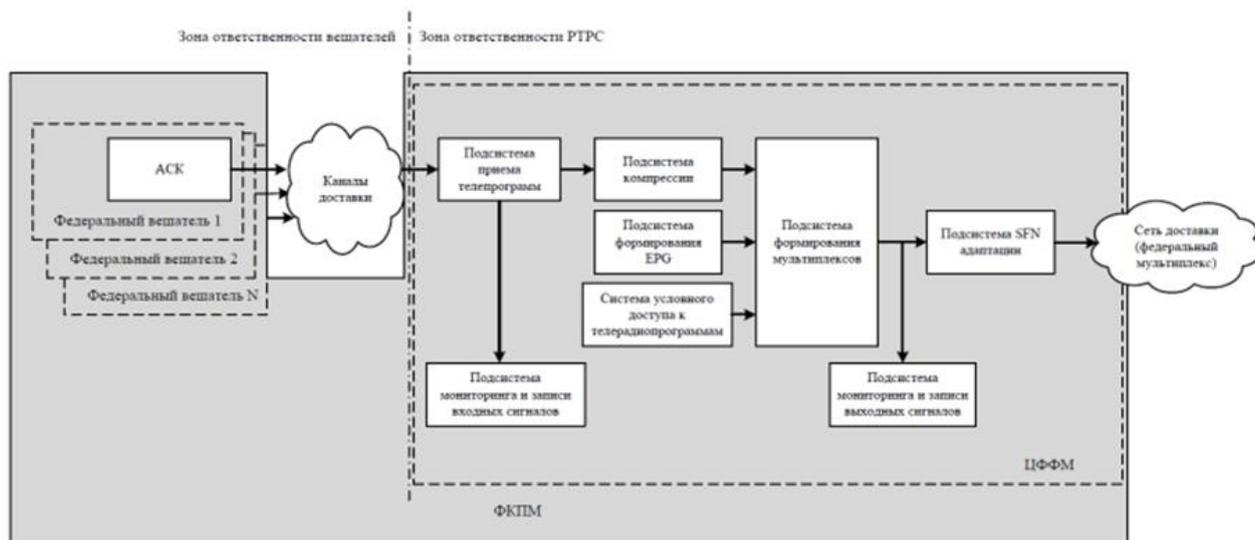


Рис. 5. Структурная схема ФКПМ

- реализация условного доступа к телерадиопрограммам (при необходимости);
- замещение всех телеканалов мультиплекса на сигналы оповещения, в случае поступления таковых на вход РЦФМ;
- формирование электронного программного гида по телерадиопрограммам;
 - управление, контроль и мониторинг систем, входящих в региональный и местные узлы;
 - формирование отчетов о факте вставки региональных программ в федеральные программы и о сбоях в работе узлов;
 - передача сформированных отчетов в федеральный сегмент.

Входными сигналами РКПМ в зависимости от типа используемых каналов связи могут быть сигналы DVB-S/S2 (при использовании спутниковых магистральных каналов связи) и/или сигналы с интерфейсами SDH/PDH или IP (при использовании наземных магистральных каналов связи).

РКПМ каждого региона состоит из:

- Оборудование АСК региональных вещателей, осуществляющее включение в SDI сигналы региональных телеканалов служебных данных, необходимых для осуществления региональной модификации на РЦФМ;
- РЦФМ;
- Оборудование реплейсинга, уставленное на РТПС.

Структурная схема РКПМ приведена на *Рис. 6*.

Оборудование включения в SDI сигналы региональных телеканалов служебных данных не входит в зону ответственности РТПС, в связи с тем, что каждый вещатель принимает решение о типе этого оборудования и степени его интеграции в структуру своего АСК. Тем не менее, от качества её функционирования и точности настройки зависит работоспособность системы РКПМ в целом.

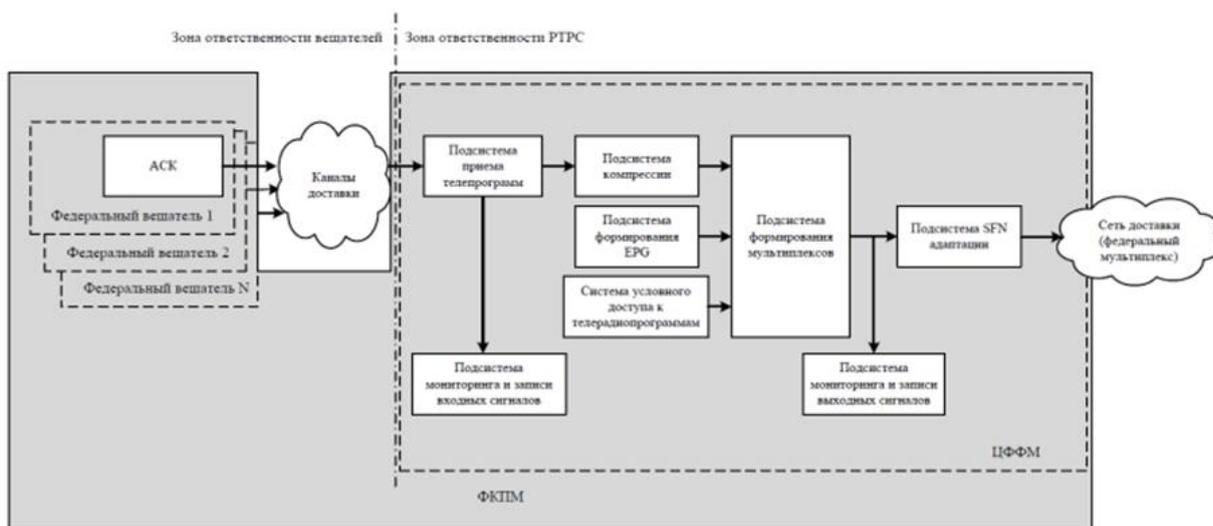


Рис. 6. Структурная схема РКПМ

МЕТОДИКА И СРЕДСТВА ОЦЕНКИ ЗОНЫ ПРИЕМА РЭС В СЕТИ ЦИФРОВОГО ЭФИРНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

При размещении новых станций цифрового эфирного телевидения – одним из главных параметров является зона обслуживания. Расчетами этого параметра в РФ занимается областные филиалы РТПС с использованием программно-методического комплекса “Проектирование и Анализ Радиосетей – ПИАР”. ПИАР на данный момент является устаревшим и исключена из реестра программного обеспечения: отсутствует техническая поддержка, используемый масштаб карты является неудовлетворительным для выполнения точных расчетов, ПО на котором работает комплекс также является устаревшим.

В качестве примера для оценки зоны покрытия

нами была выбрана радиотелевизионная передающая станция “Астраханская Телебашня», расположенная в черте города. Она была построена в 1961 году, входит в состав филиала ФГУП «Российская телевизионная и радиовещательная сеть» под названием «Астраханский областной радиотелевизионный передающий центр». Расположена данное сооружение на улице Ляхова,4. Представляет собой 185-метровую телевышку на 4 бетонных опорах, уходящих в землю на 8 метров. Ствол башни до 155 метров представляет собой четырехгранную решетчатую пирамиду с базой основания 20 на 20 метров с переломом поясов на отметках 32 и 64 метра. С отметки 155 до 180 метров ствол представляет собой четырехгранную решетчатую призму с базой 1,75 на 1,75 метров.

На верхней площадке установлен шпиль высотой 5 метров. В его основании размещены антенны, передающие сигнал первого и второго мультиплекса.

Для выполнения исследования был выбран программный комплекс ONEPLAN RPLS-DB RFP (ОНЕГА) [11]. ОНЕГА была разработана компанией “Инфотел” в 2001 году. Компания является известным российским разработчиком программного обеспечения и сотрудничает с огромным количеством учреждений. На сегодняшний день программный комплекс находится в реестре российского программного обеспечения.

Данный комплекс позволяет автоматизировать планирование и оптимизацию сетей подвижной связи, беспроводного доступа и эфирного вещания. Он необходим для таких отраслей, как:

- Телекоммуникационная отрасль
- Нефтегазовый сектор
- Энергетика
- Транспорт
- Поддержка при чрезвычайных ситуациях
- Приборостроение
- Образование

На текущий момент данной программой пользуются федеральный и региональный операторы связи, операторы радиодоступа и вещания, собственники телекоммуникационных сетей, интеграторы, проектные организации, регуляторы использования радиочастотного спектра, силовые структуры, производители оборудования и отраслевые образовательные учреждения.

Задачи, которые может выполнить программный комплекс:

- Прогнозирование и оптимизация покрытия сети
- Определение зон сервирования
- Обеспечение требований к надежности
- Определение зоны обслуживания
- Расчет обслуженного населения
- Снижение интерференции
- Оценка качества передачи данных и речи с учетом интерференции и трафика
- Оценка возможности предоставления услуги заданного качества по конкретным адресам
- Распределение частот, кодов
- Формирование заявки в ГРЧЦ
- Планирование соседства
- Анализ реальной сети: статистика и измерения
- Калибровка модели РРВ по результатам драйв тестов
- Автоматическое размещение БС с учетом трафика и местности

ОНЕГА может поддерживать многопроцессорные и распределенные расчеты и имеет диапазон применения при расчете от 30 МГц до 30 ГГц. Также данный

программный комплекс имеет широкий набор встроенных откалиброванных моделей РРВ: детерминированные, Ray tracing, статистические и эмпирические.

ОНЕГА позволяет моделировать сети радиосвязи в различных стандартах, в том числе:

- Мультистандартных сетей сотовой связи GSM/GPRS/EDGE, UMTS/HSPA/HSPA+, CDMA/1xRTT/EVDO, LTE, LTE-A
- Интернета вещей: LPLA, M2M, LPWA (СТРИЖ, LoRa, LTE-M, eMTC, EC-GSM, NB-IoT)
- Профессиональной связи MPT 1327, TETRA, DMR, GSM-R, LTE-R, eLTE
- Систем широкополосного радиодоступа McWiLL, WiMAX, WiMiC, Wi-Fi
- Аналоговых и цифровых сетей вещания T-DAB, DVB-H, DVB-T, DVB-T2

Программный комплекс имеет поддержку следующих вещей:

- TDMA, CDMA, OFDMA, FDD, TDD
- Power Control, DTX, AMR
- многодиапазонные и адаптивные антенные системы AAS
- пространственное разнесение, SU-MIMO, MU-MIMO, AMS
- SFN, eICIC (SFR, PFR, FFR), FUSC, PUSC
- FH (MAL, HSN, MAIO), BSIC, SC, PN, PCI, RSI
- напряженность ЭМП, RxLev, RSCP, RSRP
- C/I, C/A, C/IA, SINR, Ec/No, Eb/No, RSRQ
- QoS, Throughput
- Active Set, Pilot Pollution, HO, SHO, LOS и др.

Он имеет встроенный справочник с параметрами оборудования и шаблонами. А также позволяет производить экспорт результатов в распространенные графические, текстовые и табличные форматы.

В сравнение с программный комплексом “ПИАР” он имеет несколько преимуществ:

- Полный набор функциональных возможностей для решения задач планирования и оптимизации указанных сетей в простом для освоения и применения интерфейс
- Расширение возможностей для решения специфических задач в сжатые сроки
- Надежность работы комплекса
- Точность результатов, проверенная на практике
- Лучшее ценовое предложение за полный функциональный набор
- Доступность
- Возможность получения технической поддержки

1	14	55	140	375	700
2	15	60	150	400	725
3	16	65	160	425	750
4	17	70	170	450	775
5	18	75	180	475	800
6	19	80	190	500	825
7	20	85	200	525	850
8	25	90	225	550	875
9	30	95	250	575	900
10	35	100	275	600	925
11	40	110	300	625	950
12	45	120	325	650	975
13	50	130	350	675	1000

Станция передает сигнал на частотах 514 МГц (РТРС-1) и на 594 МГц (РТРС-2). Передающие антенны расположены на высоте 180 метров.

Для проведения расчета была использована методика определения зоны обслуживания одиночной передающей станции наземного цифрового телевизионного вещания стандарта DVB-T2, утвержденной Государственной Комиссией по Радиочастотам при Министерстве Связи и Массовых Коммуникаций РФ от 16 октября 2015 года [12-14]. Порядок действий, осуществляемых по методике, представляют собой следующее:

1) Необходимо провести линию от объекта и расположить на ней точки с шагом 100 метров, так как мощность передатчика выше 100 Вт.

2) Для каждой точки нужно указать начальные параметры в следующем виде:

а. Высота подвеса антенны равна 180 метрам.

б. Частота равна 514 МГц при РТРС-1 и 594 МГц при РТРС-2.

с. Расстояние до БС.

3) Вычисляем напряженность поля в каждой точке. Для вычисления напряженности воспользуемся методом прогнозирования для трасс связи “пункта с зоной” для наземных служб в диапазоне от 30 МГц до 300МГц. По данной методике нужно выполнить следующие действия:

а. Провести сравнение расстояния до БС с фиксированными значениями в табл. 5. Если расстояние совпадает, тогда напряженность поля вычисляется по графикам (Рис. 7 и 8)

б. Если требуемое расстояние не совпадает, то

следует выполнить интерполяцию по расстоянию. Для этого следует определить ближайшие табличные значения по расстоянию по табл.13 и определить напряженность поля в данных точках (см. Рис. 7 и 8). Далее следует воспользоваться следующей формулой (1):

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) * \frac{\log\left(\frac{d}{d_{inf}}\right)}{\log\left(\frac{d_{sup}}{d_{inf}}\right)}, \quad (1)$$

где d_{inf} - табличное значение расстояния, меньшее d

d_{sup} - табличное значение расстояния, большее d

E_{inf} - табличное значение напряженности поля для d_{inf}

E_{sup} - табличное значение напряженности поля для d_{sup}

с. Если требуемое расстояние не совпадает, то следует выполнить интерполяцию по расстоянию. Для этого следует определить ближайшие табличные значения по расстоянию

д. Провести сравнение высоты подвеса антенны с фиксированными значениями в табл.6. Если высота совпадает, тогда напряженность поля вычисляется по графикам (см. Рис. 7 и 8).

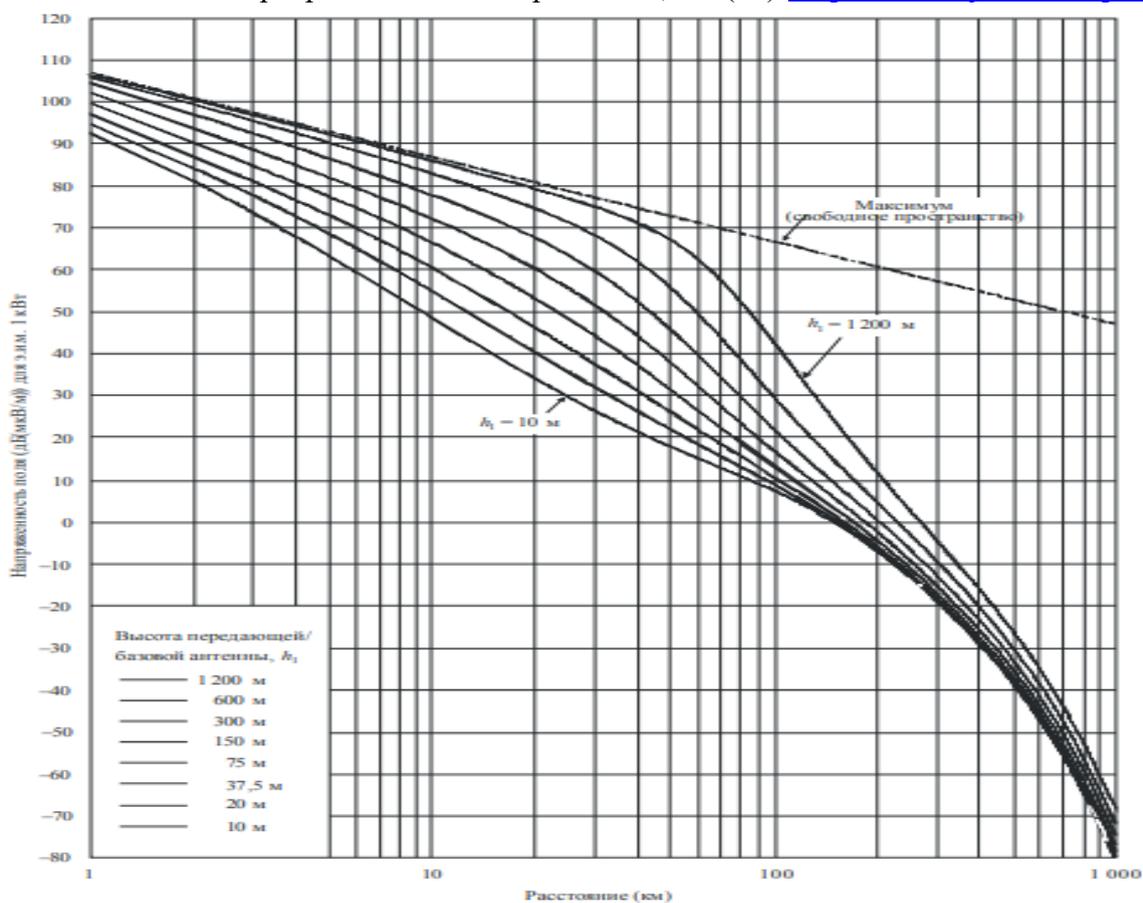


Рис.7. График зависимости напряженности поля от расстояния на частоте 600 МГц

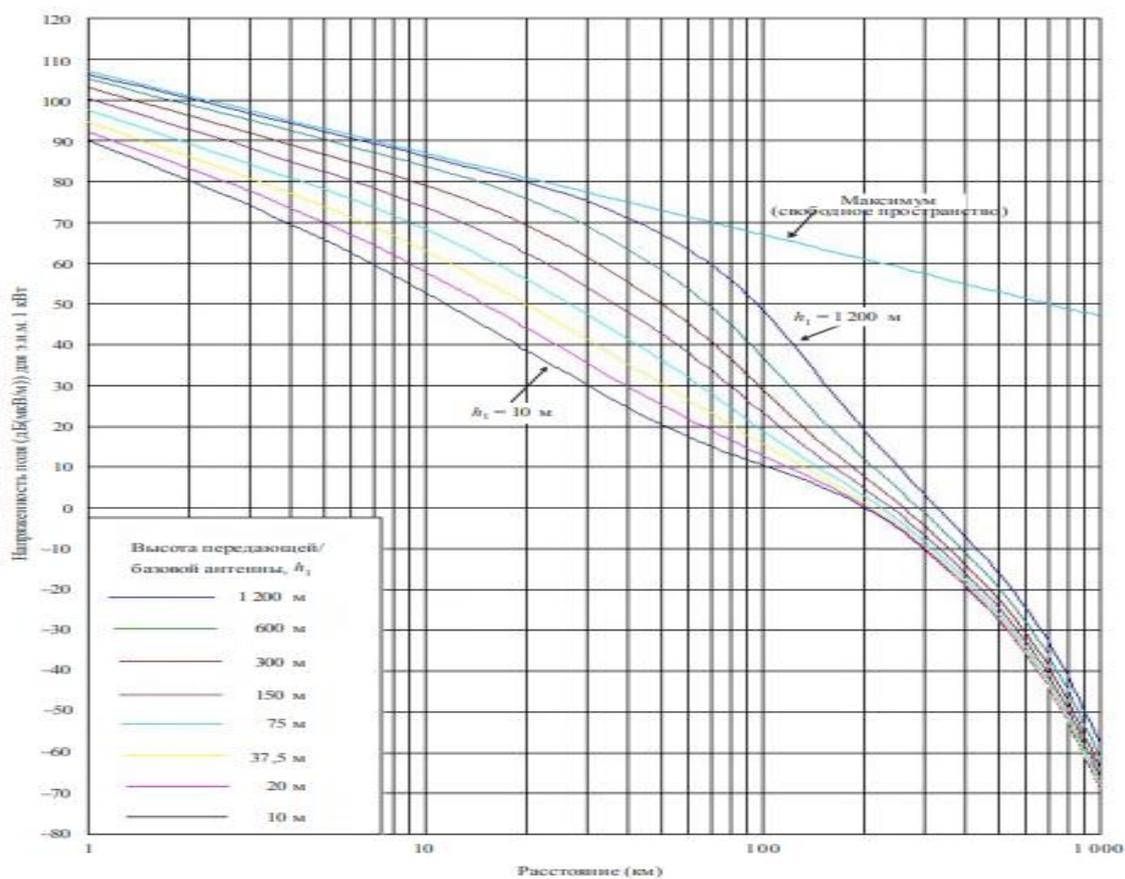


Рис.8. График зависимости напряженности поля от расстояния на частоте 100 МГц

Таблица 6 – Табличные значения высоты подвеса антенны в метрах

10	150
20	300
37,5	600
75	1200

е. Если требуемая высота не совпадает, то следует выполнить интерполяцию по высоте. Для этого необходимо определить ранее вычисленную напряженность поля по расстоянию как E_{sup} . И повторить пункты 1,2 для высоты равной h_{inf} . Получившееся значение напряженности поля будет являться E_{inf} . Далее необходимо выполнить вычисления по следующей формуле (2):

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) * \frac{\log(\frac{h}{h_{inf}})}{\log(\frac{h_{sup}}{h_{inf}})}, \quad (2)$$

где h_{inf} - табличное значение высоты подвеса антенны, меньшее h ;

h_{sup} - табличное значение высоты подвеса антенны, большее h .

ф. Провести сравнение частоты с фиксированными значениями в табл. 7. Если частота совпадает, тогда напряженность поля вычисляется по графикам (см. Рис. 7 и 8).

Таблица 7 - Табличные значения частоты в МГц

100
600
2000

г. Если требуемая частота не совпадает, то следует выполнить интерполяцию по частоте. Для этого необходимо определить ранее вычисленную напряженность поля по высоте как E_{sup} . И повторить пункты 1-4 для частоты равной f_{inf} . Получившееся значение напряженности поля будет являться E_{inf} . После, необходимо выполнить вычисления по следующей формуле (3):

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) * \frac{\log(\frac{f}{f_{inf}})}{\log(\frac{f_{sup}}{f_{inf}})}, \quad (3)$$

где f_{inf} - табличное значение частоты, меньшее f ;

f_{sup} - табличное значение частоты, большее f .

4) Сравним полученное значение напряженности поля с минимальным необходимым значением – 55,1 дБ для 514 МГц и 56,1 дБ для 594 МГц. У наиболее приближенного к минимуму значения напряженности поля определяем расстояние. Данное расстояние и будет радиусом зоны обслуживания необходимой нам станции.

ПРИМЕР РАСЧЕТНОЙ ОЦЕНКИ ЗОНЫ ПРИЕМА РЭС В СЕТИ ЦИФРОВОГО ЭФИРНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

1) Начнем с определения начальных параметров точки. Была взята точка с параметрами указанными в табл. 8.

Таблица 8 – Начальные параметры точки расчета

Расстояние до БС, d	28 км
Высота подвеса антенны, h	180 м
Частота, f	514 МГц

2) Сравним значения расстояния с табличными (табл.5). Выбранное расстояние не является табличным. Значит необходимо провести интерполяцию по расстоянию.

3) Проведем интерполяцию по расстоянию. Для этого определим ближайшие табличные значения и определим в них напряженность поля. Полученные данные указаны в табл. 9.

Таблица 9 – Параметры точек при высоте подвеса антенны 300 метров и частоте 600 МГц.

d_{inf}	25 км
d_{sup}	30 км
E_{inf}	63 дБ
E_{sup}	59 дБ

4) Подставляем полученные данные в формулу интерполяции по расстоянию (5) и вычисляем напряженность поля.

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) * \frac{\log(\frac{d}{d_{inf}})}{\log(\frac{d_{sup}}{d_{inf}})} = 37.209 \text{ [дБ]}$$

5) Данная напряженность поля определена на высоте подвеса антенны 300 метров, частоте 600 МГц и расстоянию 28 км.

6) Далее сравниваем значения высоты подвеса антенны с табличными (табл.6). Выбранная высота не является табличной. Значит необходимо провести интерполяцию по высоте

7) Проведем интерполяцию по высоте. Для этого необходимо определить ближайшие табличные значения и вычислить в них

напряженность поля на расстоянии 28 км, т.е. необходимо провести интерполяцию по расстоянию на высотах 150м и 300м. Полученные данные указаны в табл. 10.

Таблица 10 – Параметры точек при частоте 600 МГц и расстоянии 28 км

h_{inf}	150 м
h_{sup}	300 м
E_{inf}	52,514 дБ
E_{sup}	60,514 дБ

8) Подставляем полученные данные в формулу интерполяции по высоте (3.2) и вычисляем напряженность поля.

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) * \frac{\log(\frac{h}{h_{inf}})}{\log(\frac{h_{sup}}{h_{inf}})} = 31.313 [\text{дБ}]$$

Данная напряженность поля определена на расстоянии 28 км, высоте подвеса антенны 180 м и частоте 600 МГц.

9) Далее сравниваем значения частот с табличными (табл.7). Выбранная частота не является табличной. Значит необходимо провести интерполяцию по частоте.

10) Проведем интерполяцию по частоте. Для этого необходимо определить ближайшие табличные значения и вычислить в них напряженность поля. Определять надо на расстоянии 28 км и высоте подвеса антенны 180м. То есть надо провести интерполяцию по высоте на частотах 100 МГц и 600 МГц. Полученные значения указаны в табл. 11.

Таблица 11 - Параметры точек при высоте подвеса антенны 180 м и расстоянии 28 км

f_{inf}	100 МГц
f_{sup}	600 МГц
E_{inf}	57,518
E_{sup}	54,618

11) Подставляем полученные данные в формулу интерполяции по частоте (3.3) и вычисляем

напряженность поля.

12) Данная напряженность поля определена на расстоянии 28 км, высоте подвеса антенны 180 м и частоте 514 МГц. То есть в выбранной нами точке.

13) Так как напряженность поля в рекомендациях определена для передатчика мощность 1 кВт, нам необходимо пересчитать напряженность поля для 5 кВт.

$$E_{5кВт} = E * 2.2 = 31.891 * 2.2 = 70.16 [\text{дБ}]$$

14) Итог вычислений. Напряженность поля на частоте 514 МГц, на расстоянии 28 км и с высотой подвеса антенны 180м равна 70.16 дБ.

15) Подставляем полученные данные в формулу интерполяции по частоте (3) и вычисляем напряженность поля.

$$E = E_{inf} + (E_{sup} - E_{inf}) * \frac{\log(\frac{f}{f_{inf}})}{\log(\frac{f_{sup}}{f_{inf}})} = 31.891 [\text{дБ}]$$

Данная напряженность поля определена на расстоянии 28 км, высоте подвеса антенны 180 м и частоте 514 МГц. То есть в выбранной нами точке.

16) Так как напряженность поля в рекомендациях определена для передатчика мощность 1 кВт, нам необходимо пересчитать напряженность поля для 5 кВт

$$E_{5кВт} = E * 2.2 = 31.891 * 2.2 = 70.16 [\text{дБ}]$$

17) Итог вычислений. Напряженность поля на частоте 514 МГц, на расстоянии 28 км и с высотой подвеса антенны 180м равна 70.16 дБ.

После проведения расчетов, сравнили полученные результаты напряженности поля с минимальным необходимым значением.

Определили, что на частоте 514 МГц – радиус зоны покрытия равен 80,9 км при минимальной напряженности поля 55,1 дБ, а на частоте 594 МГц – радиус зоны обслуживания составляет 78,4 км при минимальной напряженности поля 56,1 дБ.

По полученным расчетным данным построили графики зависимости напряженности поля от расстояния до БС (Рис. 9 и рис. 10). Для выполнения данной задачи был использован программный комплекс MathCad.

Таблица 13 – Напряженности поля на частотах 514 и 594 МГц при 5 кВт

Расстояние, км	Напряженность поля на 514 МГц, дБ	Напряженность поля на 594 МГц, дБ
1	225,806	226,115
1,1	223,485	223,775
1,2	221,336	221,64
1,3	219,416	219,675
1,4	217,611	217,856
1,5	215,931	216,163
1,6	214,359	214,579
1,7	212,883	213,091
1,8	211,491	211,688
1,9	210,174	210,361
2	208,925	209,102
3	196,615	196,501
4	189,505	189,327
5	183,046	182,736
6	179,205	178,914
7	173,408	172,907
8	169,132	168,515
9	166,367	165,737
10	162,145	161,349
11	159,952	159,149
12	157,775	156,951
13	155,612	154,753
14	151,978	150,944
15	149,836	148,748
16	147,702	146,552
17	144,094	142,744
18	141,974	140,55
19	139,861	138,355
20	137,752	136,161
25	127,803	125,771
30	119,413	116,997
35	109,596	106,615
40	103,309	100,036
45	97,053	93,458
50	92,302	88,494
55	86,618	82,495
60	78,411	73,733
65	74,237	69,348
70	69,546	64,388
75	64,865	59,428
78	57,637	56,459
78,4	57,292	56,11
78,5	57,206	56,023
80	55,93	54,734
80,5	55,478	54,282
80,9	55,119	53,922
81	55,029	53,832

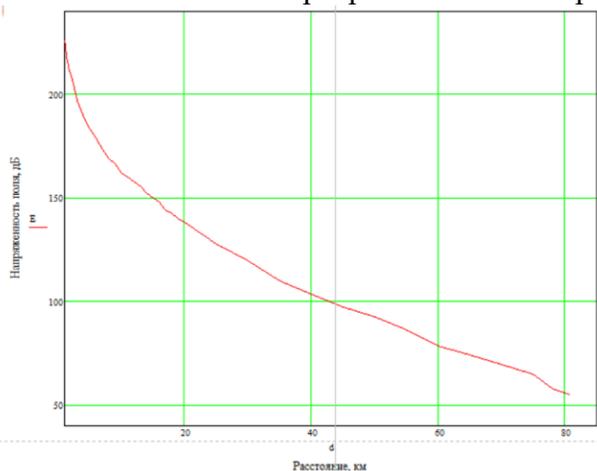


Рис. 9. График зависимости напряженности поля от расстояния на частоте 514 МГц

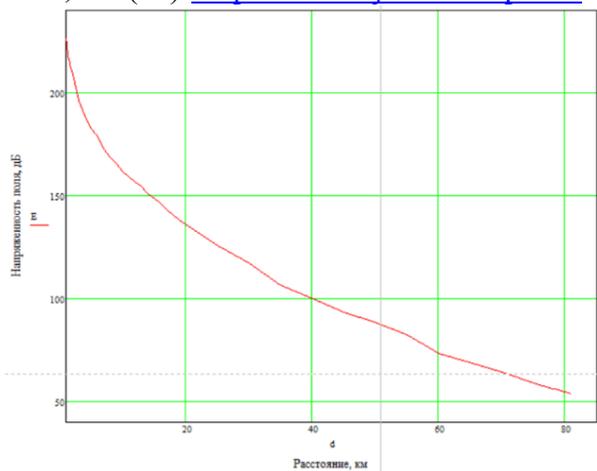


Рис. 10. График зависимости напряженности поля от расстояния на частоте 594 МГц

На основе полученных данных сделали вывод, что радиус зоны обслуживания является избыточным, так как доходит до зон обслуживания БС на той же частоте и вызывает помехи на этих станциях. Поэтому было принято решение о необходимости уменьшения мощности передатчика до 3 кВт. В табл. 15 показаны результаты, полученные путем проведения расчетов для мощности передатчика равного 3 кВт.

ПРИМЕР ОЦЕНКИ ЗОНЫ ПРИЕМНИКА РЭС В СЕТИ ЦИФРОВОГО ЭФИРНОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ОНЕГА

Для выполнения расчета на ОНЕГА [15, 16] были использованы параметры, указанные в табл. 14.

Таблица 14 – Начальные параметры необходимые для расчета в ОНЕГА

Параметр	Значение
Координаты объекта	46°21'37"N, 48°02'55"E
Высота подвеса антенны	180 м
Мощность передатчика	5 кВт
Модель антенны	ATU-Z42
Частота	514 МГц и 594 МГц
Шаг расчета	20 м

Таблица 15 – Напряженности поля на частотах 514 и 594 МГц при 3 кВт

Расстояние, км	Напряженность поля на 514 МГц, дБ	Напряженность поля на 594 МГц, дБ
1	225,806	226,115
1,1	223,485	223,775
1,2	221,336	221,64
1,3	219,416	219,675
1,4	217,611	217,856
1,5	215,931	216,163
1,6	214,359	214,579
1,7	212,883	213,091
1,8	211,491	211,688
1,9	210,174	210,361
2	208,925	209,102
3	196,615	196,501
4	189,505	189,327
5	183,046	182,736
6	179,205	178,914
7	173,408	172,907
8	169,132	168,515
9	166,367	165,737
10	162,145	161,349
11	159,952	159,149
12	157,775	156,951

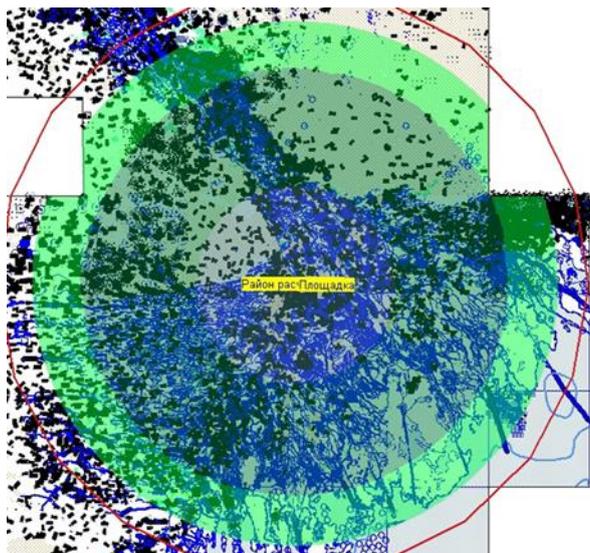


Рис. 11. Радиус зоны обслуживания объекта, рассчитанной в ОНЕГА, на частоте 514 МГц

Порядок выполнения расчета, следующий:

- 1) Разместили БС в указанных координатах
- 2) Указали модель антенны
- 3) Указали высоту подвеса антенны, мощность передатчика и частоту
- 4) Указали максимальный радиус для проведения расчетов
- 5) Запустили проведения расчета. В нем указали шаг расчета и модель расчета.

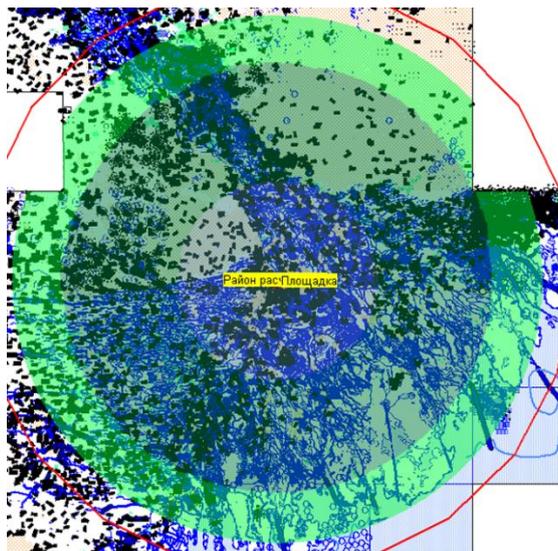


Рис. 12. Радиус зоны обслуживания объекта, рассчитанной в ОНЕГА, на частоте 594 МГц

Результаты расчета приведены на рис. 12 для 514 МГц и на рис. 13 для 594 МГц.

С учетом легенды, было определено, что зона обслуживания по расчетам на ОНЕГА равны 81 и 78 км на частотах 514 и 594 МГц соответственно. Данные значения приближены к значениям, полученным при проведении расчетов ранее, что позволяет говорить об адекватности полученных результатов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате исследования был проведен расчет зоны обслуживания "Астраханской телебашни". По данным расчетов на частоте 514 МГц радиус зоны обслуживания составил 80,9 км, а на частоте 594 МГц, радиус составил 78,4 км при мощности передатчика 5 кВт. Исходя из этого, можно рекомендовать уменьшить мощность передатчика до 3 кВт, чтобы довести радиус зоны обслуживания до 64,9 и 62,3 км соответственно, что соответствует потребностям абонентов телевизионной сети. Также целесообразно рекомендовать использовать в качестве инструментария программный комплекс ОНЕГА для проведения необходимых вычислений в дальнейшем.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Постановление Правительства Российской Федерации от 3 декабря 2009 года № 985 О федеральной целевой программе "Развитие телерадиовещания в российской федерации на 2009-2018 годы".
- [2] Указ Президента Российской Федерации «Об общероссийских обязательных общедоступных телеканалов и радиоканалов» от 30 сентября 2012 г. № 1335.
- [3] Указ Президента РФ от 12 мая 2011 г. N 637 «О внесении изменений в Указ Президента Российской Федерации от 24 июня 2009 г. N 715 «Об общероссийских обязательных общедоступных телеканалах и радиоканалах» и в перечень, утвержденный этим Указом»
- [4] ГОСТ Р 55696-2013 Телевидение вещательное цифровое. Передающее оборудование для цифрового наземного телевизионного вещания DVB-T/T2. Технические требования. Основные параметры.
- [5] ГОСТ Р 58020-2017 Системы коллективного приема сигнала эфирного цифрового телевизионного вещания. Основные параметры, технические требования, методы измерений и испытаний.
- [6] Быховский М.А. Основы частотного планирования сетей телевизионного вещания: учеб. пособие. / М.А. Быховский В.Г. Дотолов, А.В. Лашкевич и др – М.: Горячая линия Телеком, 2015. – 308 с.
- [7] Карякин В. Л. Технология эксплуатации систем и сетей цифрового телевидения стандарта DVB-T2 [Текст]: монография / - Москва: СОЛОН-Пресс, 2014. — 157 с. : ил. - (Библиотека инженера.); ISBN 978-5-91359-136-4
- [8] Карякин В.Л. Цифровое телевидение. Учебное пособие для вузов. — Москва: СОЛОН-Пресс, 2019. — 460 с.; ISBN 978-5-91359-324-5
- [9] Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second-generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). ETSI EN 302 755 V1.3.1.
- [10] Пищин, О. Н. Исследование эффективности помехозащищенности радиоканала авиационной радиосвязи / О. Н. Пищин, К. П. Воронина // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. – 2022. – № 4. – С. 48-53.
- [11] ONEPLAN RPLS-DB [Электронный ресурс] // URL: <http://www.rpls.ru/ru/>
- [12] Методика расчетов электромагнитной совместимости и условий совместного использования радиоэлектронных средств телевизионного вещания с

радиоэлектронными средствами сухопутной подвижной службы в полосе частот 470-862 МГц // Приложение к решению ГКРЧ от 23 ноября 2020 г. № 20-56-02-1 - г. Москва, 2020

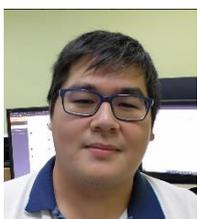
- [13] Методика определения зоны обслуживания одиночной передающей станции наземного цифрового ТВ-вещания стандарта DVB-T2 // Приложение № 1 к решению ГКРЧ от 16 октября 2015 г. № 15-35-04 - Москва 2014
- [14] Метод прогнозирования для трасс связи "пункта с зоной" для наземных служб в диапазоне частот от 30 МГц до 3000 МГц // Рекомендации МСЭ-R P.1546-5
- [15] Применение технологии NB IoT на примере жилого комплекса "Сердце Каспия" / А. В. Осовский, Д. В. Кутузов, Н. С. Мальцева [и др.] // Автоматика и программная инженерия. – 2022. – № 3(41). – С. 36-46.
- [16] Влияние факторов окружающей среды на системы связи пятого поколения / Н. С. Мальцева, Д. С. Бондаренко, А. В. Осовский [и др.] // Автоматика и программная инженерия. – 2022. – № 3(41). – С. 54-59.



Алексей Викторович Осовский – кандидат технических наук, доцент кафедры «Связь» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16.
E-mail: a_osoovskiy@mail.ru



Наталья Сергеевна Мальцева – кандидат технических наук, заместитель директора по учебно-методической работе института Информационных технологий и коммуникаций Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16.
E-mail: maltsevans@mail.ru



Аймухамедов Дамир Русланович – магистрант 2-го года обучения направления «Инфокоммуникационные технологии и системы связи», Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16.
E-mail: aymuhamedovdamir@gmail.com



Радмила Муслимовна Бакалаева – студентка 4 курса направления «Инфоком-муникационные технологии и системы связи», Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16.
E-mail: bakalaeva.r@gmail.com



Денис Валерьевич Кутузов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Связь» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16.
E-mail: d_kutuzov@mail.ru

Статья поступила 21.12.2022.

Evaluation of the Zone of Reliable Reception in the Network of Digital Terrestrial Television Broadcasting on the Example of the Astrakhan Television Center

D.R. Aymuhamedov, D.V. Kutuzov, A.V. Osovskiy, N.S. Maltseva, R.M. Bakalaeva
Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

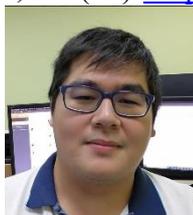
Abstract: The article presents a description of the features of the operation of digital television broadcasting of the DVB-T2 standard. In the study, the calculation of the zone of reliable reception in the network of digital terrestrial television broadcasting of the Astrakhan television center was made. Based on these data, the dependences of the field strength on distance were plotted. Using the ONEGA software package, a coverage map was obtained. Recommendations are given for optimizing the parameters of the equipment for the operation of the transmitting center.

Key words: digital television, DVB-T2, reliable reception, on-air television broadcasting, ONEGA.

REFERENCES

- [1] Postanovlenie Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 3 dekabrya 2009 goda № 985 O federal'noj celevoj programme "Razvitie teleradioveshchaniya v rossijskoj federacii na 2009-2018 gody".
- [2] Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii «Ob obshcherossijskih obyazatel'nyh obshchedostupnyh telekanalah i radiokanalah» ot 30 sentyabrya 2012 g. № 1335.
- [3] Ukaz Prezidenta RF ot 12 maya 2011 g. N 637 «O vnesenii izmenenij v Ukaz Prezidenta Rossijskoj Federacii ot 24 iyunya 2009 g. N 715 «Ob obshcherossijskih obyazatel'nyh obshchedostupnyh telekanalah i radiokanalah» i v perechen', utverzhdenyj etim Ukazom»
- [4] GOST R 55696-2013 Televidenie veshchatel'noe cifrovoe. Peredayushchee oborudovanie dlya cifrovogo nazemnogo televizionnogo veshchaniya DVB-T/T2. Tekhnicheskie trebovaniya. Osnovnye parametry.

- [5] GOST R 58020-2017 Sistemy kollektivnogo priema signala efirmogo cifrovogo televizionnogo veshchaniya. Osnovnye parametry, tekhnicheskie trebovaniya, metody izmerenij i ispytaniy.
- [6] Byhovskij M.A. Osnovy chastotnogo planirovaniya setej televizionnogo veshchaniya: ucheb. posobie. / M.A. Byhovskij V.G. Dotolev, A.V. Lashkevich i dr – M.: Goryachaya liniya Telekom, 2015. – 308 s.
- [7] Karyakin V. L. Tekhnologiya ekspluatatsii sistem i setej cifrovogo teledideniya standarta DVB-T2 [Tekst]: monografiya / - Moskva: SOLON-Press, 2014. — 157 s. : il. - (Biblioteka inzhenera.); ISBN 978-5-91359-136-4
- [8] Karyakin V.L. Cifrovoe teledenie. Uchebnoe posobie dlya vuzov. — Moskva: SOLON-Press, 2019. — 460 c.; ISBN 978-5-91359-324-5
- [9] Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second-generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2). ETSI EN 302 755 V1.3.1.
- [10] Pishchin, O. N. Issledovanie effektivnosti pomekhozashchishchennosti radiokanala aviacionnoj radiosvyazi / O. N. Pishchin, K. P. Voronina // Vestnik Astrahanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika. – 2022. – № 4. – S. 48-53.
- [11] ONEPLAN RPLS-DB [Elektronnyj resurs] // URL: <http://www.rpls.ru/>
- [12] Metodika raschetov elektromagnitnoj sovместimosti i uslovij sovместnogo ispol'zovaniya radioelektronnyh sredstv televizionnogo veshchaniya s radioelektronnyimi sredstvami suhoputnoj podvizhnoj sluzhby v polose chastot 470-862 MGc // Prilozhenie k resheniyu GKRCH ot 23 noyabrya 2020 g. № 20-56-02-1 - g. Moskva, 2020
- [13] Metodika opredeleniya zony obsluzhivaniya odinochnoj peredayushchej stancii nazemnogo cifrovogo TV-veshchaniya standarta DVB-T2 // Prilozhenie № 1 k resheniyu GKRCH ot 16 oktyabrya 2015 g. № 15-35-04 - Moskva 2014
- [14] Metod prognozirovaniya dlya trass svyazi "punkta s zonoj" dlya nazemnyh sluzhb v diapazone chastot ot 30 MGc do 3000 MGc // Rekomendacii MSE-R R.1546-5
- [15] Primenenie tekhnologii NB IoT na primere zhilogo kompleksa "Serdce Kaspiya" / A. V. Osovskij, D. V. Kutuzov, N. S. Mal'ceva [i dr.] // Avtomatika i programmaya inzheneriya. – 2022. – № 3(41). – S. 36-46.
- [16] Vliyanie faktorov okruzhayushchej sredy na sistemy svyazi pyatogo pokoleniya / N. S. Mal'ceva, D. S. Bondarenko, A. V. Osovskij [i dr.] // Avtomatika i programmaya inzheneriya. – 2022. – № 3(41). – S. 54-59.



Damir R. Aymuhamedov, master of direction "Infocommunication technologies and communication systems", Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Tatishev St., 16.

E-mail:

aymuhamedovdamir@gmail.com



Denis V. Kutuzov is Cand. of Tech. Science, Asst. Prof. Of "Communications" Dept., Astrakhan State Technical University, Astrakhan, 16 Tatisheva Str.

E-mail: d_kutuzov@mail.ru



Alexey V. Osovskiy is Cand. of Tech. Science, Asst. Prof. Of "Communications" Dept., Astrakhan State Technical University, Astrakhan, 16 Tatisheva Str.

E-mail: a_osevskiy@mail.ru



Nataliya S. Maltseva is Cand. of Tech. Science, Asst. Director in Education of the Institute of Informatics and Communications. Astrakhan State Technical University, Astrakhan, 16 Tatisheva Str.

E-mail: maltsevans@mail.ru



Radmila M. Bakalaeva is four-year student, educ. program "Mobile Communication Systems". Astrakhan State Technical University, Astrakhan, 16 Tatisheva Str.

E-mail: bakalaeva.r@gmail.com

The paper has been received on 21/12/2022.

Эксперимент по измерению наблюдаемого темпа хода движущихся часов

Коллектив авторов:

1. Абдульманов¹ Тимур Маратович,
2. Антохин¹ Евгений Александрович, к.т.н.,
3. Барашков¹ Иван Александрович,
4. Белик⁴ Сергей Анатольевич,
5. Борсоев⁷ Владимир Александрович, д.т.н.,
6. Будников¹ Даниил Сергеевич,
7. Верховец³ Михаил Наильевич, аспирант,
8. Винников³ Артем Юрьевич, аспирант,
9. Власов¹ Илья Михайлович,
10. Власов Роман Юрьевич, к.т.н.,
11. Волокитин³ Илья Александрович, аспирант,
12. Ву Хан¹ Ян Ламович, аспирант,
13. Галкин¹ Евгений Юрьевич,
14. Гимишян³ Микаел Карапетович,
15. Голишова⁸ Надежда Сергеевна,
16. Горлова⁵ Анна Андреевна, аспирант,
17. Грачев³ Константин Олегович, аспирант,
18. Григорьев³ Сергей Васильевич, к.т.н.
19. Григорьева³ Елена Ивановна,
20. Давиденко⁸ Владислав Юрьевич, аспирант,
21. Дворников¹ Сергей Васильевич,
22. Джанабаев⁹ Александр Мэлсович,
23. Дмитренко Сергей Владимирович, к.в.н.,
24. Замула³ Александр Владимирович,
25. Затонский³ Виктор Максимович, к.т.н.,
26. Зашихин¹ Сергей Борисович,
27. Земсков³ Юрий Владимирович, к.т.н.,
28. Зинченко⁴ Виктор Григорьевич,
29. Зыков¹ Александр Викторович,
30. Иванов³ Александр Александрович, аспирант,
31. Ивановский¹¹ Николай Николаевич,
32. Истомина Андрей Сергеевич, к.т.н.,
33. Каверзнев³ Евгений Геннадьевич, аспирант,
34. Калюжный³ Юрий Васильевич,
35. Качан³ Дмитрий Владимирович,
36. Киселев^{1,4} Олег Александрович,
37. Клещев¹⁴ Константин Александрович, к.т.н.,
38. Ключников⁷ Юрий Иванович,
39. Ключин^{3,4} Ярослав Григорьевич, к.ф.-м.н.,
40. Княжский¹ Александр Юрьевич, к.т.н.,
41. Кравцов³ Валерий Федорович, к.т.н.,
42. Кобахидзе¹ Николай Андреевич,
43. Ковалев¹³ Алексей Георгиевич,
44. Колесникова¹² Юлия Фаридовна, к.э.н.
45. Колтаков⁸ Василий Николаевич,
46. Коньк Денис Александрович, аспирант
47. Копосов³ Артем Вадимович, аспирант
48. Кочетов⁴ Александр Евгеньевич,
49. Криворучко¹ Юрий Тимофеевич, д.т.н.,
50. Кривогузов³ Иван Александрович,
51. Крыжановский³ Георгий Алексеевич, д.т.н., профессор, Заслуженный деятель науки и техники РФ, действительный член (академик) шести академий,
52. Кубякин¹ Антон Михайлович,
53. Лебедева³ Наталья Александровна, к.и.н.,
54. Лемешко² Роман Андреевич, аспирант,
55. Ловлин¹ Юрий Витальевич,
56. Луговой⁸ Вениамин Геннадьевич,
57. Макаров⁸ Валерий Алексеевич,
58. Малышев³ Павел Максимович, аспирант
59. Медведев¹ Александр Дмитриевич,
60. Медведская Беата Леонидовна³, аспирант
61. Моисеев^{10,4} Борис Михайлович, к.т.н.,
62. Мурсалов¹ Дмитрий Леонидович, аспирант
63. Нестерович¹ Андрей Владимирович, аспирант,
64. Николаев³ Александр Кириллович,
65. Олексин³ Сергей Львович, к.т.н.,
66. Оришук¹ Алексей Александрович,
67. Павлова¹ Вера Владимировна,
68. Петухов^{1,4} Сергей Геннадьевич, д.т.н.
69. Плавский⁴ Сергей Иванович,
70. Плясовских¹ Александр Петрович*, д.т.н.,
71. Плясовских Галина Алексеевна,
72. Потоцкий¹ Игорь Дмитриевич, аспирант,
73. Прокопов¹ Дмитрий Викторович,
74. Прокопович³ Артемий Юрьевич, аспирант,
75. Сазанов³ Василий Евгеньевич, к.т.н.
76. Самойлов³ Владимир Александрович, к.п.н.,
77. Свириденко¹ Дмитрий Иванович,
78. Сегедин³ Руслан Адольфович, к.т.н.,
79. Сухотерин¹ Вячеслав Дмитриевич, к.т.н.,
80. Тарасенко¹ Александр Владимирович,
81. Таюрский³ Евгений Сергеевич,
82. Топилин¹, Алексей Александрович, к.т.н.,
83. Топилин¹ Владимир Юрьевич,
84. Устименко⁸ Иван Михайлович,
85. Федоров³ Андрей Валерьевич, к.п.н.
86. Фридман¹ Леонид Борисович, д.т.н.
87. Хижниченко¹ Александр Евгеньевич,
88. Целинко¹ Олег Владимирович,
89. Чепель¹ Евгений Викторович, к.т.н.,
90. Чижевский¹ Вячеслав Владимирович,

91. Шапошников⁶ Александр Викторович,
92. Шайдуров³ Иван Георгиевич, к.т.н.,
93. Шатраков¹ Юрий Григорьевич, д.т.н., профессор,
Заслуженный деятель науки РФ, Лауреат
Государственных премий СССР и премий
Правительства Санкт-Петербурга,
94. Шейко³ Эдуард Викторович,

95. Шляхов³ Никита Алексеевич, аспирант,
96. Щербаков¹ Егор Сергеевич, аспирант,
97. Юрьев¹ Роман Николаевич,
98. Яковлев¹ Александр Михайлович,
99. Яковлев Андрей Вячеславович, к.т.н.,
100. Яковлев¹ Виктор Тимофеевич, д.т.н.

Место работы авторов:

¹ Акционерное общество «Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры» (АО «ВНИИРА»)

² ООО «Компания КОМПЛИТ»

³ ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова

⁴ в настоящее время пенсионер

⁵ ФГБОУ ВО Ульяновский институт гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева

⁶ Санкт-петербургский политехнический университет Петра Великого

⁷ НОУ ДПО Институт аэронавигации, Россия

⁸ ФГУП «Госкопорация по ОрВД»

⁹ Государственное унитарное предприятие Центр «Узэроавиация», Узбекистан

¹⁰ Костромской государственной университет

¹¹ ООО «Авиапредприятие «Северсталь»

¹² Липецкий государственный педагогический университет им. С.-Тянь-Шанского

¹³ ООО «СТЦ»

¹⁴ Межгосударственный авиационный комитет (МАК)

* автор, ведущий переписку с редакционной коллегией

Аннотация. В работе приведены результаты практического эксперимента по измерению наблюдаемого темпа хода движущихся часов. В соответствии с результатами эксперимента двигающиеся к наблюдателю часы по наблюдениям идут быстрее неподвижных, а двигающиеся от наблюдателя часы по наблюдениям идут медленнее неподвижных. Этот результат противоречит специальной теории относительности (СТО), что требует своего объяснения. Эксперимент проводился с использованием моноимпульсного вторичного обзорного радиолокатора «Аврора-2» производства АО «ВНИИРА».

Ключевые слова: инерциальная система отсчета, наблюдатель, относительное движение, доплеровский эффект, измерение интервалов времени, темп хода часов, движущиеся часы, специальная теория относительности, СТО, эксперимент.

Графическая аннотация

Экспериментально доказано: двигающиеся к наблюдателю часы по наблюдениям идут *быстрее* неподвижных, двигающиеся от наблюдателя часы по наблюдениям идут *медленнее* неподвижных.



Результаты эксперимента противоречат СТО

1. ВВЕДЕНИЕ

Объектом экспериментального исследования, представленного в настоящей работе, являются, с одной стороны, процессы движения материальных тел и расположенных на них часов относительно наблюдателя, а с другой стороны, технические характеристики систем навигации и наблюдения, используемых в авиации и космонавтике.

Предметом исследования является эффект изменения наблюдаемого темпа хода часов, возникающий при их движении относительно наблюдателя. Суть этого эффекта заключается в том, что при наблюдении за движущимися часами оказывается, что интервал времени, отсчитанный по

наблюдаемым показаниям движущихся часов, не равен соответствующему интервалу времени таких же неподвижных часов, расположенных в непосредственной близости от наблюдателя.

Актуальность экспериментального исследования обусловлена тем, что в настоящее время результаты СТО широко используются в технических науках, в том числе в спутниковой навигации [1-7]. При этом ошибки в технических науках, связанные с неправильной трактовкой СТО или с ее некорректным применением в лучшем случае могут привести к ошибочным результатам при проведении НИР и НИОКР. В худшем случае эти ошибки могут привести к сбоям в работе

технических средств навигации и наблюдения, используемых в авиации и космонавтике, к ухудшению их технических характеристик, и, в конечном итоге, привести к снижению безопасности авиационных и космических полетов [8].

Напротив, правильная трактовка изучаемых в СТО эффектов позволит на практике разрабатывать более совершенные, более точные и надежные средства авиационного и космического наблюдения, авиационной и космической навигации. В конечном итоге, правильный учет результатов и формул СТО позволит обеспечить Российской Федерации технологическое преимущество, а также обеспечить повышение безопасности авиационных и космических полетов.

Рассмотрим следующий вопрос. Пусть по направлению к наблюдателю или от него движутся часы (которые расположены, например, на воздушном судне), и наблюдатель следит за их показаниями с использованием радиолокатора, либо с помощью системы радиовещательного автоматического зависимого наблюдения АЗН-В, либо с использованием оптических средств наблюдения (бинокля, например), либо показания часов транслируются ему с помощью видеокамеры по кадровой съемке и канала передачи данных, по которому передаются кадры. В последнем случае наблюдатель может видеть видеоизображение часов на экране монитора, которое передается ему онлайн от видеокамеры, снимающей часы и двигающейся вместе с часами.

Возникает вопрос: наблюдаемые показания движущихся часов отсчитывают ход времени с такой же скоростью (темпом), как неподвижные часы наблюдателя? Или же движущиеся часы по наблюдениям идут быстрее неподвижных? А может быть они идут медленнее неподвижных?

Сколько времени проходит по показаниям движущихся часов, когда по неподвижным часам проходит ровно одна секунда?

По сути, ответам на эти взаимосвязанные вопросы посвящается эта работа. Авторами экспериментально доказано, что стрелки движущихся к наблюдателю часов при их наблюдении движутся быстрее, чем стрелки неподвижных часов наблюдателя. Пока по неподвижным часам проходит одна секунда, по наблюдаемым показаниям движущихся к наблюдателю часов проходит

$$\frac{1}{1-\frac{v}{c}} \text{ секунд (больше секунды),}$$

где v – скорость движения часов к наблюдателю; c – скорость света.

При движении часов от наблюдателя за одну секунду неподвижных часов показания движущихся часов изменяются, соответственно, на

$$\frac{1}{1+\frac{v}{c}} \text{ секунд (меньше секунды).}$$

Этому опытному факту противоречит СТО, которая утверждает: движущиеся часы (при их наблюдении неподвижным наблюдателем) независимо от направления движения идут медленнее неподвижных.

В соответствии со СТО за одну секунду неподвижных часов наблюдателя наблюдаемые показания движущихся часов (независимо от направления движения) изменятся на

$$\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} \text{ секунд (меньше секунды).}$$

Результаты эксперимента противоречат СТО, что требует своего объяснения.

Указанное противоречие между результатами эксперимента и СТО может быть обусловлено ошибочным пониманием СТО учеными, представляющими технические науки и разрабатывающими космическую технику, в частности спутниковые навигационные системы GPS, ГЛОНАСС и другие [1-7]. Но в таком случае теоретическая физика должна дать исчерпывающие объяснения изложенным в работе противоречиям и расхождениям между приведенными результатами эксперимента и теоретическим положениям СТО, которые сведены в таблице 5 работы.

Актуальность разрешения данного противоречия, связана, как было отмечено, с вопросом использования либо ошибочных, либо правильных выводов и формул теоретической физики при разработке систем навигации и наблюдения в авиационной и космической отраслях.

Термины, используемые в работе

В работе будут использоваться следующие термины.

Время. Показания часов.

Ход времени (синоним – ход часов). Ход показаний часов.

Наблюдаемый ход времени часов (синонимы – наблюдаемый ход времени, наблюдаемый ход часов). Наблюдаемый ход часов по их показаниям.

Во всех случаях, когда мы говорим о времени, мы имеем в виду, что имеется некоторый прибор для измерения времени, то есть часы, которые показывают текущее время. Неподвижный наблюдатель, расположенный в непосредственной близости от часов, всегда наблюдает *истинный ход времени* этих часов. Если часы движутся относительно наблюдателя, наблюдатель при

наблюдении этих часов имеет дело с *наблюдаемым ходом* времени движущихся часов, с наблюдаемыми показаниями движущихся часов.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

Эффект Доплера

Эффект Доплера – это физическое явление, в соответствии с которым происходит изменение частоты колебаний, воспринимаемых наблюдателем, при движении источника колебаний и наблюдателя относительно друг друга [9, 10].

Пусть передатчик, движущийся по направлению к неподвижному приемнику, передает в эфир электромагнитные волны, например, с частотой $\nu_0 = 100$ Гц. В этом случае за 1/100 секунды в эфир передается ровно одна волна, за 1 секунду передается 100 волн.

В соответствии с эффектом Доплера приемник зафиксирует электромагнитные волны с другой частотой. В случае движения передатчика к приемнику частота принимаемых электромагнитных волн окажется равной (Рис. 1)

$$\nu = \frac{\nu_0}{1 - \frac{v}{c}}$$

где v – скорость движения передатчика к приемнику; c – скорость света.

При ненулевой скорости движения $v_{ист}$ согласно эффекту Доплера, будет наблюдаться увеличение частоты приема электромагнитных волн, то есть принимаемая частота окажется больше, чем 100 Гц. А это значит, что за 1 секунду будет принято больше, чем 100 волн. Другими словами, при движении передатчика к приемнику $\nu > \nu_0$.

В случае движения передатчика от неподвижного приемника будет иметь место соотношение

$$\nu = \frac{\nu_0}{1 + \frac{v}{c}}$$

В соответствии с этим выражением принимаемая частота электромагнитных волн будет меньше частоты передаваемых волн, $\nu < \nu_0$.

В общем виде формулу эффекта Доплера (при движении передатчика вдоль линии, соединяющей передатчик и приемник), можно записать так:

$$\nu = \frac{\nu_0}{1 \pm \frac{v}{c}}, \quad (1)$$

где знак плюс в знаменателе – при удалении передатчика от приемника, знак минус – при его приближении к приемнику.

Откуда берутся «лишние» волны? Как может получиться, что за секунду (часов передатчика) передается 100 волн, а за секунду (часов приемника), при скорости движения, равной половине скорости света, принимается 200 волн?

Это легко понять на примере морских волн. Представим себе, что мы находимся на берегу моря, на который накатываются волны с частотой 10 волн за минуту. Но теперь представим себе, что мы сели на водный мотоцикл и помчались навстречу волнам. Очевидно, что теперь гребни волн будут достигаться нами чаще, чем 10 раз за минуту. Волны («лишние») уже были, только в результате нашего движения мы стали достигать каждую следующую волну быстрее, по сравнению с тем, если мы неподвижно стоим на берегу.

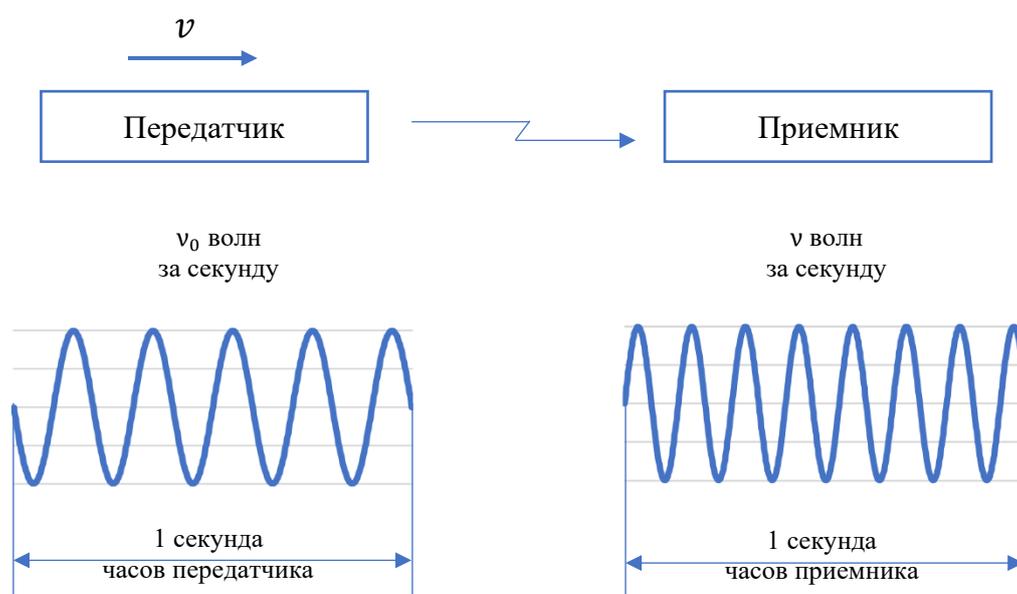


Рис. 1. Эффект Доплера. Движение передатчика к приемнику

Если представить себе на глади тихого озера механический генератор волн, который с некоторой скоростью перемещается от одного берега к другому, то мы увидим, что впереди этого генератора волны расположены чаще, гребни волн находятся ближе друг к другу, чем позади генератора. Волны впереди движущегося генератора будут достигать берега по ходу движения чаще, чем волны позади генератора. «Лишние» волны, достигшие переднего (по ходу движения генератора) берега, уже были сгенерированы. Просто из-за движения генератора они находятся ближе друг к другу (по сравнению с тем, если бы генератор оставался неподвижным), и соответственно чаще достигают переднего берега.

Примерно аналогичная картина наблюдается при движении передатчика электромагнитных волн относительно приемника: «лишние» волны уже были сгенерированы, но они стали достигать приемника из-за движения передатчика чаще по сравнению с тем, если бы передатчик был неподвижным.

Вывод формул для интервалов времени, отсчитываемых по движущимся часам

Представленные ниже соотношения для интервалов времени, отсчитываемых по движущимся часам, получены в работах одного из авторов [11-15].

Предположим, что наблюдаемым объектом является движущееся к наблюдателю воздушное судно (или движущийся к Земле космический корабль), за которым обеспечивается наблюдение сразу четырьмя способами.

1 способ – передача с воздушного судна (корабля) электромагнитной волны частотой 100 Гц. Начало каждой сотой волны соответствует началу очередной секунды по часам самолета. Будем считать, что каждая сотая волна (одна из ста), начинающаяся вместе с началом каждой новой секунды, имеет увеличенную амплитуду – для того, чтобы в приемнике фиксировать моменты хода секунд часов передатчика.

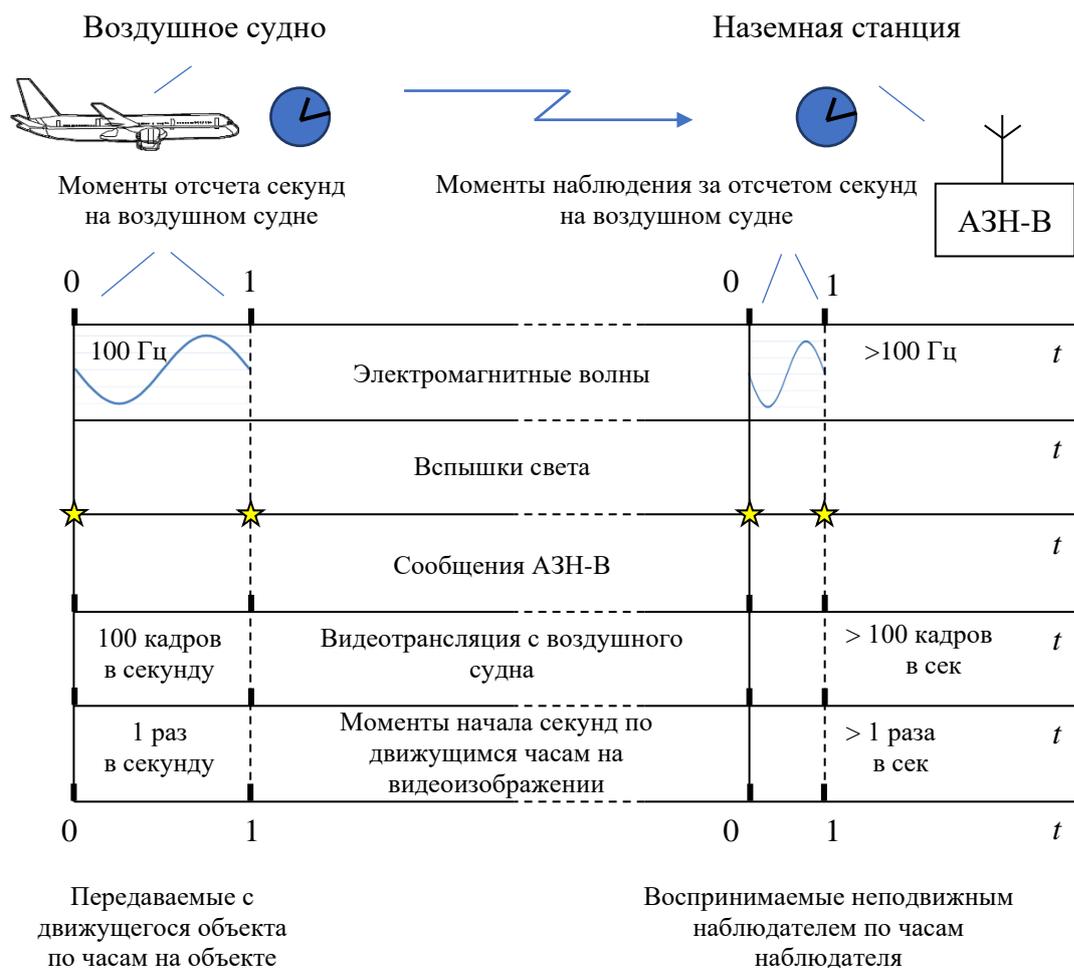


Рис. 2. Наблюдение за приближающимся воздушным судном

2 способ – наблюдение за вспыхивающей на самолете (корабле) лампочкой. Лампочка вспыхивает с частотой один раз в секунду, вспышки происходят в моменты начала секунд по часам самолета.

3 способ – передача с воздушного судна (корабля) сообщений радиовещательного автоматического зависимого наблюдения (АЗН-В, ADS-B). Каждое сообщение АЗН-В содержит данные о местоположении воздушного судна (корабля), скорости, опознавательном индексе и другой информации, полученной от бортовых систем. Пусть все сообщения передаются с объекта в моменты начала секунд по часам самолета (раз в секунду) и содержат в себе информацию о времени передачи сообщения в эфир. Будем считать, что из принятого наблюдателем сообщения извлекается время передачи информации в эфир, которое сразу же отображается на электронном табло времени АЗН-В.

4 способ – видеонаблюдение за кабиной экипажа и за расположенными в кабине часами. Трансляция видеоизображения часов и кабины экипажа ведется онлайн с использованием видеокамеры покадровой съемки и радиоканала передачи данных. Переданные кадры принимаются приемником и сразу же отображаются на видеозэкране. На видеоизображении отображаются часы самолета, за показаниями которых следит наблюдатель. Пусть трансляция видеоизображения происходит с частотой $\nu_{\text{ист}} = 100$ кадров в секунду. Другими словами, в эфир каждую секунду передается ровно 100 кадров, сменяющих друг друга через каждую 1/100 долю секунды (по часам воздушного судна). Пусть кадры транслируемого видеоизображения передаются одновременно и синхронно с отдельными электромагнитными волнами: одновременно с одной волной передается один кадр.

Таким образом, за ходом времени наблюдатель будет следить с помощью принятых электромагнитных волн (наблюдая волны увеличенной амплитуды, соответствующие началу очередной секунды на часах воздушного судна); наблюдая за вспышками света, которые, по сути, отражают ход секундной стрелки на часах воздушного судна; с помощью электронного табло времени АЗН-В; а также с использованием часов воздушного судна, видеоизображение которых покадрово транслируется онлайн и отображается на экране (рис. 2).

Наблюдение хода времени движущихся к наблюдателю часов

Очевидно, что неподвижный наблюдатель с использованием приемника зафиксирует

увеличение частоты электромагнитных волн в соответствии с эффектом Доплера. При этом воспринимаемая приемником частота $\nu_{\text{набл}}$ будет равна:

$$\nu_{\text{набл}} = \frac{\nu_{\text{ист}}}{1 - \frac{v}{c}},$$

где $\nu_{\text{ист}}$ – истинная (собственная) частота источника излучения; v – скорость движения передатчика к приемнику.

Заметим, что передаваемые волны излучались в эфир с привязкой ко времени: начало каждой сотой передаваемой волны с увеличенной амплитудой совпадало с началом каждой новой секунды. В соответствии с этим наблюдатель будет видеть не только увеличение частоты принимаемых волн, но также и синхронное с каждой принимаемой сотой волной увеличение наблюдаемой частоты вспышек света. Другими словами, вспышки света будут видны одновременно с началом очередной сотой принимаемой волной увеличенной амплитуды. Вспышки света, по наблюдениям, будут вспыхивать чаще, чем раз в секунду.

Поскольку вспышки света происходят в моменты начала очередной секунды, то для наблюдателя вспышки света являются визуальными сообщениями о смене секунд часов на удаленном объекте.

Очевидно, наблюдаемая частота вспышек будет равна:

$$f_{\text{набл}} = \frac{f_{\text{ист}}}{1 - \frac{v}{c}} = \frac{1}{1 - \frac{v}{c}}, \quad (2)$$

где $f_{\text{ист}}$ – истинная (собственная) частота вспышек на воздушном судне, равная одной вспышке в секунду (1 Гц).

Очевидно также, что синхронно с принимаемыми волнами увеличенной амплитуды и наблюдаемыми вспышками света наблюдатель будет принимать сообщения АЗН-В, в соответствии с которыми показания секунд на электронном табло времени АЗН-В будут меняться одновременно с началом каждой сотой принимаемой волны увеличенной амплитуды и одновременно с наблюдениями вспышек света.

Другими словами, показания секунд на табло времени АЗН-В будут меняться в точном соответствии с формулой (2), а это значит, что при движении воздушного судна к наблюдателю секундная стрелка на табло времени АЗН-В будет двигаться быстрее секундной стрелки неподвижных часов, расположенных рядом с наблюдателем. За $\Delta t_{\text{ист}}$ секунд по часам наблюдателя на электронном табло времени АЗН-В пройдет

$$\Delta t_{\text{набл}} = \frac{\Delta t_{\text{ист}}}{1 - \frac{v}{c}} \text{ секунд.}$$

Ход времени на табло АЗН-В ускорится в $\mu = \frac{1}{1-\frac{v}{c}}$ раз по сравнению с ходом времени неподвижных часов наблюдателя.

Поскольку кадры видеоизображения передавались с частотой 100 кадров в секунду или один кадр приходился на одну волну, то устройство, принимающее транслируемое видеоизображение будет принимать один кадр в то время, как приемник будет принимать одну волну. Но раз частота принимаемых волн увеличится по сравнению с частотой передачи, то частота приема кадров видеоизображения также увеличится пропорционально. За секунду устройство приема примет $100\mu = 100 \frac{1}{1-\frac{v}{c}}$ кадров, то есть больше, чем 100 кадров в секунду. Например, при скорости движения космического корабля к Земле равной 0,75 скорости света устройство приема за секунду примет 400 кадров. А это значит, что на видеоизображении часов, передаваемом с воздушного судна (или космического корабля), наблюдатель увидит, что секундная стрелка этих часов движется синхронно с наблюдаемыми вспышками света, и с секундной стрелкой на электронном табло времени АЗН-В. За 1 секунду по неподвижным часам наблюдателя при скорости космического корабля 0,75 скорости света на электронном табло времени АЗН-В пройдет четыре секунды! При этой скорости движения наблюдаемые показания часов на электронном табло времени АЗН-В будут идти в 4 раза быстрее часов на Земле.

Предположим, что с использованием видеотрансляции мы наблюдаем за космонавтами на космическом корабле, который быстро, на скорости, сравнимой со скоростью света, приближается к Земле. 100 кадров, которые были записаны и переданы по радиоканалу за одну секунду, будут приняты и воспроизведены за время меньше секунды. Следовательно, наблюдая за видеотрансляцией космонавтов на видеоэкране, мы увидим, что движения и речь космонавтов являются ускоренными в $\mu = \frac{1}{1-\frac{v}{c}}$ раз. При скорости приближения космического корабля к Земле 0,75 c движения и речь космонавтов на видеотрансляции будут наблюдаться ускоренными в 4 раза!

Таким образом, ускорение наблюдаемого хода времени движущихся к наблюдателю часов есть неизбежное следствие эффекта Доплера, в соответствии с которым воспринимаемая

приемником частота колебаний увеличивается – а это значит, что и воспринимаемый (наблюдаемый) ход времени приближающихся к наблюдателю часов, по которым измеряется частота, увеличивается с тем же самым коэффициентом пропорциональности.

На *Рис. 3* изображены совмещенные шкалы времени: снизу – неподвижных часов наблюдателя, сверху – наблюдаемых показаний движущихся к наблюдателю часов. В нулевой момент времени по часам наблюдателя $t_{ист} = 0$ движущиеся часы находятся на расстоянии r_0 , поэтому сдвиг шкал в этот момент времени составляет величину

$$\tau_0 = \frac{r_0}{c}.$$

Другими словами, наблюдаемые показания движущихся часов в нулевой момент времени будут отставать от показаний неподвижных часов на τ_0 секунд.

Через одну секунду, при $t_{ист} = 1$, расстояние до часов окажется равным $r_1 = r_0 - v$, где v – это расстояние, пройденное часами за секунду (скорость), и в момент времени по часам наблюдателя, равный одной секунде, сдвиг шкал оказывается равным

$$\tau_1 = \frac{r_1}{c}.$$

Так как при движении часов к наблюдателю $r_1 < r_0$, то и сдвиг шкал со временем уменьшается, $\tau_1 < \tau_0$.

Очевидно поэтому, интервал времени, отсчитанный по показаниям движущихся к наблюдателю часов $\Delta t_{набл}$ больше соответствующего интервала времени, отсчитанного по неподвижным часам наблюдателя $\Delta t_{ист}$. Пока по неподвижным часам проходит 2 секунды, наблюдаемые показания движущихся часов изменятся больше чем на 2 секунды (*Рис. 3*).

На *Рис. 4* изображены совмещенные шкалы времени неподвижных и движущихся от наблюдателя часов, при $t_{ист} = 0$, $t_{набл}$ также равно 0 (в нулевой момент времени движущиеся часы находились в непосредственной близости от наблюдателя, при этом сдвига шкал нет). С течением времени расстояние до наблюдаемых часов увеличивается, поэтому $\tau_3 > \tau_2 > \tau_1$. Поэтому при удалении часов от наблюдателя наблюдаемый интервал времени $\Delta t_{набл}$ всегда меньше истинного интервала времени $\Delta t_{ист}$, что наглядно видно из рисунка.

Воспринимаемые наблюдателем движущиеся часы



Рис. 3. Движение часов к наблюдателю. Движущиеся часы по наблюдениям идут быстрее неподвижных

Воспринимаемые наблюдателем движущиеся часы

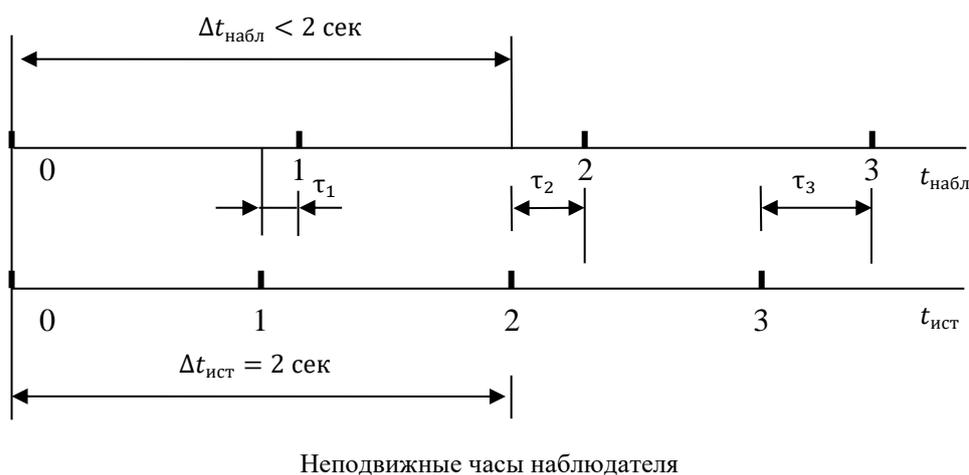


Рис. 4. Движение часов от наблюдателя. Движущиеся часы по наблюдениям идут медленнее неподвижных

Пока по неподвижным часам проходит 2 секунды, по наблюдаемым движущимся часам проходит меньше 2 секунд (рис. 4).

Вывод формулы для измерения наблюдаемого хода времени движущихся к наблюдателю часов

Рассмотрим движение воздушного судна, на котором имеются часы, к наблюдателю. Будем считать, что часы воздушного судна и часы наблюдателя синхронизированы, то есть показания часов воздушного судна, наблюдаемые, например, с использованием технологии АЗН-В, в непосредственной близости от часов наблюдателя, отстают от показаний часов наблюдателя на величину

$$\Delta t = \frac{r}{c},$$

где r – расстояние между этими часами в момент синхронизации.

Пусть показания часов воздушного судна раз в секунду в моменты начала очередной секунды передаются наблюдателю с использованием АЗН-В сообщений, и наблюдатель видит показания этих часов на электронном табло АЗН-В.

Рассмотрим два сообщения АЗН-В, которые переданы с воздушного судна в моменты времени t_1 и t_2 , интервал времени между этими сообщениями равен $\Delta t = t_2 - t_1$. В момент передачи первого сообщения расстояние до воздушного судна составляло величину r_1 , поэтому по часам наблюдателя первое сообщение наблюдалось им в

момент времени $t'_1 = t_1 + \frac{r_1}{c}$. За промежуток времени между сообщениями Δt воздушное судно со скоростью v пройдет расстояние $\Delta r = v\Delta t$, и в момент передачи второго сообщения оно окажется на расстоянии $r_2 = r_1 - \Delta r = r_1 - v\Delta t$. Поэтому второе сообщение будет наблюдаться наблюдателем в момент времени

$$t'_2 = t_2 + \frac{r_2}{c} = t_2 + \frac{r_1 - v\Delta t}{c}.$$

Найдем интервал времени между наблюдениями сообщений

$$\Delta t' = t'_2 - t'_1 = t_2 + \frac{r_1 - v\Delta t}{c} - t_1 - \frac{r_1}{c} = t_2 - t_1 - \frac{v\Delta t}{c} = \Delta t \left(1 - \frac{v}{c}\right).$$

Перепишем это соотношение в виде:

$$\Delta t_{\text{ист}} = \Delta t_{\text{набл}} \left(1 - \frac{v}{c}\right)$$

или

$$\Delta t_{\text{набл}} = \frac{\Delta t_{\text{ист}}}{1 - \frac{v}{c}}.$$

В этом выражении $\Delta t_{\text{ист}} = t'_2 - t'_1$ – интервал времени, прошедший между моментами наблюдения сообщений АЗН-В по часам наблюдателя; $\Delta t_{\text{набл}}$ – интервал времени между сообщениями, который наблюдался на электронном табло АЗН-В. Другими словами, пока по часам наблюдателя проходит интервал времени $\Delta t_{\text{ист}}$, на электронном табло АЗН-В проходит интервал времени $\Delta t_{\text{набл}}$. Часы на электронном табло АЗН-В идут быстрее, чем часы наблюдателя. За одну секунду по неподвижным часам наблюдателя на электронном табло АЗН-В проходит $\frac{1}{1 - \frac{v}{c}}$ секунд (больше секунды). Так, например, в случае приближения космического корабля к Земле со скоростью 0,99 скорости света, наблюдаемые на Земле показания часов корабля будут идти в 100 раз быстрее! То есть за одну секунду по Земным часам по наблюдаемым показаниям часов корабля пройдет 1 минута и 40 секунд!

Аналогичные выкладки, сделанные для случая движения наблюдаемых часов от наблюдателя, приводят к выводу формулы

$$\Delta t_{\text{набл}} = \frac{\Delta t_{\text{ист}}}{1 + \frac{v}{c}}.$$

За одну секунду по неподвижным часам наблюдателя наблюдаемые показания движущихся от наблюдателя часов изменятся на

$$\frac{1}{1 + \frac{v}{c}} \text{ секунд (меньше секунды).}$$

При скорости движения космического корабля от Земли равной скорости света, то есть при $v = c$ за одну секунду по земным часам по наблюдаемым показаниям часов космического корабля пройдет 0,5 секунд. В этом случае часы корабля, по

наблюдениям на Земле будут идти в 2 раза медленнее земных часов.

В общем случае соотношение между наблюдаемым $\Delta t_{\text{набл}}$ и истинным $\Delta t_{\text{ист}}$ интервалами времени имеет вид [12]

$$\Delta t_{\text{набл}} = \frac{\Delta t_{\text{ист}}}{1 \pm \frac{v}{c}},$$

где знак плюс в знаменателе – при удалении часов от наблюдателя, знак минус – при их приближении к наблюдателю.

Объяснение эффекта ускорения наблюдаемого хода времени движущихся к наблюдателю часов

Эффект ускорения наблюдаемого хода времени движущихся к наблюдателю часов объясняется довольно просто следующим образом.

Рассмотрим, например, сообщения АЗН-В, которые содержат информацию о времени передачи в эфир. По этой информации в наземной станции АЗН-В осуществляется наблюдение о ходе часов на наблюдаемом объекте, движущемся к наблюдателю.

Будем считать, что сообщения передаются в эфир в момент начала каждой очередной секунды по движущимся часам.

Поскольку наблюдаемый объект с часами движется по направлению к наземной станции (наблюдателю), то каждое следующее сообщение передается в эфир в момент, когда объект будет ближе к наземной станции (чем в момент передачи предыдущего сообщения). Это значит, что каждому следующему сообщению требуется меньше времени, чтобы «добраться» до наземной станции. А это в свою очередь означает, что сообщения будут приходить в наземную станцию чаще, по сравнению с тем, если бы объект был неподвижен. Частота прихода сообщений о моментах наступления по часам объекта очередной секунды, будет больше одного раза в секунду. Другими словами, секунды по сообщениям будут сменять друг друга чаще, чем секунды неподвижных часов наземной станции. Наблюдатель на земле будет наблюдать, что время по часам движущегося к нему объекта будет бежать быстрее, чем время по его собственным часам.

Очевидно также, что при удалении объекта с часами от наземной станции в силу того, что в момент передачи каждого следующего сообщения наблюдаемый объект будет находиться дальше, чем в момент передачи предыдущего сообщения, сообщения будут приходить в наземную станцию реже, чем раз в секунду. Другими словами, при удалении наблюдаемых часов наблюдатель будет отмечать, что ход наблюдаемого времени замедлился, стрелки удаляющихся часов будут

двигаться медленнее, чем стрелки его неподвижных часов.

Простая иллюстрация эффекта ускорения наблюдаемого хода времени движущихся к наблюдателю часов

Мы видели, что при приближении объекта с расположенными на нем часами к наблюдателю, имеет место эффект ускорения наблюдаемого хода времени этих часов. Почему и как это происходит? Объясним это «на пальцах».

Представим себе, что в космическом пространстве на расстоянии 4 световых часа (то есть на расстоянии, которое луч света проходит за 4 часа) расположен космический корабль, часы которого идут синхронно с земными часами. Показания часов космического корабля передаются на Землю с помощью видеосвязи онлайн, в режиме реального времени.

В 12 часов дня по земному времени на видеоизображении часов корабля, транслируемом на Земле, будет наблюдаться 8 часов. Очевидно, что разница показаний земных часов и транслируемых на Земле показаний часов корабля будет составлять 4 часа – это время требуется, чтобы донести на Землю видеосигнал с изображением корабельных часов (рис. 5).

Предположим теперь, что космический корабль начал двигаться к Земле, и через месяц (год) приблизился к Земле на расстояние 3 световых часа. При этом в 12 часов дня по земным часам на видеоизображении часов корабля будут наблюдаться показания 9 часов. Разница показаний земных и корабельных часов будет составлять 3 часа.

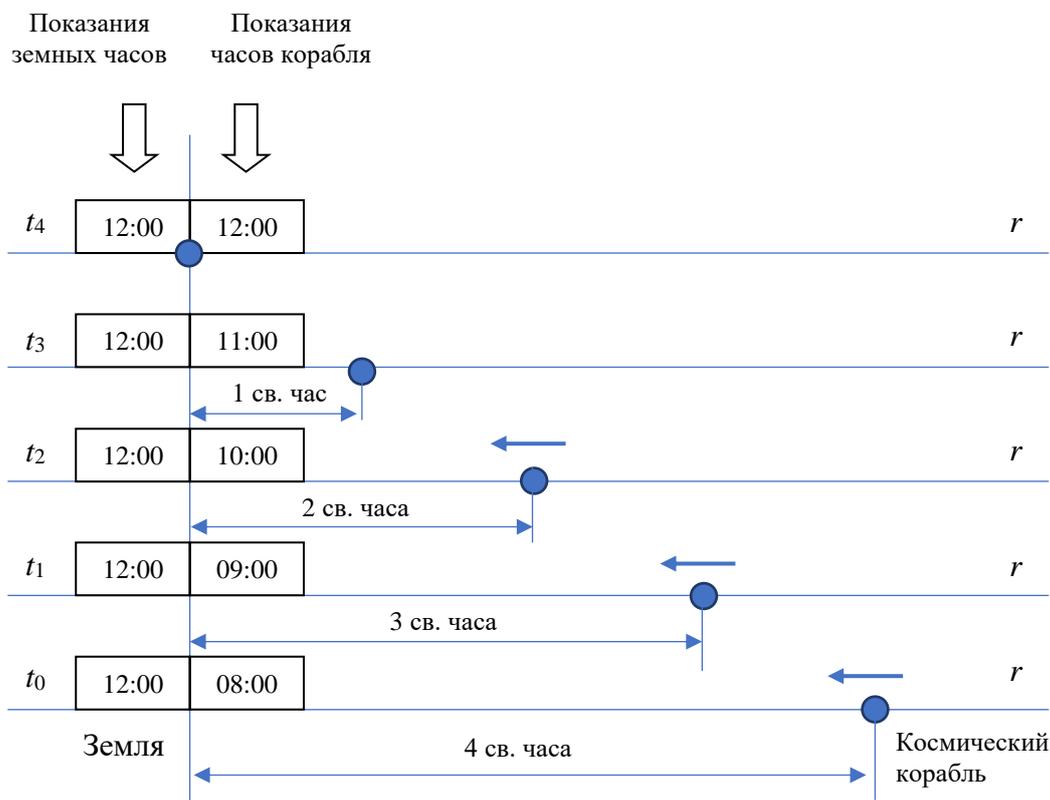


Рис. 5. По мере движения космического корабля к Земле наблюдаемые показания часов корабля отстают от показаний земных часов все меньше и меньше. Это значит, что наблюдаемый темп хода приближающихся к Земле часов выше темпа хода земных часов

Еще через месяц (год) корабль приблизился к Земле на расстояние 2 световых часа. В 12 часов дня корабельные часы покажут при этом 10 часов. Разница 2 часа.

Еще через месяц (год) корабль окажется на расстоянии 1 световой час от Земли. В 12 часов дня корабельные часы покажут 11 часов. Разница составит 1 час.

И наконец, еще через месяц (год) корабль совершит посадку на Земле. В 12 часов дня на Земле часы корабля покажут такое же время.

Заметим теперь, что по мере движения корабля к Земле разница между показаниями земных часов и транслируемыми на Землю показаниями часов корабля уменьшалась от 4 часов до нуля. Это значит, стрелки часов на транслируемом и наблюдаемом на Земле изображении часов корабля двигались быстрее, чем стрелки земных часов. Другими словами, наблюдаемый темп хода времени приближающихся к Земле часов в процессе движения был выше истинного темпа хода времени земных часов, что и требовалось доказать.

Если аналогичным образом рассмотреть движение космического корабля от Земли, то легко убедиться, что наблюдаемый темп хода времени удаляющихся часов меньше темпа хода времени земных часов.

Еще одна простая иллюстрация эффекта наблюдения ускоренного хода времени движущихся к наблюдателю часов

Пусть неподвижный наблюдатель рассматривает часы, которые расположены рядом с ним, в зеркале (рис. 6).

В тот момент, когда часы наблюдателя будут показывать время t_0 , в отражении зеркала он увидит, что зеркальное отражение его часов показывает другое время $t_{отр} = t_0 - \Delta t = t_0 - \frac{2d}{c}$, где d – расстояние от наблюдателя до зеркала. Расстояние $2d$ луч света проходит за время $\Delta t = \frac{2d}{c}$, поэтому показания часов в отражении зеркала будут отставать от показаний часов наблюдателя на величину Δt .

Пусть далее зеркало начинает двигаться к наблюдателю до тех пор, пока не приблизится к нему вплотную. По мере движения зеркала расстояние d будет уменьшаться, а это значит, что показания часов в отражении зеркала будут отставать от показаний часов наблюдателя все меньше и меньше. Раз так, то это значит, что по мере приближения зеркала к наблюдателю стрелки часов в отражении будут двигаться быстрее стрелок часов наблюдателя. Часы в отражении приближающегося зеркала с точки зрения наблюдателя будут идти быстрее его неподвижных часов до тех пор, пока зеркало не приблизится вплотную к нему. Когда зеркало окажется рядом с ним, часы в отражении покажут то же самое время, что и настоящие часы.

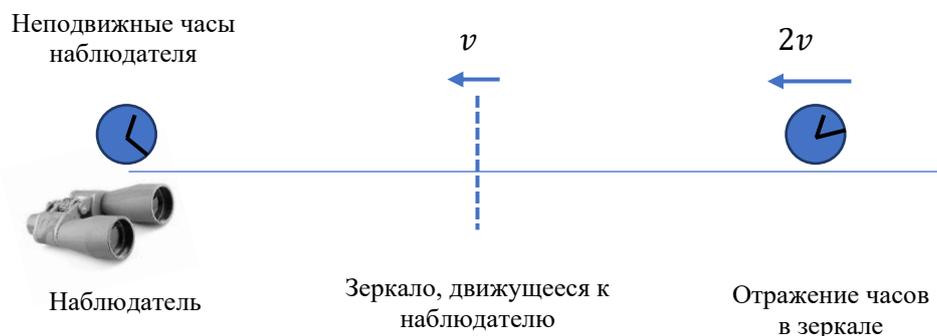


Рис. 6. Движение часов в зеркальном отражении

При приближении реальных часов к наблюдателю на качественном уровне происходит примерно то же самое, что и в рассматриваемом примере, а именно: наблюдатель видит, что приближающиеся к нему часы отстают от его собственных часов, но по мере движения это отставание уменьшается. Это значит, что по его

наблюдениям движущиеся к нему часы идут быстрее неподвижных.

Один из выводов: наблюдаемый темп хода движущихся часов прямо пропорционален воспринимаемой частоте электромагнитных волн

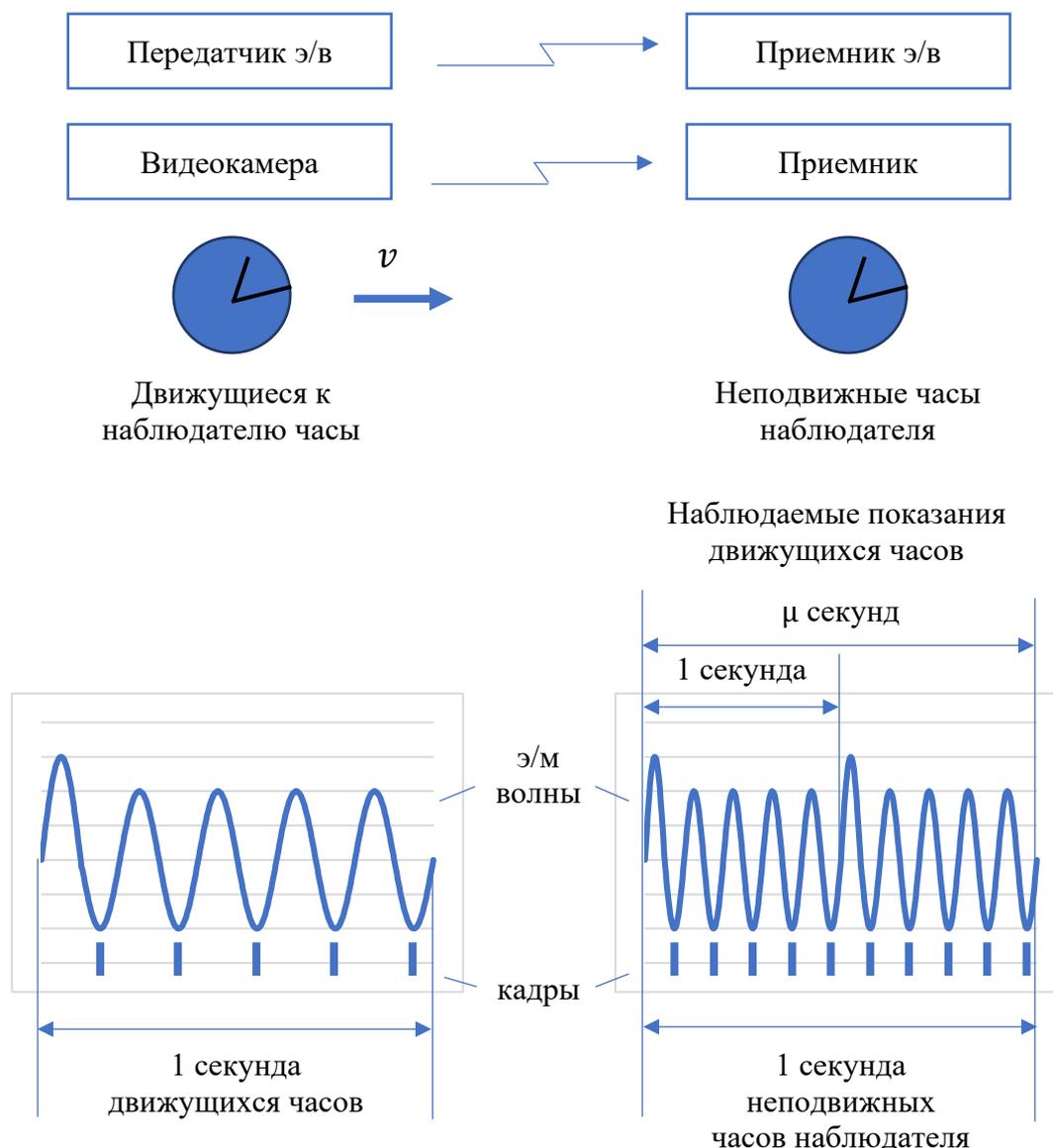


Рис. 7. Передача и прием электромагнитных волн и кадров видеозображения. Каждая первая полуволна, начинающаяся одновременно с началом очередной секунды, имеет большую амплитуду. За 1 секунду неподвижных часов по движущимся часам проходит μ секунд

Ниже в этой работе будем называть наблюдаемым темпом хода времени движущихся часов количество секунд μ , прошедших по наблюдаемым показаниям движущихся часов за то время, пока по неподвижным часам наблюдателя проходит ровно одна секунда (Рис. 7).

Другими словами, наблюдаемый темп хода времени движущихся часов μ , показывает, во сколько раз движущиеся часы по наблюдениям идут быстрее (если $\mu > 1$) или медленнее (если $\mu < 1$) неподвижных часов наблюдателя, расположенных рядом с ним. Так, например, если наблюдаемый темп хода времени движущихся часов μ равен

значению 2, то это значит, по наблюдениям движущиеся часы идут в 2 раза быстрее неподвижных. Иными словами, при $\mu = 2$, в то время как по неподвижным часам проходит ровно одна секунда, показания движущихся часов при их наблюдении изменятся ровно на $\mu = 2$ секунды (Рис. 7).

Каждая первая полуволна, начинающаяся вместе с началом каждой новой секунды, имеет увеличенную амплитуду для того, чтобы в приемнике фиксировать моменты хода секунд часов передатчика.

Очевидно, что (это наглядно видно из рисунка 7) отношение воспринимаемой приемником частоты электромагнитных волн $v_{набл}$ к частоте передачи $v_{ист}$ в точности равно отношению частоты принимаемых (и затем воспроизводимых) приемником видеоизображения кадров $v_{набл}^{kadr}$ к частоте снимаемых и передаваемых в эфир кадров $v_{ист}^{kadr}$ и равно наблюдаемому темпу хода времени движущихся часов μ :

$$\frac{v_{набл}}{v_{ист}} = \frac{v_{набл}^{kadr}}{v_{ист}^{kadr}} = \mu.$$

Следовательно, как это вытекает из (1) имеет место соотношение:

$$\mu = \frac{1}{1-\frac{v}{c}}$$

и

$$\frac{\Delta t_{набл}}{\Delta t_{ист}} = \mu = \frac{1}{1-\frac{v}{c}}$$

Таким образом мы доказали теоретически, что имеют место фундаментальные соотношения

$$\frac{v_{набл}^{kadr}}{v_{ист}^{kadr}} = \frac{v_{набл}}{v_{ист}} = \frac{\Delta t_{набл}}{\Delta t_{ист}} = \frac{1}{1-\frac{v}{c}} = \mu. \quad (3)$$

При удалении наблюдаемых часов от наблюдателя, вместо знака минус в знаменателе перед отношением v/c ставят знак плюс, при этом наблюдаемый темп хода времени движущихся часов μ меньше единицы.

Физический смысл этого выражения состоит в том, что отношение наблюдаемой частоты передаваемых с объекта видео кадров к истинной частоте передачи видео кадров равно отношению наблюдаемой частоты колебаний приемника к истинной частоте передатчика и равно отношению наблюдаемого по движущимся часам интервала времени к истинному интервалу времени. Величина этого отношения равна наблюдаемому темпу хода времени движущихся часов μ .

Один из интересных результатов, который вытекает из полученного соотношения (3), заключается в том, что наблюдаемый темп хода времени движущихся часов прямо пропорционален воспринимаемой частоте электромагнитных волн:

$$\mu = \frac{v_{набл}^{kadr}}{v_{ист}^{kadr}} = \frac{v_{набл}}{v_{ист}}$$

Величина μ , представляющая собой коэффициент прямой пропорциональности в эффекте Доплера,

$$\mu = \frac{1}{1-\frac{v}{c}}$$

имеет физический смысл наблюдаемого темпа хода времени движущихся часов.

В настоящей работе полученное теоретически соотношение (3) подтверждается экспериментально.

3. ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О ДОСТОВЕРНОСТИ ФОРМУЛЫ, ВЫРАЖАЮЩЕЙ ИЗМЕНЕНИЕ НАБЛЮДАЕМОГО ТЕМПА ХОДА ДВИЖУЩИХСЯ ЧАСОВ

Формула, выражающая изменение наблюдаемого темпа хода движущихся часов в соответствии с (3) выглядит следующим образом:

$$\Delta t_{набл} = \frac{\Delta t_{ист}}{1 \pm \frac{v}{c}}, \quad (4)$$

где $\Delta t_{набл}$ и $\Delta t_{ист}$ – соответственно интервалы времени, отсчитываемые по часам на движущемся объекте и по неподвижным часам наблюдателя.

Данное соотношение можно переписать в виде:

$$\frac{\Delta t_{набл}}{\Delta t_{ист}} = \frac{1}{1 \pm \frac{v}{c}}. \quad (5)$$

Рассмотрим вопрос оценки достоверности этого соотношения методами математической статистики.

3.1. ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Будем использовать следующие термины и определения.

Статистическая гипотеза – некоторое утверждение о свойствах генеральной совокупности.

Нулевая гипотеза и альтернативная гипотеза.

Утверждения относительно одного или нескольких параметров, или о распределении, которые проверяют с помощью статистического критерия.

Нулевая гипотеза (H_0) – предположение, обычно сложное, относят к утверждению, подвергаемому проверке, в то время как альтернативную гипотезу (H_1) относят к утверждению, которое будет принято, если нулевую гипотезу отвергают.

Статистический критерий. Статистический метод принятия решений о том, стоит ли отвергнуть нулевую гипотезу в пользу альтернативной или нет.

Уровень значимости (критерия). Заданное значение верхнего предела вероятности ошибки первого рода. Уровень значимости обычно обозначают α .

Ошибка первого рода. Ошибка, состоящая в отбрасывании нулевой гипотезы, поскольку статистика принимает значение, принадлежащее критической области, в то время как эта нулевая гипотеза верна.

Примечание – Фактически ошибка первого рода является принятием неверного решения. Поэтому предпочтительно, чтобы вероятность такой ошибки была настолько мала, насколько это возможно.

Ошибка второго рода. Принятие нулевой гипотезы в том случае, когда она не верна.

Примечание – Фактически ошибка второго рода является принятием неверного решения. Поэтому желательно, чтобы вероятность такой ошибки была настолько мала, насколько это возможно.

Вероятность ошибки первого рода.

Вероятность допустить ошибку первого рода. Она всегда меньше уровня значимости критерия или равна ему.

Критическое значение. Значение, ограничивающее критическую область.

Критическая область. Множество возможных значений статистики, лежащей в основе критерия, для которого отвергают нулевую гипотезу.

3.2. ПОНЯТИЕ ДОВЕРИТЕЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА

Пусть имеется случайная величина X с математическим ожиданием m и дисперсией D , которые неизвестны. Над величиной X произведено n независимых опытов, давших результаты X_1, X_2, \dots, X_n .

В качестве оценки для математического ожидания m используют среднее арифметическое наблюдаемых значений

$$\tilde{m} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}.$$

Оценку для дисперсии D находят по формуле

$$\tilde{D} = \frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \tilde{m})^2}{n-1}.$$

Среднее квадратическое отклонение оценки \tilde{m} равно

$$\sigma_{\tilde{m}} = \sqrt{\frac{\tilde{D}}{n}}.$$

В математической статистике чтобы дать представление о точности и надежности оценки математического ожидания (и других параметров) используют *доверительный интервал* I_β и *доверительную вероятность* β .

Доверительный интервал выражают в виде

$$I_\beta = (\tilde{m} - t_\beta \sigma_{\tilde{m}}; \tilde{m} + t_\beta \sigma_{\tilde{m}}).$$

При большом числе измерений случайной величины X вероятность того, что измерение окажется в пределах доверительного интервала I_β равна β .

Так, например, с доверительной вероятностью $\beta = 0,95$ измерения случайной величины окажутся в пределах интервала

$$I_{0,95} = (\tilde{m} - 2\sigma_{\tilde{m}}; \tilde{m} + 2\sigma_{\tilde{m}}).$$

С доверительной вероятностью $\beta = 0,9973$ измерения случайной величины окажутся в пределах интервала «со статистической значимостью 3 сигма»:

$$I_{0,9973} = (\tilde{m} - 3\sigma_{\tilde{m}}; \tilde{m} + 3\sigma_{\tilde{m}}).$$

С доверительной вероятностью $\beta = 0,9999943$ измерения случайной величины окажутся в пределах интервала «со статистической значимостью 5 сигма»:

$$I_{0,9999943} = (\tilde{m} - 5\sigma_{\tilde{m}}; \tilde{m} + 5\sigma_{\tilde{m}}).$$

Статистическая значимость 7 сигма соответствует доверительной вероятности $\beta = 0,9999999999744$.

$$I_{0,9999999999744} = (\tilde{m} - 7\sigma_{\tilde{m}}; \tilde{m} + 7\sigma_{\tilde{m}}).$$

Последняя запись означает, что с вероятностью $\alpha = 1 - \beta = 2,56 \cdot 10^{-12}$ (это ничтожно малая вероятность) измерения случайной величины окажутся за пределами интервала $(\tilde{m} - 7\sigma_{\tilde{m}}; \tilde{m} + 7\sigma_{\tilde{m}})$. Вероятность α – это уровень значимости.

Для проверки достоверности соотношения (5) сформулируем нулевую гипотезу (H_0) следующим образом: математическое ожидание случайной величины $Q = \frac{\Delta t_{\text{набл}}}{\Delta t_{\text{ист}}}$, представляющую собой отношение интервала времени, отсчитанного по наблюдаемым движущимся часам к интервалу времени, отсчитанному по неподвижным часам наблюдателя, равно $\frac{1}{1-\frac{v}{c}}$.

Измеренные в результате эксперимента значения q_1, q_2, \dots, q_n ,

$$q_i = \frac{\Delta t_{\text{набл}}^i}{\Delta t_{\text{ист}}^i}.$$

представляют собой ряд значений случайной величины Q , которые имели место в результате опыта.

В математической форме нулевая гипотеза записывается так:

$$m_q = \frac{1}{1-\frac{v}{c}},$$

где m_q – математическое ожидание случайной величины Q .

Другими словами, нулевая гипотеза представляет собой утверждение: истинное математическое ожидание отношения $(\Delta t_{\text{набл}}/\Delta t_{\text{ист}})$, то есть левой части выражения (5), равно $\frac{1}{1-\frac{v}{c}}$, то есть правой части (5).

Альтернативная гипотеза (H_1) представляет собой утверждение: истинное математическое ожидание случайной величины Q не равно $\frac{1}{1-\frac{v}{c}}$, то есть правой части (5). Попросту говоря, альтернативная гипотеза (H_1) состоит в том, что выражение (5) недостоверно, ложно. Если будет отброшена нулевая гипотеза, то будет принята альтернативная гипотеза.

Для того, чтобы проверить нулевую гипотезу, зададимся величиной доверительной вероятности β , которую примем равной 0,9999999999744. Эта доверительная вероятность при нормальном распределении случайной величины Q соответствует статистической значимости 7 сигма.

В соответствии с этим доверительный интервал равен

$$I_{0,9999999999744} = (\tilde{m}_q - 7\sigma_{\tilde{m}}; \tilde{m}_q + 7\sigma_{\tilde{m}}),$$

где \tilde{m}_q – оценка для математического ожидания m_q ,

$\sigma_{\tilde{m}}$ – среднее квадратическое отклонение оценки \tilde{m} .

Обычно уровень значимости критерия $\alpha = 1 - \beta$ полагают равным 0,10; 0,05; 0,01. Чем серьезнее последствия ошибки первого рода, тем меньше должен быть уровень значимости. Мы выбрали настолько малый уровень значимости α , что ошибка первого рода (то есть ошибка, состоящая в отбрасывании нулевой гипотезы, в то время как эта нулевая гипотеза верна), является практически невозможным событием.

Для проверки нулевой гипотезы необходимо рассчитать теоретическое значение математического ожидания

$$m_q = \frac{1}{1-\beta},$$

то есть правой части уравнения (5), и проверить, попадает ли m_q в доверительный интервал $I_{0,9999999999744}$.

Если выражение (5) является достоверным, то есть если нулевая гипотеза является истинной, то этот доверительный интервал $I_{0,9999999999744}$ с вероятностью 0,9999999999744 накроет истинное математическое ожидание $\frac{1}{1-\beta}$.

Если же рассчитанное значение $\frac{1}{1-\beta}$ окажется за пределами доверительного интервала, следовательно, нулевую гипотезу необходимо признать ложной, а альтернативную гипотезу – истинной. А это значит, выражение (5) является ошибочным.

3.3. МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДОВЕРИТЕЛЬНОГО ИНТЕРВАЛА ОЦЕНКИ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОЖИДАНИЯ ВЕЛИЧИНЫ УСКОРЕНИЯ НАБЛЮДАЕМОГО ХОДА ВРЕМЕНИ ДВИЖУЩИХСЯ ЧАСОВ

Для расчета доверительного интервала оценки для математического ожидания величины ускорения наблюдаемого хода времени движущихся часов I_β необходимо в процессе движения наблюдаемых с помощью радиолокатора воздушных судов произвести последовательные измерения интервалов времени между моментами излучения ответов от ответчиков вторичного обзорного радиолокатора, расположенных на воздушных судах $t_i^{\text{отпр}}$, кроме того, произвести измерения соответствующих интервалов времени между моментами приема радиолокатором этих ответов

$t_i^{\text{приб}}$, и далее выполнить расчеты в соответствии со следующей методикой.

Экспериментальная установка

В качестве экспериментальной установки для оценки математического ожидания величины ускорения наблюдаемого хода времени движущихся часов использовался моноимпульсный вторичный обзорный радиолокатор (ВОРЛ) «Аврора-2», серийно выпускаемый АО «ВНИИРА».

Описание ВОРЛ

Система ВОРЛ состоит из двух основных подсистем: наземного запросчика/приемника (также именуемого радиолокатором) и бортового приемопередчика [8].

В состав наземной станции входит вращающаяся антенна. Скорость вращения определяет частоту обновления информации. В радиолокаторе «Аврора-2» скорость вращения антенны составляет 1 оборот за 5 секунд.

Приемопередчик на борту воздушного судна отвечает на запросы наземной станции, позволяя наземной станции определить расстояние до воздушного судна и азимут. В приемопередчике запрограммирован фиксированный период задержки, в течение которого расшифровывается запрос и подготавливается ответ для передачи. Такой фиксированный период задержки учитывается наземным приемником при обработке ответа.

Компоненты ВОРЛ показаны на рис. 8. ВОРЛ определяет расстояние до воздушного судна и азимут независимо. Расстояние определяется путем измерения времени до получения ответа на соответствующий сигнал запроса. Азимут воздушного судна от радиолокатора определяется по положению вращающейся антенны в момент получения ответа. Точность информации о расстоянии обычно не меняется в пределах зоны действия.

Для функционирования системы ВОРЛ воздушное судно должно быть оборудовано приемопередчиком.

На основе данных ВОРЛ, переданных в систему обработки радиолокационной информации, можно рассчитать наземную и вертикальную скорость воздушного судна и прогнозировать его будущее местоположение.

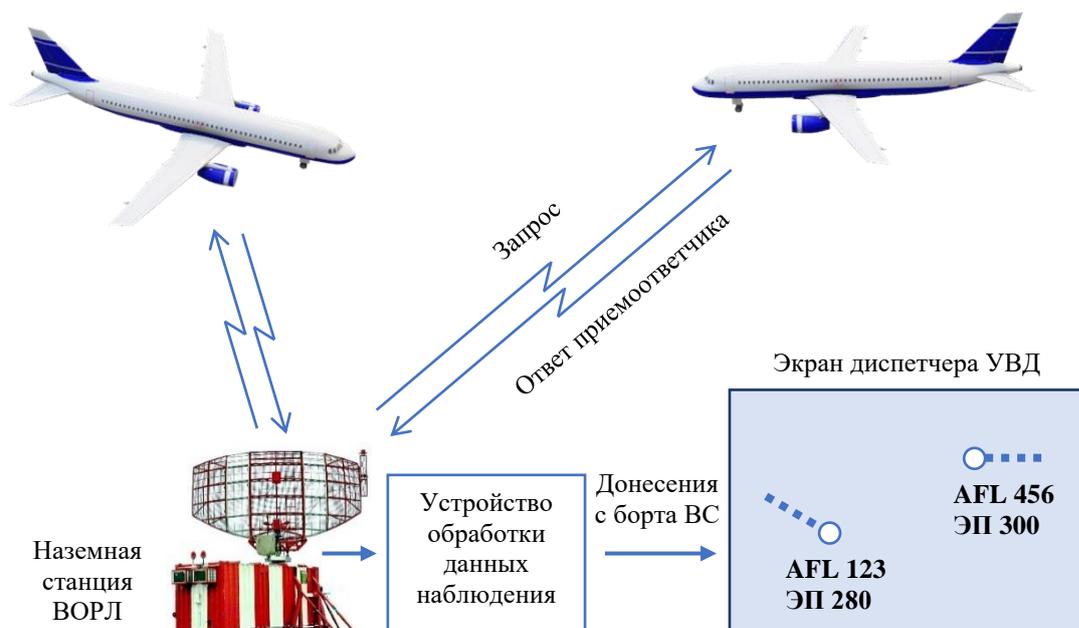


Рис. 8. Вторичный обзорный радиолокатор (ВОРЛ)

Исходные данные для расчета

В течение полета воздушного судна производят высокоточные измерения i -х моментов времени запросов наземной станции ВОРЛ $t_i^{\text{запр}}$, и соответствующих моментов времени получения ответов наземным приемником ВОРЛ $t_i^{\text{приб}}$. Зная время запроса и время получения ответа можно определить время передачи ответа от

приемопередчика на воздушном судне $t_i^{\text{отпр}}$ с учетом периода задержки $\Delta t_{\text{зад}}$, в течение которого расшифровывается запрос и подготавливается ответ для передачи.

Исходные данные для расчета фиксируют в таблице 1.

В таблице 1 используется обозначение ID – идентификатор воздушного судна.

Таблица 1 – Исходные данные

№ п/п	$t_i^{\text{запр}}$ время запроса	$t_i^{\text{приб}}$ время ответа	Параметры движения наблюдаемого объекта				
			ID: _____				
			Азимут	Дальность	Высота	Скорость	Курс
1							
2							

Требования к записи исходных данных

В таблице исходных данных фиксируют данные о воздушном судне, выполняющем горизонтальный прямолинейный полет на постоянной скорости. В таблице фиксируют время запросов и ответов при выполнении полета воздушного судна в направлении на ВОРЛ, или от него. Фиксируют данные, получаемые при каждом обзоре (примерно 1 раз в 5 секунд).

Общее время наблюдения ВС для фиксации экспериментальных данных должно быть не менее 180 секунд.

Для эксперимента необходимо зафиксировать статистику не менее чем по 12 воздушным судам,

выполняющим полеты желательно на разных скоростях (как на больших, так и на небольших). Половина воздушных судов должна лететь на ВОРЛ, половина – от ВОРЛ. Расстояние до воздушного судна должно быть не меньше 120-150 км.

Для каждого ВС заполняют отдельную таблицу (табл. 1).

Обработка измерений

1. По времени запроса $t_i^{\text{запр}}$ и времени получения ответа $t_i^{\text{приб}}$ рассчитывают время отправления ответа от приемопередчика воздушного судна $t_i^{\text{отпр}}$,

$$t_i^{\text{отпр}} = \frac{t_i^{\text{запр}} + t_i^{\text{приб}} - \Delta t_{\text{зад}}}{2}$$

где $\Delta t_{\text{зад}}$ – период задержки, в течение которого расширяется запрос и подготавливается ответ для передачи.

Время отправления ответа от приемоответчика может также с высокой точностью рассчитываться по формуле:

$$t_i^{\text{отпр}} = t_i^{\text{приб}} - \frac{r}{c},$$

где r – расстояние до воздушного судна (дальность) в момент измерения.

2. Рассчитывают интервал времени между моментами отправления $i+k$ -го и i -го ответов:

$$\Delta t_{\text{набл}}^i = t_{i+k}^{\text{отпр}} - t_i^{\text{отпр}}.$$

Величину k выбирают таким образом, чтобы интервал $\Delta t_{\text{набл}}^i$ составлял величину 10-30 секунд. В проведенном эксперименте величина k выбрана равной 3, так что интервал $\Delta t_{\text{набл}}^i$ был равен приблизительно 15 секундам:

$$\Delta t_{\text{набл}}^i = t_{i+3}^{\text{отпр}} - t_i^{\text{отпр}}.$$

3. Рассчитывают интервал времени между моментами получения соответствующих ответов

$$\Delta t_{\text{ист}}^i = t_{i+k}^{\text{приб}} - t_i^{\text{приб}}.$$

В проведенном эксперименте $k = 3$, соответственно

$$\Delta t_{\text{ист}}^i = t_{i+3}^{\text{приб}} - t_i^{\text{приб}}.$$

4. Рассчитывают отношение

$$q_i = \frac{\Delta t_{\text{набл}}^i}{\Delta t_{\text{ист}}^i}.$$

Величина q_i представляет собой измеренное значение величины ускорения или замедления наблюдаемого хода часов на движущемся воздушном судне.

5. По n значениям q_i рассчитывают оценку математического ожидания

$$\tilde{m}_q = \frac{\sum_{i=1}^n q_i}{n}.$$

\tilde{m}_q представляет собой оценку математического ожидания величины ускорения или замедления наблюдаемого хода часов на движущемся воздушном судне.

6. Рассчитывают оценку дисперсии

$$\tilde{D} = \frac{\sum_{i=1}^n (q_i - \tilde{m}_q)^2}{n-1}.$$

7. Рассчитывают среднее квадратическое отклонение оценки \tilde{m}_q

$$\sigma_{\tilde{m}} = \sqrt{\frac{\tilde{D}}{n}}.$$

8. Рассчитывают доверительный интервал I_β оценки для математического ожидания величины q_i , соответствующий статистической значимости 7 сигма

$$I_\beta = (\tilde{m} - 7\sigma_{\tilde{m}}; \tilde{m} + 7\sigma_{\tilde{m}}).$$

Для такого доверительного интервала доверительная вероятность $\beta = 0,9999999999744$, то есть почти равна единице.

Промежуточные результаты обработки измерений вносят в таблицу 2.

Таблица 2 – Обработка измерений

№ п/п	$\Delta t_{\text{ист}}^i$	$\Delta t_{\text{набл}}^i$	$q_i = \frac{\Delta t_{\text{набл}}^i}{\Delta t_{\text{ист}}^i}$
1			
2			

Результаты расчетов оценки математического ожидания

\tilde{m}_q , среднего квадратического отклонения $\sigma_{\tilde{m}}$ и доверительного интервала I_β вносят в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчетов

№ п/п	v , м/с	\tilde{m}_q	$\sigma_{\tilde{m}}$	I_β	η	Подтверждение достоверности
1						
2						

3.4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ПРОВЕРКА ГИПОТЕЗЫ О ДОСТОВЕРНОСТИ ФОРМУЛЫ, ВЫРАЖАЮЩЕЙ ИЗМЕНЕНИЕ НАБЛЮДАЕМОГО ТЕМПА ХОДА ДВИЖУЩИХСЯ ЧАСОВ

Результаты эксперимента.

Эксперимент в целях проверки гипотезы о достоверности формулы (5) проводился с использованием исходных данных, записанных в процессе наблюдения реального воздушного движения в период с 29.06.2022 по 01.07.2022 с использованием ВОРЛ «Аврора-2», установленном

в аэропорту Шереметьево. Это современный моноимпульсный вторичный радиолокатор (МВРЛ) режима S с функцией расширенного наблюдения в режиме АЗН-В 1090 ES. Период вращения антенны радиолокатора составляет 5 сек. Были зафиксированы полеты 20 воздушных судов, выполнявших полеты в Московской воздушной зоне. Воздушные суда выполняли рейсы AFL1401, AFL1124, NWS592, AFL018, DRU543, SDM6020, RWZ786, AFL1641, BRU951, AFL1500, THY3952, AFL042, SBI1028, 73053, SBI2567, SBI2067, THY8CR, SBI1135, ASL651, AFL2814.

Проводились измерения в среднем 38 наблюдаемых и истинных интервалов времени для каждого воздушного судна. Средняя продолжительность наблюдаемых (и, соответственно, истинных) интервалов времени составила примерно 15 сек. В эксперименте измерялись интервалы времени между i -м и $i+3$ -м обзорами радиолокатора. Каждое воздушное судно наблюдалось в течение примерно 200 секунд.

В процессе эксперимента было выполнено в общей сложности 757 измерений величины

$$q_i = \frac{\Delta t_{\text{набл}}^i}{\Delta t_{\text{ист}}^i},$$

которая представляет собой величину ускорения / замедления наблюдаемого хода времени движущихся часов.

Гистограмма погрешности измерения $\Delta q_i = \tilde{m}_q - q_i$, где \tilde{m}_q – оценка математического ожидания величины q_i , представлена на рис. 9.



Рис. 9. Гистограмма погрешности измерения величины ускорения / замедления наблюдаемого хода времени движущихся часов

Проверка статистической гипотезы о нормальном распределении погрешности измерения Δq с использованием коэффициентов асимметрии и эксцесса показало, что это распределение можно считать нормальным.

На Рис. 10 линией представлен график зависимости

$$\mu = \frac{1}{1+\frac{v}{c}}$$

от скорости.

На этом же рисунке маркерами «+» изображены полученные экспериментальным путем значения \tilde{m}_q .

Из рисунка видно, что экспериментальные значения \tilde{m}_q с высокой степенью точности

коррелируют с теоретической зависимостью графика μ .

В таблице 4 представлены экспериментальные данные, в соответствии с которыми рассчитаны доверительные интервалы оценки величины ускорения наблюдаемого хода движущихся часов со статистической значимостью 7 сигма.

В столбце v представлена скорость воздушного судна. В столбце \tilde{m}_q приведена оценка математического ожидания

$$q_i = \frac{\Delta t_{\text{набл}}^i}{\Delta t_{\text{ист}}^i}.$$

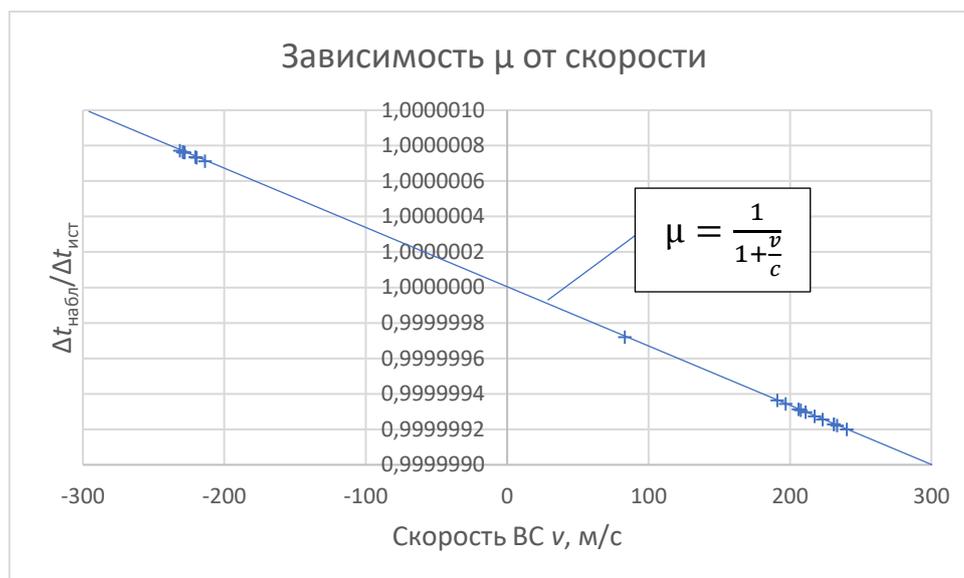


Рис. 10. График зависимости ускорения/замедления наблюдаемого хода часов на ВС от скорости. Положительные значения скорости соответствуют удалению часов от наблюдателя, отрицательные значения – приближению часов к наблюдателю

Другими словами, \tilde{m}_q представляет собой экспериментальную оценку отношения наблюдаемого интервала, отсчитанного по движущимся к наблюдателю часам к истинному интервалу.

В столбцах I_β приведены нижняя и верхняя граничные значения доверительного интервала для величины \tilde{m}_q при доверительной вероятности $\beta = 0,9999999999744$.

Из таблицы видно, что во всех 20-ти случаях величина μ находится в пределах доверительного интервала I_q . Это говорит о том, что гипотезу о достоверности выражения (5) отбросить нельзя.

Как интерпретировать полученные результаты?

Величина \tilde{m}_q представляет собой экспериментальную оценку ускорения наблюдаемого хода расположенных на воздушном судне часов, которое движется к наблюдателю (радиолокатору).

Интервал $(\tilde{m} - 7\sigma_{\tilde{m}}; \tilde{m} + 7\sigma_{\tilde{m}})$, рассчитанный со статистической значимостью 7 сигма, представляет собой доверительный интервал, попадание измерения ускорения наблюдаемого хода часов за пределы которого составляет ничтожно малую величину $2,56 \cdot 10^{-12}$.

Другими словами, с вероятностью

$$\beta = 1 - 2,56 \cdot 10^{-12} = 0,9999999999744$$

истинное значение изменения наблюдаемого темпа хода движущихся часов, расположенных на воздушном судне, находится в пределах рассчитанного в таблице доверительного интервала.

Доверительные интервалы ускорения наблюдаемого хода расположенных на воздушном судне часов при их различных скоростях представлены на Рис. 11. Границы доверительных интервалов, рассчитанных со статистической значимостью 7 сигма представлены двумя линиями «верхней и нижней границы доверительных интервалов». Истинное значение ускорения наблюдаемого хода расположенных на воздушном судне часов с доверительной вероятностью 0,9999999999744 должно находиться между этими линиями.

Что показывает проведенный эксперимент?

Столбец \tilde{m}_q в таблице 4 представляет собой математическое ожидание отношения измеренного интервала времени, наблюдаемого по часам, расположенным на движущемся воздушном судне к соответствующему интервалу времени, измеренному по неподвижным часам наблюдателя. Другими словами, столбец \tilde{m}_q представляет собой число секунд, прошедших по наблюдаемым движущимся часам за одну секунду неподвижных часов наблюдателя.

Эксперимент показывает, что движущиеся к наблюдателю часы (при отрицательной скорости в столбце v таблицы) по наблюдаемым им показаниям идут быстрее неподвижных часов: за одну секунду по неподвижным часам наблюдателя по приближающимся к нему часам проходит больше одной секунды. Так, например, в соответствии со строкой 1 таблицы 4 при скорости, равной минус 231,37 м/с за одну секунду по неподвижным часам наблюдателя показания движущихся часов изменяются на 1,0000007715 секунд.

Таблица 4 – Проверка достоверности выражения (5) со статистической значимостью 7 σ (критерий семи сигма)

№ п/п	v , м/с	\tilde{m}_q	$\sigma_{\tilde{m}}$	I_β		$\mu = \frac{1}{1 + \frac{v}{c}}$	Подтверждение достоверности
				$\tilde{m}_q - 7\sigma_{\tilde{m}}$	$\tilde{m}_q + 7\sigma_{\tilde{m}}$		
1	-231,37	1,0000007715	6,38E-10	1,0000007670	1,0000007759	1,0000007718	да
2	-229,34	1,0000007652	6,15E-10	1,0000007609	1,0000007695	1,0000007650	да
3	-229,04	1,0000007636	7,71E-10	1,0000007582	1,0000007690	1,0000007640	да
4	-228,86	1,0000007633	4,58E-10	1,0000007601	1,0000007665	1,0000007634	да
5	-227,98	1,0000007605	6,06E-10	1,0000007563	1,0000007648	1,0000007605	да
6	-220,48	1,0000007350	1,01E-09	1,0000007279	1,0000007420	1,0000007354	да
7	-219,61	1,0000007318	8,71E-10	1,0000007257	1,0000007379	1,0000007325	да
8	-213,77	1,0000007126	7,39E-10	1,0000007074	1,0000007178	1,0000007130	да
9	83,21	0,9999997202	8,67E-10	0,9999997141	0,9999997263	0,9999997225	да
10	191,02	0,9999993628	8,87E-10	0,9999993566	0,9999993690	0,9999993628	да
11	197,02	0,9999993429	5,32E-10	0,9999993391	0,9999993466	0,9999993428	да
12	206,05	0,9999993129	7,11E-10	0,9999993079	0,9999993178	0,9999993127	да
13	207,71	0,9999993072	7,99E-10	0,9999993016	0,9999993128	0,9999993071	да
14	210,97	0,9999992966	7,31E-10	0,9999992915	0,9999993017	0,9999992963	да
15	217,44	0,9999992743	7,20E-10	0,9999992693	0,9999992794	0,9999992747	да
16	223,13	0,9999992557	1,22E-09	0,9999992472	0,9999992642	0,9999992557	да
17	230,99	0,9999992292	8,89E-10	0,9999992230	0,9999992354	0,9999992295	да
18	231,00	0,9999992294	6,39E-10	0,9999992249	0,9999992338	0,9999992295	да
19	233,35	0,9999992218	5,88E-10	0,9999992177	0,9999992259	0,9999992216	да
20	240,09	0,9999991994	7,26E-10	0,9999991943	0,9999992045	0,9999991991	да

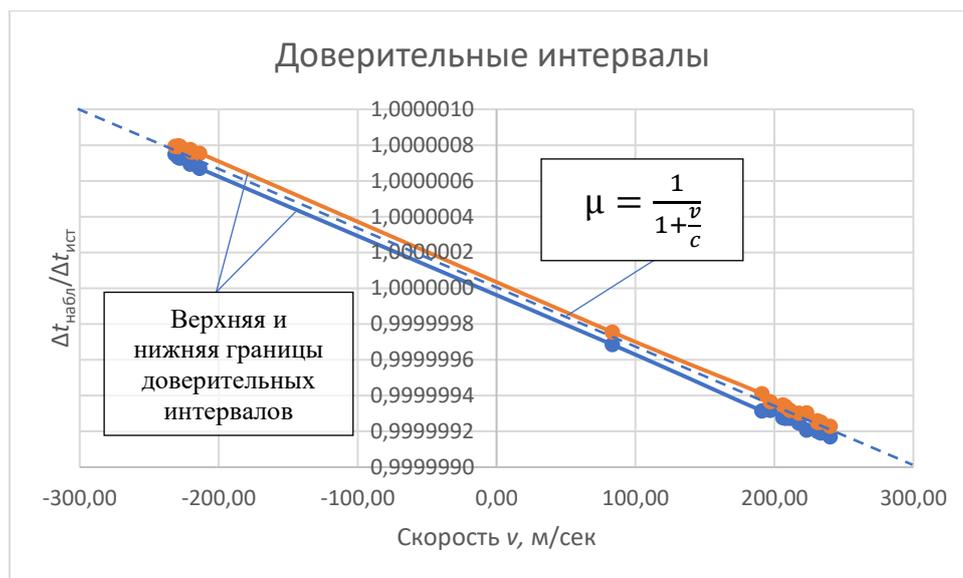


Рис. 11. Границы доверительных интервалов ускорения наблюдаемого хода расположенных на воздушном судне часов со статистической значимостью 7 сигма

Кроме того, эксперимент показывает, что движущиеся от наблюдателя часы (при положительной скорости в столбце v таблицы) по наблюдаемым данным идут медленнее, чем неподвижные часы: за одну секунду по неподвижным часам наблюдателя, по удаляющимся от него часам проходит меньше одной секунды. В строке 20 таблицы при скорости воздушного судна 240,09 м/с за одну секунду по неподвижным часам наблюдателя, согласно эксперименту, по движущимся часам прошло 0,9999991994 секунд.

Предсказания, сделанные по формуле (5) (столбец μ таблицы) с высокой степенью точности совпадают с экспериментальными данными.

4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТА

Эксперимент показал, что при наблюдении за часами, которые движутся со скоростью v вдоль линии, соединяющей часы и наблюдателя, наблюдаемый темп хода этих часов $\mu = \frac{\Delta t_{набл}}{\Delta t_{ист}}$ изменяется в соответствии выражением

$$\mu = \frac{1}{1 \pm \frac{v}{c}},$$

где $\Delta t_{набл}$ и $\Delta t_{ист}$ — соответственно интервалы времени, отсчитываемые по движущимся часам и неподвижным часам наблюдателя;

знак плюс в знаменателе — при удалении часов от наблюдателя, знак минус — при их приближении к наблюдателю.

Физический смысл этого результата состоит в том, что при движении часов к наблюдателю, эти часы по наблюдениям идут быстрее неподвижных.

Если же наблюдаемые часы движутся от наблюдателя, то по наблюдениям они идут медленнее неподвижных.

В соответствии с результатами эксперимента, если с пункта управления космическими полетами, расположенного на Земле, с помощью видеосвязи покадровой съемки (или с помощью гипотетического мощного телескопа, позволяющего через иллюминатор космического корабля разглядеть все что происходит на корабле) наблюдать за космонавтами и за стрелками расположенных на корабле часов, то при движении корабля к Земле со скоростью 0,5 c (половина скорости света) коэффициент изменения наблюдаемого хода времени μ на корабле будет равен

$$\mu = \frac{1}{1 - \frac{v}{c}} = \frac{1}{1 - \frac{0,5c}{c}} = 2,$$

движения и речь космонавтов при наблюдении будут выглядеть ускоренными в два раза, подобно тому, как если бы мы в два раза ускоренно воспроизводили обычную видеозапись.

При приближении космического корабля к Земле со скоростью 0,9 c движения и речь космонавтов будут наблюдаться ускоренными в 10 раз; на такой скорости воспроизведения речи понять ее на слух будет невозможно.

Если космический корабль будет приближаться к Земле со скоростью 0,99 c , движения и речь космонавтов будут наблюдаться ускоренными в 100 раз; наблюдаемые показания часов корабля будут идти в 100 раз быстрее, чем часы на Земле.

Если космический корабль будет удаляться от Земли со скоростью $0,9c$, то $\mu = \frac{1}{1 + \frac{0,9c}{c}} = 0,526$. При этом движения и речь космонавтов, а также движение стрелок часов корабля будут наблюдаться замедленными в 1,9 раз.

Необходимо, однако, отметить, что результаты проведенного эксперимента, а также сделанные на их основе выводы некоторым образом противоречат выводам СТО.

Специальная теория относительности о ходе времени движущихся часов

В соответствии со СТО при наблюдении за движущимися часами неподвижным наблюдателем имеют место следующие полученные теоретически результаты [17-21].

Пусть наблюдатель, расположенный в начале координат инерциальной системы отсчета (ИСО), наблюдает за ходом времени движущихся часов, и сравнивает наблюдаемые им показания этих часов с показаниями его неподвижных часов, расположенных рядом с ним.

Независимо от того, в какую сторону от наблюдателя движутся часы, то есть независимо от того, приближаются ли часы к наблюдателю, или удаляются от него, в соответствии со СТО «Равномерно движущиеся часы с точки зрения покоящейся системы отсчета идут медленнее, чем с точки зрения наблюдателя, движущегося вместе с ними. Если обозначить через v число тиканий часов в единицу времени для покоящегося наблюдателя, а через v_0 соответствующее число для движущегося вместе с ними наблюдателя, то будем иметь

$$\frac{v}{v_0} = \sqrt{1 - (v/c)^2}. \quad [17, \text{с. 49}].$$

В приведенной формуле v и c – соответственно, скорость движения часов и скорость света.

Этот же результат СТО сформулирован также следующим образом: «Если наблюдать часы из системы, по отношению к которой они равномерно движутся со скоростью v , то окажется, что они идут в $1/\sqrt{1 - (v/c)^2}$ раз медленнее, чем те же часы, неподвижные по отношению к этой системе» [18, с. 156].

Несколько в другой формулировке этот результат выглядит так: «Показание часов (наблюдаемое из покоящейся системы) отстает в секунду на $(1 - \sqrt{1 - (v/c)^2})$ сек» [16, с. 19].

Этот теоретический результат, кроме того, сформулирован так: «Относительно системы K часы (секундомер, удары которого отсчитывают секунды – прим. авт.) движутся со скоростью v ; при наблюдении из этой системы отсчета между

ударами этих часов проходит не секунда, а $1/\sqrt{1 - (v/c)^2}$ секунд, то есть несколько большее время. Часы, вследствие своего движения, идут медленнее, чем в состоянии покоя» [19, с. 549].

Нобелевский лауреат Ричард Фейнман выразил этот результат так: «Если вы со стороны наблюдаете, как космонавт (движущегося межпланетного корабля – прим. авт.) закуривает папиросу, вам кажется, что он делает это медленнее, нежели обычно, хотя сам он считает, что все происходит в нормальном темпе. Стало быть... приборы для измерения времени («часы») должны замедлить свой ход. Иначе говоря, когда часы на космическом корабле отсчитывают, по мнению космонавта, 1 сек, то по мнению стороннего наблюдателя, пройдет $1/\sqrt{1 - (v/c)^2}$ сек» [20, с. 272].

Таким образом, в соответствии со СТО, наблюдатель, наблюдая за показаниями движущихся к нему (обратим внимание на этот частный случай) или от него часов, и, сравнивая показания этих движущихся часов с показаниями его неподвижных часов, зафиксирует что:

1. Движущиеся к наблюдателю (или же от него) часы по наблюдениям идут медленнее, чем его неподвижные часы.

2. В то время как по неподвижным часам наблюдателя проходит одна секунда, показания наблюдаемых им движущихся часов изменятся на $\sqrt{1 - (v/c)^2}$ секунд (меньше секунды).

3. Предположим, к Земле на околосветовой скорости движется космический корабль, космонавты которого ведут онлайн видеорепортаж с использованием видеокамеры поккадровой съемки и радиоканала передачи данных, по которому снятые кадры передаются на Землю. На Земле приемник принимает переданные кадры и отображает их на экране сразу же после приема. Наблюдая за космонавтами на видеоэкране, согласно СТО, мы увидим, что движения и речь космонавтов являются замедленными, как в видеофильме, который воспроизводится с замедлением.

4. Очевидно поэтому, что согласно СТО стрелки часов на экране видеотрансляции с космического корабля должны двигаться медленнее, чем стрелки земных часов.

5. Если обозначить: $\Delta t_{\text{ист}}$ – интервал времени, отсчитываемый по часам неподвижного наблюдателя; $\Delta t_{\text{набл}}$ – соответствующий интервал времени, отсчитываемый по показаниям наблюдаемых движущихся часов, то соотношение между этими величинами, согласно СТО, выражается следующей формулой

$$\Delta t_{\text{набл}} = \Delta t_{\text{ист}} \sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}. \quad (6)$$

В соответствии с этим при движении космического корабля к Земле со скоростью 0,99 скорости света, в то время, пока по земным часам пройдет одна секунда, по наблюдаемым показаниям часов корабля пройдет

$$\Delta t_{\text{набл}} = 1 \times \sqrt{1 - 0,99^2} = 0,14 \text{ секунд.}$$

При этом наблюдаемые показания часов корабля будут идти примерно в 7 раз медленнее земных часов.

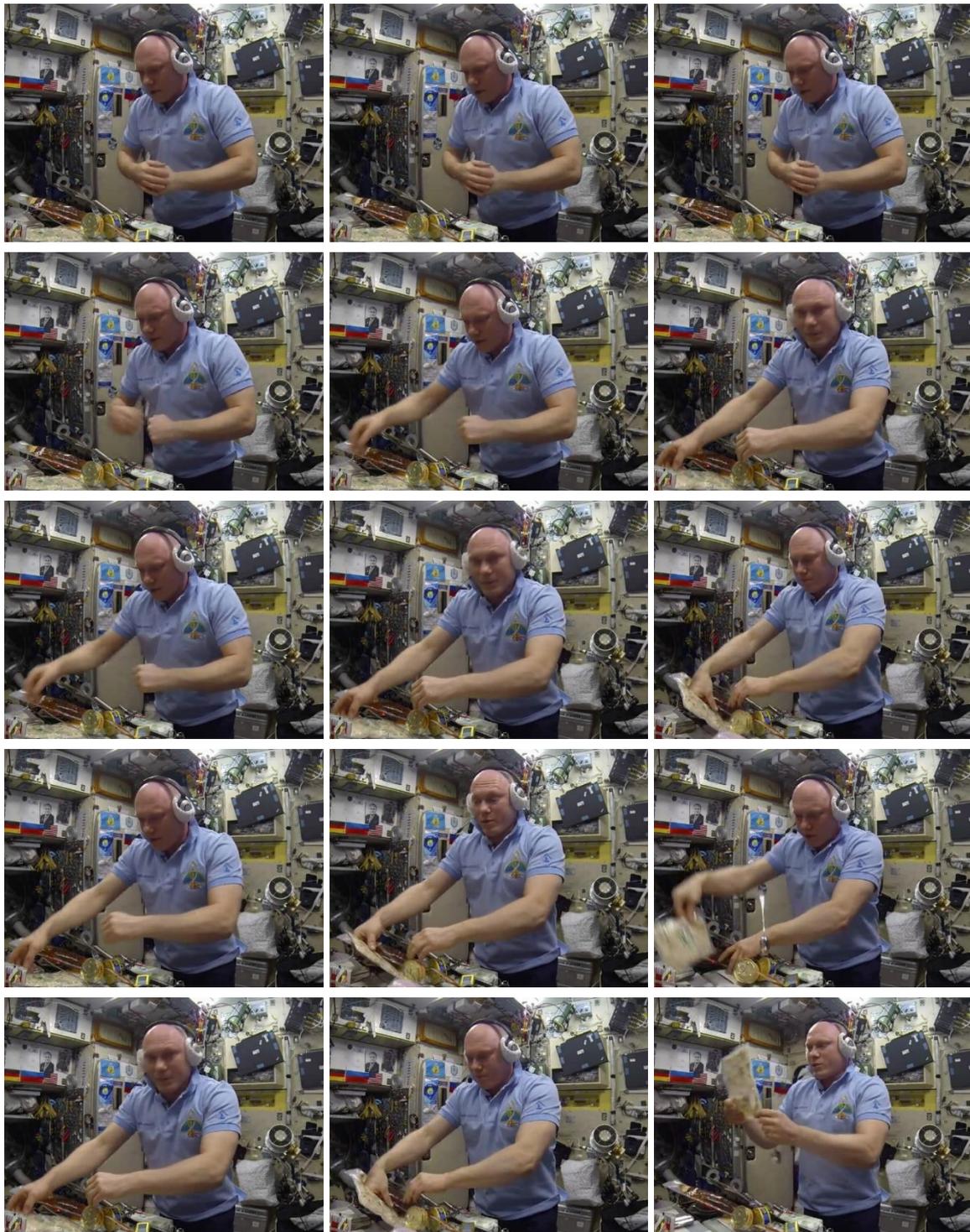
Этот результат противоречит экспериментальным данным. В соответствии с экспериментальными данными наблюдаемые показания часов приближающегося к Земле корабля при скорости 0,99 скорости света должны идти в 100 раз быстрее земных часов.

Противоречие СТО результатам эксперимента

Мы видим, что результаты эксперимента противоречат СТО. Противоречия сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Предсказания СТО и факты эксперимента

Предсказания СТО	Экспериментально доказанные факты
При наблюдении за движущимися часами неподвижным наблюдателем эти часы по наблюдениям всегда идут <i>медленнее</i> неподвижных, независимо от того, приближаются ли они к наблюдателю или удаляются от него.	При наблюдении за движущимися по направлению к наблюдателю часами эти часы по наблюдениям идут <i>быстрее</i> неподвижных часов наблюдателя. Примечание. См. строки 1-8 таблицы 4.
За одну секунду по неподвижным часам наблюдателя на движущихся часах по наблюдениям проходит $\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}$ секунд (меньше одной секунды).	За одну секунду по неподвижным часам наблюдателя на движущихся часах по наблюдениям проходит: – при движении часов к наблюдателю $\frac{1}{1 - \frac{v}{c}}$ секунд (больше одной секунды); – при движении часов от наблюдателя $\frac{1}{1 + \frac{v}{c}}$ секунд (меньше одной секунды). Примечание. См. столбец \tilde{m}_q таблицы 4.
При движении космического корабля к Земле со скоростью 0,99 скорости света наблюдаемые показания часов корабля будут идти примерно в 7 раз медленнее земных часов.	При движении космического корабля к Земле со скоростью 0,99 скорости света наблюдаемые показания часов корабля в соответствии с экспериментально доказанной формулой (5) будут идти в 100 раз быстрее земных часов.
Разница между предсказаниями СТО и результатами расчетов по экспериментально подтвержденной формуле при $v = 0,99c$ составляет 700 раз . Очевидно, практика и эксперимент являются неоспоримым критерием истины. Вывод: Использование формулы СТО (6) при скорости 0,99c приводит к ошибке в 700 раз, то есть 70 000 (семьдесят тысяч) процентов.	



а) предсказание СТО:
замедленные движения

б) обычные движения

в) опытный факт: ускоренные
движения

Рис. 12. Видеорепортаж с приближающегося к Земле космического корабля. По вертикали представлены кадры транслируемого видеоизображения через каждые 0,5 сек

Если с использованием видеосвязи наблюдать за движениями и речью космонавтов, которые находятся на движущемся к Земле с околосветовой скоростью космическом корабле, то согласно опытным фактам, на видеозэкране мы увидим, что

космонавты движутся и говорят ускоренно, как в ускоренно воспроизводимом видеофильме (рис. 12, в). Однако в соответствии со СТО движения и речь космонавтов в данном случае будут наблюдаться замедленными, как в замедленно воспроизводимом

видеофильме (рис. 12, а). На рис. 12 изображены по вертикали последовательные кадры транслируемого с приближающегося к Земле космического корабля с интервалом 0,5 с. На рис. 12 б (средний столбец кадров) представлены кадры видеотрансляции как они были бы на самом деле (если бы корабль не приближался к Земле). В левом столбце, рис. 12 а, представлены кадры замедленного транслируемого видео, которое должно быть в соответствии со СТО. В правом столбце, рис. 12 в, представлены кадры, которые будут иметь место в соответствии с экспериментально доказанным фактом ускорения наблюдаемого хода времени движущихся к наблюдателю часов, то есть в соответствии с проведенным авторами настоящей работы экспериментом.

Таким образом, результаты эксперимента очевидно противоречат СТО.

5. ДВЕ ЗАДАЧИ ПО СТО, РЕШЕНИЕ КОТОРЫХ НЕВОЗМОЖНО ИЗ-ЗА ЕЕ ОШИБОЧНОСТИ

Ниже приведены две простые задачи по СТО, сформулированные одним из авторов. Решение этих задач, по нашему мнению, невозможно из-за ошибочности и внутренней противоречивости СТО. Лучшим опровержением предположения о невозможности решения этих задач методами СТО является, конечно же предоставление их решения с формулами СТО и расчетами.

С такого рода задачами на практике сталкиваются ученые в технических науках, когда рассматривают вопросы использования результатов СТО в авиации и космонавтике, в том числе в спутниковых навигационных системах (ГЛОНАСС, GPS, GALILEO). В каждой из приведенных задач имеется две ИСО. Решение задач с точки зрения одной ИСО приводит к одному ответу, а их решение с точки зрения второй ИСО дает другой ответ, который противоречит первому.

Многочисленные попытки авторов получить разъяснения от представителей теоретической физики о том, как нужно решать эти задачи оказались безрезультатными.

Тем не менее является актуальным и практически важным вопрос: как решать эти задачи на практике?

Использование ошибочных формул при разработке авиационных и космических систем навигации и наблюдения приводит к ухудшению тактико-технических характеристик этих систем, к повышению вероятности их отказов, может привести к авариям, человеческим жертвам (катастрофам) и к значительным экономическим потерям. Именно поэтому ученые – представители теоретической физики, которые дали техническим наукам специальную теорию относительности (написав для технических вузов учебники с изложением СТО) должны взять на себя ответственность за достоверность результатов СТО, которые используются на практике при разработке авиационных и космических систем [1–7].

Представленные задачи целесообразно решить для обеспечения полноты теоретического представления этой проблемы. Желательно, чтобы представители теоретической физики предложили методики и алгоритмы решения такого рода задач, которые бы не давали не противоречивые решения.

5.1. ЗАДАЧА О ПРОЛЕТАЮЩИХ РЯДОМ КОСМИЧЕСКИХ КОРАБЛЯХ

Пусть два одинаковых космических корабля длиной 100 м пролетают в непосредственной близости мимо друг друга. Скорость движения составляет $v=0,99999 c$, где c – скорость света.

На каждом корабле имеются 101 иллюминатор, которые расположены на расстоянии 1 м друг от друга. (Для простоты считаем, что первый и последний иллюминаторы расположены в непосредственной близости от передней и задней частей корабля.) Иллюминаторы пронумерованы так, что номер каждого иллюминатора соответствует расстоянию в метрах от передней части корабля до соответствующего иллюминатора: ($A_0, A_1, A_2, \dots, A_{99}, A_{100}$) – на корабле A , ($B_0, B_1, B_2, \dots, B_{99}, B_{100}$) – на корабле B (рис. 13).

Возле каждого иллюминатора расположены наблюдатели. Часы наблюдателей на каждом корабле синхронизированы.

Пусть часы на каждом из кораблей идут таким образом, что наблюдатели A_0 и B_{100} , расположенные на переднем и заднем конце корабля A и корабля B (Рис. 13) оказавшись рядом в этот момент времени, зафиксируют, что показания часов A_0 и B_{100} одинаковы.

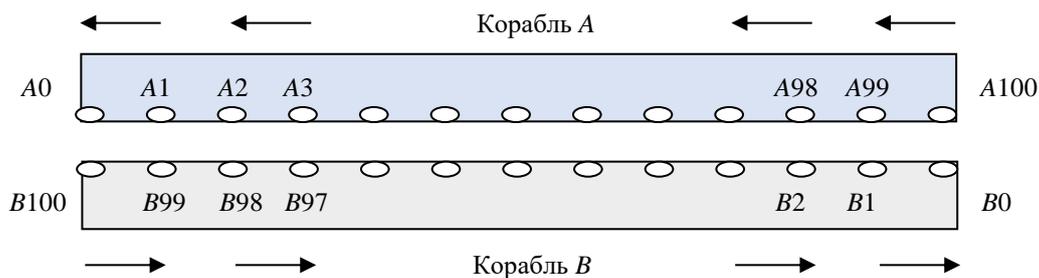


Рис. 13. Иллюстрация к Задаче данного раздела

В соответствии со СТО линейные размеры движущихся тел уменьшаются. В работе [19, с. 548], в частности, говорится: «...длина твердой метровой линейки, движущейся в направлении своей длины при наблюдении из покоящейся системы координат равна $\sqrt{1 - (v/c)^2}$. Таким образом, движущаяся твердая линейка *короче*, чем та же линейка, находящаяся в покое, причем тем короче, чем быстрее она движется».

В соответствии со СТО с точки зрения наблюдателей корабля А движущийся мимо них корабль В окажется короче их собственного корабля А. Длина корабля В окажется равной

$$l_B = l_A \sqrt{1 - (v/c)^2},$$

где l_A – длина корабля А, равная 100 м.

Задача 1

1. Рассчитайте, возле какого иллюминатора корабля А окажется передняя часть корабля В в тот момент, когда задняя часть корабля В окажется напротив иллюминатора А0? (рис. 14)
2. Покажите, что найденное решение удовлетворяет (не противоречит) принципу относительности.

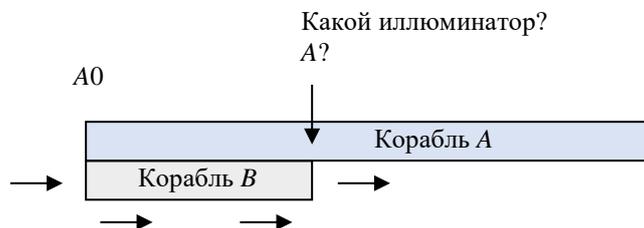


Рис. 14. Иллюстрация к Задаче 1

5.2. ЗАДАЧА О ДВИЖУЩИХСЯ НАВСТРЕЧУ ДРУГ ДРУГУ ЧАСАХ

Пусть две ИСО K и K' движутся относительно друг друга со скоростью v так, что оси X и X' находятся в непосредственной близости друг от друга, а оси Y и Y' , а также Z и Z' – параллельны.

На концах двух абсолютно жестких стержней одинаковой длины в точках O и A (в системе K) а также O' и A' (в системе K') расположены наблюдатели с часами (Рис. 15, а). Стержни неподвижны каждый в своей системе.

В ИСО K синхронизированы часы O и A , в ИСО K' синхронизированы часы O' и A' .

Пусть в момент времени, изображенный на рис. 15 а, когда наблюдатели O и O' , а также наблюдатели A и A' , будут проходить рядом друг с другом, они обнуляют показания своих часов. Так как длины соединяющих часы стержней в каждой ИСО

одинаковы, то после обнуления часы в каждой ИСО останутся синхронно идущими.

Пусть скорость движения $v=0,9 c$ (90% от скорости света), и расстояние $|OA|$ таково, что часы А проходят его со скоростью $v=0,9 c$ ровно за 1 час.

Таким образом, в момент встречи наблюдателей А и O' (рис. 15 б), когда они находятся в непосредственной близости друг от друга и от часов А и O' , в системе K' неподвижные часы O' будут показывать ровно 1 час.

Задача 2

1. С использованием формул СТО найти показания движущихся часов А при их наблюдении неподвижным наблюдателем O' из системы K' в момент встречи. Для решения задачи нужно использовать исключительно формулы, приведенные в [16-19]. Использовать формулы

других теорий, например, общей теории относительности, запрещено.

2. В решении привести формулы, по которым выполняются расчеты и сами расчеты.

3. Показать, что решение удовлетворяет принципу относительности СТО [18].

4. Показать, что движущиеся часы идут медленнее неподвижных [16, с. 19-20; 18, с. 156]. В СТО утверждается: «Часы, вследствие своего движения, идут медленнее, чем в состоянии покоя» [19, с. 549].

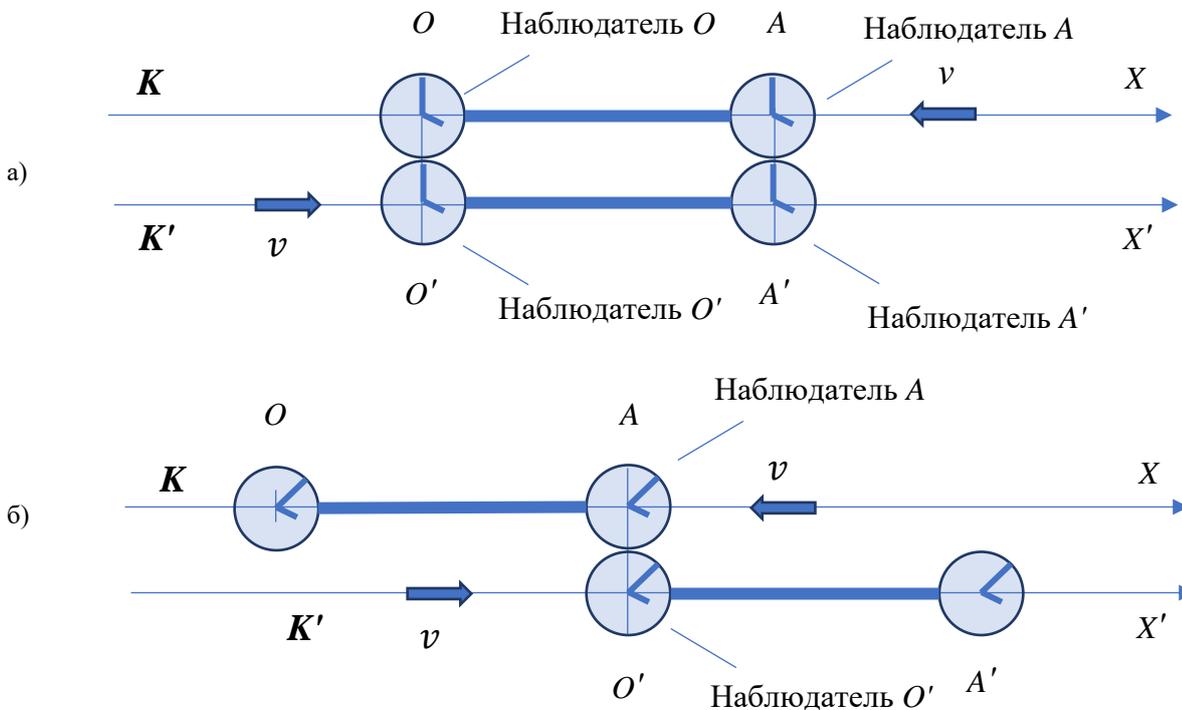


Рис. 15. Иллюстрации в Задаче 2: а) ИСО K и K' . В момент, когда наблюдатели O и O' а также A и A' проходят мимо друг друга, показания обнуляются; б) Момент, когда наблюдатели A и O' находятся в непосредственной близости друг от друга и от часов A и O'

Комментарий к задаче

Задача решается с использованием очевидной формулы:

$$\Delta t_A = \Delta t_{O'} \sqrt{1 - (v/c)^2},$$

где $\Delta t_{O'}$ – интервал времени, прошедший от момента обнуления показаний часов до момента встречи наблюдателей O' и A , равный 1 часу по часам O' ;

Δt_A – искомый интервал времени, прошедший от момента обнуления показаний часов до момента встречи наблюдателей O' и A по часам A ;

$v = 0,9 c$ – скорость движения.

5.3. ИЛЛЮСТРИРУЕМЫЕ ЗАДАЧАМИ ПРОТИВОРЕЧИЯ СТО

Задача 1 о пролетающих рядом космических кораблях в один и тот же момент времени иллюстрирует противоречивое, то есть невозможное с точки зрения формальной логики событие, в соответствии с которым *разные* наблюдатели, расположенные в разных ИСО, оказавшись рядом в одной и той же точке пространства одновременно (в

один и тот же момент времени) зафиксируют разные длины одного и того же материального тела.

Другими словами, наблюдатели корабля A , оказавшись в непосредственной близости с наблюдателями корабля B , одновременно (если время отсчитывается по синхронно идущим на каждом корабле часам, которые расположены рядом с каждым наблюдателем), согласно СТО, зафиксируют разную длину одного и того же корабля. А этого с точки зрения формальной логики быть не может.

Задача 2 о движущихся навстречу друг другу часах иллюстрирует противоречие, в соответствии с которым *разные* наблюдатели, расположенные в разных ИСО, оказавшись рядом в одной и той же точке пространства одновременно (в один и тот же момент времени), согласно СТО, зафиксируют разные показания одних и тех же часов, расположенных в этой точке пространства. С точки зрения формальной логики это невозможно.

Один из способов доказать, что СТО является непротиворечивой теорией состоит в том, чтобы корректно, используя только формулы СТО и не прибегая к другим теориям (к общей теории относительности, в том числе) решить представленные задачи, и корректно доказать, что полученное решение удовлетворяет (не противоречит) принципу относительности.

Последнее означает, что решение должно быть получено с точки зрения разных ИСО, и во всех случаях это решение должно быть одинаковым.

Итак, признаки противоречивости СТО заключаются в том, что измерение одних и тех же физических величин одного и того же тела (длины тела, длительности интервалов времени, наблюдаемых по показаниям расположенных на теле часов) из разных ИСО приводят к разным, противоречивым результатам. Противоречие выражается в том, что два наблюдателя из разных ИСО, оказавшихся одновременно в одном и том же месте пространства, согласно СТО, получают разные, противоречивые (и невозможные с точки зрения формальной логики) результаты, а именно: разную длину одного и того же тела или разные показания одних и тех же часов в один и тот же момент времени. Другими словами, несколько наблюдателей, находящихся в разных ИСО при встрече наблюдателей из разных ИСО друг с другом в одной точке пространства согласно СТО должны зафиксировать одновременно разную длину одного и того же тела; два движущихся друг относительно друга наблюдателя, наблюдая за одними и теми же движущимися относительно них часами при встрече этих наблюдателей и часов одновременно в одной точке пространства, согласно СТО, должны обнаружить, что эти часы одновременно показывают разное время, что противоречит формальной логике.

Сам факт наличия «нерешаемых» методами СТО задач доказывает внутреннюю противоречивость этой теории (решение должно быть получено исключительно методами СТО, без использования других теорий).

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в работе приведены результаты измерения наблюдаемого темпа хода движущихся часов.

В соответствии с результатами эксперимента движущиеся к наблюдателю часы по наблюдениям идут быстрее, чем его неподвижные часы, при движении часов от наблюдателя они по наблюдениям идут медленнее неподвижных часов наблюдателя.

Экспериментально доказано, что интервалы времени, отсчитываемые по наблюдаемым показаниям движущихся относительно наблюдателя часов $\Delta t_{\text{набл}}$ и по неподвижным часам наблюдателя $\Delta t_{\text{ист}}$ связаны формулой (5):

$$\Delta t_{\text{набл}} = \frac{\Delta t_{\text{ист}}}{1 \pm \frac{v}{c}},$$

где знак плюс в знаменателе – при удалении часов от наблюдателя, знак минус – при их приближении к наблюдателю.

В соответствии со СТО имеет место другая формула (6)

$$\Delta t_{\text{набл}} = \Delta t_{\text{ист}} \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$$

Результаты эксперимента противоречат СТО, в соответствии с которой движущиеся часы по наблюдениям всегда (независимо от направления движения) идут медленнее неподвижных.

Практика, эксперимент являются неопровержимым критерием истины. Поэтому формула (5) является истинной, а формула СТО (6) – ошибочной.

Использование формулы СТО (6) при скорости движения часов к наблюдателю $0,99c$ приводит к ошибке в 700 раз.

СТО нельзя использовать для расчетов в технических науках, в частности в системах навигации и наблюдения, применяемых в авиационной и космической отраслях, поскольку эксперимент показал, что формулы СТО являются ошибочными. Использование ошибочных формул в системах навигации и наблюдения может повлечь за собой ухудшение тактико-технических характеристик этих систем (в том числе снижение точности навигации и наблюдения) и привести к авариям, катастрофам в авиации и космонавтике, и, как следствие, к значительным экономическим потерям.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Тяпкин, В. Н. Методы определения навигационных параметров подвижных средств с использованием спутниковой радионавигационной системы ГЛОНАСС: монография / В. Н. Тяпкин, Е. Н. Гарин. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2012. – 260 с. ISBN 978-5-7638-2639-5.
- [2] Ashby, N. Relativity in GNSS. In: Ashtekar, A., Petkov, V. (eds) Springer Handbook of Spacetime. Springer Handbooks. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41992-8_24]
- [3] Fidalgo, J. "LIFELINE: Feasibility Study of Space-Based Relativistic Positioning System / Fidalgo, J., Melis, S., Kosti, U., Delva, P., Mendes, L., Prieto-Cerdeira, R. // " Proceedings of the 34th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2021), St. Louis, Missouri, September 2021, pp. 3979-3989. <https://doi.org/10.33012/2021.18140>

- [4] Global Positioning System: Theory and Application / Edited by B.W. Parkinson, J.J. Spilker Jr. – AIAA. Inc., Washington, vol. 1, 1996.
- [5] Kouba, J. Relativity effects of Galileo passive hydrogen maser satellite clocks. GPS Solut 23, 117 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10291-019-0910-7>
- [6] Mudrak, A. Relativistic Corrections in the European GNSS Galileo / Mudrak, A., De Simone, P. & Lisi, M // Aerotec. MissiliSpaz. 94, 2015. С. 139–144 (2015).
- [7] Understanding GPS: Principles and Applications / Ed. by E. D. Kaplan. Aitech House, Inc., Norwood, Massachusetts, 1996. [<https://doi.org/10.1007/BF03404697>]
- [8] Руководство по авиационному наблюдению. ИКАО, документ 9924 AN/474. – 2020. – 429 с.
- [9] Кологривов, В. Н. Эффект Доплера в классической физике: учебно-методическое пособие по курсу Общая физика. – М.: МФТИ, 2012. – 32 с.
- [10] Трофимова Т. И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Таисия Ивановна Трофимова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с. – ISBN 5-7695-2629-7.
- [11] Плясовских А. П. О возможности движения тел со сверхсветовой скоростью. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2021. – 152 с. – ISBN 978-620-4-71514-8
- [12] Плясовских А. П. Закон aberrации и его приложения в навигации и управлении воздушным движением. – М.: Знание-М, 2022. – 70 с. – ISBN 978-5-00187-223-8.
- [13] Плясовских А. П. Теория реальности, альтернативная специальной теории относительности // Современные научные исследования и инновации. 2021. № 11 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2021/11/97082> (дата обращения: 28.11.2021).
- [14] Плясовских А. П. К вопросу aberrации при продольном движении материальной точки относительно наблюдателя // Современные научные исследования и инновации. 2022. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2022/02/97670> (дата обращения: 10.02.2022).
- [15] Плясовских А. П. О законе aberrации // Естественнаучный журнал «Точная наука». 2022. № 131. С. 30-42. URL: <https://idpluton.ru/wp-content/uploads/tv131.pdf> (дата обращения: 02.05.2022).
- [16] Эйнштейн А. К электродинамике движущихся тел // Собр. науч. тр. – Т. 1. – М.: Наука, 1965. – С. 7-35.
- [17] Эйнштейн А. О возможности нового доказательства принципа относительности // Собр. науч. тр. – Т. 1. – М., Наука, 1965. – С. 49-50.
- [18] Эйнштейн А. Принцип относительности и его следствия в современной физике // Собр. науч. тр. – Т. 1. – М., Наука. – 1965. – С. 138-164.
- [19] Эйнштейн А. О специальной и общей теории относительности // Собр. науч. тр. – Т. 1. – М., Наука. – 1965. – С. 530-600.
- [20] Фейнмановские лекции по физике. Т. I (1–2) / Ричард Фейнман, Роберт Лейтон, Мэтью Сэндс; [пер. с англ. О. А. Хрусталева, Г. И. Копылова, А. В. Ефремова]. – М.: Издательство АСТ, 2019. – 448 с.
- [21] Угаров В. А. Специальная теория относительности. М.: Наука, 1977.

Информация о авторе, ответственном за предоставление статьи в журнал:



Александр Петрович Плясовских - Место работы: АО «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский научно-исследовательский институт радиопаратуры», Санкт-Петербург, Россия. Ученая степень, ученое звание: доктор технических наук Должность: главный конструктор научно-технического центра организации воздушного движения.
E-mail: info@vniira.ru, al.plyasovskih@yandex.ru

Статья поступила 10.12.2022.

An Experiment to Measure the Observed Rate of a Moving Clock

Team of authors:

1. Abdul'manov¹ Timur Maratovich,
2. Antokhin¹ Yevgeniy Aleksandrovich, PhD,
3. Barashkov¹ Ivan Aleksandrovich,
4. Belik⁴ Sergey Anatol'yevich,
5. Borsoyev⁷ Vladimir Aleksandrovich, Dr. of Techn. Sci.,
6. Budnikov¹ Daniil Sergeyeovich,
7. Verkhovets³ Mikhail Nail'yevich, PhD-student,
8. Vinnikov³ Artem Yur'yevich, PhD-student,
9. Vlasov¹ Il'ya Mikhaylovich,
10. Vlasov Roman Yur'yevich, PhD,
11. Volokitin³ Il'ya Aleksandrovich, PhD-student,
12. Vu Khan¹ Yan Lamovich, PhD-student,
13. Galkin¹ Yevgeniy Yur'yevich,
14. Gimishyan³ Mikayel Karapetovich,
15. Golivtsova⁸ Nadezhda Sergeyeвна,
16. Gorlova⁵ Anna Andreyevna, PhD-student,
17. Grachev³ Konstantin Olegovich, PhD-student,
18. Grigor'yev³ Sergey Vasil'yevich, PhD
19. Grigor'yeva³ Yelena Ivanovna,
20. Davidenko⁸ Vladislav Yur'yevich, PhD-student,
21. Dvornikov¹ Sergey Vasil'yevich,
22. Dzhanabayev⁹ Aleksandr Melsovich,
23. Dmitrenko Sergey Vladimirovich, k.v.n.,
24. Zamula³ Aleksandr Vladimirovich,
25. Zatonkiy³ Viktor Maksimovich, PhD,

26. Zashikhin¹ Sergey Borisovich,
27. Zemskov³ Yuriy Vladimirovich, PhD,
28. Zinchenko⁴ Viktor Grigor'yevich,
29. Zykov¹ Aleksandr Viktorovich,
30. Ivanov³ Aleksandr Aleksandrovich, PhD-student,
31. Ivanovskiy¹¹ Nikolay Nikolayevich,
32. Istomin Andrey Sergeevich, PhD,
33. Kaverznev³ Yevgeniy Gennad'yevich, PhD-student,
34. Kalyuzhnyy³ Yuriy Vasil'yevich,
35. Kachan³ Dmitriy Vladimirovich,
36. Kiselev^{1,4} Oleg Aleksandrovich,
37. Kleshchev¹⁴ Konstantin Aleksandrovich, PhD,
38. Klyuchnikov⁷ Yuriy Ivanovich,
39. Klyushin^{3,4} Yaroslav Grigor'yevich, k.f.-m.n.,
40. Knyazhskiy¹ Aleksandr Yur'yevich, PhD,
41. Kravtsov³ Valeriy Fedorovich, PhD,
42. Kobakhidze¹ Nikolay Andreyevich,
43. Kovalev¹³ Aleksey Georgiyevich,
44. Kolesnikova¹² Yuliya Faridovna, k.e.n.
45. Koltakov⁸ Vasiliy Nikolayevich,
46. Konyk Denis Aleksandrovich, PhD-student
47. Kopusov³ Artem Vadimovich, PhD-student
48. Kochetov⁴ Aleksandr Yevgen'yevich,
49. Krivoruchko¹ Yuriy Timofeyevich, Dr. of Techn. Sci.,
50. Krivoguzov³ Ivan Aleksandrovich,
51. Kryzhanovskiy³ Georgiy Alekseyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Science and Technology of the Russian Federation, full member (academician) of six academies,
52. Kubyakin¹ Anton Mikhaylovich,
53. Lebedeva³ Natal'ya Aleksandrovna, k.i.n.,
54. Lemeshko² Roman Andreyevich, PhD-student,
55. Lovlin¹ Yuriy Vital'yevich,
56. Lugovoy⁸ Veniamin Gennad'yevich,
57. Makarov⁸ Valeriy Alekseyevich,
58. Malyshev³ Pavel Maksimovich, PhD-student
59. Medvedev¹ Aleksandr Dmitriyevich,
60. Medvedtskaya Beata Leonidovna³, PhD-student
61. Moiseyev^{10,4} Boris Mikhaylovich, PhD,
62. Mursalov¹ Dmitriy Leonidovich, PhD-student
63. Nesterovich¹ Andrey Vladimirovich, PhD-student,
64. Nikolayev³ Aleksandr Kirillovich,
65. Oleksin³ Sergey L'vovich, PhD,
66. Orishchuk¹ Aleksey Aleksandrovich,
67. Pavlova¹ Vera Vladimirovna,
68. Petukhov^{1,4} Sergey Gennad'yevich, Dr. of Techn. Sci.
69. Plavskiy⁴ Sergey Ivanovich,
70. Plyasovskikh¹ Aleksandr Petrovich*, Dr. of Techn. Sci.,
71. Plyasovskikh Galina Alekseyevna,
72. Pototskiy¹ Igor' Dmitriyevich, PhD-student,
73. Prokopov¹ Dmitriy Viktorovich,
74. Prokopovich³ Artemiy Yur'yevich, PhD-student,
75. Sazanov³ Vasiliy Yevgen'yevich, PhD
76. Samoylov³ Vladimir Aleksandrovich, k.p.n.,
77. Sviridenko¹ Dmitriy Ivanovich,
78. Segedin³ Ruslan Adol'fovich, PhD,
79. Sukhoterin¹ Vyacheslav Dmitriyevich, PhD,
80. Tarasenko¹ Aleksandr Vladimirovich,
81. Tayurskiy³ Yevgeniy Sergeevich,
82. Topilin¹, Aleksey Aleksandrovich, PhD,
83. Topilin¹ Vladimir Yur'yevich,
84. Ustimenko⁸ Ivan Mikhaylovich,
85. Fedorov³ Andrey Valer'yevich, k.p.n.
86. Fridman¹ Leonid Borisovich, Dr. of Techn. Sci.
87. Khizhnichenko¹ Aleksandr Yevgen'yevich,
88. Tselinko¹ Oleg Vladimirovich,
89. Chepel¹ Yevgeniy Viktorovich, PhD,
90. Chizhevskiy¹ Vyacheslav Vladimirovich,
91. Shaposhnikov⁶ Aleksandr Viktorovich,
92. Shaydurov³ Ivan Georgiyevich, PhD,
93. Shatrakov¹ Yuriy Grigor'yevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Science of the Russian Federation, Laureate of the USSR State Prizes and Prizes of the Government of St. Petersburg,
94. Sheyko³ Eduard Viktorovich,
95. Shlyakhov³ Nikita Alekseyevich, PhD-student,
96. Shcherbakov¹ Yegor Sergeevich, PhD-student,
97. Yur'yev¹ Roman Nikolayevich,
98. Yakovlev¹ Aleksandr Mikhaylovich,
99. Yakovlev Andrey Vyacheslavovich, PhD,
100. Yakovlev¹ Viktor Timofeyevich, Dr. of Techn. Sci.

Place of work of the authors:

¹ Joint Stock Company "All-Russian Research Institute of Radio Equipment" (JSC "VNIIRA")

² KOMPLIT Company LLC

³ St. Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A. Novikov

⁵ Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Chief Air Marshal B.P. Bugaeva

⁴ currently retired

⁶ St. Petersburg Polytechnic University of Peter the Great

⁷ NOU DPO Institute of Air Navigation, Russia

⁸ FSUE "State ATM"

⁹ State Unitary Enterprise Center "Uzaeronavigatsia", Uzbekistan

¹⁰ Kostroma State University

¹¹ Severstal Aviation Enterprise LLC

¹² Lipetsk State Pedagogical University S. Tien Shan

¹³ STC LLC

¹⁴ Interstate Aviation Committee (IAC)

* - Corresponding author

Abstract. The paper presents the results of a practical experiment on measuring the observed rate of movement of a moving clock. In accordance with the results of the experiment, the clocks moving towards the observer, according to observations, go faster than the stationary ones, and the clocks moving away from the observer, according to the observations, go slower than the stationary ones. This result contradicts the special theory of relativity (SRT), which requires its own explanation. The experiment was carried out using a monopulse secondary surveillance radar "Aurora-2" manufactured by JSC "VNIIRA".

Key words: inertial frame of reference, observer, relative motion, Doppler effect, measurement of time intervals, clock rate, moving clock, special relativity, SRT, experiment.

REFEREYCES

- [1] Tyapkin, V. N. Metody opredeleniya navigatsionnykh parametrov podvizhnykh sredstv s ispol'zovaniyem sputnikovoy radionavigatsionnoy sistemy GLONASS: monografiya / V. N. Tyapkin, Ye. N. Garin. – Krasnoyarsk: Sib. feder. un-t, 2012. – 260 s. ISBN 978-5-7638-2639-5.
- [2] Ashby, N. Relativity in GNSS. In: Ashtekar, A., Petkov, V. (eds) Springer Handbook of Spacetime. Springer Handbooks. Springer, Berlin, Heidelberg, 2014. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41992-8_24]
- [3] Fidalgo, J. "LIFELINE: Feasibility Study of Space-Based Relativistic Positioning System / Fidalgo, J., Melis, S., Kosti, U., Delva, P., Mendes, L., Prieto-Cerdeira, R. // " Proceedings of the 34th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS+ 2021), St. Louis, Missouri, September 2021, pp. 3979-3989. <https://doi.org/10.33012/2021.18140>
- [4] Global Positioning System: Theory and Application / Edited by B.W. Parkinson, J.J. Spilker Jr. – AIAA, Inc., Washington, vol. 1, 1996.
- [5] Kouba, J. Relativity effects of Galileo passive hydrogen maser satellite clocks. GPS Solut 23, 117 (2019). <https://doi.org/10.1007/s10291-019-0910-7>
- [6] Mudrak, A. Relativistic Corrections in the European GNSS Galileo / Mudrak, A., De Simone, P. & Lisi, M // Aerotec. MissiliSpaz. 94, 2015. S. 139–144 (2015).
- [7] Understanding GPS: Principles and Applications / Ed. by E. D. Kaplan. Aitech House, Inc., Norwood, Massachusetts, 1996. [<https://doi.org/10.1007/BF03404697>]
- [8] Rukovodstvo po aviatsionnomu nablyudeniyu. IKAO, dokument 9924 AN/474. – 2020. – 429 s.
- [9] Kologrivov, V. N. Effekt Doplera v klassicheskoy fizike: uchebno-metodicheskoye posobiye po kursu Obshchaya fizika. – M.: MFTI, 2012. – 32 s.
- [10] Trofimova T. I. Kurs fiziki: ucheb. posobiye dlya vuzov / Taisiya Ivanovna Trofimova. – 11-ye izd., ster. – M.: Izdatel'skiy tsentr «Akademiya», 2006. – 560 s. – ISBN 5-7695-2629-7.
- [11] Plyasovskikh A. P. O vozmozhnosti dvizheniya tel so sverkhsvetovoy skorost'yu. – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2021. – 152 s. – ISBN 978-620-4-71514-8
- [12] Plyasovskikh A. P. Zakon aberratsii i yego prilozheniya v navigatsii i upravlenii vozdushnym dvizheniyem. – M.: Znaniye-M, 2022. – 70 s. – ISBN 978-5-00187-223-8.
- [13] Plyasovskikh A. P. Teoriya real'nosti, al'ternativnaya spetsial'noy teorii otноситel'nosti // Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii. 2021. № 11 [Elektronnyy resurs]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2021/11/97082> (data obrashcheniya: 28.11.2021).
- [14] Plyasovskikh A. P. K voprosu aberratsii pri prodol'nom dvizhenii material'noy tochki otноситel'no nablyudatelya // Sovremennyye nauchnyye issledovaniya i innovatsii. 2022. № 2 [Elektronnyy resurs]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2022/02/97670> (data obrashcheniya: 10.02.2022).
- [15] Plyasovskikh A. P. O zakone aberratsii // Yestestvennonauchnyy zhurnal «Tochnaya nauka». 2022. № 131. S. 30-42. URL: <https://idpluton.ru/wp-content/uploads/tv131.pdf> (data obrashcheniya: 02.05.2022).
- [16] Eynshhteyn A. K elektrodinamike dvizhushchikhsya tel // Sobr. nauch. tr. – T. 1. – M.: Nauka, 1965. – S. 7-35.
- [17] Eynshhteyn A. O vozmozhnosti novogo dokazatel'stva printsipa otноситel'nosti // Sobr. nauch. tr. – T. 1. – M., Nauka, 1965. – S. 49-50.
- [18] Eynshhteyn A. Printsip otноситel'nosti i yego sledstviya v sovremennoy fizike // Sobr. nauch. tr. – T. 1. – M., Nauka. – 1965. – S. 138-164.
- [19] Eynshhteyn A. O spetsial'noy i obshchey teorii otноситel'nosti // Sobr. nauch. tr. – T. 1. – M., Nauka. – 1965. – S. 530-600.
- [20] Feynmanovskiye lektzii po fizike. T. I (1–2) / Richard Feynman, Robert Leyton, Met'yu Sends; [per. s angl. O. A. Khrustaleva, G. I. Kopylova, A. V. Yefremova]. – M.: Izdatel'stvo AST, 2019. – 448 s.
- [21] Ugarov V. A. Spetsial'naya teoriya otноситel'nosti. M.: Nauka, 1977.

Information about the corresponding author



Alexander Petrovich Plyasovsky

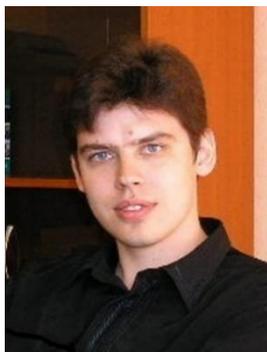
- Place of employment: JSC "Order of the Red Banner of Labor All-Russian Research Institute of Radio Equipment", St. Petersburg, Russia
Academic degree, academic title: Doctor of Technical Sciences
Position: chief designer of the scientific and technical center of air traffic management

E-mail: info@vniira.ru,
al.plyasovskih@yandex.ru

The paper has been received on 10/12/2022.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Информация о некоторых авторах статьи



Винников Артем Юрьевич

E-mail:

artemvin@mail.ru

Место работы: Служба движения аэродромного диспетчерского центра ЕС ОрВД (Кемерово) Кемеровского отделения Кузбасского Центра ОВД филиала «ЗапСибАэронавигация» ФГУП «Госкорпо-

рация по ОрВД».

Ученая степень, ученое звание: аспирант

Должность: старший диспетчер, осуществляющий непосредственное управление воздушным движением.

Специальность по Номенклатуре специальностей научных работников (код ВАК): 05.22.13 Навигация и управление воздушным движением

Основные направления научных исследований: грамматика немецкого языка, когнитивная лингвистика, лингвопрагматика, контрастивная лингвистика, теория межкультурной коммуникации.

Важнейшие публикации:

1. *Винников А. Ю.* Условие безопасного эшелонирования в ситуации «взлет-посадка» // *Advances in Science and Technology: Сборник статей XVIII международной научно-практической конференции, часть II.* Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2019. С. 177-178.

2. *Винников А. Ю.* К вопросу о целесообразности применения вероятностного подхода при решении задач прогнозирования // *Eurasia Science: Сборник статей XIX международной научно-практической конференции.* Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2019. С. 134-136.

3. *Винников А.Ю.* Методологические особенности понятия «расчетная позиция» при выполнении операции «взлет-посадка» // *Российская наука в современном мире: Сборник статей XX международной научно-практической конференции.* Москва: «Научно-издательский центр «Актуальность.РФ», 2019. С. 24-25.

4. *Винников А.Ю.* Основные проблемы при организации взлетно-посадочных операций // *Современные научные исследования: актуальные вопросы, достижения и инновации: Сборник статей VII Международной научно-практической конференции.* – Пенза: МЦНС «Наука и Просвещение». – 2019. С. 69-71.

Vinnikov Artem Yurievich

E-mail: artemvin@mail.ru

Place of work: Traffic Service of the Aerodrome Dispatch Center of the EU ATM (Kemerovo) of the Kemerovo branch of the Kuzbass ATS Center of the branch " Air navigation of Western Siberia " of the FSUE "State ATM Corporation".

Academic degree: -

Academic status: graduate student

Post: Senior Air Traffic Controller with Direct Air Traffic Control.

Specialty from nomenclature of scientific specialties (Code of Higher Attestation Commission): 05.22.13 - Navigation and air traffic control

Scientific major: grammar of German, cognitive linguistics, theory of discourse, contrastive linguistics, theory of cross-cultural communication

Important publications:

1. *Vinnikov A. Y.* Condition of safe echelon in the situation "take-off-landing" // *Advances in Science and Technology: Collection of articles of the XVIII International Scientific and Practical Conference, Part II.* Moscow: "Scientific and Publishing Center "Relevance.RF", 2019. P. 177-178.

2. *Vinnikov A. Y.* To the question of the expediency of applying the probabilistic approach in solving forecasting problems // *Eurasia Science: Collection of articles of the XIX International Scientific and Practical Conference.* Moscow: "Scientific and Publishing Center "Relevance.RF", 2019. P. 134-136.

3. *Vinnikov A.Y.* Methodological features of the concept of "calculated position" when performing the operation "take-off-landing" // *Russian Science in the Modern World: Collection of Articles of the XX International Scientific and Practical Conference.* Moscow: "Scientific and Publishing Center "Relevance.RF", 2019. P. 24-25.

4. *Vinnikov A.Y.* The main problems in the organization of take-off and landing operations // *Modern scientific research: actual issues, achievements and innovations: Collection of articles of the VII International Scientific and Practical Conference.* – Penza: ICNS "Science and Enlightenment". – 2019. P. 69-71.



Плясовских Александр Петрович

E-mail:

al.plyasovskih@yandex.ru

Место работы: АО «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский научно-исследовательский институт радиопаратуры», Санкт-Петербург, Россия

Ученая степень, ученое звание: доктор технических наук

Должность: главный конструктор научно-технического центра организации воздушного движения

Специальность по Номенклатуре специальностей научных работников (код ВАК): 05.22.13 Навигация и управление воздушным движением

Основные направления научных исследований: навигация и управление воздушным движением

Важнейшие публикации:

1. Крыжановский Г.А., Купин В.В., Плясовских А.П. Теория транспортных систем, ФГОУ ВПО "Санкт-Петербургский гос. ун-т гражданской авиации". Санкт-Петербург, 2008.

2. Алешин В.И., Купин В.В., Плясовских А.П. Автоматизация процессов анализа воздушной обстановки и принятия решений диспетчером УВД/ Мехатроника, автоматизация, управление. 2007. № 10. С. 45-48.

3. Ведров А.А., Плясовских А.П. Концепция АС ОРВД пяти измерений/ Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2015. № 222 (12). С. 85-89.

4. Плясовских А.П. Обоснование способа отображения информации на экране воздушной обстановки диспетчера процедурного контроля воздушного движения/ Авиакосмическое приборостроение. 2005. № 10. С. 48-50.

5. Плясовских А. П. О возможности движения тел со сверхсветовой скоростью. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2021. 152 с. ISBN 978-620-4-71514-8

6. Плясовских А. П. Закон аберрации и его приложения в навигации и управлении воздушным движением. - М.: Знание-М, 2022. 70 с. – ISBN 978-5-00187-223-8.

Plyasovskikh Alexander Petrovich

E-mail: al.plyasovskih@yandex.ru

Place of work: JSC "Order of the Red Banner of Labor All-Russian Research Institute of Radio Equipment", St. Petersburg, Russia

Academic degree: Doctor of Technical Sciences

Post: chief designer of the scientific and technical center of air traffic management

Specialty from nomenclature of scientific specialties (Code of Higher Attestation Commission): 05.22.13 Navigation and air traffic control

Scientific major: navigation and air traffic control

Important publications:

1. Kryzhanovsky G.A., Kupin V.V., Plyasovskikh A.P. Theory of Transport Systems, St. Petersburg State University of Civil Aviation. St. Petersburg, 2008.

2. Aleshin V.I., Kupin V.V., Plyasovskikh A.P. Automation of the air situation analysis and decision-making processes by the air traffic controller / Mechatronics, automation, control. 2007. No. 10. S. 45-48.

3. Vedrov A.A., Plyasovskikh A.P. The concept of the AS ATM of five dimensions / Scientific Bulletin of

the Moscow State Technical University of Civil Aviation. 2015. No. 222 (12). pp. 85-89.

4. Plyasovskikh A.P. Substantiation of the method of displaying information on the screen of the air situation of the controller for procedural control of air traffic / Aerospace instrumentation. 2005. No. 10. S. 48-50.

Княжский Александр Юрьевич

E-mail: knjagskij@mail.ru

Место работы: АО «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры», Санкт-Петербург, Россия

Ученая степень, ученое звание: кандидат технических наук

Должность: ведущий научный сотрудник

Специальность по Номенклатуре специальностей научных работников (код ВАК): 05.22.13 Навигация и управление воздушным движением

Основные направления научных исследований: навигация и управление воздушным движением, обработка информации

Важнейшие публикации:

1. Knyazhsky A., Nebylov A., Nebylov V. Increase in the aerodynamic quality of ground effect vehicle due to the big waves turning around/ Cybernetics and Physics. 2017. Т. 6. № 2. С. 71-75.

2. Knyazhsky A., Nebylov A., Nebylov V. Optimization of longitudinal and lateral motion of vehicle near disturbed surface/ Cybernetics and Physics. 2018. Т. 7. № 2. С. 72-77.

3. Knyazhsky A., Nebylov A., Nebylov V., Benzerouk H. Control of a group of low-flying vehicles near the wavy sea surface in order to minimize their average altitude/ IFAC-PapersOnLine (см. в книгах). 2018. Т. 51. № 12. С. 69-74.

4. Knyazhsky A.Y., Nebylov A.V. Optimization of 3D motion trajectory of a non-displacement marine vehicle near the sea surface according to the criterion of minimum mean geometric altitude/ 25th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2018 - Proceedings 25. 2018. С. 1-3.

5. Nebylov A., Nebylov V., Knyazhsky A. Metrology problems of wig-craft motion control/ 5th IEEE International Workshop on Metrology for AeroSpace, MetroAeroSpace 2018 - Proceedings 5. 2018. С. 424-429

Knjazhsky Alexander Jurievich

E-mail: knjagskij@mail.ru

Place of work: JSC "Order of the Red Banner of Labor All-Russian Research Institute of Radio Equipment", St. Petersburg, Russia

Academic degree: candidate of technical sciences

Post: Leading Researcher

Specialty from nomenclature of scientific specialties (Code of Higher Attestation Commission): 05.22.13 Navigation and air traffic control

Scientific major: navigation and air traffic control, information processing

Important publications:

1. Knyazhsky A., Nebylov A., Nebylov V. Increase in the aerodynamic quality of ground effect vehicle due to the big waves turning around/ Cybernetics and Physics. 2017. V. 6. No. 2. S. 71-75.

2. Knyazhsky A., Nebylov A., Nebylov V. Optimization of longitudinal and lateral motion of vehicle near disturbed surface/ Cybernetics and Physics. 2018. V. 7. No. 2. S. 72-77.

3. Knyazhsky A., Nebylov A., Nebylov V., Benzerouk H. Control of a group of low-flying vehicles near the wavy sea surface in order to minimize their average altitude/ IFAC-PapersOnLine (see books). 2018. V. 51. No. 12. S. 69-74.

4. Knyazhsky A.Y., Nebylov A.V. Optimization of 3D motion trajectory of a non-displacement marine vehicle near the sea surface according to the criterion of minimum mean geometric altitude/ 25th Saint Petersburg International Conference on Integrated Navigation Systems, ICINS 2018 - Proceedings 25. 2018. P. 1-3.

5. Nebylov A., Nebylov V., Knyazhsky A. Metrology problems of wig-craft motion control/ 5th IEEE International Workshop on Metrology for AeroSpace, MetroAeroSpace 2018 - Proceedings 5. 2018. P. 424-429

Криворучко Юрий Тимофеевич

E-mail: info@vniira.ru

Место работы: АО «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры», Санкт-Петербург, Россия

Ученая степень, ученое звание: доктор технических наук

Должность: Главный конструктор

Специальность по Номенклатуре специальностей научных работников (код ВАК): 05.12.14 Радиолокация и радионавигация

Основные направления научных исследований: радиолокация и радионавигация

Важнейшие публикации:

1. Проблемы развития перспективных средств инструментального захода на посадку воздушных судов / В. П. Жихарев, Л. К. Зазерский, Г. А. Ершов [и др.] // Радиопромышленность. – 2015. – № 4. – С. 107-118. – EDN VIOMMR.

2. Проблемы разработки и внедрения перспективных средств инструментального захода на посадку воздушных судов / Г. А. Ершов, В. П. Жихарев, Л. К. Зазерский [и др.] // Инновационные технологии и технические средства специального назначения : Труды VIII общероссийской научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 19–20 ноября 2015 года. – Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет "Военмех", 2016. – С. 146-152. – EDN WLLVMR.

3. Криворучко, Ю. Т. Методология модернизации специализированной бортовой ЦВМ ближней навигации и посадки для высокоманевренных летательных аппаратов / Ю. Т. Криворучко, Ю. Н. Музелин, В. А. Синицын // Инновационные технологии и технические средства специального назначения : Труды VIII общероссийской научно-технической конференции, Санкт-Петербург, 19–20 ноября 2015 года. – Санкт-Петербург: Балтийский государственный технический университет "Военмех", 2016. – С. 187-194. – EDN UFDIAS.

4. Радиомаячная система инструментального захода воздушных судов на посадку категории II для работы в дециметровом отечественном и международном диапазонах волн ПРМГ-ОМД / Г. А. Ершов, В. М. Король, Ю. Т. Криворучко [и др.] // Новости навигации. – 2017. – № 1. – С. 16-19. – EDN YUFAOV.

Krivoruchko Yury Timofeevich

E-mail: info@vniira.ru

Place of work: JSC "Order of the Red Banner of Labor All-Russian Research Institute of Radio Equipment", St. Petersburg, Russia

Academic degree: Doctor of Technical Sciences

Post: Chief designer

Specialty from nomenclature of scientific specialties (Code of Higher Attestation Commission): 05.12.14 Radar and radio navigation

Scientific major: radar and radio navigation

Important publications:

1. Problems of development of promising means of instrumental approach for aircraft landing / V. P. Zhikharev, L. K. Zazersky, G. A. Ershov [et al.] // Radio industry. - 2015. - No. 4. - P. 107-118. – EDN VIOMMR.

2. Problems of development and implementation of promising means of instrumental approach for aircraft landing / G. A. Ershov, V. P. Zhikharev, L. K. Zazersky [et al.] // Innovative technologies and special-purpose technical means: Proceedings of the VIII All-Russian Scientific and technical conference, St. Petersburg, November 19–20, 2015. - St. Petersburg: Baltic State Technical University "Voenmeh", 2016. - P. 146-152. – EDN WLLVMR.

3. Krivoruchko, Yu. T. Methodology for the modernization of a specialized on-board computer for short-range navigation and landing for highly maneuverable aircraft / Yu. T. Krivoruchko, Yu. scientific and technical conference, St. Petersburg, November 19–20, 2015. - St. Petersburg: Baltic State Technical University "Voenmeh", 2016. - P. 187-194. – EDN UFDIAS.

4. Radio beacon system of instrumental approach of aircrafts for landing of category II for operation in decimeter domestic and international wave bands PRMG-OMD / G. A. Ershov, V. M. Korol, Yu. T. Krivoruchko [et al.] // Navigation News. - 2017. - No. 1. - P. 16-19. – EDN YUFAOV.



Крыжановский Георгий Алексеевич

E-mail: info@spbguga.ru

Место работы: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, Санкт-Петербург, Россия

Ученая степень, ученое звание: доктор технических наук,

профессор

Должность: профессор

Специальность по Номенклатуре специальностей научных работников (код ВАК): 05.22.13 Навигация и управление воздушным движением

Основные направления научных исследований: навигация и управление воздушным движением, обработка информации

Важнейшие публикации:

1. Крыжановский, Г. А. Методология процессов принятия решений при управлении транспортными системами / Г. А. Крыжановский // Наука и техника транспорта. – 2003. – № 2. – С. 73-81. – EDN HVEYFN.

2. Крыжановский, Г. А. Проблемы моделирования и обратные задачи оптимизации процессов деятельности, профессиональной подготовки и повышения квалификации операторов авиатранспортных систем / Г. А. Крыжановский, В. А. Солодухин // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2008. – № 11. – С. 53-54. – EDN IWAQXT.

3. Крыжановский, Г. А. Проблемы моделирования и обратные задачи оптимизации процессов деятельности, профессиональной подготовки и повышения квалификации операторов авиатранспортных систем / Г. А. Крыжановский, В. А. Солодухин // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2008. – № 11. – С. 2-5. – EDN JVPJLJ.

4. Kryzhanovskij, G. A. On professional training of dispatchers for computerized systems of air traffic control / G. A. Kryzhanovskij, Yu. F. Tseplyaev // Avtomatika i telemekhanika. – 1994. – No 6. – P. 140-153. – EDN KSZBUZ.

Kryzhanovskiy George Alekseevich

E-mail: info@spbguga.ru

Place of work: St. Petersburg State University of Civil Aviation, St. Petersburg, Russia

Academic degree: Doctor of Technical Sciences, Professor

Post: Professor

Specialty from nomenclature of scientific specialties (Code of Higher Attestation Commission): 05.22.13 Navigation and air traffic control

Scientific major: navigation and air traffic control, information processing

Important publications:

Kryzhanovskiy, G. A. Methodology of decision-making processes in the management of transport systems / G. A. Kryzhanovskiy // Science and technology of transport. – 2003. – No. 2. – S. 73-81. – EDN HVEYFN.

Kryzhanovskiy, G. A. Problems of modeling and inverse problems of optimizing the processes of activity, professional training and advanced training of operators of air transport systems / G. A. Kryzhanovskiy, V. A. Solodukhin // Mechatronika, avtomatizatsiya, upravlenie. – 2008. – No. 11. – S. 53-54. – EDN IWAQXT.

Kryzhanovskiy, G. A. Problems of modeling and inverse problems of optimizing the processes of activity, professional training and advanced training of operators of air transport systems / G. A. Kryzhanovskiy, V. A. Solodukhin // Mechatronika, avtomatizatsiya, upravlenie. – 2008. – No. 11. – P. 2-5. – EDN JVPJLJ.

Kryzhanovskij, G. A. On professional training of dispatchers for computerized systems of air traffic control / G. A. Kryzhanovskij, Yu. F. Tseplyaev // Avtomatika i telemekhanika. – 1994. – No 6. – P. 140-153. – EDN KSZBUZ.

Луговой Вениамин Геннадьевич

E-mail: veniamin_lugovoi@mail.ru

Место работы: Аэроузловой диспетчерский центра ЕС ОрВД (Санкт-Петербург), филиал «Аэронавигация Северо-Запада» ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», г. Санкт-Петербург.

Ученая степень, ученое звание: нет

Должность: Начальник аэроузловой диспетчерского центра ЕС ОрВД

Специальность по Номенклатуре специальностей научных работников (код ВАК): нет

Основные направления исследований: структура воздушного пространства, процедуры и методы управления воздушным движением, автоматизация процессов управления воздушным движением.

Важнейшие публикации:

1. Луговой В. Г. Разработка критериев поддержания оптимальной загруженности траекторий задержки, при использовании системы POINT MERGE / В. Г. Луговой // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2020, № 3 (28). – С. 45-58.

2. Луговой В. Г. Применение процедуры Point Merge в условиях неравномерного распределения потоков прибывающих воздушных судов / В. Г. Луговой // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. – 2017, № 4 (17). – С. 25-37.

Lugovoi Veniamin Gennadievich

E-mail: veniamin_lugovoi@mail.ru

Place of work: Terminal air traffic control center (Saint-Petersburg), Branch Air Navigation of the North-West, State ATM Corporation in the Russian Federation

Academic degree: none

Post: Chief of Terminal ATC center (Saint-Petersburg)

Scientific major: airspace structure, air traffic control procedures and methods, air traffic management process automatization.

Important Publications:

1. *Lugovoi V.G.* Criteria for creation optimal delay legs loading in Point Merge system. Vestnik SPBGU GA. 2020. №3. Pp. 45-58. (In Russian).

2. *Lugovoi V.G.* Point merge procedure performance during unsteady arriving traffic flow distribution situation. Vestnik SPBGU GA. 2017. №4. Pp. 25-37. (In Russian).



Шатраков Юрий Григорьевич
E-mail: 190801@mail.ru

Место работы: АО «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский научно-исследовательский институт радиопаратуры», Санкт-Петербург, Россия

Ученая степень, ученое звание: доктор технических наук

Должность: ученый секретарь

Специальность по Номенклатуре специальностей научных работников (код ВАК): 05.22.13 Навигация и управление воздушным движением

Основные направления научных исследований: навигация и управление воздушным движением, обработка информации

Важнейшие публикации:

1. Functional Tasks of Integrated Airborne Avionics / I. V. Avtin, V. I. Baburov, B. V. Ponomarenko, Y. G. Shatrakov // Springer Aerospace Technology. – 2021. – P. 103-172. – DOI 10.1007/978-981-16-0897-1_3. – EDN GDOTYI.

2. Formation of Solutions for Optimizing the Activities of the Landing Zone Officer (Landing Dispatcher) / A. V. Yakovlev, A. S. Istomin, D. A. Zatuchny, Y. G. Shatrakov // Springer Aerospace Technology. – 2021. – P. 105-143. – DOI 10.1007/978-981-16-1059-2_5. – EDN UBFGU.

3. Quality Enhancement of Data Transmission via Civil Aircraft Communication Systems by Proper Use of Communication Resources / D. A. Zatuchny, R. N. Akinshin, N. I. Romancheva [et al.] // Springer Aerospace Technology. – 2021. – P. 109-122. – DOI 10.1007/978-981-16-0630-4_4. – EDN SUNMIP.

4. Spherical Near-Field Antenna Measurements / V. S. Kalashnikov, M. Y. Ponomarev, O. Y. Platonov [et al.] // Springer Aerospace Technology. – 2021. – P. 119-137. – DOI 10.1007/978-981-33-6436-3_5. – EDN JBRYXG.

Shatrakov Yuri Grigoryevich

E-mail: 190801@mail.ru

Place of work: JSC "Order of the Red Banner of Labor All-Russian Research Institute of Radio Equipment", St. Petersburg, Russia

Academic degree: Doctor of Technical Sciences

Post: scientific secretary

Specialty from nomenclature of scientific specialties (Code of Higher Attestation Commission): 05.22.13 Navigation and air traffic control

Scientific major: navigation and air traffic control, information processing

Important publications:

1. Functional Tasks of Integrated Airborne Avionics / I. V. Avtin, V. I. Baburov, B. V. Ponomarenko, Y. G. Shatrakov // Springer Aerospace Technology. – 2021. – P. 103-172. – DOI 10.1007/978-981-16-0897-1_3. – EDN GDOTYI.

2. Formation of Solutions for Optimizing the Activities of the Landing Zone Officer (Landing Dispatcher) / A. V. Yakovlev, A. S. Istomin, D. A. Zatuchny, Y. G. Shatrakov // Springer Aerospace Technology. – 2021. – P. 105-143. – DOI 10.1007/978-981-16-1059-2_5. – EDN UBFGU.

3. Quality Enhancement of Data Transmission via Civil Aircraft Communication Systems by Proper Use of Communication Resources / D. A. Zatuchny, R. N. Akinshin, N. I. Romancheva [et al.] // Springer Aerospace Technology. – 2021. – P. 109-122. – DOI 10.1007/978-981-16-0630-4_4. – EDN SUNMIP.

4. Spherical Near-Field Antenna Measurements / V. S. Kalashnikov, M. Y. Ponomarev, O. Y. Platonov [et al.] // Springer Aerospace Technology. – 2021. – P. 119-137. – DOI 10.1007/978-981-33-6436-3_5. – EDN JBRYXG.



Верховец Михаил Наильевич

E-mail: Verhovets-mihail@mail.ru

Место работы: Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации, Санкт-Петербург, Россия.

Должность: аспирант, старший преподаватель кафедры 25 «Управление воздушным движением»

Специальность по Номенклатуре специальностей научных работников (код ВАК): 05.22.13 – аэронавигация и управление воздушным движением

Основные направления научных исследований: проблемы безопасности полетов при аэронавигационном обслуживании воздушного движения, автоматизация процессов УВД.

Важнейшие публикации:

1. *Плясовских А.П., Верховец М.Н.* К вопросу разработки автоматизированной системы мониторинга безопасности воздушного движения в районе аэродрома // Вестник Санкт-Петербургского

государственного университета гражданской авиации. 2022. № 1. С. 46-57.

2. *Верховец М.Н., Шейко Э.В., Новичихин А.Д.* К вопросу повышения уровня безопасности полетов в авиации общего назначения РФ // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2021 №4. С. 27-33.

3. *Плясовских А.П., Верховец М.Н., Джанабаев А.М.* К вопросу разработки автоматизированной системы мониторинга безопасности воздушного движения в Республике Узбекистан // Проблемы безопасности полетов. 2022. № 4. С. 19-23. DOI: 10.36535/0235-5000-2022-04-2

4. *Верховец М.Н., Климова Е.И.* Функционирование системы управления безопасностью полетов при аэронавигационном обслуживании полетов // Проблемы безопасности полетов. 2021. № 4. С. 9-13. DOI: 10.36535-5000-2021-04-2

Verkhovets Mikhail Nailevitch

E-mail: verhovec-mihail@mail.ru

Place of work: St. Petersburg State University of Civil Aviation, Saint-Petersburg, Russia

Academic status: postgraduate student, senior lecturer of the Department 25 "Air Traffic Control"

Specialty from nomenclature of scientific specialties (Code of Higher Attestation

Commission): 05.22.13 – air navigation and air traffic control

Scientific major: problems of flight safety in aeronautical maintenance of air traffic, automation of ATC processes.

Important publications:

1. *Plyasovskikh A.P., Verkhovets M.N.* On the development of an automated system for monitoring air traffic safety in the airfield area // Bulletin of the St. Petersburg State University of Civil Aviation. 2022. No. 1. pp. 46-57. (In Russian)

2. *Verkhovets M.N., Sheiko E.V., Novichikhin A.D.* On the issue of improving flight safety in general aviation of the Russian Federation // Bulletin of the St. Petersburg State University of Civil Aviation. 2021 No.4. pp. 27-33. (In Russian)

3. *Plyasovskikh A.P., Verkhovets M.N., Dzhanaabaev A.M.* On the issue of developing an automated system for monitoring air traffic safety in the Republic of Uzbekistan // Problems of flight safety. 2022. No. 4. pp. 19-23. DOI: 10.36535/0235-5000-2022-04-2 (In Russian)

4. *Verkhovets M.N., Klimova E.I.* Functioning of the flight safety management system in aeronautical flight maintenance // Problems of flight safety. 2021. No. 4. pp. 9-13. DOI: 10.36535-5000-2021-04-2 (In Russian)



Давиденко Владислав Юрьевич

E-mail:

david01521@mail.ru

Место работы: ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» филиал «Аэронавигация Северо-Запада»

Ученая степень, ученое звание: аспирант

Должность: диспетчер ОНУВД регионального центра ЕС ОрВД

Специальность по Номенклатуре специальностей научных работников (код ВАК): 05.22.13 Навигация и управление воздушным движением

Основные направления научных исследований: системы наблюдения, АЗН-В, безопасность полетов, управление воздушным движением, спутниковые системы навигации.

Davidenko Vladislav Yurievich

E-mail: david01521@mail.ru

Place of work: State ATM Corporation, North-West air navigation

Academic degree: postgraduate

Post: Air traffic controller, North-West air navigation

Specialty from nomenclature of scientific specialties (Code of Higher Attestation

Commission): 05.22.13 navigation and ATM

Scientific major: surveillance, ADS-B, flight safety, Air traffic management, global navigation systems

Затонский Виктор Максимович

E-mail: Затонский В.М. zatonsky_vm@list.ru

Ученая степень, ученое звание: кандидат технических наук, доцент.

Специальность по Номенклатуре специальностей научных работников (код ВАК): 05.22.13 Навигация и управление воздушным движением

Основные направления научных исследований: навигация и управление воздушным движением.

Важнейшие публикации:

1. Затонский В. М. и др. Управление воздушным движением. Учебник для средних специальных учебных заведений гражданской авиации. М.: Транспорт, 1989. 327 с.

2. Затонский В. М. Технология управления воздушным движением при возникновении потенциально конфликтных ситуаций. Учебное пособие. СПб: ГУГА, 2007.

3. Григорьев С. В., Затонский В. М. Управление скоростями воздушных судов для создания безопасных интервалов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2022 №3(36). С. 107-117.



Клещёв Константин Александрович
Заместитель Председателя Межгосударственного авиационного комитета (МАК) — Председатель Комиссии по международным программам организации воздушного движения и использованию воздушного пространства.

Заместитель начальника Управления государственного регулирования использования воздушного пространства Министерства обороны Российской Федерации (2006 — 2008). **Присвоено Общественное звание «Почётный Аэронавигатор».**



Нестерович Андрей Владимирович
E-mail: nan1010@yandex.ru

Место работы: Акционерное общество «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры» (АО ВНИИРА), г. Санкт-Петербург, Россия

Аспирант

Должность: ведущий инженер

Специальность по Номенклатуре специальностей научных работников (код ВАК): 2.2.16 – Радиолокация и радионавигация

Основные направления научных исследований: Разработка и исследование методов и алгоритмов комплексной обработки сигналов и информации радиолокационных, радионавигационных, радиосвязных систем управления и других систем.

Nesterovich Andrey Vladimirovich

E-mail: nan1010@yandex.ru

Place of work: «Russian Scientific Research Institute of Radio Equipment», St. Petersburg, Russia

Graduate student

Post: Engineer

Specialty from nomenclature of scientific specialties (Code of Higher Attestation Commission): 2.2.16 – Radar and radionavigation

Scientific major.



Каверзнев Евгений Геннадьевич
e-mail: evg.kaverznev@mail.ru
Диспетчер-инструктор РДЦ филиала «МЦ АУВД»



Копосов Артем Вадимович,
e-mail: a.kop33@mail.ru
аспирант СПбГУГА



Иван Александрович Кривогузов
e-mail:

Krivoguzov78@yandex.ru

Авиадиспетчер, руководитель группы инструкторов – старший инструктор, Государственный университет гражданской авиации, Региональный Диспетчерский центр.



Лемешко Роман Андреевич

E-mail:

rom.lemeshko@yandex.ru

Место работы: ООО «Компания КОМПЛИТ»



Медведцкая Беата Леонидовна

E-mail:

79098701396@mail.ru

Диспетчер ОНУВД Шереметьевского центра ОВД филиала «МЦ АУВД» ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» г. Москва



Горлова Анна Андреевна,

E-mail:

kehiyor455@haikido.com

аспирант, пилот-инструктор ВС ЛО ФГБОУ ВО УИГА



Джанабаев Александр Мэлсович

Государственное унитарное предприятие Центр «Узэроавиация», Узбекистан

**Кобахидзе Николай
Андреевич,**

Место работы: АО
«Ордена Трудового Крас-
ного Знамени Всероссийс-
кий научно-исследова-
тельский институт радио-
аппаратуры», Санкт-Пе-
тербург, Россия.

Должность: инженер-про-
граммист третьей катего-
рии.

E-mail:

nikolay.kobahidze@gmail.com



**Макаров Валерий
Алексеевич**

makarus-v@yandex.ru

Диспетчер ОН УВД СД
РДЦ Регионального
Центра ЕС ОрВД
Новосибирского филиала
"ЗапСибэронавигация"
ФГУП"Госкорпорация по
ОрВД"».



**Шайдуров Иван
Георгиевич**

И. о. заведующего
кафедрой №22 «Организа-
ции и управления в транс-
портных системах, Санкт-
Петербургский государст-
венный университет граж-
данской авиации

Кандидат технических
наук, доцент

Действительный член
Российской академии
транспорта.



**Шапошников
Александр Викторович,**

Санкт-петербургский
политехнический
университет Петра
Великого

e-mail:

fund_physics@myrambler.ru

Международная Сибирская конференция по управлению и связи SIBCON-2022

О.В. Стукач

*Национальный исследовательский университет "Высшая школа экономики", Москва, Россия
Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск, Россия*

Аннотация: Представлен отчёт о проведении Шестнадцатой IEEE-Сибирской конференции по управлению и связи в Томском государственном университете систем управления и радиоэлектроники 17-19 ноября 2022 года. Конференция SIBCON организуется Томской группой Института инженеров по электротехнике и радиоэлектронике IEEE и Обществом электронных приборов IEEE для развития междисциплинарных дискуссий и взаимодействия среди учёных и инженеров, развития сотрудничества через участие в деятельности профессиональных сообществ IEEE. Дан обзор секций, направлений работы, наиболее интересных докладов и обсуждений. Приведены статистические данные о конференции и выявлены основные тенденции исследований в области связи и информационной безопасности. Дается информация о новом сервисе Института IEEE как основного технического спонсора конференции.

Ключевые слова: профессиональная встреча, нетворкинг, научная публикация, изобретение транзистора, канал связи, грант РФ, научная группа IEEE.

Две тысячи двадцать второй год замечателен 60-летием Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники и 75-летним юбилеем транзистора [1]. Поэтому проведение научной конференции, приуроченной к этим двум всемирным юбилеям, было вполне логичным [2–15].



Главный юбилей года по версии IEEE [1]

Это была шестнадцатая IEEE-Сибирская конференция по управлению и связи (Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON-2022), проведённая 17–19 ноября 2022 г. в городе Томске. Конференция была традиционно посвящена техническим достижениям в области разработки и создания систем управления, микроэлектроники, радиофотоники, электронного приборостроения, связи и информационных технологий.

Конференция SIBCON организуется Томской группой Института IEEE для того, чтобы поддерживать междисциплинарные дискуссии, взаимодействие и сотрудничество через участие в деятельности профессиональных сообществ IEEE. Информационную поддержку организовал журнал «Автоматика и программная инженерия» [9, 11–12, 14–15]. Конференция даёт учёным и инженерам возможность представления своих докладов, их обсуждения в профессиональной среде и установления научных и образовательных контактов.



Регистрация участников

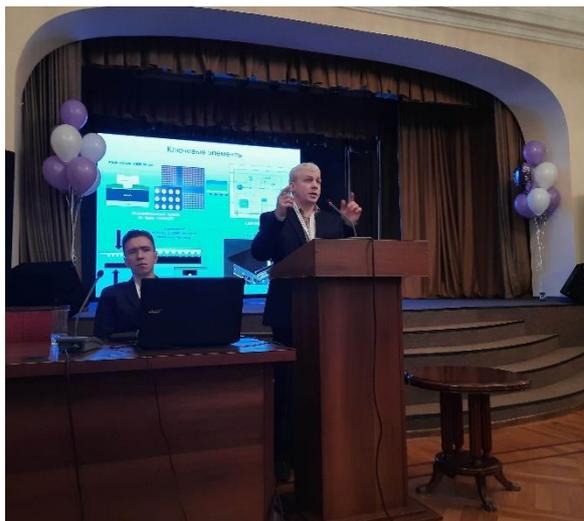
Основные направления работы конференций SIBCON меняются в зависимости от организации, на базе которой проводится конференция. В этом году это были:

1. Фундаментальные проблемы теории управления и связи.
2. Электронное приборостроение, микроэлектроника и радиофотоника.
3. Информационные технологии, кибербезопасность и киберфизические системы.



Пленарное заседание

Принятые доклады были разделены на два трека, исходя из количества подходящих помещений для заседаний. Поскольку старинный Дом учёных, где выступал великий русский поэт Владимир Семёнович Высоцкий, идеально приспособлен для конференции SIBCON, в чём мы смогли убедиться в 2019 году [12], было принято историческое решение провести это мероприятие в Доме ещё раз. Пленарные доклады и первый трек полностью были посвящены 75-летию юбилею транзистора. Три четверти века назад человечество решило проблему передачи энергии и информации, не повторяя существующих в природе решений, а изобретая свои. Никаких электронных устройств в природе нет, они являются плодом ума и труда математически и физически грамотного человечества. Именно в этом состоит величие нынешнего юбилея.

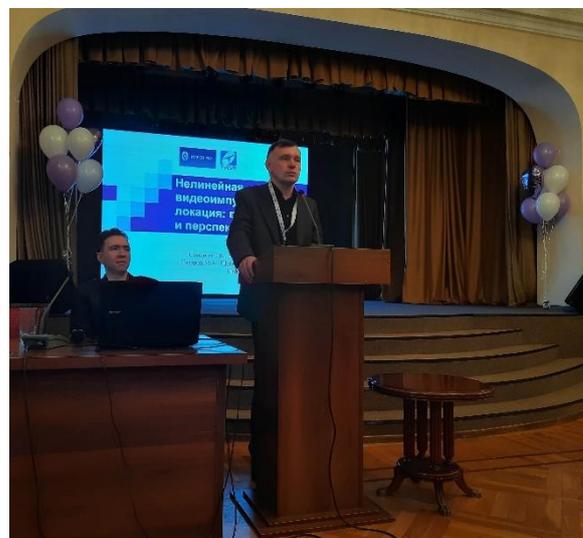


Пленарный доклад А.В. Тяжева

Пленарный доклад Антона Владимировича Тяжева «Spectral X-ray Detectors Based on Multi-Element Chromium Compensated Gallium Arsenide Sensors and Application Specific Integrated Circuits» был о рентгеновских детекторах, способных обнаруживать химический состав исследуемых объектов и проектированию интегральных схем с такими детекторами. Актуальной является задача проектирования устройств обработки сигналов с

рентгеновских детекторов, и здесь открывается широкое поле деятельности для радиофизиков и специалистов по электронной технике, особенно в сфере использования детекторов в театрах безопасности. Представленные результаты вызвали неподдельный интерес у аудитории.

На пленарном докладе «Нелинейная видеоимпульсная локация: возможности и перспективы» Эдуарда Валерьевича Семенова и группы исследователей ТУСУРа и Института сильноточной электроники СО РАН были представлены предварительные результаты года работы новой лаборатории по исследованию отклика полупроводниковых устройств на мощное импульсное СВЧ излучение. В этой области предстоит немало исследований по обработке отражённых сигналов и их интерпретации, особенно для борьбы с устройствами вредоносной радиоэлектроники в театрах безопасности. Таким образом, тема технических средств защиты информации на конференции была полностью раскрыта.



Пленарный доклад Э.В. Семенова

Из секционных заседаний стоит отметить блок докладов по связи применительно к системам пятого поколения, переходу на частоты выше 24 ГГц, влияния коррелированных фазовых шумов на ММО системы, созданию пикосот, применению интеллектуальных отражающих поверхностей для управления хэндовером и переключения между базовыми станциями. Как правило, исследователи рассказывают о преимуществах той или иной технологии связи в плане увеличения пропускной способности канала. Но докладчики не указывают, какими характеристиками приходится расплачиваться при фиксированной пропускной способности канала, которая не безгранична. Поэтому не все доклады этой серии были понятны не только слушателям, но и самим докладчикам. Хотя интуитивно ясно, что если докладчик сам не понял своего доклада, то его тем более не поймёт слушатель.



Ключевые участники

Много практических приложений открывается в области обработки изображений – от паспортизации и прослеживаемости изделий в поточном производстве с целью управления качеством продукции до борьбы с лесными пожарами. Много вопросов к докладчикам и неподдельный интерес всегда вызывает тема управления в сфере жилищно-коммунального хозяйства: регулирование температуры, беспроводная связь и другие приложения, повышающие комфортность жизни в городах. Идея умных городов только входит в моду, и можно собрать отдельную конференцию по этой проблеме [17].



Трек 1

В секции по управлению стоит отметить доклад Романа Барашкина из РГУ нефти и газа (НИУ) им. И.М. Губкина «Лабораторный стенд для изучения процессов динамики и управления», в котором дано описание архитектуры и оборудования стенда для проведения лабораторных работ по управлению. Разработчики использовали современные

средства сбора и обработки данных на промышленных контроллерах. Но, исходя из специфики направления подготовки студентов, аппаратная часть стенда была изготовлена самостоятельно в виде резервуаров с жидкостью, перекачиваемой насосами. Разработчикам удалось добиться бюджетной конструкции стенда наряду с универсальностью в смысле изучения всех возможных процессов управления, регуляторов и идентификации объекта регулирования. Стенд собирали сами студенты, причём был снят фильм о создании стенда. Идея съёмки кино типа «как мы делали лабораторные работы» кажется не менее продуктивной, чем создание своих собственных стендов, наиболее соответствующих получению профессиональных навыков.



Трек 2

Математическое моделирование почти полностью захватило многие конференции по управлению, но в программе SIBCON этого всё же удаётся избежать. Практика показывает, что моделирование может далеко завести автора и напрочь оторвать от физической реальности. К счастью, таких работ было исчезающе мало.

Определённым элементом научной новизны данной конференции было то, что некоторые участники совсем не понимали своего собственного доклада, как будто бы видя свою презентацию впервые, а текст читая с листа. Такая ситуация на советских конференциях была делом почти немислимым, хотя на зарубежных азиатских мероприятиях призрачность постановки задачи и нерелевантные примеры были не редкостью. Не удивительно: исследование проводили одни, статью писали другие, презентацию делали третьи, а докладывал аспирант. Мало того, что задавать вопросы такому докладчику не имело смысла. Это было иезуитское оскорбление, после которого в порядочном обществе бьют. Но наступило новое время сбывшейся фантазмагии, и практика докладов, напоминающих научные, через двадцать лет в полной мере докатилась и до нас. Сыграло свою роль и более чем сомнительное экспериментирование в области университетской наукометрии, когда в пылу борьбы за финансирование

университетов из преподавательского контракта повсеместно фактически исчезла образовательная деятельность, а исследования, напоминающие научные, надо было просто лихорадочно выдумывать.



В перерыве

Не только в одежде и музыке бывает мода, но и в науке. Важно только то, что остаётся, когда мода проходит. Полвека назад одним из модных направлений, которое развивалось в ТУСУРЕ, была поляриметрическая радиолокация, основной идеей которой было использование поляризации электромагнитных волн для повышения разрешающей способности радиолокаторов с целью повышения безопасности полётов гражданской авиации. Существенного улучшения характеристик добиться не удалось, но объём работы по данному направлению и затраченное время поразительны, а количество съеденных грантов и субсидий не поддаётся счёту. Несмотря на то, что все основатели этого научного направления перешли из упорядоченного биологического существования в расплывлённое, тема продолжает тлеть в мутном научном тумане. На конференции был сделан доклад об использовании свойства «закрученности» радиоволн для поляриметрической радиолокации. Были продемонстрированы примеры антенн, которые могут закрутить волны, которые, тем не менее, не изменяют поляризации. Как может не изменяться поляризация при закручивании, аудитория не поняла. Вопросы о том, как проявляется свойство закрученности в матрице рассеяния, как изменяется поляризационный контраст, и многое другое остались без ответа. К сожалению, временные рамки программы конференции не позволяли продлить дискуссию с целью получения удовольствия от разгрома работы.

В докладе об использовании технологии блокчейна для верификации государственных документов основная идея заключалась в том, что «блокчейн не удалось адекватно сломать», поэтому его разумно использовать для проверки дипломов о высшем образовании. Этому, конечно, мешает отсутствие законодательной базы, но такая мелочь при остром желании исправить ситуацию – не

помеха. Оказывается, приём на работу в стране – это целая проблема. Такие судьбоносные решения, как правило, принимают «эрчайры», которые переименовались из начальников отделов кадров, но не приобрели необходимых навыков сразу разглядеть в хорошем человеке плохого работника. И наоборот. Поэтому они принимают решение исключительно из изучения документов, в частности, приложения к диплому. Вследствие этого образовалась целая индустрия фабрикация этих приложений, в которых бывшие разгильдяи внезапно становятся отличниками. Пока станет понятно, что принятый по документам сотрудник не обладает ни профессиональными знаниями, ни навыками, ни общим уровнем культуры, вчерашний выпускник может подорвать любой бизнес, а то и вытолкнуть его с рынка легко и непринуждённо. В докладе предлагается использовать распределённый реестр для хранения дипломов. Развивая эту замечательную идею как единственное средство спасения социума от глобального недоверия, блокчейн нужно использовать повсеместно: для записей актов гражданского состояния, наследственных дел, договоров купли-продажи и конечно проверки средств измерения [18–20] и промышленного Интернета вещей [21–22].



Эталонная презентация

Самыми многочисленными были секции по технологии электронных устройств и обработке сигналов. Это даёт возможность сохранить техническое спонсорство Общества электронных приборов, но не финансирование с его стороны по очевидной причине.

Работа по организации конференции была начата год назад, а конференция была анонсирована на Московском семинаре по электронным и сетевым технологиям MWENT-2022 [16]. Конечно, схлопывание масштаба исследований в последние годы повлияло на количество участников, но научная программа

конференции оказалась равной прошедшей конференции в Казани [15]. После рецензирования и отбора в сборник трудов попало 93 статьи, все они были доложены на конференции. Организаторы отказались от трансляции конференции и гибридной формы мероприятия в пользу продуктивного личного общения.



Фуршет

В этой связи стоит сделать лирическое отступление и обратиться к работе [23], в которой авторы рассуждают о преимуществах виртуальных и очных конференций. Они отмечают, что за последние десять лет число участников научных мероприятий существенно не изменилось, но в начале 2020 года пандемия привела к тому, что посещаемость конференций удвоилась. Это произошло из-за улучшения доступности технологий потокового видео, поскольку появилась возможность участвовать в мероприятиях, на которые нереально приехать.

Трансляция докладов и просмотр записей позволяет участникам увидеть больше презентаций, «не вставая с дивана». Статистика показывает, что онлайн-конференции собирают примерно в пять раз больше зрителей, чем очные. В некотором отношении виртуальные мероприятия превосходны, особенно формальные тренировочные конференции а-ля «дней науки», на которые приходиться – только время терять. Но живая конференция не исчерпала себя: устойчивую профессиональную сеть нельзя построить виртуально. Потенциально широкий размер виртуальной аудитории не должен обманывать: от неё практически не получить нужной эмоциональной энергии, такой, как от личного участия. Прочитать текст доклада всегда быстрее, чем смотреть видео. Ну а главное мероприятие конференции – банкет – не может заменить ничто другое. Порог принятия статей на конференции ниже, чем для журнальных публикаций, а научно-туристические поездки играют мотивирующую к

дальнейшей работе роль. «Как только мир вернется в норму, давайте все живьем приедем на конференцию для активного участия. И давайте никогда больше не слышать о виртуальных «конференциях»» [24].

В отличие от предыдущих конференций, процент принятия рукописей рецензентами был почти 90 %, а причиной отклонения была попытка двойной публикации или совсем уж дикий «корчеватель». Количество последних медленно, но неуклонно возрастает в силу своеобразного понимания отдельными биологическими объектами скользкого понятия научной этики.



Фуршет

Труды конференции SIBCON-2022 будут размещены в базе электронных публикаций IEEE Xplore и представлены к индексации в международных реферативных базах. За время проведения SIBCON в сборниках всех конференций было опубликовано 2069 докладов. В разные годы конференция имела неплохой *h*-индекс. Авторы многих диссертаций по радиоэлектронике и управлению цитируют доклады конференции SIBCON или отмечают её как место апробации работ. Исследования, результаты которых опубликованы в сборнике трудов, были выполнены по грантам РФ 19-79-10036, 19-79-10162, 19-19-00424, 20-19-00446, 21-71-10056, 21-79-00194, 21-79-10200, 21-79-00083, 21-79-10077, 22-19-00537, 22-29-00637, 22-29-00605, 22-29-01652, 22-29-00024, 22-29-00762, 22-22-20101, 22-27-20103, 22-21-20033, 22-21-00146, 22-79-10148, грантам президента РФ МК-900.2022.4, МК-396.2022.4, МК-4952.2021.4, SP-858.2022.5, Красноярского краевого фонда науки 2022030108251, Минобрнауки РФ FEWM-2020-039, FEWM-2022-0001, FWRM-2021-0002, FEWM-2020-0046, FWRM-2021-0015, FEWM-2020-0037, FEWM-2020-0036, FSWW-2020-0014, FEWM-2020-0039, РФФИ 20-38-90257, 20-010-00572, 20-37-90122, 20-07-01065, 20-08-00321.

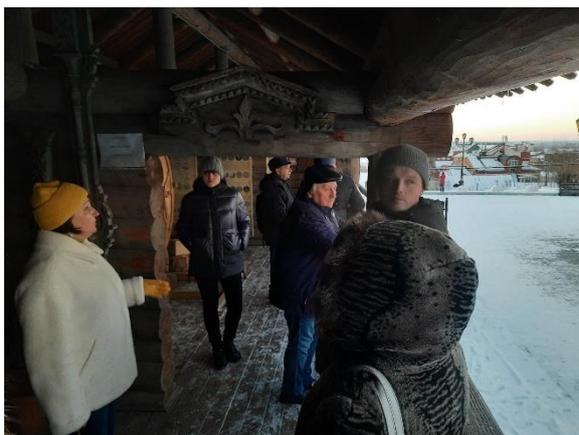
На экскурсии по городу участники послушали отличный рассказ об истории Томска и насладились очаровательными памятниками деревянной архитектуры. К окончанию экскурсии уже

стемнело, поскольку наступил сезон чёрных дней [5]. Фактически гости за три часа увидели два разных города.



Экскурсия

Конференция SIBCON использует все возможности IEEE, чтобы предоставить наиболее полный сервис своим участникам. Это продвижение информационных сообщений о конференции в профессиональных рассылках, инструментарий IEEE Brand Experience для социальных сетей с готовыми шаблонами для продвижения результатов исследования в социальных сетях, предварительная публикации сборника трудов на сайте конференции, что позволяет участникам заранее изучить доклады и подготовить вопросы. Конечно, это публикация сборника трудов в электронной библиотеке IEEE Xplore.



Экскурсия

Вот уже четыре года регистрационный взнос удаётся удерживать на одном уровне, не смотря на возросшую стоимость еды для перерывов и фуршета. Это происходит благодаря спонсорам, сложность работы с которыми не поддаётся краткому описанию. Прогноз на будущие научные конференции весьма неблагоприятный: коллеги по IEEE проводят конференции, обеспечивая участникам только сборник трудов по конским ценам. Такая организация даёт возможность собраться, но не обсуждать что-то профессиональное.

В заключение необходимо отметить профессиональную и слаженную работу оргкомитета, волонтеров, кафе Дома учёных и музыкантов. Персональный земной поклон Инне Александровне Ярымовой и Владимиру Андреевичу Фаерману, внесших определяющий вклад и придавших зажигательный импульс мероприятию. Конференция была организована научным управлением ТУСУРа (проректор по научной работе и инновациям Антон Геннадьевич Лоцилов; начальник научного управления Александр Владимирович Медовник). Надеемся, что конференция SIBCON вновь будет способствовать продолжению взаимодействия и сотрудничества учёных и инженеров, поддержанию междисциплинарных исследований, получению нового профессионального знания через участие в деятельности профессиональных сообществ Института IEEE.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Samuel K. Moore, "The Transistor at 75: The past, present, and future of the modern world's most important invention", IEEE Spectrum, 2022, vol. 59, issue 12, pp. 22–23, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9976483>.
- [2] O.V. Stukach, "The AP/ED/MTT/COM/EMC Tomsk Chapter". In ED-S Newsletter, vol. 12, N 2, April 2005, p. 25. - ISSN 1074 1879. <http://eds.ieee.org/eds-newsletters.html>.
- [3] O.V. Stukach, "Tomsk Student Branch, Russia: Tomsk Bowled Over by SIBCON Success", IEEE Region 8 Newsletter, vol. 9, N 2, June 2006, p. 11, <http://www.ieeer8.org/>.
- [4] O.V. Stukach, "Siberia hosts Control and Comms conference", IEEE Region 8 Newsletter, vol. 10, N 3, December 2007, p. 5. <http://www.ieeer8.org/>.
- [5] O. Stukach, M. Stallo, "The Eighth Siberian Conference on Control and Communications", IEEE Microwave Magazine, 2009, October, vol. 10, issue 6, p. 146–147, Doi:10.1109/MMM.2009.933579.
- [6] O.V. Stukach, "International Siberian Conference on Control and Communications SIBCON-2011", IEEE Antennas and Propagation Magazine, vol. 54, issue 2, pp. 121–122, doi: 10.1109/MAP.2012.6230725, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6230725>.
- [7] Oleg Stukach, "Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)". In IEEE Electron Devices Society Newsletter, 2017, vol. 24, N 1 (January), p. 30. ISSN 1074 1879, <http://eds.ieee.org/eds-newsletters.html>.
- [8] O.V. Stukach, B.G. Lvov. "The International IEEE Siberian Conference on Control and Communications", IEEE Microwave Magazine, 2017, vol. 18, Issue 2, p. 97–99, Doi: 10.1109/MMM.2016.2635928, <http://ieeexplore.ieee.org/document/7843734/>.
- [9] Стукач О.В., Иванов И.А. Международная IEEE-Сибирская конференция по управлению и связи SIBCON–2016 // Автоматика и программная инженерия. – № 2(16). – 2016. – С. 99–104. – ISSN 2312-4997.
- [10] O.V. Stukach, "XII International Siberian Conference on Control and Communications SIBCON-2016", Global Communications Newsletter, 2016, № 7 (July),

- p. 3–4, IEEE Communications Magazine, 2016, № 7. – p. 19, <https://ieeexplore.ieee.org/document/7509372/>.
- [11] Стукач О.В., Мирманов А.Б., Могильный С.В., Исенов С.С. Международная IEEE-Сибирская конференция по управлению и связи SIBCON–2017 // Автоматика и программная инженерия. – № 3(21). – 2017. – С. 59–70.
- [12] Стукач О.В. Международная IEEE-Сибирская конференция по управлению и связи SIBCON-2019 // Автоматика и программная инженерия. – N 2(28). – 2019. – С. 108–112. – <http://www.jurnal.nips.ru/node/115>.
- [13] Oleg Stukach, "ED/COM/AP/MTT/EMC Tomsk Chapter - Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)", IEEE Electron Devices Society Newsletter, 2019, vol. 26, no. 4 (October), p. 45, <https://eds.ieee.org/publications/eds-newsletter>.
- [14] Стукач О.В. Международная IEEE-Сибирская конференция по управлению и связи SIBCON-2021 и будущее конференций по автоматике // Автоматика и программная инженерия. – 2020. – N 2(32). – С. 84–88. – <http://www.jurnal.nips.ru/node/129>.
- [15] Магид Е.А., Стукач О.В. Международная Сибирская конференция по управлению и связи SIBCON-2021 // Автоматика и программная инженерия. – 2021, – N 3(37). – С. 36–42. – <http://jurnal.nips.ru/node/136>. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=47420944>.
- [16] Стукач О.В. Московский семинар по электронным и сетевым технологиям MWENT-2022 // Автоматика и программная инженерия. – 2022. – N 2(40). – С. 138–142. – <http://www.jurnal.nips.ru/node/143>. – <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49839203>.
- [17] Стукач О.В., Зорин П.А. Дисперсионный анализ данных учета тепловой энергии в г. Томске / Компьютерные технологии и анализ данных (СТДА). Материалы III Международной научно-практической конференции. – Минск, 21–22 апреля 2022. – С. 140–143. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=48504165>.
- [18] I.A. Ershov, O.V. Stukach, "Internet of measurement development based on NI PXI remote calibration". Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Omsk, Russia, 5–7 November 2019, pp. 1–5, doi: 10.1109/Dynamics47113.2019.8944613. (Ershov I.A., Stukach O.V. Развитие концепции Интернета измерений на основе дистанционной калибровки с применением NI PXI). – <https://ieeexplore.ieee.org/document/8944613>. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=43226289>.
- [19] Ершов И.А., Стукач О.В. Архитектура системы дистанционной калибровки как часть концепции Internet of Measurements (IoM) / Современные технологии поддержки принятия решений в экономике: сб. тр. III Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 24–25 ноября 2016 г., г. Юрга. – Томск: Изд-во ТПУ, 2016. – С. 140–142. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=28159635>.
- [20] R.Zh. Aimagmbetova, I.A. Ershov, O.V. Stukach, "Towards the problem of measurement traceability in the Internet of measurement concept". Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Conference, Omsk, 14–16 Nov. 2017, DOI: 10.1109/Dynamics.2017.8239425. – (Аймагамбетова Р.Ж., Ершов И.А., Стукач О.В. К проблеме метрологической прослеживаемости в концепции Интернета измерений). – <http://ieeexplore.ieee.org/document/8239425/>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=35541726>.
- [21] Жмудь В., Ляпидевский А., Аврамчук В., Стукач О., Roth Н. Технология промышленного интернета вещей: возможные барьеры и пути их преодоления // Автоматика и программная инженерия. – N 2(28). – 2019. – С. 50–61. – <http://www.jurnal.nips.ru/node/115>. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=39241406>.
- [22] V. Zhmud, A. Liapidevskiy, V. Avrmachuk, V. Sayarin, O. Stukach, H. Roth, "Analysis of barriers to the development of Industrial Internet of Things technology and ways to overcome them", (Жмудь В., Ляпидевский А., Аврамчук В., Саяпин В., Стукач О., Рот Х. Анализ барьеров развития технологии промышленного интернета вещей и путей их преодоления). – IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1019, 14th International Forum on Strategic Technology (IFOST 2019) 14–17 October 2019, Tomsk, Russian Federation, no. 1019 012079. – DOI: 10.1088/1757-899X/1019/1/012079. – <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1019/1/012079>. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=44960759>.
- [23] A. Gatherer, A. Lozano, J. Andrews, A.G. Armada et al. To Be or Not to Be-There in Person: What is the Future of the Technical Conference? // ComSoc Technology News (CTN). – <https://www.comsoc.org/publications/ctn>, June 2020, <https://www.comsoc.org/publications/ctn/be-or-not-be-there-person-what-future-technical-conference>.
- [24] George E. Ponchak, "Is It a Conference or a "Conference"?", IEEE Microwave Magazine, vol. 22, Issue 5, May 2021, p. 121–122, ISSN: 1527-3342, DOI: 10.1109/MMM.2021.3057200.



Олег Владимирович Стукач
– основатель Томской группы
Института IEEE, доктор
технических наук, профессор
Национального исследова-
тельского университета
«Высшая школа экономики» и
Новосибирского государст-
венного технического универ-
ситета.

E-mail: tomsk@ieee.org

Статья поступила 27.12.2022

International Siberian Conference on Control and Communications SIBCON-2022

O.V. Stukach

National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia
Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia

Abstract: The report on the 16-th International Siberian Conference on Control and Communications in Tomsk State University of Control Systems and Radioelectronics on November 17-19, 2022 is presented. SIBCON conference is organized by the IEEE Tomsk Chapter and the IEEE Electron Devices Society for the growing of interdisciplinary discussions and interaction among scientists and engineers, the development of cooperation between participation in the IEEE professional activities. An overview of sections, tracks, the most interesting reports, and discussions is given. Statistical data on the conference are presented, and the main trends of researches in the field of communications and information security are identified. New service of the IEEE as the main technical sponsor of the conference is described.

Keywords: professional meeting, networking, scientific publication, transistor invention, communication channel, RSF grant, IEEE chapter.

REFERENCES

- [1] Samuel K. Moore, "The Transistor at 75: The past, present, and future of the modern world's most important invention", IEEE Spectrum, 2022, vol. 59, issue 12, pp. 22-23, <https://ieeexplore.ieee.org/document/9976483>.
- [2] O.V. Stukach, "The AP/ED/MTT/COM/EMC Tomsk Chapter", ED-S Newsletter, vol. 12, N 2, April 2005, p. 25. – ISSN 1074 1879. <http://eds.ieee.org/eds-newsletters.html>.
- [3] O.V. Stukach, "Tomsk Student Branch, Russia: Tomsk Bowled Over by SIBCON Success". In IEEE Region 8 Newsletter, vol. 9, N 2, June 2006, p. 11. <http://www.ieeer8.org/>.
- [4] O.V. Stukach, "Siberia hosts Control and Comms conference", IEEE Region 8 Newsletter, vol. 10, N 3, December 2007, p. 5. <http://www.ieeer8.org/>.
- [5] Oleg Stukach and Mino Stallo, "The Eighth Siberian Conference on Control and Communications". IEEE Microwave Magazine, 2009, October, vol. 10, issue 6, p. 146-147. DOI:10.1109/MMM.2009.933579.
- [6] O.V. Stukach, "International Siberian Conference on Control and Communications SIBCON-2011", Antennas and Propagation Magazine. Vol. 54. no. 2, pp. 121–122, doi: 10.1109/MAP.2012.6230725, <https://ieeexplore.ieee.org/document/6230725>.
- [7] Oleg Stukach, "Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)", IEEE Electron Devices Society Newsletter, 2017, vol. 24, N 1 (January), p. 30, <http://eds.ieee.org/eds-newsletters.html>.
- [8] O.V. Stukach, B.G. Lvov. "The International IEEE Siberian Conference on Control and Communications", IEEE Microwave Magazine, 2017, vol. 18, Issue 2, p. 97–99, Doi: 10.1109/MMM.2016.2635928, <http://ieeexplore.ieee.org/document/7843734/>.
- [9] O.V. Stukach, I.A. Ivanov, "International IEEE-Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON–2016)". Automatics & Software Engineering, no. 2(16), 2016, pp. 99–104.
- [10] O.V. Stukach, "XII International Siberian Conference on Control and Communications SIBCON-2016", Global Communications Newsletter, 2016, no. 7, pp. 3–4. Communications Magazine, IEEE, 2016, no. 7, pp. 19, <https://ieeexplore.ieee.org/document/7509372/>.
- [11] O.V. Stukach, A.B. Mirmanov, S.V. Mogilnyy, S.S. Issenov, "International IEEE-Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON–2017)", Automatics & Software Engineering, no. 3(21), 2017, p. 59–70.
- [12] O.V. Stukach, "International Siberian Conference on Control and Communications SIBCON-2019", Automatics & Software Engineering, no. 2(28), 2019, p. 108–112.
- [13] Oleg Stukach, "ED/COM/AP/MTT/EMC Tomsk Chapter - Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON)", IEEE Electron Devices Society Newsletter, 2019, vol. 26, no. 4 (October), p. 45, <https://eds.ieee.org/publications/eds-newsletter>.
- [14] O.V. Stukach, "International IEEE Siberian Conference on Control and Communications SIBCON-2021 and the Future of Conferences on Automatics", Automatics & Software Engineering, 2020, no. 2(32), p. 84–88, <http://www.jurnal.nips.ru/ru/node/129>.
- [15] E.A. Magid, O.V. Stukach, "International IEEE-Siberian Conference on Control and Communications SIBCON-2021". Automatics & Software Engineering, 2021, no. 3(37), p. 36–42, <http://jurnal.nips.ru/ru/node/136>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=47420944>.
- [16] O.V. Stukach, "Moscow Workshop on Electronic and Networking Technologies, MWENT-2022", Automatics & Software Engineering, 2022, no. 1(39), p. 138–142, <http://www.jurnal.nips.ru/ru/node/143>, <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49839203>.
- [17] O.V. Stukach, P.A. Zorin, "The dispersion Analysis of Heat Energy Accounting Data in Tomsk", Computer technologies and data analysis (CTDA), Proceedings of the III Int. scientific-practical conference, Minsk, April 21–22 2022, p. 140–143, <https://elibrary.ru/item.asp?id=48504165>.
- [18] I.A. Ershov, O.V. Stukach, "Internet of measurement development based on NI PXI remote calibration", Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Omsk, Russia, 5–7 November 2019, pp. 1–5, doi: 10.1109/Dynamics47113.2019.8944613. – <https://ieeexplore.ieee.org/document/8944613>. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=43226289>.
- [19] I.A. Ershov, O.V. Stukach, "Architecture of the Remote Calibration as Part of the Internet of

- Measurements (IoM) Concept". Proceedings of Modern technologies of support decisions in economics Conference. November 24-25, 2016, Tomsk, TPU, pp. 140-142. – <https://elibrary.ru/item.asp?id=28159635>.
- [20] Raushan Zh. Aimagmbetova, Ivan A. Ershov, Oleg V. Stukach, "Towards the problem of measurement traceability in the Internet of measurement concept". Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Conference, Omsk, 14-16 Nov. 2017, DOI: 10.1109/Dynamics.2017.8239425. – <http://ieeexplore.ieee.org/document/8239425/>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=35541726>.
- [21] V. Zhmud, A. Lyapidevsky, V. Avramchuk, O. Stukach, H. Roth, "Technology Industrial Internet of Things: Possible Barriers and Ways to Overcome Them". Automatics & Software Engineering, No 2(28), 2019. P. 50–61, <http://www.jurnal.nips.ru/ru/node/115>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=39241406>.
- [22] V. Zhmud, A. Liapidevskiy, V. Avrmachuk, V. Sayapin, O. Stukach, H. Roth, "Analysis of barriers to the development of Industrial Internet of Things technology and ways to overcome them", IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 1019, 14th International Forum on Strategic Technology (IFOST 2019) 14th-17th October 2019, Tomsk, Russian Federation, no. 1019 012079, DOI: 10.1088/1757-899X/1019/1/012079, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1019/1/012079>, <https://elibrary.ru/item.asp?id=44960759>.
- [23] A. Gatherer, A. Lozano, J. Andrews, A.G. Armada et al. To Be or Not to Be-There in Person: What is the Future of the Technical Conference? // ComSoc Technology News (CTN). – <https://www.comsoc.org/publications/ctn>, June 2020, Published 9 Jun 2020, <https://www.comsoc.org/publications/ctn/be-or-not-be-there-person-what-future-technical-conference>.
- [24] George E. Ponchak, "Is It a Conference or a "Conference"?", IEEE Microwave Magazine, vol. 22, Issue 5, May 2021, p. 121–122, ISSN: 1527-3342, DOI: 10.1109/MMM.2021.3057200.



Oleg V. Stukach is founder of the Tomsk IEEE Chapter, Dr. of Sci., Professor of National Research University Higher School of Economics (Moscow) and Novosibirsk State Technical University.
E-mail: tomsk@ieee.org

The paper has been received on 27/12/2022.

Обзор интенсивно развивающихся исследований зарубежной фотоники и электроники

В.А. Жмудь^{1,2,3}, А.В. Ляпидевский¹

¹АО «Новосибирский институт программных систем», Россия

²Институт лазерной физики СО РАН, Россия

³Алтае-Саянский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Геофизической службы РАН

Аннотация: Данная подборка из открытых публикаций продолжает давать информацию о сосредоточении усилий стран НАТО в сфере военной фотоники и электроники. Предлагаемый дайджест охватывает два последних месяца, с 18 ноября по 23 декабря 2022 года. В предлагаемых фрагментах публикаций раскрывается суть и цель будущих исследований в военной сфере или планируемых поставок инновационных технических средств в армию, авиацию и флот. Данная статья не претендует на оригинальность, поскольку это в целом дайджест, т. е. подборка информации из открытых источников в сети Интернет. Сведений об отечественным разработкам данная статья не сообщает.

Ключевые слова: фотоника, электроника, автоматика, сенсорика

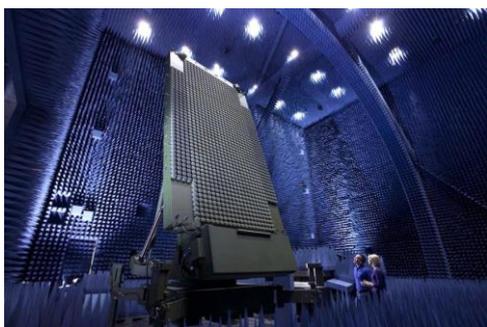
ВВЕДЕНИЕ

Пока сохраняется возможность ознакомления с публикациями, раскрывающими направления новейших исследований стран НАТО в военной сфере, этим следует воспользоваться. Цитируемые сайты в любой момент могут оказаться закрытыми для читателей из РФ по понятным причинам. Среди источников информации на обсуждаемую тему по-прежнему одним из интереснейших является журнал «*Military + Aerospace Electronics*» (Военная и аэрокосмическая электроника), издаваемый главным редактором Джоном Келлером, см. [1].

Данный дайджест построен по принципу ретроспективы, т.е. первыми в этом дайджесте размещены самые последние публикации на момент обращения к сайту (16.11.2022).

РАДАР СЛЕДИТ ЗА ПОЛЕМ БОЯ

18 ноября 2022 г.



Трехмерный экспедиционный радар дальнего действия Lockheed Martin BVC США (3DELRR) позволяет силам вторжения США и их союзников защитить себя от угроз с воздуха после создания плацдармов

Радар, сокращенно от радиобнаружения и дальности, был одной из самых влиятельных военных технологий со времен Второй мировой войны. Он может обнаруживать и отслеживать объекты, такие маленькие, как насекомые, и такие

большие, как океанские корабли и гигантские самолеты, отражая радиоволны разных частот от этих целей и получая отраженные сигналы. Его использование не ограничивается только обнаружением и отслеживанием вражеских кораблей, самолетов, спутников и наземных транспортных средств, но также и детальным картированием местности, наведением интеллектуальных боеприпасов на цели, идентификацией и визуализацией целей, обнаружением и мониторингом угрожающей погоды и даже отслеживанием стаи перелетных птиц [2].

Разработчики радиолокационных систем могут оцифровывать аналоговые отраженные РЧ-сигналы и применять сложную компьютерную обработку, чтобы находить наиболее важные цели в больших группах самолетов, создавать подробные изображения удаленных объектов, чтобы определить, представляют ли они серьезную угрозу, выявлять скрытые цели, предназначенные для уклонения от радаров или их обмана, отделить приближающиеся боеголовки баллистических ракет от ложных целей и дать максимально возможное время предупреждения в случае нападения противника.

Только за последний год военные США предприняли множество проектов по разработке и совершенствованию радиолокационных систем для бортовых, наземных и морских приложений. Эти радиолокационные системы могут отражать попытки противника заглушить их и помогают наводить ракеты на цели. Достижения в области высокопроизводительных встроенных вычислений улучшают радиолокационное изображение, как никогда раньше, помогают защитить американских и союзных военных и гражданских лиц от изощренных угроз. В этом специальном отчете рассматриваются некоторые из наиболее важных программ разработки и развертывания радаров США и союзников за последний год.

Наземные системы

Возможно, самая важная радиолокационная история прошлого года связана с трехмерным

экспедиционным радаром дальнего действия Lockheed Martin BBC США (3DELRR), который должен стать основным наземным радиолокационным датчиком дальнего действия BBC для обнаружения, идентификации, отслеживания и сообщения о воздушных целях.

Сегмент роторных и миссионерских систем Lockheed Martin Corp. в Ливерпуле, штат Нью-Йорк, в апреле прошлого года выиграл заказ на 75 миллионов долларов от Управления жизненным циклом BBC США.



Противобеспилотная воздушная система (C-UAS) Multi-Mission Explorer (MDX) от Liteye Systems представляет собой переносной сенсорный комплекс, в котором используется трехмерный радар в сочетании со средневолновым инфракрасным (MWIR) и датчиками видимого света. Центр на базе BBC Хэнском, штат Массачусетс, для сборки и доставки первых двух радаров 3DELRR. Радар 3DELRR должен заменить переносной трехмерный радар воздушного поиска Northrop Grumman AN/TPS-75 BBC с пассивной антенной решеткой с электронным сканированием, который позволит силам вторжения США и союзников защитить себя от угроз с воздуха после создания плацдармов.

Давно зарекомендовавший себя радар противовоздушной обороны наземного базирования — это радар дальнего действия (LRDR) недалеко от Фэрбенкса, Аляска, который помогает США от нападения баллистических ракет. Сегмент Lockheed Martin Rotary and Mission Systems в Мурстауне, штат Нью-Джерси, выиграл контракт на сумму 784,3 миллиона долларов от Агентства противоракетной обороны США (MDA) в 2015 году на строительство и эксплуатацию LRDR на базе Clear Space Force, Аляска. По словам

представителей Lockheed Martin, LRDR идет в ногу с растущими угрозами от баллистических ракет и повышает эффективность наземных перехватчиков. В сентябре Командование космических операций США на базе космических сил Петерсон, штат Колорадо, объявило о четырехлетнем заказе компании InDyne Inc. в Лексингтон-Парк, штат Мэриленд, на сумму 31,1 миллиона долларов на эксплуатацию и техническое обслуживание LRDR. С опционами контракт должен стоить 316,9 миллиона долларов.

LRDR сочетает в себе проверенные технологии твердотельных радаров с проверенными алгоритмами защиты от баллистических ракет на открытой архитектуре, предназначенной для будущего роста. По словам представителей компании, в твердотельном радаре на основе GaN используется модель Open GaN Foundry от Lockheed Martin, в которой используются отношения со стратегическими поставщиками GaN. LRDR обеспечивает постоянную способность распознавания баллистических ракет на полпути (BMDS) как часть эшелонированной защиты США от атак баллистических ракет всех диапазонов на всех этапах полета.

Прошлым летом армия США объявила о заказе компании General Dynamics Land Systems из Стерлинг-Хайтс, штат Мичиган, заказа на сумму 280,1 млн долларов на комплекты для установки ускоренной системы активной защиты Trophy на борт основных боевых танков M1A2 Abrams SEPv2 и SEPv3.

Система Trophy использует радар и компьютерные процессоры для обнаружения приближающихся противотанковых ракет и гранатометов, а также для подрыва приближающихся боеприпасов вдали от танка. General Dynamics работает с сегментом Leonardo DRS Land Systems в Сент-Луисе, чтобы закупить систему активной защиты Trophy для танка Abrams. DRS адаптирует технологию, разработанную Rafael Advanced Defense Systems Ltd. в Хайфе, Израиль, для защиты основных боевых танков M1A2 Abrams от реактивных гранат и противотанковых управляемых ракет.

Система Trophy — не единственный наземный радар, защищающий бойцов и их технику от противопехотных боеприпасов. В апреле прошлого года армия объявила о заключении с Lockheed Martin Rotary and Mission Systems пятилетнего контракта на сумму 3,3 миллиарда долларов на полномасштабное производство радара противодействия огню AN/TPQ-53 для обнаружения, классификации, отслеживания и определения местоположения вражеских беспилотников и приближающихся артиллерийских снарядов. не создавая опасности для ближайших самолетов и вооруженных сил. Так называемый Q-53 представляет собой радиолокатор с твердотельной фазированной решеткой, который обнаруживает, классифицирует, отслеживает и определяет местонахождение средств поражения с закрытых позиций, таких как ракеты, артиллерийские

снаряды и минометы, в режимах 360 или 90 градусов. Эта система заменяет устаревшие радары средней дальности AN/TPQ-36 и AN/TPQ-37 армии США.

Радар Q-53 размещается на армейском 5-тонном грузовике FMTV и может вступить в бой с тяжелыми, средними и легкими силами. Второй тактический грузовик несет укрытие управления, резервный генератор энергии и двух дополнительных солдат для управления системой. Компания Lockheed Martin начала разработку радара противодействия огню Q-53 в 2007 году. AN / TPQ-53 предназначен для обнаружения огневых точек вражеских минометов, артиллерийских снарядов и ракет с достаточной точностью, чтобы артиллерия противодействия могла уничтожить противника. пусковая установка с одним выстрелом. Q-53 можно развернуть как часть системы систем противоракетной артиллерии и минометов (C-RAM) (SoS), чтобы обеспечить обнаружение и предупреждение для развернутых сил США и союзников. Система достаточно мала, чтобы ее можно было перемещать на борту самолетов C-130 и C-17.

Противодействие БПЛА стало главным приоритетом для разработчиков тактических радиолокационных систем. Прошлым летом Liteye Systems Inc. в Сентенниал, штат Колорадо, представила Multi- Бортовую беспилотную воздушную систему (C-UAS) Mission Explorer (MDX) для защиты войск, защиты экспедиционных баз, безопасности портов и береговой линии, а также охраны границ. MDX представляет собой переносной сенсорный комплекс, в котором используется 3D-радар в сочетании со средне-волновым инфракрасным (MWIR) и электронно-оптическим камерами видимого света для обеспечения наблюдения за воздушным и наземным пространством, обнаружения целей и отслеживания. Полная функциональность системы MDX предлагает радиочастотное наблюдение и обнаружение, 3D-радиолокационные системы, HD EO/IR оптическое наблюдение, отслеживание целей, лазерное целеуказание, а также всенаправленную и направленную электронную атаку в небольшом пакете, которым может управлять и управлять удаленно один оператор.

Воздушный радар

Бортовая РЛС стала незаменимым средством разведки, наблюдения и целеуказания (RSTA). В сентябре Центр управления жизненным циклом ВВС на базе ВВС Райт-Паттерсон, штат Огайо, объявил о заключении пятилетнего контракта на сумму 184 миллиона долларов с подразделением Raytheon Intelligence & Space в Эль-Сегундо, Калифорния, на усовершенствованную радиолокационную систему с синтезированной апертурой-2. более известный как ACAPC-2.



Lockheed Martin строит семь модернизированных передовых радиолокационных процессорных систем для тактического самолета дальнего радиолокационного обнаружения (AEW) E-2D Advanced Hawkeye.

Радар визуализации представляет собой многорежимную систему разведки с высоким разрешением, работающую в режиме реального времени, установленную на высотном разведывательном самолете U-2 Dragon Lady с возможностью всепогодного, дневного и ночного картографирования на больших расстояниях. ACAPC-2 обнаруживает и определяет местонахождение стационарных и движущихся наземных целей с высокой дальностью в режимах поиска и прожектора. Он собирает подробную информацию, форматирует данные и передает их по широкополосному каналу передачи данных для отображения неподвижных или движущихся наземных объектов. По словам экспертов, радар для формирования изображений может создавать изображения с чрезвычайно высоким разрешением с больших расстояний и обеспечивает наземные карты самого высокого разрешения, доступные сегодня.

Год назад компании Lockheed Martin Rotary and Mission Systems приступили к модернизации системы обработки сигналов для палубного радиолокационного самолета дальнего радиолокационного обнаружения E-2D ВМС США. Lockheed Martin строит семь модернизированных усовершенствованных радиолокационных процессорных систем для тактического самолета дальнего радиолокационного обнаружения (AEW) E-2D Advanced Hawkeye, который работает с авианосцев. E-2D использует радар AN / APY-9 Lockheed Martin для наблюдения за авианосцами ВМФ, а также для задач противовоздушной и противоракетной обороны театра военных действий. РЛС обеспечивает улучшенное воздушное командование и управление, а также расширенное наблюдение за E-2D. РЛС обнаруживает малоразмерные маневренные цели в сложных прибрежно-водных и наземных условиях.

Радар AN/APY-9 для самолета-разведчика E-2D оснащен усовершенствованными подсистемами обработки радиолокационных сигналов, обеспечивающими гибкое управление радиолокационным лучом и улучшенную обработку целей, помогающую радару точно определять и отслеживать вражеские самолеты и ракеты, а также устранять

помехи и радиолокационные помехи. Он имеет режимы механического и электронного сканирования, предоставляя военному истребителю 360-градусную ситуационную осведомленность вокруг самолета, а также возможность дополнить механическое сканирование электронным сканированием, чтобы выделить дополнительные ресурсы для сложных целей или секторов под углом 90 градусов в любом направлении. Радар AN/APY-9 одновременно обнаруживает воздушные и надводные цели благодаря своей архитектуре пространственно-временной адаптивной обработки (STAR), которая подавляет помехи, помехи и другие источники электромагнитных помех, чтобы сфокусироваться на цели.

В ноябре 2021 года также был заключен контракт BBC США на сумму 770 миллионов долларов США с компанией Georgia Tech Applied Research Corp. в Атланте на создание Advanced Radar Threat System — Variant 1 (ARTS-V1) — мобильной усовершенствованной радиолокационной системы, которая поможет пилотам боевых самолетов научиться управлять безопасно во враждебных районах, охраняемых современными зенитными ракетами с радиолокационным наведением. Система ARTS-V1 предназначена для военных полигонов США, чтобы помочь пилотам нескольких различных типов самолетов, особенно самолетов 5-го поколения, таких как объединенный ударный истребитель F-35.



Радар противодействия огню Lockheed Martin AN/TPQ-53 обнаруживает, классифицирует, отслеживает и точно определяет вражеские беспилотники и приближающиеся артиллерийские снаряды.

ARTS-V1 имеет пять операторов, одновременно отслеживает и поражает несколько целей и реагирует на меры защиты экипажа и самолета. Системы вооружения интегрированы в транспортную и прочную систему, способную преодолеть любую местность. Система имитирует угрозы при полной излучаемой мощности и воспроизводит сигналы угроз, диаграммы направленности антенн, режимы работы и возможности угроз. Он отправляет радарные данные в режиме реального времени в центр управления полигоном или оперативный центр оперативных миссий вместе с цифровой интегрированной системой противовоздушной обороны полигона, контролируемой средой угроз, для обработки и анализа. В

состав системы ARTS-V1 входят антенна; передатчики; аппаратура управления, контроля и связи (СЗ); энергетическое оборудование; и другое наземное вспомогательное оборудование.

В октябре 2021 года BBC предоставили подразделению Lockheed Martin Missiles and Fire Control в Гранд-Прери, штат Техас, заказ на сумму 80,7 миллиона долларов на создание пяти систем Advanced Radar Threat System - Variant 2 (ARTS-V2) и на производственный вариант ARTS-V2. два. ARTS-V2 — это защищенная мобильная система, предназначенная для имитации ракет класса «земля-воздух» с радиолокационным наведением. Lockheed Martin создаст ARTS-V2 для обеспечения репрезентативного радиолокационного отслеживания и реагирования, такого как обнаружение, отслеживание и поражение нескольких самолетов одновременно с репрезентативным приемником, процессором и электронными средствами противодействия.

Морской радар

Принято думать, что радар управления воздушным движением (УВД) используется для координации воздушных судов в крупных аэропортах, но авианосцам ВМС США нужен такой же радар, чтобы обеспечить бесперебойную работу авианосцев. В сентябре компания Saab Inc. в Ист-Сиракузах, штат Нью-Йорк, выиграла заказ ВМС на сумму 31,7 млн долларов на корабельные радиолокационные системы управления воздушным движением AN/SPN-50(V) 1 для замены радара AN/SPN-43C ВМФ на борту авианосцев и десантных кораблей.

Радар AN/SPN-50(V) 1 позволяет бортовым авиадиспетчерам идентифицировать, выстраивать и направлять воздушные суда в радиусе 50 морских миль от корабля. Заказ включает в себя два бортовых ремкомплекта и два комплекта складских запасных частей. В последние годы верхние 25 процентов диапазона частот AN/SPN-43C были перераспределены для сообщества фиксированного беспроводного доступа, что запрещает управление воздушным движением и работу радаров воздушного поиска в пределах 50 морских миль от побережья, говорят представители ВМС. Радар AN/SPN-50(V)1 является одной из американских версий маневренного многолучевого радара Saab Sea Giraffe, функционирующего в качестве основного радара наблюдения за воздушным движением для пилотируемой и беспилотной авиации на борту атомных авианосцев ВМФ и крупных авианосцев. - палубные десантные корабли.

Буквально в прошлом месяце ВМС предоставили подразделению DRS Laurel Technologies компании Leonardo DRS в Джонстауне, штат Пенсильвания, заказ на сумму 8,7 млн долларов на создание радиолокационных систем AN/SPQ-9B и вспомогательного оборудования. В апреле 2018 года DRS заменила Northrop Grumman Corp. в качестве подрядчика по разработке корабельных радаров AN / SPQ-9B для ВМФ. AN/SPQ-9B

представляет собой импульсно-доплеровский радар с перестройкой частоты X-диапазона, который сканирует до горизонта и выполняет одновременное и автоматическое обнаружение воздушных и надводных целей и сопровождение низколетящих противокорабельных крылатых ракет, надводных угроз, низко- и тихоходные летательные аппараты, беспилотные летательные аппараты (БПЛА) и вертолеты.



Усовершенствованная радиолокационная система с синтетической апертурой Raytheon-2 (ASARS-2) представляет собой многорежимную систему разведки с высоким разрешением в режиме реального времени, установленную на высотном разведывательном самолете U-2 Dragon Lady.

Над палубой в радаре используется механически вращающаяся антенна с электронной стабилизацией. Антенна весом 1500 фунтов состоит из двух плоских решеток, установленных спина к спине, каждая из которых подключена к независимым передатчикам и приемникам. Под палубой радар состоит из шкафов процессора, приемника/возбудителя и передатчика; управление радиолокационным комплексом; и мотор-генератор. Шкаф процессора выполняет функции обработки сигналов, отслеживания и интерфейса. Приемник/возбудитель имеет три приемника и генерирует системные частоты и часы. Шкаф передатчика принимает РЧ-импульсы от приемника/возбудителя и усиливает их для вывода на антенну.

Два самых влиятельных морских радарных проекта включают двухдиапазонный радар (DBR) и радар наблюдения за воздушным пространством предприятия (EASR) от Raytheon Missiles & Defense. Радиолокационная система поиска поверхности DBR для крупных военных кораблей ВМС США сочетает в себе преимущества возможностей радаров S-диапазона и X-диапазона для различных сред, а ее программная архитектура с открытой архитектурой обеспечивает автоматическую работу с минимальным вмешательством человека. К сожалению, руководство ВМФ сочло DBR слишком дорогим и заменяет крупнопалубные надводные корабли на EASR. Его единственная установка находится на борту авианосца USS Gerald R. Ford.

В апреле прошлого года Raytheon выиграла заказ на 19,1 миллиона долларов на поддержку дорогостоящего DBR до тех пор, пока EASR не

запустит авианосец USS John F. Kennedy — второй корабль класса Ford — для замены снятого с производства DBR. Ожидается, что десантный десантный корабль американского класса USS Bougainville (LHA 8), строящийся в Паскагуле, штат Миссисипи, станет первым кораблем, который выведет EASR в море. EASR от Raytheon извлекает выгоду из существующей архитектуры модульной сборки радара (RMA), разработанной на основе радара противоздушной и противоракетной обороны (AMDR) компании, также называемого радаром SPY-6, для боевых систем Navy Aegis следующего поколения для крейсеров класса Arleigh Burke.

EASR предназначен для различных классов кораблей для самообороны, ситуационной осведомленности, управления воздушным движением и наблюдения за погодой. По словам официальных лиц компании, Radar Modular Assembly (RMA) обеспечивает масштабируемость EASR для кораблей различных размеров в различных миссиях для расширенных возможностей и доступных затрат.

AMDR от Raytheon будет интегрирован в последние модели эсминцев Aegis класса Arleigh Burke (DDG 51). В марте прошлого года компания Raytheon получила заказ ВМФ на сумму 650,7 млн долларов на корабельное радиолокационное оборудование AN/SPY-6(V). По словам представителей Raytheon, AN/SPY-6(V) AMDR от Raytheon улучшит способность эсминца класса Burke обнаруживать вражеские самолеты, надводные корабли и баллистические ракеты. AMDR заменит радар AN/SPY-1, который был стандартным оборудованием на эсминцах класса Aegis Burke и крейсерах класса Ticonderoga. Радар обеспечит большую дальность обнаружения, повышенную точность распознавания, более высокую надежность и устойчивость, а также более низкие затраты по сравнению с радаром AN/SPY-1D(V), установленным на борту современных эсминцев класса Burke. По словам представителей Raytheon, система построена из отдельных строительных блоков, называемых модульными сборками радаров (RMA). Каждый RMA представляет собой автономный радар в корпусе объемом два кубических фута; RMA могут складываться вместе, образуя массив любого размера, чтобы соответствовать требованиям миссии корабля.

Современные военные радиолокационные системы используют синтетически управляемые радиолокационные лучи, работающие на многих различных радиочастотах, которые не только обнаруживают потенциальные интересующие цели, но и могут идентифицировать эти цели с помощью сложных радиолокационных изображений.

Сегодня это стало возможным благодаря перестроенным встроенным вычислительным системам для цифровой обработки сигналов, в которых используются самые передовые на сегодняшний день

процессоры общего назначения (GPP), программируемые вентиляционные матрицы (FPGA), графические процессоры общего назначения (GPGPU), устройства реального времени, программное обеспечение и инновационные архитектуры.

Обработка сигналов так же важна для передовых радаров, как и для систем радиоэлектронной борьбы (РЭБ), говорит Денис Сметана, старший менеджер по продукции компании Curtiss подразделение оборонных решений Wright Corp. в Эшберне, штат Вирджиния.



Система Trophy использует радар и компьютерные процессоры для обнаружения приближающихся противотанковых ракет и гранатометов и взрывает приближающиеся боеприпасы, прежде чем поразить их цели.

«Радар имеет свои собственные уникальные системные потребности, которые отличаются от приложений РЭБ. Когда дело доходит до внешнего интерфейса системы, который обычно представляет собой устройство FPGA, одним из ключевых отличий является важность задержки», — объясняет Сметана. «Прием и ответ на данные в системе РЭБ, потому что вы пытаетесь подделать или каким-то образом изменить входящий сигнал, чтобы ваш противник не обнаружил, что вы делаете. Минимизация задержки важнее в РЭБ, чем в радар».

Радар, с другой стороны, более однонаправленный, чем системы РЭБ. Хотя радар может быть менее управляемым прерываниями, чем радар, сегодняшние военные радиолокационные системы все чаще используют растущее количество радиолокационных приемопередатчиков в разных местах для получения высокоточной картины поля боя, а также для использования методов скрытности, чтобы сбить противника с толку.

«В радаре у вас есть сигналы от многих до сотен датчиков, и вы можете иметь волоконную оптику, поступающую от передних датчиков к устройству FPGA, которое будет выполнять этот первый уровень обработки и фильтрации, а затем вы передаете это дальше. процессора общего назначения», — говорит Сметана. «На FPGA может поступать 100 различных потоков данных, и FPGA говорит, что вот пять из этих 100 сигналов, которые требуют более глубокого изучения и дополнительной обработки».

По словам Сметаны, такая обработка может дать аналитикам более глубокую информацию о целях и их действиях. Он может сравнивать

радиолокационные сигналы контактов с профилями известных целей, чтобы начать делать выводы о потенциальных намерениях этих целей.

Искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение и возможности параллельной обработки современных архитектур обработки сигналов также могут избавить аналитиков от различия целей, а также могут помочь людям, принимая некоторые предварительные решения и исключая многие возможности без вмешательства человека.

Ожидается, что в ближайшем будущем новый процессор Ice Lake D от Intel Corp. из Санта-Клары, Калифорния, окажет большое влияние на обработку сигналов радаров, говорит Сметана. «Ice Lake D обладает возможностями, которые помогают обрабатывать данные с радара; его механизм операций с плавающей запятой может выполнять вдвое больше операций с плавающей запятой параллельно, чем раньше».

Сметана отмечает, что Ice Lake D также имеет оптимизации, которые улучшают его искусственный интеллект и машинное обучение на порядок по сравнению с предыдущим поколением семейства процессоров Intel Xeon D. Встроенные вычислительные системы Curtiss-Wright Champ XD3 используют устройства Ice Lake D, соответствуют отраслевому стандарту Sensor Open Systems Architecture (SOSA) и оптимизированы для обработки сигналов в радиочастотных и электрооптических датчиках [2].

АРМИЯ ПРОСИТ GENERAL DYNAMICS ПОСТРОИТЬ БОЕВЫЕ БРОНИРОВАННЫЕ МАШИНЫ STRYKER СО СТАНДАРТНОЙ ВЕТРОНИКОЙ VICTORY

21 ноября 2022 г.

Stryker — боевая бронированная машина, более смертоносная, чем легкие машины, но более легкая и маневренная, чем тяжелые основные боевые танки [3].



УОРРЕН, штат Мичиган. Разработчики боевых бронированных машин в General Dynamics Corp. будут производить передовые колесные машины Stryker для армии США в соответствии с условиями контракта на сумму 146,7 млн долларов, о котором было объявлено в четверг.

Должностные лица армейского контрактного командования Детройтского арсенала в Уоррене,

штат Мичиган, просят General Dynamics Land Systems в Стерлинг-Хайтс, штат Мичиган, построить машины Stryker с плоским днищем.

Stryker — это разворачиваемая боевая машина, которая более смертоносна, чем легкие машины, такие как Humvees, но при этом легче и маневреннее, чем тяжелые боевые машины, такие как основной боевой танк M1 Abrams.

Большинство автомобилей и ветроники Stryker сегодня оснащены дистанционным боевым модулем Protector M151 с пулеметом M2 калибра 0,50, пулеметом M240 калибра 7,62 мм или автоматическим гранатометом Mk-19. Некоторые тяжеловооруженные версии имеют 105-миллиметровую пушку, похожую на танковую.

По сравнению с более ранними версиями Stryker, модернизированный Stryker A1 имеет более высокую мощность двигателя, что должно привести к большей подвижности в бою.

Семейство самолетов Stryker с плоским дном имеет три варианта на общей транспортной платформе: разведывательная машина M1127, мобильная артиллерийская система M1128 и разведывательная машина M1135 NBC.

Stryker A1 также может быть оснащен модификацией пакета разведывательного оборудования для разведывательных миссий.

Stryker A1 также создает основу для стандартной архитектуры Vehicular Integration для C4ISR/EW Interoperability (VICTORY) для сетевой интеграции и обмена данными между общими станциями экипажа транспортного средства. Новая версия Stryker также обеспечивает поддержку Gigabit Ethernet.

Stryker A1 оснащен генератором переменного тока на 910 ампер для поддержки будущих обновлений электропитания для будущего сетевого оборудования; усовершенствованная модернизация шасси блока распределения питания; увеличенная грузоподъемность шасси с 55 000 фунтов до 63 000 фунтов; и обновляет свою трансмиссию для поддержки автомобильной сетевой архитектуры.

Установка на Stryker 30-миллиметровой пушечной башни может существенно повысить огневую мощь машины. Пуля для 30-миллиметровой пушки имеет длину около 10 дюймов, пуля для пулемета калибра 0,50 — около пяти дюймов, а пуля для пулемета калибра 7,62 миллиметра — около трех дюймов.

В то время как пулеметы калибра 0,50 и 7,62 миллиметра в основном стреляют противопехотными пулями для борьбы с вражескими солдатами, 30-миллиметровая пушка представляет собой бронестойкий снаряд, который эффективен против другой бронетехники и укрепленных бункеров.

Боевая бронированная машина Stryker названа в честь двух американских военнослужащих, посмертно награжденных Почетной медалью: рядового первого класса Стюарта С. Страйкера, погибшего во Второй мировой войне, и

специалиста Четыре Роберта Ф. Страйкера, погибшего во время войны во Вьетнаме [3].

ВОЕННО-МОРСКОЙ ФЛОТ ВЫБИРАЕТ MERCURY MISSION SYSTEMS ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ РЕГИСТРАТОРОВ ДАННЫХ И ХРАНЕНИЯ ДАННЫХ ДЛЯ АВИОНИКИ РЕАКТИВНЫХ САМОЛЕТОВ F / A-18

22 ноября 2022 г.

Предшественница Mercury, компания Physical Optics, разработала автоматический регистратор данных Generalization Hardware с реконфигурируемым интерфейсом в режиме реального времени (ARRGH) [4].



PATUXENT RIVER NAS, Md. – Специалистам по авионике боевых самолетов ВМС США требовались усовершенствованные регистраторы данных для палубных реактивных истребителей-бомбардировщиков F/A-18C/F и EA-18G и самолетов радиоэлектронной борьбы. Они нашли свое решение в компании Mercury Mission Systems LLC в Торрансе, Калифорния.

Должностные лица Командования авиационных систем ВМС на военно-морской авиабазе Патаксент-Ривер, штат Мэриленд, объявили о заключении с компанией Mercury контракта на сумму 35,7 млн долларов на поставку блоков передачи данных и регистраторов данных авионики в рамках автоматического многопротокольного регистратора данных для аппаратного обобщения реконфигурируемого интерфейса в режиме реального времени. проект.

Mercury Mission Systems (ранее Physical Optics Corp.) поставит 104 устройства передачи данных 1553: 68 для модернизации самолетов F/A-18C-F и 36 для серийных самолетов EA-18G; и 144 видеорегистратора высокой четкости для дооснащения самолетов F/A-18C-F.

Предшественница Mercury, компания Physical Optics, разработала новый многопротокольный регистратор данных и систему хранения данных с автоматическим реконфигурируемым аппаратным обобщением интерфейса в режиме реального времени (ARRGH) в рамках проекта многопротокольного регистратора данных с автоматическим аппаратным обобщением реконфигурируемого интерфейса в режиме реального времени. Mercury приобрела Physical Optics в конце 2020 года.

По словам представителей ВМС, проект ARRGH первой фазы основан на инновационной

интеграции гибридного оборудования для транскодирования, массивного хранилища на основе RAID и интеллектуального эвристического программно-обеспечения для транскодирования.

Эта 40-ваттная и 11-фунтовая конструкция обеспечивает плавную перемаршрутизацию и трансляцию входных сигналов на регистратор данных и обратно независимо от задействованных интерфейсов.

Защищенный от воздействия окружающей среды съемный блок памяти (RMU) с функцией plug-and-play обеспечивает быструю модернизацию для предотвращения морального устаревания за счет использования коммерческих твердотельных запоминающих устройств.

Прототип включает в себя адаптеры оболочки для обеспечения совместимости форм-фактора с различными современными регистраторами данных, включая RM-6000f на F/A-18.

ARRGH обеспечивает 1 терабайт съемной памяти, устойчивую скорость записи 550 мегабит в секунду (2700 мегабит в секунду) и имеет встроенную функцию самотестирования.

На втором этапе проекта ARRGH был создан полнофункциональный прототип, прошедший наземные испытания, и прототип, готовый к летным испытаниям, а также определен план интеграции платформы и начата сертификация устройства.

По этому контракту Mercury выполнит работы в Торрансе, штат Калифорния, и должна быть завершена к июлю 2024 года [4].

ВВС ОБРАЩАЮТ ВНИМАНИЕ НА АВИАЦИОННОЕ НАЗЕМНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ И PD POWER ДЛЯ НАЗЕМНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК В АЭРОПОРТАХ И АВИАБАЗАХ

22 ноября 2022 г.

Наземные блоки питания подключаются к электрическим системам самолета, находясь на земле, чтобы обеспечить питание 120 вольт переменного тока или 28 вольт постоянного тока [5].



БАЗА ВВС РОБИНС, Джорджия — специалистам по наземному оборудованию ВВС США требовались наземные силовые установки для обеспечения электроэнергией самолетов на земле. Они нашли свои решения в компании Aviation Ground Equipment Corp. в Мелвилле, штат

Нью-Йорк, и в компании PD Power Systems LLC в Спрингфилде, штат Вирджиния [5].

Должностные лица Центра управления жизненным циклом ВВС на базе ВВС Робинс, штат Джорджия, в пятницу объявили о контрактах с двумя компаниями на общую сумму почти миллиард долларов на поставку наземных силовых установок для авиации.

Каждая из компаний выиграла 10-летние контракты на сумму 482 миллиона долларов. PD Power поставит 72-киловаттные наземные силовые установки, а Aviation Ground Equipment поставит 72-киловаттные наземные силовые установки, 144-киловаттные наземные силовые установки и 144-киловаттные универсальные блоки нагрузки.

Наземные блоки питания, используемые в аэропортах и на военных авиабазах, подключаются к электрическим системам самолетов, находясь на земле, для обеспечения питания 120 вольт переменного тока или 28 вольт постоянного тока. Наземные силовые установки обычно состоят из генератора, работающего от дизельного двигателя, но могут встречаться и в других конфигурациях. Контракты включают такие данные, как отчеты об испытаниях, обеспечение и технические руководства.

Компания Aviation Ground Power предлагает разработанную ВВС дизельную тележку AGEC 6021 мощностью 72 кВт с несколькими выходами для всех военных применений, от наземных театров военных действий до корабельных условий. Устройство предлагает встроенный преобразователь частоты мощности с тремя режимами работы: выход 400 Гц, выход 28 В постоянного тока и выход 270 В постоянного тока.

PD Power предлагает устройства MEP-PU-810C/D для будущих пользователей военных приложений США. Агрегат смонтирован на двухосном шасси вагонного типа, оборудованном гидравлическими тормозами с помповым приводом, дышлом с люнетным кольцом, и предназначен для передвижения на малых скоростях, буксируемого автомобилями без регуляторов тормозов прицепа.

Силовой агрегат модели PD Power MEP-PU-810D смонтирован на двухосном шасси, оборудован пневматическими тормозами, сцепным устройством с цапфой 5-го колеса и соответствует требованиям Министерства транспорта США (DOT) для транспорта на скоростях шоссе.

Обе модели предлагают среднее время наработки на отказ основных функций 750 часов (MTBEFF), 800 киловатт по стандарту ISO 8528-1. Их можно перевозить на борту грузовых самолетов Air Force C-5 и C-17, и они соответствуют стандарту MIL-STD-461F по электромагнитной совместимости.

По этим контрактам PD Power выполнит работы в Спрингфилде, штат Вирджиния, и должна быть завершена к ноябрю 2032 года. Компания Aviation Ground Equipment выполнит работы в Мелвилле,

штат Нью-Йорк, и должна быть завершена к ноябрю 2032 года [5].

NORTHROP GRUMMAN РАЗРАБОТАЕТ ДОСТУПНЫЕ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ЛАЗЕРНЫЕ ИСТОЧНИКИ ДЛЯ БУДУЩЕГО ПРОТИВОБЕСПИЛОТНОГО ЛАЗЕРНОГО ОРУЖИЯ

23 ноября 2022 г.

MELT стремится извлечь выгоду из производства полупроводников, объединения когерентных лучей, фотонной интеграции, а также интеграции и компоновки 3D [6].



АРЛИНГТОН, Вирджиния. Американские военные исследователи просят корпорацию Northrop Grumman разработать доступные высокоэнергетические лазерные источники для будущего лазерного оружия, которое сможет уничтожать или выводить из строя беспилотные летательные аппараты (БПЛА) противника [6].

Должностные лица Агентства перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA) в Арлингтоне, штат Вирджиния, объявили о заключении двухлетнего контракта с компанией Northrop Grumman в Редондо-Бич, штат Калифорния, на сумму 7,8 млн долларов по программе Modular Efficient Laser Technology (MELT).

MELT стремится разработать компактный, масштабируемый, активно когерентный комбинированный полупроводниковый лазерный источник с превосходным качеством луча для создания масштабируемого лазерного источника малого размера, веса и мощности (SWaP).

MELT стремится извлечь выгоду из таких технологий, как методы изготовления полупроводников, объединение когерентных лучей, фотонная интеграция, а также трехмерная интеграция и упаковка.

Исследователи DARPA говорят, что сегодняшнее лазерное оружие, использующее несколько мощных волоконных усилителей с комбинированным лучом в качестве источников лазерного излучения высокой энергии, а также большие сложные оптические подсистемы, которые формируют и проецируют лазерный луч, плохо масштабируется.

С другой стороны, высокоэнергетические лазерные источники с когерентным пучком, объединенные в мозаичную решетку, являются

масштабируемыми, поскольку они устраняют эти большие подсистемы.

Мозаичные массивы с когерентным комбинированием лучей открывают путь к лучшим высокоэнергетическим лазерным источникам благодаря способности генерировать и проецировать лазерный луч напрямую без объемной оптики; внутренняя масштабируемость мозаичного массива без ограничений; возможность выполнять немеханическое управление лучом для коррекции дрожания луча; и возможность применения сложных фазовых поправок для компенсации атмосферных возмущений.

Распространение небольших недорогих беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) на поле боя требует многоуровневой защиты, включающей недорогое лазерное оружие. Глубокие магазины лазерного оружия подходят для противодействия полчищам враждебных БПЛА и могут обеспечить очень низкие эксплуатационные расходы — при условии, что низкие производственные затраты могут быть достигнуты. Противодействие БПЛА и аналогичные приложения требуют широкого диапазона уровней мощности от нескольких киловатт до мегаватт, что сегодня невозможно.

Вместо этого MELT стремится разработать лазерную плитку в качестве строительного блока для компактного, масштабируемого, панельного лазерного оружия. Лазерные плитки будут интегрированы в плоские массивы для масштабируемого лазерного оружия с сравнимыми или лучшими характеристиками, чем текущее лазерное оружие.

MELT стремится продемонстрировать панельный массив лазерных плиток 3 на 3 с превосходным качеством луча в качестве масштабируемого источника высокоэнергетического лазера.

Целевые значения массы, объема и размера лазерных плиток и панельного массива лазерных плиток включают излучатели полупроводниковых усилителей, оптику, определение фазы и контроль, подачу энергии, преобразование энергии, рассеивание тепла, вычисления, внешние соединения, межэлементную электрическую связь, охлаждающая жидкость и соединения для передачи данных.

Каждая ячейка MELT будет содержать двумерный массив лазерных излучателей, фаза которых может измеряться и непрерывно контролироваться для достижения когерентной комбинации лучей. Для масштабируемой выходной мощности от нескольких до нескольких сотен таких плиток можно организовать в виде панельного источника лазерного оружия, установленного на карданном подвесе, который создает полезный выходной луч.

Перед проектом DARPA MELT стоят три технические задачи: плотная плоская мозаичная матрица усилителей с равномерным интервалом и излучением, перпендикулярным 2D-поверхности; реализация масштабируемой архитектуры

измерения фазы для панельного высокоэнергетического лазерного источника; и реализация компактного масштабируемого решения для охлаждения для снятия ожидаемой тепловой нагрузки с панельного высокоэнергетического лазерного источника.

Целью этой программы является разработка масштабируемого лазерного источника с низким значением SWaP для массового производства. Это потребует разработки нового типа высокоэнергетического лазерного источника. Программа MELT заинтересована только в лазерных технологиях на основе полупроводниковых диодов, которые не включают преобразователи яркости с оптической накачкой.

По этому контракту Northrop Grumman выполнит работы в Редондо-Бич и Гоleta, штат Калифорния, и должна быть завершена к октябрю 2024 года [6].

ВВС ОБРАТИЛИСЬ К NORTHROP GRUMMAN С ПРОСЬБОЙ ПОСТРОИТЬ 42 РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМЫ AN/APG-83 AESA ДЛЯ РЕАКТИВНЫХ ИСТРЕБИТЕЛЕЙ ЗА 99,4 МЛН ДОЛЛАРОВ.

29 ноября 2022 г.

Масштабируемый радар с подвижным лучом (SABR) для управления огнем APG-83 AESA интегрируется в конструктивные, энергетические и охлаждающие ограничения F-16 без изменений [7].



Авиабазы РАЙТ-ПАТТЕРСОН, штат Огайо. Эксперты по воздушным радарам ВВС США заказывают 42 современные радиолокационные системы с активной фазированной антенной решеткой (АФАР) для реактивных истребителей ВВС F-16 в соответствии с условиями заказа на сумму 99,4 миллиона долларов, объявленного в пятницу [7].

Должностные лица Центра управления жизненным циклом ВВС, Управление истребителей-бомбардировщиков, Подразделение F-16, на базе ВВС Райт Паттерсон, штат Огайо, просят подразделение Mission Systems корпорации Northrop Grumman в Линтикум-Хайтс, штат Мэриленд, построить 42 самолета AN.

Радиолокационные системы АФАР АПГ-83 и запасные части для F-16.

Масштабируемый радар с подвижным лучом (SABR) APG-83 AESA интегрируется в конструктивные, энергетические и охлаждающие ограничения F-16 без модификации самолета группы А, говорят представители Northrop Grumman. Компания извлекает выгоду из технологий, разработанных для радиолокационных систем APG-77 и APG-81 на боевых самолетах США F-22 и F-35.

В конкурсе 2013 года компания Lockheed Martin Corp., производитель F-16, выбрала APG-83 в качестве радара AESA для программ модернизации и обновления F-16 ВВС США и ВВС Тайваня.

Полоса пропускания, скорость и гибкость радиолокационных систем с АФАР позволяют устаревшим истребителям, таким как F-16, быстро и на больших расстояниях обнаруживать, отслеживать и идентифицировать множество целей, а также действовать в условиях вражеской радиоэлектронной борьбы (РЭБ).

Northrop Grumman строит радиолокационные системы APG-83 для глобальной модернизации F-16 и производства новых самолетов, а также для Национальной гвардии ВВС США. По словам представителей компании, Northrop Grumman также установила серийный APG-83 SABR на реактивный истребитель -бомбардировщик F/A-18C Hornet Корпуса морской пехоты США.

По этому заказу Northrop Grumman выполнит работы в Линтикум-Хайтс, штат Мэриленд, и должна быть завершена к июлю 2025 года [7].

DARPA ВЫБИРАЕТ GENERAL ATOMICS ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ДАЛЬНЕМАГИСТРАЛЬНОГО ТЯЖЕЛОГО ГИДРОСАМОЛЕТА, СПОСОБНОГО НЕДЕЛЯМИ РАБОТАТЬ В БУРНОМ МОРЕ.

29 ноября 2022 г.

Гидросамолет Liberty Lifter будет иметь расширенные возможности эксплуатации в условиях открытого моря, будет доступным в производстве и будет иметь комплексное управление полетом и надводной поверхностью [8].



АРЛИНГТОН, Вирджиния. Американским военным исследователям требовался футуристический гидросамолет, способный работать в бурном море неделями и нести полезную нагрузку до 45 тонн на расстояния от 4000 до 6500 миль. Они нашли свое решение в General Atomics Aeronautical Systems Inc. в Паузе, Калифорния [8].

Официальные лица Агентства перспективных оборонных исследовательских проектов США (DARPA) в Арлингтоне, штат Вирджиния, объявили в пятницу о заключении с General Atomics контракта на 8 миллионов долларов по программе Liberty Lifter для разработки тяжелого гидросамолета большой дальности, который эффективно работает на очень малых высотах в условиях влияния земли.

В рамках проекта Liberty Lifter компания General Atomics сосредоточится на разработке гидросамолета с расширенными морскими операциями в условиях открытого моря, доступного в производстве и требующего сложного управления полетом и надводной поверхностью.

Дальний гидросамолет Liberty Lifter обеспечит плавную работу в условиях эффекта земли на волнах высотой от четырех до восьми футов. Эффект земли описывает дополнительную аэродинамическую плавучесть, создаваемую воздушной подушкой под самолетом, движущимся близко к земле или поверхности воды.

General Atomics постарается добиться плавного полета при полете над волнами высотой от 8 до 13 футов, с большой подъемной силой на низких скоростях, чтобы уменьшить ударные нагрузки волн во время взлета и посадки на волнах высотой от 4 до 8 футов. Ожидается, что гидросамолет будет выдерживать ударные нагрузки от волн и сможет работать в районах с интенсивным движением, а также работать в море в течение нескольких недель с длительными периодами между наземным обслуживанием.

Исследователи DARPA подчеркивают низкую стоимость, простоту изготовления и производство в стиле Liberty Ship. Гидросамолет также должен иметь сложные аэродинамические и гидродинамические взаимодействия во время взлета и посадки, а также усовершенствованные датчики и органы управления, чтобы избежать ударов волн-убийц.

Гидросамолет Liberty Lifter должен иметь возможность взлетать и приземляться на волнах высотой от четырех до восьми футов; летать на эффекте земли над волнами высотой от 8 до 13 футов; летать на высотах от эффекта земли до 10 000 футов и работать от четырех до шести недель без перерыва с полезной нагрузкой не менее 90 тонн.

Размещение и извлечение амфибийной полезной нагрузки на воде должно осуществляться через носовую и хвостовую аппарели; гидросамолет должен иметь возможность перевозить не менее двух боевых машин-амфибий Корпуса морской пехоты США и грузы в 20-футовых контейнерах.

Разработчики General Atomics будут использовать высокопроизводительные вычисления и междисциплинарные инструменты анализа и оптимизации для моделирования и анализа сложных аэродинамических и гидродинамических взаимодействий; сосредоточиться на доступных подходах к проектированию и производству;

использовать новые производственные подходы; и использовать лучшие отраслевые практики коммерческих высокоскоростных судов.

Программа состоит из трехэтапного цикла развития, где каждый этап основывается на предыдущем этапе [8].

БЕСПИЛОТНЫЕ СИСТЕМЫ ВОЗЬМУТ НА СЕБЯ ВЕДУЩУЮ РОЛЬ В ЗАЩИТЕ МОРСКИХ ПЕХОТИНЦЕВ НА ПЛЯЖАХ ВТОРЖЕНИЯ ОТ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ ПРОТИВНИКА

30 ноября 2022 г.

Транспортные средства ROGUE-Fires получают максимальную отдачу от машинной автоматизации и технологий беспилотных систем, как только они отправятся на пляж вместе с морскими пехотинцами [9].



НАШУА, Нью-Хэмпшир. Автономные технологии и беспилотные системы должны сыграть ведущую роль в том, как морские пехотинцы США, действующие на пляжах вторжения, защищаются от вражеских военных кораблей, которые стремятся помешать плацдармам морской пехоты на захваченной территории [9].

Речь идет о роли вооруженных беспилотных транспортных средств в будущей системе противодействия экспедиционным кораблям ВМФ/Морской пехоты (NMESIS), целью которой является использование береговых противокорабельных ракет большой дальности и беспилотных транспортных средств для защиты морских пехотинцев от атак надводных боевых кораблей противника.

Противокорабельным оружием будет являться ударная ракета Naval Strike Missile (NSM) Raytheon, которая имеет инфракрасную ГСН с визуализацией, бортовую базу данных целей и навигацию с помощью глобальной системы позиционирования (GPS), инерциальных датчиков и систем привязки к местности.

NSM может обнаруживать, распознавать и различать цели независимо друг от друга и предназначен для поражения вражеских кораблей у ватерлинии или вблизи нее, чтобы нанести максимальный структурный ущерб. Raytheon строит NSM в партнерстве с Kongsberg Gruppen в Конгсберге, Норвегия.

Беспилотные системы и автономия машин проявляются в том, как морская пехота будет разворачивать и эксплуатировать NSM после того,

как морские пехотинцы проложат себе путь на берег и организуются.

NMESIS предоставит дивизионам высоко-мобильной артиллерийской ракетной системы (HIMARS) Корпуса морской пехоты противокорабельные возможности NSM. Пусковые установки для противокорабельного оружия NSM будут представлять собой беспилотные дистанционно управляемые версии совместной легкой тактической машины Oshkosh Defense (JLTV), каждая из которых будет нести по два NSM.

Комбинация беспилотных ракетных пусковых установок JLTV и противокорабельных средств NSM будет называться дистанционно управляемой наземной установкой для экспедиционных огней (ROGUE-Fires). Ранее в этом месяце компания Oshkosh Defense выиграла контракт с командованием систем морской пехоты на сумму 23,7 миллиона долларов на поставку беспилотных пусковых установок ROGUE-Fires JLTV. NSM представляет собой модернизированную версию норвежской противокорабельной ракеты Penguin.

Дистанционно управляемые автомобили ROGUE-Fires максимально используют автоматизацию машин и технологии беспилотных систем, как только они отправятся на пляж вместе с морскими пехотинцами.

Пляжи вторжения — оживленные места, где морская пехота занимается в первую очередь отражением попыток противника отбросить их обратно в море, налаживанием связи и командных пунктов, размещением наземно-воздушной целевой РЛС (G/ATOR) Northrop Grumman для воздушных целей, обороны и снабжения пехоты морской пехоты боеприпасами, топливом, продовольствием и другими припасами.

Каждый раз, когда такая система, как автомобиль ROGUE-Fires, может работать в беспилотном режиме, освобождает морского пехотинца от управления транспортными средствами и помогает морскому пехотинцу брать на себя более важные обязанности. Чтобы сделать операции ROGUE-Fires и NMESIS еще более эффективными, один морской пехотинец может управлять несколькими беспилотными ракетными пусковыми установками, помогающими сдерживать вражеские корабли.

В версии ROGUE Fires JLTV отсутствуют кабина экипажа и кузов, она интегрирована с датчиками и камерами, а пусковая установка установлена наверху машины.

Специалисты Корпуса морской пехоты и компании Raytheon протестировали NMESIS у побережья Калифорнии в апреле 2021 года. Машина ROGUE Fires управляется дистанционно с использованием режимов телеоператора или лидера-ведомого. Он был построен для морской пехоты для поддержки противокорабельных операций с земли.

Использование беспилотных дистанционно управляемых аппаратов в качестве пусковых установок противокорабельных ракет может быть

только началом. По мере того, как эта концепция завоевывает доверие, несомненно, подобные системы будут быстро развиваться от драйверов до удаленного управления.

Существует множество возможностей для беспилотных транспортных средств на поле боя, начиная от логистики и снабжения боевых истребителей, заканчивая установкой и перемещением центра мобильной связи, дозаправкой боевых машин и подзарядкой аккумуляторов.

С такими беспилотными приложениями, как те, что боевые функции начнут полагаться на технологии машинной автоматизации для повышения эффективности на переднем крае поля боя, это всего лишь вопрос времени.

Будущие приложения также будут включать не только удаленное управление. Мы находимся на пороге новой эры, когда искусственный интеллект, машинное обучение и другие автономные технологии начинают занимать свое место рядом с бойцами в пылу битвы [9].

Военно-морской флот просит Raytheon построить ракеты с радиолокационным наведением ESSM для защиты кораблей от приближающихся самолетов и оружия.

30 ноября 2022 г.

ESSM представляет собой полуактивную самонаводящуюся ракету средней дальности, которая корректирует полет с помощью радара и каналов передачи данных на полпути для обеспечения самообороны корабля [10].



ВАШИНГТОН. Специалисты по ракетам Raytheon Technologies Corp. будут создавать корабельные ракеты нового поколения, способные противостоять широкому спектру авиационных и ракетных угроз с активным радиолокационным наведением, которые могут работать независимо от корабля-носителя, в соответствии с заказом на сумму 397,7 млн долларов, объявленным в понедельник [10].

Должностные лица Командования морских систем ВМС США в Вашингтоне запрашивают у сегмента ракет и обороны Raytheon в Тусоне, штат Аризона, сборки RIM-162 Evolved Seasparrow Missile (ESSM) Block 2, транспортные контейнеры и запасные части. Этот заказ реализует варианты шестилетнего контракта, который ВМС заключили с Raytheon в сентябре 2021 года, потенциально на сумму 1,3 миллиарда долларов.

Программа ESSM с радиолокационным наведением представляет собой международную совместную работу по проектированию, разработке, испытанию и закупке ракет ESSM для усиления защиты кораблей. ESSM Block 2 впервые был развернут в ВМС и союзных флотах в прошлом году. Это корабельная ракета самообороны с двухрежимной радиолокационной ГСН Х-диапазона, которая может поражать самолеты и ракеты противника на расстоянии более 25 миль. RIM расшифровывается как ракета радиолокационного перехвата.

По словам представителей Raytheon, по сравнению со своим предшественником ESSM Block 1, ESSM Block 2 обладает повышенной маневренностью и другими усовершенствованиями, которые позволяют этой ракете отражать будущие угрозы военно-морским силам США и союзников, действующим во враждебных условиях. Активная ГСН ESSM Block 2 будет поддерживать конечное поражение без радаров подсветки цели корабля-носителя.

Помимо ВМС США, зенитные ракеты ESSM Block 2 будут эксплуатировать правительства Австралии, Бельгии, Канады, Дании, Германии, Греции, Нидерландов, Норвегии, Португалии, Испании и Турции.

Корабельная оборона ESSM представляет собой полуактивную самонаводящуюся ракету средней дальности, которая корректирует полет с помощью радара и каналов передачи данных на полпути. Ракета обеспечивает надежную самооборону корабля от маневренных, высокоскоростных, мало-высотных противокорабельных крылатых ракет, низкоскоростных воздушных угроз, таких как вертолеты, и высокоскоростных, маневренных надводных угроз.

Ракета имеет длину 12 футов и имеет секции управления и ракетного двигателя диаметром 10 дюймов, которые соединяются с секцией наведения диаметром 8 дюймов с защищенной обтекателем антенной для полуактивного самонаведения и боеголовкой. Он имеет твердотопливный ракетный двигатель большой тяги и управление хвостовым оперением с помощью контроллера вектора тяги.

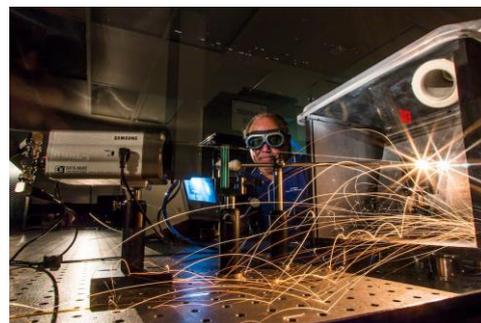
Первый серийный ESSM Block 1 был доставлен в конце 2002 г. и полностью эксплуатируется в США с 2004 г.

По этому заказу Raytheon выполнит работу в Тусоне, штат Аризона; Эдинбург, Австралия; Сан-Хосе, Уэстлейк-Виллидж и Торранс, Калифорния; Рауфосс, Норвегия; Миссиссога и Кембридж, Онтарио; Оттобрунн, Германия; Нашуа, Нью-Хэмпшир; Хенгело, Нидерланды; Коропи Аттика, Греция; Кантон, Нью-Йорк; Анкара Турция; Гренаа, Дания, и должен быть завершен к марту 2027 года [10].

ВВС ВЫБИРАЮТ ДЕЙТОНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ БОРТОВЫХ ДАТЧИКОВ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКОЙ И РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ (РЭБ)

1 декабря 2022 г.

Проект Proficient Research of Onboard Subsystems Technology (PROST) будет опираться на сенсорные технологии, разработанные на коммерческой и правительственной основе [11].



Авиабазы РАЙТ-ПАТТЕРСОН, Огайо. Исследователям ВВС США требовались электрооптические, гиперспектральные, радиочастотные и радиоэлектронные подсистемы (РЭБ) для бортового зондирования. Они нашли свое решение в Исследовательском институте Дейтонского университета в Дейтоне, штат Огайо [11].

Должностные лица Исследовательской лаборатории ВВС на базе ВВС Райт-Паттерсон, штат Огайо, выбрали Дейтонский университет для участия в проекте «Профессиональные исследования технологии бортовых подсистем» (PROST), в рамках которого будут использоваться датчики, разработанные на коммерческой и правительственной основе, в соответствии с условиями соглашения. Шестилетний контракт на 8 миллионов долларов.

Университет Дейтона будет проводить исследования и разработки бортовых сенсорных подсистем для объединения разнородных устройств, таких как центральные процессоры (ЦП), графические процессоры (ГП), программируемые вентильные матрицы (ПЛИС) и ускорители искусственного интеллекта (ИИ), с открытой архитектурой датчиков.

Исследования будут включать методы сжатия для нескольких типов датчиков, включая камеры видимого света, инфракрасные датчики, радары и радиочастотные помехи.

По словам представителей ВВС, исследователи будут тестировать и оценивать с помощью лабораторных и полевых испытаний, что приведет к характеристикам устройства и показателям производительности для сравнения с текущими возможностями.

Исследователи объясняют, что по мере того, как операционная среда становится все более напряженной и перегруженной, живучесть самолета зависит от способности быстро ощущать окружающую среду, обрабатывать данные на

периферии и реагировать на собранную информацию.

Между тем сенсорные технологии улучшились, чтобы собирать больше данных из окружающей среды, и у военных есть острая потребность в использовании этой дополнительной информации. Сжатие данных одинаково важно для передачи данных для дополнительной обработки и криминалистического анализа.

Исследователи ВВС просят Дейтонский университет разработать уникальные возможности обработки данных и сжатия данных для удовлетворения будущих и возникающих военных потребностей.

Дейтонский университет будет исследовать обработку бортовых датчиков с помощью всепогодного радара для постоянного наблюдения в разрешенных, оспариваемых и сильно оспариваемых средах с использованием активного, пассивного и распределенного зондирования для бортовых подсистем, сжатия данных и объединения бортовых датчиков.

Дейтонский университет также будет исследовать бортовые сенсоры с использованием сенсорной технологии во всем оптическом и инфракрасном диапазонах электромагнитного спектра. Исследователи также изучат обработку бортовых датчиков с использованием устойчивых, адаптивных многоспектральных технологий и методов ведения войны, чтобы обеспечить неограниченный доступ к воздушному пространству и электромагнитному спектру в сложных и перегруженных средах.

Исследования будут включать электрооптические средства противодействия и контрмеры, радиочастотную электронную поддержку, радиочастотную электронную атаку и радиочастотную электронную защиту, положение, навигацию и синхронизацию (PNT), обеспечение авионики, методы сжатия для бортовых подсистем и объединение бортовых датчиков.

Исследователи также изучат автономные методы разработки нейроморфных систем, вдохновленных биологией, для повышения производительности при одновременном снижении размера, веса и энергопотребления сенсорных подсистем и новых технологий искусственного интеллекта.

По этому контракту Дейтонский университет выполнит работы в Дейтоне, штат Огайо, и они должны быть завершены к январю 2028 года [11].

MERCURY СОЗДАСТ БЛОКИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ И ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ ВЫСОКОЙ ЧЕТКОСТИ ДЛЯ БОЕВОЙ АВИОНИКИ F/A-18E-F ВМФ

1 декабря 2022 г.

Mercury поставит блоки передачи данных, секретные последовательные кабели для модулей шифрования с передовыми технологиями и видеоматрицы высокой четкости [12].



PATUXENT RIVER NAS, Md. – Специалистам по авионике боевых самолетов ВМС США требовались защищенные блоки передачи данных для реактивных истребителей-бомбардировщиков F/A-18C-F. Они нашли свое решение в компании Mercury Mission Systems LLC в Торрансе, Калифорния [12].

Официальные лица командования авиационных систем ВМС на военно-морской авиабазе Патаксент-Ривер, штат Мэриленд, объявили во вторник о заказе Mercury на сумму 18,4 млн долларов на блоки передачи данных, видеоматрицы высокой четкости и другие аксессуары для авионики для F/A-18C-F. самолет.

Mercury Mission Systems (ранее Physical Optics Corp.) поставит 35 блоков передачи данных, 15 секретных последовательных кабелей для модулей шифрования с передовыми технологиями, 157 видеоматрицы высокой четкости и 72 устройства передачи данных видеоматрицы высокой четкости.

Это оборудование предназначено для модернизации самолетов F / A-18C-F в поддержку проекта многопротокольного регистратора данных с автоматическим реконфигурируемым аппаратным обеспечением обобщения интерфейса в реальном времени (ARRGH).

В конце сентября компания Mercury выиграла аналогичный контракт на сумму 35,7 млн долларов на поставку блоков передачи данных и регистраторов данных авионики в рамках проекта многопротокольного регистратора данных ARRGH.

По этому контракту Mercury поставит 104 устройства передачи данных 1553: 68 для модернизации самолетов F/A-18C-F и 36 для серийных самолетов EA-18G; и 144 видеорегистратора высокой четкости для дооснащения самолетов F/A-18C-F.

Компания Physical Optics, предшественница Mercury, разработала новый многопротокольный регистратор данных и систему хранения данных в рамках проекта ARRGH Multiprotocol Data Recorder. Mercury приобрела Physical Optics в конце 2020 года.

По словам официальных лиц ВМС, проект ARRGH первой фазы основан на интеграции гибридного оборудования для транскодирования, запоминающего устройства на основе RAID и интеллектуального эвристического программного обеспечения для транскодирования.

Эта 40-ваттная и 11-фунтовая конструкция обеспечивает плавную перемаршрутизацию и трансляцию входных сигналов на регистратор данных и обратно независимо от задействованных интерфейсов.

Защищенный от воздействия окружающей среды съемный блок памяти (RMU) с функцией plug-and-play обеспечивает быструю модернизацию для предотвращения морального устаревания за счет использования коммерческих твердотельных запоминающих устройств. Прототип включает в себя адаптеры оболочки для обеспечения совместимости форм-фактора с различными современными регистраторами данных, включая RM-6000f на F/A-18.

ARRGH обеспечивает 1 терабайт съемной памяти, устойчивую скорость записи 550 мегабит в секунду (2700 мегабит в секунду) и имеет встроенную функцию самотестирования.

На втором этапе проекта ARRGH был создан полнофункциональный прототип, прошедший наземные испытания, и прототип, готовый к летным испытаниям, а также определен план интеграции платформы и начата сертификация устройства.

По контракту на этой неделе Mercury выполнит работы в Торрансе, штат Калифорния, и должна быть завершена к марту 2025 года [12].

BOEING ПОСТРОИТ ДВА НОВЫХ САМОЛЕТА-ЗАПРАВЩИКА KC-46A И АВИОНИКУ ДЛЯ ЯПОНИИ ПО ЗАКАЗУ НА 398,2 МЛН ДОЛЛАРОВ.

2 декабря 2022 г.

KC-46A создан на базе широкофюзеляжного пассажирского самолета Boeing 767-200. Многоцелевой воздушный заправщик может заправлять военные самолеты США, союзников и коалиции [13].



Авиабаза РАЙТ-ПАТТЕРСОН, Огайо. Эксперты ВВС США по дозаправке в воздухе просят Boeing Co. построить два новых военно-заправочных и стратегических военно-транспортных самолета KC-46A Pegasus для Японии в соответствии с условиями заказа на сумму 398,2 миллиона долларов, объявленного во вторник.

Должностные лица Центра управления жизненным циклом ВВС на базе ВВС Райт-Паттерсон, штат Огайо, просят подразделение Boeing Defense, Space & Security в Туквиле, штат

Вашингтон, построить самолет KC-46A для японских вооруженных сил.

Самолет KC-46A создан на базе широкофюзеляжного пассажирского самолета Boeing 767-200. Многоцелевой воздушный заправщик может заправлять все военные самолеты США, союзников и коалиции, совместимые с международными процедурами дозаправки в воздухе. Помимо дозаправки других самолетов в воздухе, KC-46A также может перевозить пассажиров, грузы и пациентов.

По словам представителей Boeing, самолет KC-46A может обнаруживать, избегать, отражать и преодолевать угрозы, используя несколько уровней электронной защиты, которые позволяют ему безопасно работать в условиях средней опасности.

Honeywell Aerospace, Northrop Grumman Corp. и Raytheon Technologies Corp. входят в число компаний, поставляющих подсистемы и компоненты авионики для KC-46A.

Honeywell Aerospace в Кун-Рэпидс, штат Миннесота, поставляет инерциальную навигационную систему с воздушными данными для KC-46A, а предприятие компании в Фениксе поставляет вспомогательную силовую установку. Предприятие Honeywell Aerospace в Тусоне, штат Аризона, поставляет систему контроля давления в кабине KC-46A, а предприятие компании в Урбане, штат Огайо, обеспечивает систему освещения танкера.

Сегмент электронных систем Northrop Grumman в Роллинг-Медоуз, штат Иллинойс, обеспечивает KC-46A инфракрасным противодействием крупным самолетам (LAIRCM), а сегмент Raytheon Intelligence & Space в Эль-Сегундо, Калифорния, обеспечивает цифровой радиолокационный приемник предупреждения танкера и цифровую систему противодействия. -глушение приемника глобальной системы позиционирования (GPS).

Сегмент Raytheon Collins Aerospace в Сидар-Рэпидс, штат Айова, поставляет интегрированную систему отображения KC-46A с жидкокристаллическими дисплеями с диагональю 15,1 дюйма, которые основаны на комплекте авионики для пассажирского самолета Boeing 787 Dreamliner.

Collins Aerospace также поставляет для KC-46A систему тактической ситуационной осведомленности, систему дистанционного видения 3-D и 2-D для оператора стрелы, систему связи, навигации, наблюдения (CNI), сетевые системы и системы управления полетом.

Партнерство DRS Technologies Inc. Laurel Technologies в Джонстауне, штат Пенсильвания, предоставляет станцию оператора дозаправки KC-46A в воздухе (AROS). Предприятие Eaton Aerospace в Гранд-Рэпидс, штат Мичиган, поставляет электромеханические и грузовые дверные системы танкера.

Тем временем Woodward Inc. в Скоки, штат Иллинойс, поставляет сенсорную систему, блок управления, а также телескопические ручки и

ручки управления полетом для заправочной штанги KC-46A в воздухе.

Объекты GE Aviation Systems в Гранд-Рапидсе, штат Мичиган, и Клируотер, штат Флорида, обеспечивают бортовое радиоэлектронное оборудование системы управления полетом KC-46A, которое обеспечивает интегрированное управление связью для поддержки канала передачи данных управления воздушным движением и позволяет самолету выполнять навигационные действия с точностью, не в настоящее время имеется в распоряжении танкерного флота.

GE Aviation также предоставляет систему управления полетом (FMS) KC-46A, которая помогает самолету выполнять относительно короткие траектории полета и снижаться на холостом ходу, чтобы снизить расход топлива, а также снизить выбросы и шум двигателя.

Япония формирует новую эскадрилью для своих KC-46A на авиабазе Михо, которая будет работать с существующим парком заправщиков страны, состоящим из четырех KC-767 и двух танкеров KC-130H. Новые заправщики помогут заправить японский парк ударных истребителей Lockheed Martin F-35A и F-35B, реактивных истребителей Mitsubishi F-15 и F-2 и конвертопланов Bell-Boeing MV-22 Osprey.

По этому заказу Boeing выполнит работы в Эверетте, штат Вашингтон, и они должны быть завершены к июню 2025 года [13].

ЛОСКНЕЕД МАРТИН ПОЛУЧАЕТ СРОЧНЫЙ ЗАКАЗ НА ПУСКОВЫЕ УСТАНОВКИ ВЫСОКОТОЧНЫХ БОЕПРИПАСОВ HIMARS ПО СДЕЛКЕ НА 430,9 МЛН ДОЛЛАРОВ.

5 декабря 2022 г.

Пусковые установки будут запускать будущие армейские ракеты Precision Strike Missile (PrSM) большой дальности — всепогодные высокоточные управляемые ракеты класса «земля-земля» [14].



РЕДСТОУНСКИЙ АРСЕНАЛ, Алабама. Разработчики тактических ракет корпорации Lockheed Martin Corp. будут создавать пусковые установки для ракет класса «земля-земля» следующего поколения, предназначенных для уничтожения целей противника на расстоянии до 300 миль. в соответствии с условиями трехлетнего заказа на сумму 430,9 миллиона долларов, объявленного в четверг [14].

Должностные лица армейского контрактного командования в Арсенале Редстоун, штат Алабама, обращаются к подразделению Lockheed Martin Missiles and Fire Control в Гранд-Прери, штат Техас, с просьбой о полномасштабном производстве высокомобильных артиллерийских ракетных систем M142 (HIMARS) и поддержке.

Эти пусковые установки будут запускать будущие армейские высокоточные ударные ракеты большой дальности (PrSM) — всепогодные высокоточные управляемые ракеты класса «земля-земля», запускаемые из реактивной системы залпового огня M270A1 (MLRS) и M142 HIMARS. PrSM должен поступить на вооружение в 2023 году.

Этот приказ призван удовлетворить острую потребность в поддержке армии и союзников США, говорят представители армии.

Многорезимная ГСН PrSM наводится на радар или радиоизлучение вражеской цели, чтобы придать оружию пассивную скрытность. Он также использует инфракрасный датчик изображения для управления терминалом, а также получает указания от глобальной системы позиционирования (GPS) и датчиков инерциальных измерений.

Высокоточные боеприпасы PrSM должны заменить нечувствительные и кассетные версии армейского тактического ракетного комплекса MGM-140 (ATACMS). Он предоставит подразделениям полевой артиллерии армии и корпуса морской пехоты США возможность нанесения ударов с большой дальности и с большой глубины. PrSM будет уничтожать, нейтрализовать или подавлять цели на расстоянии от 43 до 250 миль, используя прицельный огонь с закрытых позиций.

Базовая ракета сможет поражать самые разные цели на дальности до 310 миль. Он подчеркнет неточно расположенные площадные и точечные цели. Основное внимание в последующих обновлениях будет уделяться увеличению дальности, летальности и способности атаковать чувствительные ко времени, движущиеся, защищенные и минометные цели.

К 2025 году армия сможет использовать PrSM большой дальности для атаки и уничтожения движущихся кораблей противника, действующих в открытом море на расстоянии до 310 миль. В то время как это оружие в основном предназначено для применения в классах «земля-земля» для использования против средств ПВО противника, войсковых укреплений и колонн бронетехники, PrSM конфигурируется с усовершенствованной многорезимной ГСН, включая удары с моря.

Новая головка самонаведения завершила испытание на переноску, в ходе которого она летела на борту самолета против репрезентативных целей в рамках подготовки к дальнейшим испытаниям и окончательному развертыванию.

По этому заказу Локхид Мартин выполнит работы в Браунсборо, Алабама; Камден, Арканзас; Бока-Ратон, Клируотер и Палм-Бей, штат Флорида; Уиппани, Нью-Джерси; Арчбальд и Йорк, Пенсильвания; и Даллас, и Гранд-Прери, штат

Техас, и должны быть завершены к декабрю 2025 года [14].

АРМЕЙСКИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ ИЗУЧАЮТ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ В ПОИСКАХ КОМПАНИЙ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ НЕБОЛЬШИХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ.

5 декабря 2022 г.

БПЛА будут иметь летальное и нелетальное вооружение и будут использоваться в подразделениях от боевой группы бригады численностью 4413 человек до пехотного отделения численностью 10 человек [15].



ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТРЕУГОЛЬНЫЙ ПАРК, Северная Каролина. Эксперты по боевым действиям армии США обращаются к промышленности, чтобы найти компании, заинтересованные в разработке смертоносного и нелетального оружия для развертывания на небольших беспилотных летательных аппаратах (БПЛА) [15].

Должностные лица командования армейских контрактов в Research Triangle Park, Северная Каролина, в среду выпустили запрос на информацию (W911NF-23-AAL-04) для проекта Loitering Munitions, который направлен на разработку БПЛА, вооруженных оружием, которое может носить и выпустить. возможности.

Эти беспилотные летательные аппараты будут иметь возможность нанесения как летального, так и нелетального действия и будут использоваться для сил, начиная от боевой группы бригады из 4413 солдат и заканчивая пехотным отделением из 10 солдат.

Армейское командование по контрактам выпустило этот запрос на информацию от имени Армейской прикладной лаборатории армейского командования будущего в Остине, штат Техас. Смертельное оружие может включать в себя бомбы и пули, в то время как нелетальное оружие может включать яркий свет, громкие звуки или мало-мощное микроволновое оружие.

Вдохновленная российско-украинской войной, Лаборатория армейского командования будущего исследует использование беспилотных систем во все более низких эшелонах армейского командования для вооруженных ударов, а также для сбора разведывательных данных и рекогносцировки.

Армия анализирует рынок барражирующих боеприпасов, чтобы определить технологи-

кандидаты для этих приложений, которые будут в первую очередь для небольших подразделений. Наиболее вероятные подрядчики, которые будут задействованы в этом проекте, — малые предприятия с числом сотрудников менее 1000 человек [15].

ТРЕБУЕТСЯ: БЕСПИЛОТНЫЙ X-САМОЛЕТ ДЛЯ РАБОТЫ С НЕБОЛЬШИХ НАДВОДНЫХ КОРАБЛЕЙ ДЛЯ СВЯЗИ, РАЗВЕДКИ И НАБЛЮДЕНИЯ

6 декабря 2022 г.

Цели — запуск и восстановление; увеличенная выносливость и дальность действия; высокое соотношение тактической полезной нагрузки и веса; надежное управление полетом; и автономная навигация [16].



АРЛИНГТОН, Вирджиния. — Американские военные исследователи просят промышленность разработать и продемонстрировать усовершенствованный беспилотный X-самолет для длительного полета, вертикального взлета и посадки (СВВП) с кабины экипажа небольшого корабля и в суровых местах на суше в плохую погоду и с разреженной инфраструктурой [16].

Официальные лица Агентства перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA) в Арлингтоне, штат Вирджиния, на прошлой неделе опубликовали заявку (DARPA-PS-23-03) на проект запуска и восстановления усовершенствованных летательных аппаратов без инфраструктуры (вспомогательный).

Основными целями вспомогательной программы являются запуск и восстановление без инфраструктуры; увеличенная выносливость и дальность действия; высокое соотношение полезной нагрузки и веса в тактическом масштабе; и надежное управление полетом и относительная навигация.

Вспомогательные подрядчики сосредоточатся на трех технических областях: расширенные конфигурации вертикального взлета и посадки; силовая и двигательная архитектура; а также управления и автоматика.

Исследователи DARPA ожидают, что подрядчики сначала разработают прототип беспилотного X-самолета с полной взлетной массой менее 250 фунтов, а в конечном итоге с полной взлетной массой менее 330 фунтов.

Эти беспилотные X-самолеты будут функционировать как ретрансляторы связи, резервные датчики, мульти-разведывательные, разведывательные и разведывательные самолеты. Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) X-lane будет

иметь новый вид силовой установки с высоким соотношением тяги к массе и низким расходом топлива.

Ожидается, что на начальных этапах исполнители изучат несколько силовых и двигательных конструкций, которые могут включать гибридные электрические силовые установки, двигатели внутреннего сгорания или небольшие турбины, использующие тяжелое топливо. Особо исключены бензин и топливо на основе водорода.

Другие технологические направления проекта будут включать в себя генераторы тяги, источники энергии, хранение и распределение энергии, автоматическую посадку на палубу корабля, относительную навигацию на основе оптики, усовершенствованные исполнительные органы управления и управление полетом прямо к оси.

По словам исследователей DARPA, использование управления по всем осям обеспечит точное положение, скорость и позу, необходимые для автоматического восстановления борта корабля. Автоматический запуск и восстановление являются ключевыми направлениями исследований. ANCILLARY — это трехэтапная программа, рассчитанная на четыре года, включая концептуальный дизайн и демонстрацию полета в море. Фаза 1a включает в себя концептуальное проектирование, фаза 1b — от предварительного проектирования до предварительной проверки проекта, а фаза 2a — детальное проектирование [16].

DRAPER LAB РАЗРАБАТЫВАЕТ НОВОЕ ПОКОЛЕНИЕ СИСТЕМ НАВЕДЕНИЯ ДЛЯ БАЛЛИСТИЧЕСКИХ РАКЕТ TRIDENT II ДЛЯ ПОДВОДНЫХ ЛОДОК

6 декабря 2022 г.

Trident II D5 — это основная ядерная баллистическая ракета морского базирования США, которая размещается на борту подводных лодок с баллистическими ракетами класса «Огайо» ВМС США [17].



ВАШИНГТОН. Эксперты по ракетной навигации из Лаборатории Чарльза Старка Дрейпера в Кембридже, штат Массачусетс, будут обслуживать

и обслуживать инерциальную систему наведения для ядерных ракет Trident II (D5), запускаемых с подводных лодок ВМС США, в соответствии с объявленным в четверг заказом на сумму 202,5 миллиона долларов [17].

Должностные лица Программы стратегических систем ВМС в Вашингтоне просят Draper Lab предоставить технические и инженерные услуги для обслуживания и поддержки баллистической ракеты подводных лодок Trident II МК 6, а также исследовать новые подходы к проектированию второго продления срока службы Trident ВМФ. II (D5) ядерная ракета.

Ученые Draper Lab также изучат альтернативные технологии стратегического наведения, навигации и управления для будущих баллистических ракет подводных лодок, поддержат интеграцию ракеты Trident II на борту атомных ракетных подводных лодок следующего поколения для ВМС США и Королевского флота Великобритании, включая поддержку для подсистемы входа в атмосферу и разработки гиперзвуковой ракеты обычного оперативного удара.

Draper Lab уже обеспечивает анализ конструкции, тестирование, закупку и производство сборок печатных плат, интерферометрических волоконно-оптических гироскопов и акселерометров для модернизации систем наведения ракет Trident II.

Компания курировала модернизацию инерциальных измерительных блоков баллистических ракет Trident, электронных блоков, электронных модулей и компонентов системы наведения. Эти обновления являются частью программы изменения стратегических систем ракеты (SPALT) систем наведения МК6 MOD I.

Draper Lab также разрабатывает новую систему наведения для ракеты Trident II, чтобы система ядерного оружия работала как минимум до 2042 года. Компания заменяет инерциальные измерительные блоки, электронные блоки, электронные модули и критически важное программное обеспечение для полетов и бортовых испытаний. для подводного флота Trident .

Эти новые модернизированные системы должны вписаться в пространство внутри ракеты, используемой предыдущей системой, и инженеры Draper модифицировали радиационно-стойкие технологии, чтобы выдерживать суровые условия применения стратегических ракет.

Draper использует модульный подход к проектированию, который позволяет одновременно разрабатывать несколько решений для компонентов с повышенным риском, таких как гироскопы. Инженеры Draper адаптировали коммерческие технологии, такие как оптоволокно, для гироскопов и магниторезистивной памяти.

Сегмент Lockheed Martin Space Systems в Титусвилле, штат Флорида, объединяет ядерную баллистическую ракету Trident II D5 для подводных лодок, которая является одной из самых передовых ядерных ракет большой дальности для

подводных лодок в мире. Это основная ядерная баллистическая ракета морского базирования США, которая размещается на борту подводных лодок с баллистическими ракетами класса «Огайо» ВМС США.

В ВМС США имеется 14 таких подводных лодок с баллистическими ракетами, каждая из которых может нести до 24 ракет Trident II. Хотя Trident II спроектирован так, чтобы нести до 12 разделяющихся головных частей индивидуального наведения (РГЧ), действующие договоры сокращают это количество до четырех или пяти.

Каждая ракета Trident II имеет дальность от 4000 до 7000 миль, а ее подсистема наведения использует комбинацию инерциальной и астрономической навигации. Trident II D5 был впервые развернут в 1990 году и должен оставаться на вооружении как минимум до 2027 года.

В 2002 году ВМС запустили программу продления срока службы D5 для замены устаревших компонентов с использованием как можно большего количества готовых коммерческих деталей (COTS), чтобы снизить затраты и повысить возможности ракеты. Draper Lab отвечает за модернизацию системы наведения Trident II и работает над этим проектом с 2005 года.

На практике инерциальная измерительная система ракеты Trident II получает данные о наведении от бортовых компьютеров подводной лодки. Затем инерциальный измерительный блок передает сигналы на компьютер управления полетом D5 и преобразует их в команды управления, чтобы удерживать баллистическую ракету на цели.

Система управления ракетой после разгона маневрирует ракетой в полете, чтобы наблюдать за звездами для подсистемы астрономической навигации ракеты, которая обновляет инерциальную систему в полете.

Lockheed Martin также интегрирует Trident II в проекты баллистических подводных лодок следующего поколения США и Великобритании, адаптируя ракету Trident II и подсистему входа в атмосферу в общий ракетный отсек для будущей ракетной подводной лодки класса Columbia и ракеты класса Dreadnought Соединенного Королевства.

Подводная лодка с баллистическими ракетами класса «Колумбия» предназначена для замены флота подводных лодок класса «Огайо». Тем временем будущая подводная лодка Соединенного Королевства Dreadnought заменит флот Королевских ВМС подводных лодок с баллистическими ракетами класса Vanguard.

В настоящее время ВМС США эксплуатируют 18 подводных лодок класса «Огайо», 14 из которых несут ядерные ракеты «Трайдент». Четыре подлодки типа «Огайо» были модифицированы для размещения крылатых ракет большой дальности с обычным вооружением.

Подводная лодка класса «Огайо» находится в эксплуатации с 1981 года, и этот класс планируется

вывести из эксплуатации и заменить, начиная с 2029 года. Подводная лодка с баллистическими ракетами класса «Авангард» Соединенного Королевства находится в море с 1993 года [17].

LOCKHEED MARTIN РАЗРАБАТЫВАЕТ СИСТЕМУ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ (РЭБ) НА БОРТУ ВЕРТОЛЕТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ОТ ПРОТИВОКОРАБЕЛЬНЫХ РАКЕТ

7 декабря 2022 г.

АОЕВ обеспечит радиоэлектронное противодействие существующим и будущим противокорабельным ракетам корабельных морских вертолетов MH-60R и MH-60S [18].



ЛИВЕРПУЛЬ, Нью-Йорк. Эксперты по надводным боевым действиям и противоракетной обороне ВМС США обращаются к корпорации Lockheed Martin за помощью в создании и развертывании вертолетных систем радиоэлектронной борьбы большой дальности (РЭБ) для защиты надводных кораблей ВМС от существующих и будущих передовых противокорабельных ракет [18].

На прошлой неделе официальные лица Командования морских систем ВМС в Вашингтоне объявили о заказе на сумму 14,8 млн долларов для сегмента Lockheed Martin Rotary and Mission Systems в Ливерпуле, штат Нью-Йорк, на системную инженерию для AN/ALQ-248 Advanced Off-Board Electronic Warfare (AOEW) Active. Система Mission Payload (AMP) для корабельных морских вертолетов MH-60R и MH-60S. Lockheed Martin поставит два контейнера AOEW AN/ALQ-249 с запчастями и поддержкой.

АОЕВ обеспечит долговременное внебортовое радиоэлектронное противодействие существующим и будущим противокорабельным ракетам с активной полезной нагрузкой РЭБ длительного действия для корабельных морских вертолетов MH-60R и MH-60S.

АОЕВ AMP AN/ALQ-248 может работать независимо или вместе с корабельным бортовым блоком 2 Программы улучшения радиоэлектронной борьбы (SEWIP) AN/SLQ-32(V)6 для обнаружения приближающейся ракеты и последующей оценки ее направления, Lockheed. Об этом говорят официальные лица Мартина. Затем АОЕВ использует методы радиочастотного противодействия для сдерживания ракеты.

Одной из целей программы АОЕВ является обнаружение и противодействие угрозам для обеспечения корпоративной радиоэлектронной

борьбы для защиты военно-морского флота. Lockheed Martin выиграла отраслевой конкурс на разработку и создание системы АОEW в начале 2016 года.

В октябре 2021 года Lockheed Martin выиграла заказ на сумму 17,8 миллиона долларов на создание низкопроизводительных начальных производственных единиц системы АОEW AMP. Компании было предложено поставить два контейнера АОEW AN/ALQ-249 с запчастями и поддержкой.

Эксперты говорят, что хотя первоначальные прототипы АОEW будут устанавливаться на вертолеты MH-60R и MH-60S, будущие развертываемые версии могут быть предназначены для дальних и продолжительных полетов с неподвижным крылом или вертолетных беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

Lockheed Martin разработает модульную архитектуру открытых систем (MOSA), которая позволит полезной нагрузке EW адаптироваться к меняющимся угрозам, ускорить развертывание, сократить время и затраты на разработку, а также облегчить будущие обновления системы и внедрение технологий.

Программа АОEW опирается на опыт корпорации Lockheed Martin. На заводе Lockheed Martin в Овего, штат Нью-Йорк, система будет интегрирована в вертолеты MH-60, которые производятся Sikorsky, компанией Lockheed Martin в Стратфорде, штат Коннектикут.

По этому заказу Lockheed Martin выполнит работы в Сиракузах, штат Нью-Йорк, и должна быть завершена к ноябрю 2023 года [18].

ВМФ ЗАКАЗЫВАЕТ 38 ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ И ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ eCASS ДЛЯ УСТРАНЕНИЯ НЕПОЛАДОК И РЕМОНТА АВИОНИКИ ВОЕННО-МОРСКИХ САМОЛЕТОВ

12 декабря 2022 г.

Оборудование eCASS предназначено для помощи морякам и морским пехотинцам в устранении неполадок и ремонте узлов самолета, а также в быстром восстановлении авионики в рабочем состоянии [19].



ЛЕЙКХЕРСТ, Нью-Джерси. Эксперты по испытаниям и измерениям корпорации Lockheed Martin предоставят 38 усовершенствованных приборов для испытаний боевой авионики eCASS в соответствии с объявленным в четверг заказом на сумму 97 миллионов долларов [19].

Должностные лица авиационного подразделения Центра ВВС ВМС в Лейкхерсте, штат Нью-Джерси, просят инженеров подразделения Lockheed Martin Rotary and Mission Systems в Орландо, штат Флорида, построить 38 электронных консолидированных автоматизированных систем поддержки (eCASS).

Оборудование eCASS предназначено для помощи морякам и морским пехотинцам в устранении неполадок и ремонте узлов самолета, а также в быстром восстановлении авионики в рабочем состоянии. Испытательно-измерительные комплексы предназначены для авианосцев, десантных кораблей или авиационных наземных баз.

Этот контракт также предусматривает один комплект программы эксплуатационных испытаний для самостоятельного обслуживания и испытаний / калибровки, один комплект / комплект калибровочного оборудования, 40 комплектов стоек, 23 комплекта для береговой установки и 28 комплектов для корабельной установки в поддержку ремонта авионики и систем вооружения.

Испытательное оборудование eCASS заменяет унаследованное военно-морским флотом испытательное оборудование CASS, первоначально введенное в эксплуатацию в начале 1990-х годов. CASS — это стандартное семейство автоматического испытательного оборудования ВМФ, поддерживающее электронику военно-морских самолетов.

Первая станция eCASS поступила в ВМФ в феврале 2014 года для поддержки всех самолетов ВМФ, включая новые системы вооружения, такие как объединенный ударный истребитель F-35 Lightning II. В январе 2014 года Lockheed Martin выиграла контракт на начальное производство (LRIP) на сумму 103 миллиона долларов на первые 36 испытательных и измерительных станций eCASS.

По словам представителей Lockheed Martin, станция eCASS является рабочей лошадкой для ремонта авионики на предприятии морской авиации. Испытательное снаряжение помогает специалистам по техническому обслуживанию самолетов быстро и эффективно возвращать оборудование в состояние готовности. Совместимость с устаревшими станциями CASS сохраняет инвестиции ВМФ в более чем 550 наборов программ испытаний, поддерживающих 750 компонентов авионики.

Системы eCASS помогают тестировать авионику и системы вооружения для прыжкового самолета AV-8B Harrier; Бортовой доставщик C-2 Greyhound; Самолет радиолокационного наблюдения E-2D Advanced Hawkeye; самолеты радиоэлектронной борьбы EA-6B Prowler и EA-18G Growler; реактивные истребители-бомбардировщики F/A-18A/B/C/D/E/F; вертолеты H-60R/S; Учебно-тренировочный самолет T-45 «Ястреб-тетеревятник»; и конвертоплан B-22.

Архитектура eCASS основана на коммерческой автоматизированной системе тестирования

Lockheed Martin LM-STAR, которая предназначена для облегчения внедрения технологий и обеспечения долгосрочной поддержки.

По словам представителей Lockheed Martin, LM-STAR служит краеугольным камнем плана гармонизации F-35 Lightning II, который помогает нескольким различным производителям авионики разработать тесты, которые помогут электронике перейти с заводских цехов на склады технического обслуживания.

По этому контракту Lockheed Martin выполнит работы в Орландо, штат Флорида, и должна быть завершена к декабрю 2025 года [19].

ВВС ПРОСЯТ NORTHROP GRUMMAN ПОСТАВИТЬ 42 РАДИОЛОКАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ AESA ДЛЯ ИСТРЕБИТЕЛЕЙ F-16 ПО ЗАКАЗУ НА 99,4 МИЛЛИОНА ДОЛЛАРОВ.

15 декабря 2022 г.

Масштабируемый радар с подвижным лучом (SABR) для управления огнем APG-83 AESA интегрируется в конструкционную, силовую и охлаждающую конструкции F-16 [20].



Авиабазы РАЙТ-ПАТТЕРСОН, Огайо – Эксперты ВВС США по воздушной войне заказывают дополнительный современный радар с активной фазированной антенной решеткой (АФАР) для реактивных истребителей F-16 по условиям заказа на сумму 99,4 миллиона долларов в прошлом месяце [20].

Должностные лица Центра управления жизненным циклом ВВС, Управление истребителей-бомбардировщиков, Подразделение F-16, на базе ВВС Райт-Паттерсон, штат Огайо, запрашивают у сегмента систем управления полетами Northrop Grumman Corp. в Линтикум-Хайтс, штат Мэриленд, 42 серийных радара и запчасти.

Масштабируемый радар с подвижным лучом (SABR) APG-83 AESA интегрируется в конструктивные, энергетические и охлаждающие ограничения F-16 без модификации самолета группы А, говорят представители Northrop Grumman. Компания использует технологии, разработанные для радиолокационных систем APG-77 и APG-81 на боевых самолетах США F-22 и F-35.

На конкурсе 2013 года компания Lockheed Martin Corp., производитель F-16, выбрала APG-83 в качестве радиолокационной радиоэлектронной

аппаратуры AESA для программ модернизации и обновления F-16 ВВС США и Тайваня.

Полоса пропускания, скорость и маневренность радаров с АФАР позволяют устаревшим истребителям, таким как F-16, быстро и на больших расстояниях обнаруживать, отслеживать и идентифицировать множество целей, а также действовать во враждебных условиях радиоэлектронной борьбы (РЭБ).

Northrop Grumman строит радиолокационные системы APG-83 для глобальной модернизации F-16 и производства новых самолетов, а также для Национальной гвардии ВВС США. По словам представителей компании, Northrop Grumman также установила серийный APG-83 SABR на реактивные истребители F/A-18C Hornet Корпуса морской пехоты США.

По этому заказу Northrop Grumman выполнит работы в Линтикум-Хайтс, штат Мэриленд, и должна быть завершена к июлю 2025 года [20].

ВОЕННО-МОРСКОЙ ФЛОТ ПРОСИТ LOCKHEED MARTIN РАЗРАБОТАТЬ ПРОГРАММУ СНИЖЕНИЯ МОРАЛЬНОГО ИЗНОСА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ БОЕВЫХ САМОЛЕТОВ F-35

15 декабря 2022 г.

DMS относится к устареванию электронных компонентов, таких как компьютерные процессоры, ПЛИС, блоки питания и микросхемы интерфейса шины данных [21].



PATUXENT RIVER NAS, Md. – Эксперты по боевым самолетам ВМС США просят Lockheed Martin Corp. разработать программу по смягчению последствий морального устаревания электронных компонентов в течение всего срока службы боевых самолетов F-35 национального флота [21].

Должностные лица Командования военно-воздушных систем – агента по закупке всех американских самолетов F-35 – в прошлом месяце объявили о заказе на 25 миллионов долларов для сегмента Lockheed Martin Aeronautics в Форт-Уэрте, штат Техас, для обеспечения управления уменьшающимися производственными источниками (DMS) для F-35. Lockheed Martin является основным разработчиком и производителем F-35.

DMS относится к устареванию электронных компонентов, таких как компьютерные процессоры, программируемые вентильные матрицы (FPGA), источники питания и микросхемы интерфейса шины данных. Эти компоненты устаревают намного быстрее, чем системы вооружения, такие как F-35, поэтому военным

приходится планировать поставку интегрированных современных деталей, поскольку устаревшие детали, требующие замены, становятся труднодоступными.

Этот приказ требует от Lockheed Martin рассмотреть и выявить фактические и потенциальные проблемы DMS с компонентами, деталями, материалами, узлами, узлами и элементами программного обеспечения, а также рекомендовать решения для смягчения проблем при поддержке самолета F-35.

Совместный ударный истребитель Lockheed Martin F-35 разрабатывался более 27 лет несмотря на то, что этот самолет является одним из новейших боевых самолетов в мире. Теперь учтите, что средний срок службы запасных частей коммерческой электроники составляет три года или меньше.

Самый простой способ справиться с электронными компонентами DMS — это покупать их на всю жизнь, т. е. скупать каждую деталь, которая есть в наличии у производителей, прежде чем они полностью прекратят производство. Даже сделав покупки на всю жизнь, системные интеграторы иногда в конечном итоге вынуждены полагаться на производителей запасных частей, брокеров по запчастям или на так называемый «серый рынок», чтобы иметь под рукой запасные электронные детали.

Обеспечение доступности устаревших деталей для военных платформ, таких как F-35, которые должны оставаться в отличном состоянии в течение многих десятилетий, может занять много времени и средств.

Без такого запаса запасных электронных частей системным интеграторам, таким как Lockheed Martin, пришлось бы перепроектировать электронные подсистемы с использованием электронных компонентов последнего поколения. Как бы привлекательно это ни звучало, это даже дороже и требует больше времени, чем хранение устаревших запасных электронных частей под рукой.

Модернизация сложной электронной подсистемы занимает много времени, и еще больше времени уходит на сертификацию безопасности и производительности. Скорее всего, эти четвертьмиллиардные инвестиции ВМФ в запасные части для F-35 в конечном итоге окажутся выгодной сделкой.

По этому заказу Lockheed Martin выполнит работы в Форт-Уэрте, штат Техас, и должна быть завершена к июлю 2023 года [21].

DARPA ПРОИНФОРМИРУЕТ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ О ПРОГРАММЕ КАНКУНА ПО ИЗУЧЕНИЮ ИОНОСФЕРЫ И ПОВЫШЕНИЮ СИТУАЦИОННОЙ ОСВЕДОМЛЕННОСТИ О КВ-РАДИО

19 декабря 2022 г.

Канкун стремится создать распределенные узлы для измерения КВ-радиоволн для улучшения

ситуационной осведомленности боевых истребителей и обеспечения развертывания на больших территориях [22].



АРЛИНГТОН, Вирджиния. В следующем месяце американские военные исследователи проинформируют промышленность о предстоящем проекте по измерению высокочастотных (ВЧ) радиоволн для улучшения ситуационной осведомленности военных истребителей в радиочастотном спектре [22].

Должностные лица Агентства перспективных оборонных исследовательских проектов США (DARPA) в Арлингтоне, штат Вирджиния, подробно расскажут о программе Канкуна для промышленности с 9:00 до 17:00 по восточному времени 5 января 2023 года в конференц-центре DARPA, 675 N. Randolph St., в Арлингтоне, штат Вирджиния.

Канкунская программа направлена на создание распределенных узлов для измерения КВ-радиоволн для улучшения ситуационной осведомленности боевых истребителей. Небольшой размер, вес, мощность и стоимость (SWaP-C) этих узлов обеспечат экономичное широкомасштабное развертывание.

Канкунские узлы будут измерять состояние ионосферы с помощью функции зондирования, а также записывать и ретранслировать участки КВ-радиодиапазона для анализа.

Основной задачей в Канкуне является координация многих канкунских подразделений, развернутых на расстоянии более 620 миль. Канкун предоставит сеть управления и контроля (C2) и инструменты планирования для решения этой задачи.

Аппаратное решение C2 может включать существующую проводную или беспроводную инфраструктуру. Задержка связи будет важным параметром для этой сети. Инструмент планирования миссии будет разработан с участием истребителей для оптимизации функциональности.

Технологии, разработанные в рамках Канкунской программы, перейдут к военным службам США.

Отраслевые брифинги по Канкунской программе будут способствовать созданию групп между исследователями, предоставлять информацию о том, следует ли и как отвечать на запросы правительства об исследованиях, а также повышать эффективность подготовки предложений [22].

ВОЕННО-МОРСКОЙ ФЛОТ ВЫБИРАЕТ ВОСЕМЬ КОМПАНИЙ ДЛЯ КОНТРАКТА НА БОРТОВЫЕ КОМПЬЮТЕРЫ И СЕТЕВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ СТОИМОСТЬЮ 4,1 МИЛЛИАРДА ДОЛЛАРОВ; МОЖНО ОЖИДАТЬ ПРОТЕСТОВ

19 декабря 2022 г.

Крупный контракт включает в себя компьютеры, средства связи, сетевое оборудование и программное обеспечение для Consolidated Afloat Networks and Enterprise Services (CANES) [23].



САН-ДИЕГО. Эксперты по бортовой электронике ВМС США выбирают восемь компаний, которые в течение следующего десятилетия разделят до 4,1 миллиарда долларов на компьютеры и сетевое оборудование для кибервойны на борту надводных кораблей и подводных лодок ВМС [23].

Должностные лица Командования военно-морских информационных систем (NAVWAR) в Сан-Диего объявили о заключении контракта на сумму 4,1 миллиарда долларов на компьютерное оборудование, программное обеспечение, запасные части, техническое обслуживание и лабораторное оборудование Consolidated Afloat Networks and Enterprise Services (CANES).

Выбраны компании:

[BAE Systems Technology Solutions & Services](#)

[Inc.](#) в Роквилле, штат Мэриленд;

[Leonardo DRS Naval Electronics](#) в Джонстауне, Пенсильвания;

[Глобальные технические системы](#) в Вирджиния-Бич, Вирджиния;

[L3Harris Technologies C5 Integrated Systems](#) в Камдене, Нью-Джерси;

[Лейдос](#) в Рестоне, Вирджиния;

[Ператон](#) в Херндоне, Вирджиния;

[Серко](#) в Херндоне, Вирджиния; и

[VTG Milcom](#) в Вирджиния-Бич, штат Вирджиния.

Эти компании будут конкурировать за заказы на производственные единицы CANES в течение следующих 10 лет; программного обеспечения; обновления программного обеспечения; обслуживание программного обеспечения; запасные части и системные компоненты; и лабораторное оборудование.

CANES объединит и заменит существующие плавучие сети и сетевую инфраструктуру для приложений, систем и сервисов для тактической кибервойны.

CANES модернизирует системы кибербезопасности, командования и управления, связи и разведки на плавучую и заменит недоступные и устаревшие сети.

Основные цели программы CANES — обеспечить безопасную плавучую сеть для военно-морских и совместных операций; консолидировать сети на плавучую с помощью общей вычислительной системы; развитые междоменные компьютерные технологии; уменьшить размер, требования к обучению и логистику для корабельной сети; и повысить надежность, безопасность, совместимость и размещение приложений.

CANES служит мостом к будущему плавучих сетей ВМФ, объединяя существующие устаревшие и автономные сети, обеспечивая инфраструктуру для тактических приложений, систем и услуг, говорят представители ВМФ. CANES консолидирует и модернизирует бортовые сетевые системы для повышения операционной эффективности и доступности для всего флота.

CANES предоставляет свои возможности в рамках одной системы, предоставляя инфраструктуру, которая обеспечит своевременный и совместимый обмен информацией между тактическими, вспомогательными и административными пользователями, приложениями и компьютерными системами.

В 2015 году NAVWAR заключила совместный контракт на сумму 2,53 миллиарда долларов с семью компаниями на поставку компьютеров, средств связи и сетевого оборудования, связанных с CANES после того, как протест подрядчиков в 2014 году привел к временной остановке программы.

Семь компаний, получивших контракты CANES почти восемь лет назад, — это BAE Systems; Системы General Dynamics C4; глобальные технические системы; Корпорация Нортроп Грумман; Серко Инк.; CGI федеральный; и Леонардо ДРС.

Эти семь подрядчиков изготовили оборудование CANES для корабельных сетей по индивидуальному заказу ВМФ. Подразделение информационных систем Northrop Grumman Corp. в Сан-Диего, выбранное в начале 2012 года в качестве общего архитектора бортовой электроники CANES в рамках контракта на 37 миллионов долларов, устанавливает оборудование CANES на борт надводных военных кораблей. С учетом опционов контракт CANES с Northrop Grumman может стоить до 638 миллионов долларов.

В результате пятничного контракта BAE Systems, Global Technical Systems, Serco Inc. и Leonardo DRS остаются подрядчиками CANES по компьютерам и сетям, а General Dynamics C4 Systems, Northrop Grumman Corp. и CGI Federal выходят из нее. Новыми подрядчиками стали L3Harris, Leidos, Peraton и VTG Milcom.

Контракт с таким количеством компаний на сумму более четырех миллиардов долларов, который, вероятно, вызовет протесты, может временно приостановить работу до тех пор, пока претензии

протеста не будут улажены — точно так же, как контракты, которые первоначально были заключены в 2014 году.

По пятничному контракту на оборудование и программное обеспечение CANES компании будут выполнять работу в Хантсвилле, штат Алабама; Сан-Диего, Калифорния; Ларго, Флорида; Айер, Массачусетс; Лонг-Бич, штат Миссисипи; Камден, Нью-Джерси; Джонстаун, Пенсильвания; Саммервилль, Южная Каролина; и Кларксвилл, Гейнсвилл, Стерлинг и Вирджиния-Бич, штат Вирджиния, и должны быть завершены к декабрю 2032 года [23].

RAYTHEON ПОСТРОИТ 111 РАКЕТ ТОМАХАВК ДЛЯ НАЗЕМНЫХ АТАК С GPS, ИНЕРЦИАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ И СИСТЕМОЙ НАВЕДЕНИЯ, СООТВЕТСТВУЮЩЕЙ РЕЛЬЕФУ МЕСТНОСТИ

20 декабря 2022 г.

«Томагавк» — это всепогодная дозвуковая крылатая ракета большой дальности с реактивным двигателем, которая используется в основном военно-морскими силами США и Великобритании [24].



PATUXENT RIVER NAS, Md. – Эксперты по наземным атакам ВМС США просят Raytheon Technologies Corp. построить 111 ракет BGM-109 Tomahawk Block V, способных атаковать наземные и морские цели, в соответствии с условиями заказа на сумму 171,2 миллиона долларов, объявленного в пятницу [24].

Должностные лица командования военно-воздушных систем на военно-морской авиабазе Патаксент-Ривер, штат Мэриленд, просят подразделение Raytheon Missiles & Defense в Тусоне, штат Аризона, построить 111 полномасштабных серийных ракет Block V Tactical Tomahawk с вертикальной системой вертикального пуска, 50 из которых предназначены для армии США, 48 для ВМС США и 13 для Корпуса морской пехоты США.

«Томагавк» — это всепогодная дозвуковая крылатая ракета большой дальности с реактивным двигателем для поражения надводных целей, используемая в основном ВМС США и Королевским флотом Великобритании в наземных атаках с кораблей и подводных лодок. Ракета также запускается с наземных площадок.

Для навигации и наведения ракета использует комбинацию инерциальной системы, GPS и сопоставления с местностью, в которой используется электрооптический датчик и радиолокационный высотомер для определения местности, над которой ракета проходит, во внутреннюю базу данных местности.

Tomahawk Block V является последней версией и представляет собой модернизированный Tomahawk Block IV, который имеет канал передачи данных, позволяющий ракете переключаться между целями во время полета. Он может часами бездельничать и мгновенно менять курс по команде.

Tomahawk Block V — пересертифицированная и модернизированная ракета с улучшенной навигацией и связью. Block Va может поражать движущиеся цели в море, а Block Vb имеет многоцелевую боеголовку, которая может поражать различные наземные цели. Последний раз «Томагавк» применялся в 2018 году, когда надводные корабли и подводные лодки ВМС США запустили 66 ракет «Томагавк» по сирийским объектам химического оружия.

Tomahawk Block V был представлен в 2021 году с улучшениями навигации и наведения в полете. Block Va, морской ударный томагавк (MST), позволяет ракете поражать движущуюся цель в море, а Block Vb оснащен боеголовкой Joint Multiple Effect Warhead System (JMEWS) для проникновения в твердую цель.

Tomahawk Block V имеет большую дальность и динамическое наведение, чем его предшественники, а также уникальные возможности полета, запуска и обработки информации. Raytheon может быстро интегрировать новый набор датчиков в Tactical Tomahawk. Компания предоставляет ГСН, процессор, программное обеспечение и новый инерциальный измерительный блок для терминальных маневров, а также переработанный блок мощности и системы охлаждения.

По этому контракту Raytheon будет выполнять работы в Огдене и Спэниш-Форке, штат Юта; Камден, Арканзас; Хантсвилл и Энистон, Алабама; Клируотер, Флорида; Гленротес, Шотландия; Джоуплин, Миссури; Эль-Сегундо и Мурпарк, Калифорния; Мидлтаун, Коннектикут; Мидленд, Онтарио; Верженнес, штат Вирджиния; Миннеаполис; Вестминстер, Колорадо; Чендлер, Аризона; и других местах в США и должен быть завершен к ноябрю 2025 года [24].

ВОЕННО-МОРСКОЙ ФЛОТ ПРОСИТ L3HARRIS ПРЕДОСТАВИТЬ КОРАБЕЛЬНЫЕ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ НАВЕДЕНИЯ, ЧТОБЫ ПОМОЧЬ ВОЕННЫМ КОРАБЛЯМ ПОРАЖАТЬ СВОИ ЦЕЛИ.

21 декабря 2022 г.

МК 20 EOSS является частью 5-дюймовых орудий на борту эсминцев класса Arleigh Burke ВМС, крейсеров класса Ticonderoga и оффшорных патрульных катеров береговой охраны [25].



ВАШИНГТОН. Военные специалисты по электрооптике из L3Harris Technologies Inc. предоставят бортовые датчики для управления огнем, необходимые кораблям ВМС США и береговой охраны для поражения кораблей и самолетов противника огнем морских орудий в соответствии с объявленным в пятницу заказом на сумму 13,7 млн долларов [25].

Должностные лица Командования морских систем ВМС в Вашингтоне просят сегмент L3Harris КЕО в Нортгемптоне, штат Массачусетс, произвести дополнительные системы электрооптических датчиков МК 20 (ЕОСС), комплекты радиолокационных сечений, комплекты ударных колец и запасные части для ВМФ и Береговая охрана.

По словам представителей ВМС, электрооптическая система ЕОСС представляет собой контрольный прицел и датчик наведения для борьбы с надводными и противоздушными средствами, а также для задач огневой поддержки корабельных орудий.

МК 20 ЕОСС является основным компонентом 5-дюймовых орудий МК 34 на борту эсминцев класса Arleigh Burke и крейсеров класса Ticonderoga, а также на борту морского патрульного катера береговой охраны США для использования против вражеских кораблей, катеров и самолет.

L-3 КЕО строит ЕОСС с 2005 года. В том же году L3-КЕО выиграла контракт с ВМС на поставку ЕОСС для программы модернизации крейсеров класса Ticonderoga. Инженеры-электронщики компании создали систему оптического прицела МК 46, чтобы интегрировать новые технологии в корабельный модуль МК 20 MOD 0 ЕОСС, а также интегрировать эту систему в 5-дюймовые палубные орудия МК 34.

МК 20 ЕОСС имеет цифровую стабилизацию с волоконно-оптическими гироскопами, отдельный безопасный для глаз лазерный дальномер с лазером с диодной накачкой, расширенный встроенный тест и улучшенное выравнивание между датчиками и точками прицеливания. ЕОСС соответствует требованиям стандарта MIL-S-901D к ударным

нагрузкам для тяжелых и крупногабаритных двигателей.

МК 20 MOD 0 включает в себя несколько технологических улучшений по сравнению с МК 46 и новые функции, которые поддерживают интеграцию с системой МК 34 Gun Weapons System (GWS).

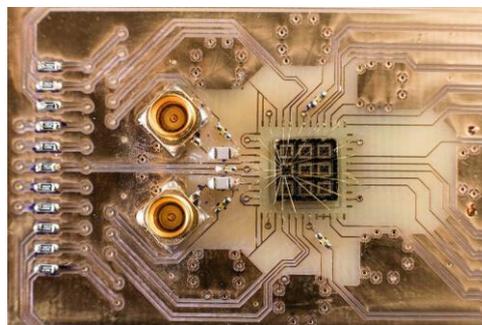
Для интеграции с палубной пушкой МК 34, ЕОСС имеет новый интерфейсный электронный блок (IEU), который взаимодействует с двумя компьютерами палубной пушки и тремя консолями палубной пушки для предоставления видео, пеленга цели и дальности, а также данных о состоянии системы для всех. три, принимая команды от любого из них, говорят официальные лица L-3.

По этому контракту модификация L-3 будет выполнять работы в Нортгемптоне, штат Массачусетс, и должна быть закончена к апрелю 2023 г.¹ [25].

УНИВЕРСИТЕТСКИЕ ИССЛЕДОВАТЕЛИ РАССМАТРИВАЮТ КВАНТОВЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ SWAP, ДОСТАТОЧНО МАЛОГО РАЗМЕРА ДЛЯ БУДУЩИХ ВОЕННЫХ МИССИЙ

21 декабря 2022 г.

Эксперты Университета Рочестера разработают квантовые решатели, которые будут решать реалистичные задачи для военных миссий [26].



АРЛИНГТОН, Вирджиния. Американским военным исследователям требовались новые способы повышения производительности высокопроизводительных вычислений как минимум на два порядка с использованием методов квантовых вычислений, называемых квантовыми решателями. Свое решение они нашли в Рочестерском университете в Рочестере, штат Нью-Йорк [26].

Официальные лица Агентства перспективных исследовательских проектов Министерства обороны США (DARPA) в Арлингтоне, штат Вирджиния, в пятницу объявили о заключении контракта на сумму 1,6 млн долларов с Рочестерским университетом по программе QuICC (Quantum-Inspired Classical Computing).

¹ В первоисточнике сведений [25] в сведениях о дате окончания проекта опечатка, указан «202 год». Мы предполагаем, что речь идет о 2023 годе.

Квантовые вычисления используют явления квантовой механики, чтобы совершить огромный скачок в вычислениях для решения определенных проблем.

Эксперты Университета Рочестера разработают квантовые решатели, которые будут решать реалистичные задачи для военных миссий. Решатели, основанные на квантовых вычислениях, являются гибридными: это классические системы со смешанными сигналами, состоящие из аналогового оборудования и цифровой логики.

Аналоговое оборудование обычно эмулирует взаимодействующие динамические системы, а цифровая логика обрабатывает аналоговые результаты для получения качественных решений.

Цель состоит в том, чтобы предоставить прототип системы, который может повысить вычислительную эффективность как минимум в 50 раз для задач промежуточного размера и продемонстрировать возможность повышения эффективности как минимум в 500 раз для задач масштаба миссии.

Программа QuICC будет сосредоточена на классических гибридных системах со смешанными сигналами; полностью цифровые решатели или квантовые вычисления не являются частью программы.

Многие миссии Министерства обороны США (DOD) ограничены доступными вычислительными ресурсами. Квантовые вычисления могут быть потенциальным решением, однако нет никаких оснований предполагать, что квантовые вычисления всегда будут осуществимы для военных сред с ограничениями по размеру, весу и мощности (SWaP).

Детальный анализ квантовых вычислений привел к появлению новых алгоритмов и аппаратного обеспечения, обеспечивая при этом значительные преимущества по сравнению с полностью цифровыми вычислениями. Здесь могут помочь квантовые решатели.

Аналоговое оборудование, вдохновленное квантовой механикой, обычно эмулирует взаимодействующие динамические системы, такие как магнитные вращения, а цифровая логика обрабатывает результаты.

Эксперты предсказывают, что прототипы квантовых компьютеров могут превзойти обычные и квантовые компьютеры в 10 000 раз, но были продемонстрированы на небольших задачах, не типичных для военных нужд.

Ключевой метрикой QuICC для экспертов Университета Рочестера будет вычислительная эффективность. Чтобы преодолеть проблемы масштабирования, программа ищет решения с совместной разработкой алгоритмического и аналогового оборудования, наряду с приложениями для сравнительного анализа в масштабе приложения, такими как булевская выполнимость (SAT), оценка максимального правдоподобия (MLE), выборка с максимальной ошибкой и минимальной мощностью (MFMC) и смешанно-

целочисленное линейное программирование (MILP).

Программа имеет три технические задачи: масштабирование преимуществ аналогового оборудования для решения актуальных задач; ограничение роста цифровых вычислений размером задачи; и реализация прогностических тестов в масштабах прототипа системы.

Программа QuICC рассчитана на пять лет с двухлетней первой фазой, 18-месячной второй фазой, 18-месячной и 18-месячной факультативной третьей фазой. Вехи программы будут способствовать постепенному масштабированию квантовой технологии решателей в сторону задач и размеров, имеющих отношение к миссии.

Проект QuICC может потратить до 58 миллионов долларов за весь период, поэтому вероятны дополнительные контракты. Программа включает в себя две технические области: совместная разработка решателя и бенчмаркинг, соответствующий задаче; и прототипирование аналогового оборудования [26].

АРМИЯ ИСПОЛЬЗУЕТ LOCKHEED MARTIN ДЛЯ ЭЛЕКТРОННО-ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ НАВЕДЕНИЯ ARROWHEAD ДЛЯ УДАРНЫХ ВЕРТОЛЕТОВ AH-64

22 декабря 2022 г.

M-TADS/PNVIS предоставляет пилотам Apache дальние боевые действия и пилотаж для достижения целей миссии днем, ночью и в плохую погоду [27].



РЕДСТОУН АРСЕНАЛ, Алабама. Авиационным экспертам армии США требовались дополнительные электрооптические системы наведения для ударного вертолета AH-64 Apache. Они нашли свое решение в подразделении Lockheed Martin Missiles and Fire Control в Орландо, штат Флорида [27].

Официальные лица контрактного командования сухопутных войск в Redstone Arsenal, штат Алабама, в понедельник объявили о заключении с Lockheed Martin контракта на сумму 95,8 млн долларов на модернизированную систему обнаружения целей и датчиков ночного видения (M-TADS/PNVIS), также известную как Arrowhead.

M-TADS/PNVIS предоставляет пилотам вертолетов Apache возможности дальнего, точного поражения и пилотирования для достижения целей

миссии и обеспечения безопасности полетов днем и ночью и в плохую погоду.

M-TADS/PNVS состоит из нескольких подкомпонентов. Нижняя башня M-TADS содержит систему наведения, которая имеет дневные и ночные электрооптические датчики. Комплект датчиков наведения Arrowhead включает в себя передние инфракрасные (FLIR) элементы TADS и PNVS, чтобы обеспечить современные технологические и точные действия, а также гарантировать, что армейские вертолеты Apache останутся эффективными ударными вертолетами в будущем.

Целеуказатель лазерного дальномера системы включает безопасный для глаз дальномер и блок электроники дневного датчика, который заменяет блок лазерного приемопередатчика и связанную с ним электронику в устаревшем узле дневного датчика Apache.

Новая сборка структуры дневного датчика предлагает поля зрения, которые соответствуют полям зрения Arrowhead FLIR, чтобы обеспечить смешивание изображений. Модернизированный телевизионный сенсор включает в себя цветочувствительность и чувствительность к слабому освещению. Современный инерциальный измерительный блок заменяет три гироскопа с вращающейся массой, а в новом лазерном следящем устройстве используется четырехквadrантный детектор и улучшенная обработка. Маркер с лазерной указкой помогает улучшить координацию с наземными и воздушными подразделениями.

Эти компоненты наведения позволяют вертолетам Apache идентифицировать цели на больших расстояниях за счет дополнительного поля зрения и функции «картинка в картинке» с расширенным диапазоном, а также обеспечивают возможность просмотра изображений с высоким разрешением, ближнего инфракрасного и цветного изображения на индикации в кабине.

Система оснащена новым лазерным целеуказателем, который улучшает координацию с наземными войсками, и обновленным многорежимным лазером с возможностью безопасного для глаз лазера, который поддерживает полеты в городских условиях и обучение на домашней станции.

По этому контракту Lockheed Martin будет выполнять работы в местах, определяемых для каждого заказа, и должна быть завершена к ноябрю 2027 года [27].

ХРАНЕНИЕ ДАННЫХ ДЕЛАЕТ ПЕРЕХОД К СЕТЕВЫМ СИСТЕМАМ

22 декабря 2022 г.

Архитектуры безопасного хранения данных, подключенные к сети, не только могут помочь бойцам получить широкий доступ к критически важным данным, но и защитить данные от хакеров и других угроз кибербезопасности [28].



Надежный сетевой сервер хранения Phoenix International RPC6 может помочь военным извлечь выгоду из потока данных, генерируемых интеллектуальными подключенными устройствами.

НАШУА, Нью-Хэмпшир. Надежные технологии хранения данных для аэрокосмических и оборонных приложений осуществляют переход от двухточечных межсоединений к быстрым сетевым архитектурам, которые обеспечивают более быстрый доступ к данным для военных, чем сегодня, и к новым приложениям для обмена данными, таким как искусственный интеллект (ИИ) в сборе и поиске разведанных [28].

Движущей силой этой тенденции к сетевому хранению данных является увеличение производительности сети, особенно быстрого Ethernet, которая быстро растет с 25 гигабит в секунду до 100 гигабит в секунду и выше.

«Я вижу отход от блочных хранилищ с прямым подключением для внешних дисковых массивов, — говорит Амос Дикон III, президент компании Phoenix International Systems, специализирующейся на хранении данных, в Оранже, Калифорния. хранилище уровня в области сетевых хранилищ».

Переход к сетевому хранилищу представляет собой фундаментальный отход от традиционных отраслевых решений, таких как Serial Attached SCSI, (SAS), Serial AT Attachment (SATA) и Fibre Channel соединяются с сетевыми подходами, которые в основном полагаются на Ethernet, говорит Дикон.



Этот твердотельный накопитель DIGISTOR с самошифрованием, сертифицированный FIPS, имеет защитное покрытие для дополнительной гарантии целостности данных.

«Традиционно у нас были соединения SAS и Fibre Channel в блочных системах, и все же мы движемся к Ethernet для данных на уровне файлов», — говорит Дикон. Передача данных на уровне файлов обычно используется в системах хранения данных на основе Ethernet, которые перемещают данные в виде пакетов. «Обычно это требует больших накладных расходов, — говорит Дикон.

Этот подход, хотя и имеет больше накладных расходов, более прост в реализации, чем другие подходы к передаче данных, такие как интерфейс

малых компьютерных систем Интернета (iSCSI), Fibre Channel или SAS. «Все сводится к простоте и доступности, — говорит Дикон. «Больше людей могут получить к нему доступ. Уровень блоков — это прямое подключение, и вы должны находиться в этой сети хранения, чтобы получить к нему доступ, а уровень файлов — это обычная сеть Ethernet».

Высокая производительность сети Ethernet также помогает преодолеть традиционные проблемы с перегрузкой сети. «Исторически сложилось так, что задержка на блочном уровне намного ниже из-за связанных с этим накладных расходов, но это начинает преодолеваться из-за производительности на устройствах, подключенных к сети. Теперь мы говорим о 25-, 40- и 100-гигабитном Ethernet. «Это дает подключенным к сети устройствам гораздо более высокую производительность», — говорит Дикон. «Большая часть этой присущей латентности уходит».

Скорость и производительность могут иметь большое значение в новых приложениях, использующих ИИ. «Обычно, если у вас есть среда реального времени, вы хотели бы, чтобы передача данных происходила мгновенно, особенно в среде ИИ, где вам нужно принимать решения на основе данных по мере их поступления. подключите среду», — говорит Дикон.

Действительно ли необходима вся эта скорость и производительность в современных аэрокосмических и оборонных приложениях? Возможно, не сегодня, но будет в будущем. «Производительность, доступная сейчас благодаря 100-гигабитному Ethernet, превосходит то, что нужно 90 процентам людей», — отмечает Дикон. «Есть определенные приложения, которым требуются возможности сверхвысокой скорости, но я думаю, что это фактическое приложение определяет, куда это пойдет».

Сегодняшнее высокопроизводительное хранилище данных демонстрирует повышенную производительность не только за счет сетей Ethernet, но и за счет из-за энергонезависимой памяти Express, более известной как NVMe. «Сейчас мы наблюдаем некоторые из этих изменений из-за производительности, которую теперь обеспечивает устройство хранения NVMe», — говорит Дикон. «В блочном хранилище вы проходите через хост-адаптер, чтобы ЦП мог общаться с хранилищем, но с NVMe у вас нет этого промежуточного шага, потому что устройство хранения взаимодействует напрямую с ЦП».



В модуле хранения DIGISTOR SHIPS Q80 используется технология NVMe, обеспечивающая надежную съемность для использования в ПК, ноутбуках и других устройствах, которым необходимо безопасно хранить зашифрованные данные.

Хранилище данных NVMe

Твердотельные носители сегодня в подавляющем большинстве случаев склоняются к NVMe, где самым большим преимуществом является чистая скорость, которая для подавляющего большинства разработчиков систем перевешивает недостатки NVMe в энергопотреблении, управлении температурой и надежности.

Скорость NVMe является основной причиной того, что он превзошел по популярности другие твердотельные носители данных, такие как Serial AT Attachment (SATA) и Serial Attached SCSI (SAS). SATA — это интерфейс компьютерной шины, который соединяет адаптеры главной шины с устройствами хранения данных, такими как жесткие диски, оптические приводы и твердотельные накопители.

NVMe обычно в шесть раз быстрее, чем SATA и SAS. Кроме того, подход к проектированию NVMe позволяет носителям данных, таким как твердотельные накопители, получать доступ к процессорам через шину данных PCI Express, а не через относительно медленные специализированные интерфейсы хранения данных. Это также позволяет аппаратному и программному обеспечению хоста использовать уровни параллелизма, возможные в современных твердотельных накопителях. NVMe, по сути, подключает хранилище данных напрямую к системным процессорам и избегает узких мест в пропускной способности интерфейсов хранения данных.



Приемная рама DIGISTOR SHIPS QX448, обычно устанавливаемая на ПК или специальное устройство, может вмещать до четырех модулей SHIPS в стандартном 5,25-дюймовом отсеке.

NVMe может увеличить скорость чтения и записи данных по SATA в четыре-пять раз, а иногда и больше. Например, SATA достигает своего верхнего предела скорости примерно на уровне 600 мегабайт в секунду, в то время как NVMe может поддерживать производительность чтения и записи на уровне от 3 до 3,5 гигабайт в секунду. Одним из принципов NVMe является переключение с последовательного на параллельный интерфейс данных для увеличения пропускной способности данных.

Технология NVMe позволяет одновременно записывать несколько потоков видео или других данных датчиков. Аэрокосмические и оборонные приложения все больше полагаются на скорость и возможность одновременной записи нескольких потоков данных. Для приложений с интенсивным вводом-выводом, таких как искусственный интеллект (ИИ), устройства NVMe ускоряют рабочие процессы.

Интерфейс PCI Express для NVMe набирает все большую популярность в аэрокосмических и оборонных приложениях. Хранилище данных NVMe обходит интерфейс SATA и подключается напрямую к PCI Express для повышения пропускной способности.

В дополнение к своим большим преимуществам в скорости, NVMe также меньше, чем SATA и SAS, что соответствует современным требованиям к небольшим размерам и легкому весу в аэрокосмических и оборонных системах. Твердотельные накопители NVMe намного меньше дисков SATA и весят примерно в четыре раза меньше, что делает их подходящими не только для портативных компьютеров, но и для чувствительных к размеру и весу военных приложений. Кроме того, системные разработчики могут подключать компоненты памяти NVMe непосредственно к материнским платам и одноплатным компьютерам, что также может уменьшить размер и вес.



Phoenix International Phalanx II оптимизирован для SWaP и обеспечивает высокую производительность, большую емкость и безопасное хранение данных для беспилотных летательных аппаратов, подводных и надводных аппаратов, а также приложений разведки и наблюдения с экипажем.

Однако у NVMe есть недостатки для разработчиков военных и аэрокосмических систем. По сравнению со своими предшественниками, SATA и SAS, NVMe является более дорогим, его сложнее

защитить, он потребляет больше энергии и может быть проблемой для обеспечения достаточного охлаждения для максимальной производительности.

Память NVMe не так надежна, как хранилище данных SATA и SAS, что может усложнить компоновку NVMe для мобильных военных приложений, которые должны работать в условиях экстремальных температур, ударов и вибрации.

Одним из самых серьезных недостатков NVMe для тяжелых военных приложений является его относительно слабая способность работать при низких и высоких температурах. Усугубляет картину относительно высокое энергопотребление носителей NVMe по сравнению с носителями SATA и SAS. Большее энергопотребление означает выделение большего количества отработанного тепла, что вынуждает разработчиков либо проектировать охлаждение, либо снижать скорость хранения данных, чтобы не выходить за температурные ограничения.

Информационная безопасность

В сегодняшнем враждебном цифровом мире важно не столько то, насколько быстро данные могут быть сохранены и извлечены, сколько то, насколько безопасно данные могут быть защищены от тех, кто стремится их украсть, испортить или уничтожить. Вот где вступает в действие информационная безопасность.

К сожалению, некоторые из современных технологий кибербезопасности могут не соответствовать задачам информационной безопасности, когда речь идет о хранении данных.

«Сегодняшняя модель безопасности данных довольно раздроблена, если не сломана, — говорит Крис Круэлл, директор по маркетингу торговой марки DIGISTOR группы CRU Data Security Group в Ванкувере, штат Вашингтон. — Все эти технологии берут на себя часть безопасности данных. Это проблема».



Phoenix International VPI-250-eSSDC — это модуль хранения данных на твердотельных дисках с шифрованием Open VPX NVMe Express (NVMe), сертифицированный по стандарту FIPS 140-2, который помогает разработчикам удалять устаревшие слои интерфейсов жестких дисков, такие как SATA и SAS.

Возможно, самым важным аспектом информационной безопасности при хранении данных является так называемая концепция «нулевого доверия», которая требует, чтобы все пользователи — внутри или вне сети организации — проходили аутентификацию, авторизацию и постоянную проверку перед получением доступа к приложениям и данным. Другими словами, этот подход никому не доверяет и предполагает, что кибератаки могут исходить откуда угодно, особенно от тех, кто находится внутри организации.

«Внутренние угрозы не были темой для разговоров, даже пять лет назад, как сегодня, — говорит Круэлл. «По сути, это означает, что вы не можете доверять никому и ничему, поэтому вам нужно сосредоточиться на блокировке ваших данных», — говорит Круэлл. «Мы наблюдаем все большее и большее принятие философии нулевого доверия».

Хотя принцип нулевого доверия может показаться чем-то новым, на самом деле он существует уже 10–15 лет; это только сейчас, когда это становится широко известным и принятым, говорит Круэлл, объясняя, что требуется время, чтобы нулевой уровень доверия прижился, тем более что эта дисциплина очень требовательна.

«Все сводится к людям и процессам, — говорит Круэлл. «Достаточно ли у людей дисциплины, чтобы следить за процессами, и знаете ли вы, что парень в кабинке рядом с вами не представляет угрозы? Этому способствовали кибератаки, исходящие из сети или физического периметра; успех. Эта угроза может быть где угодно, даже по соседству».

CRU Data Security специализируется на накопителях с самошифрованием и использует преимущества современных высокоскоростных сетей хранения данных. «Многие наши устройства используются в самолетах для сбора данных наблюдения, — говорит Круэлл. «Вы никогда не сможете собирать или анализировать данные достаточно быстро, и вам всегда нужен кокон безопасности».

Чтобы достичь этого кокона безопасности, CRU Data разрабатывает диски с данными в соответствии с Федеральным стандартом обработки информации (FIPS) 140-2 и расширенными стандартами шифрования (AES), изложенными в FIPS 197. Эти стандарты шифрования коммерческого уровня администрируются Национальным институтом США стандартов и технологий (NIST) в Гейтерсбурге, штат Мэриленд.

Инженеры компании также использовали многоуровневое программное обеспечение в сочетании с дисками, сертифицированными FIPS, для повышения безопасности. «Наши клиенты требуют дополнительных функций кибербезопасности помимо самого накопителя, — говорит Круэлл. «На этом рынке диски с самошифрованием являются ставкой».

CRU Data также стремится к безопасному хранению данных, которое соответствует рекомендациям Агентства национальной безопасности (АНБ) по общим критериям оценки безопасности информационных технологий, администрируемым Национальным партнерством по обеспечению информации (NIAP) АНБ. Сертификация Common Criteria также является одним из первых шагов к внедрению двухуровневого шифрования NSA Commercial Solutions for Classified (CSfC) для защиты секретной информации в аэрокосмических и оборонных приложениях.

CRU Data еще не предлагает устройство хранения данных безопасности, отвечающее всем рекомендациям CSfC, но Круэлл говорит, что не удивится, если компания предложит полное решение CSfC в ближайшем будущем [28].

Кто есть кто в надежном хранилище данных [28]

Системы защиты Айтек
Чатсуорт, Калифорния.

www.rugged.com

Аннаполис Микросистем
Аннаполис, штат Мэриленд.

<https://www.annapmicro.com>

Сети Барракуда
Кэмпбелл, Калифорния.

www.barracudanetworks.com

Cavium Networks
Сан-Хосе, Калифорния.

www.caviumnetworks.com

ООО «СП Технологии»

Сан Диего

<https://cp-techusa.com>

ООО "КРУ Дата Секьюрити Групп",
ДИГИСТОР

Ванкувер, Вашингтон.

www.cru-inc.com

Кристалл Групп

Гайавата, Айова

www.crystalrugged.com

Проводник

Лонгмонт, Колорадо.

www.conduant.com

Защитные решения Curtiss-Wright

Эшберн, Вирджиния.

www.conduant.com

DRS Tactical Systems Inc.

www.leonardodrs.com/products-and-services/leonardo-tactical-systems

Элма Электроник Инк.

Фремонт, Калифорния.

www.elma.com

Экстремальные инженерные решения

Верона, Висконсин.

www.xes-inc.com/about/contact/

Общие микросистемы

Ранчо Кукамонга, Калифорния.

www.gms4sbc.com

Kaman Fuzing & Precision Products

Мидлтаун, Коннектикут.

www.kaman.com/fuzing-precision-products

Контрон Америка Инк.
Сан Диего

www.kontron.com

Меркурий Системс
Андовер, Массачусетс.

www.mrcy.com

Пентек Инк.

Река Аппер-Сэдл, Нью-Джерси

www.pentek.com

Феникс Интернэшнл

Оранж, Калифорния.

www.phenixint.com

Умные модульные технологии

Ньюарк, Калифорния.

www.smartm.com

Систел Инк.

Шугар Лэнд, Техас

<http://www.systelinc.com>

Группа надежных вычислений

Бивертон, Орегон.

<https://trustedcomputinggroup.org>

ООО «Виртуум»

Ранчо Санта-Маргарита, Калифорния.

www.virtium.com

ZMicro

Сан Диего

<https://zmicro.com>

LEIDOS РАЗРАБОТАЕТ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНУЮ ГИПЕРЗВУКОВУЮ РАКЕТУ СО СТАНДАРТИЗИРОВАННЫМ ИНТЕРФЕЙСОМ ПОЛЕЗНОЙ НАГРУЗКИ ДЛЯ УДАРА И РАЗВЕДКИ

22 декабря 2022 г.

Mayhem стремится разработать большой гиперзвуковой летательный аппарат с воздушным дыханием, способный выполнять несколько видов миссий со стандартизированным интерфейсом полезной нагрузки [29].



Авиабазы РАЙТ-ПАТТЕРСОН, Огайо. Исследователям ВВС США требовалась помощь в разработке большой воздушно-реактивной гиперзвуковой ракеты, способной выполнять несколько различных задач со стандартизированным интерфейсом полезной нагрузки. Они нашли свое решение в компании Leidos Inc. в Рестоне, штат Вирджиния [29].

В прошлую пятницу представители Исследовательской лаборатории ВВС США на базе ВВС Райт-Паттерсон, штат Огайо, объявили о заключении шестилетнего контракта на сумму 334

миллиона долларов на исследования и разработку программы Expendable Hypersonic Multi-Mission ISR and Strike (Mayhem).

Этот проект направлен на обеспечение значительного технологического прогресса и будущих возможностей со стандартизированным интерфейсом полезной нагрузки, который создаст несколько различных возможностей для интеграции полезной нагрузки в одну и ту же гиперзвуковую ракетную систему.

По словам представителей ВВС, эта программа направлена на создание воздушно-реактивной гиперзвуковой системы большого класса, способной выполнять несколько различных видов миссий со стандартизированным интерфейсом полезной нагрузки, что обеспечивает значительный технологический прогресс и будущие возможности.

По словам представителей Leidos, система Mayhem будет использовать ГПВРД для создания тяги, позволяющей транспортному средству перемещаться на большие расстояния со скоростью более 5 Маха. Партнерами Leidos являются Calspan Corp. в Буффало, штат Нью-Йорк; Лаборатория Чарльза Старка Дрейпера в Кембридже, Массачусетс; и Kratos Defense & Security Solutions Inc. в Сан-Диего.

Ожидается, что полезные нагрузки Mayhem будут включать доставку кинетического или взрывного оружия, а также разведывательных и разведывательных сенсоров на гиперзвуковых скоростях. Гиперзвук обычно относится к объектам, движущимся со скоростью более 5 Маха, или 3836 миль в час.

Несколько дополнительных технических деталей проекта Mayhem находятся в открытом доступе. Leidos была одной из шести компаний, подавших заявку на гиперзвуковой проект Mayhem. Заявка Mayhem была опубликована в конце февраля, и шести компаниям, участвующим в торгах, было предложено представить свои предложения к концу мая.

По этому контракту Leidos будет выполнять работы на базе ВВС Райт-Паттерсон в Дейтоне, штат Огайо, и на других потенциальных полигонах, которые будут определены, и должны быть завершены к октябрю 2028 года [29].

OSHKOSH ВЫСТАВЛЯЕТ НА ВООРУЖЕНИЕ БОЕВЫЕ МАШИНЫ JLTV С ВЕТРОНИКОЙ НА БАЗЕ VICTORY И СТАНДАРТНОЙ ЭЛЕКТРОНИКОЙ С ОТКРЫТЫМИ СИСТЕМАМИ

23 декабря 2022 г.

JLTV предлагает защиту экипажа Core1080 для обеспечения живучести, системы с турельным управлением, системы дистанционного вооружения и ракетную систему с трубным запуском [30].



УОРРЕН, штат Мичиган. Разработчики боевых бронированных машин компании Oshkosh Defense LLC в Ошкоше, штат Висконсин, поддерживают развертывание систем совместных легких тактических машин (JLTV) армии США в соответствии с объявленным на прошлой неделе заказом на сумму 543,5 миллиона долларов [30].

Должностные лица командования армейских контрактов в Уоррене, штат Мичиган, просят Oshkosh использовать доступные варианты для поддержки развертывания семейства машин JLTV. Министерство обороны США (DOD) хочет закупить 54 599 JLTV: 49 099 для армии США и 5 500 для Корпуса морской пехоты США.

Oshkosh JLTV — это легкая боевая многоцелевая машина общего назначения со стандартной электроникой открытой системы. Ожидается, что боевая машина будет обеспечивать уровень защиты, аналогичный уровню современных, но гораздо более тяжелых и менее маневренных конструкций класса Mine Resistant Ambush Protected (MRAP), и намного лучше, чем новейшие бронированные боевые машины HMMWV.

JLTV имеет архитектуру ветроники, которая соответствует армейскому стандарту электроники VICTORY. VICTORY расшифровывается как Vehicular Integration для совместимости C4ISR/EW. C4ISR/EW расшифровывается как командование, управление, связь, компьютеры, разведка, наблюдение и разведка/радиоэлектронная борьба.

Модульная, масштабируемая, открытая архитектура ветроники JLTV, совместимая с VICTORY, предназначена для поддержки быстро развивающихся наборов C4ISR. По оценкам Счетной палаты правительства США (GAO), министерство обороны потратит более 53,3 миллиарда долларов на программу JLTV — 1,1 миллиарда долларов на исследования и не менее 52,3 миллиарда долларов на закупки.

JLTV имеет два варианта — двухместный и четырехместный, а также прицеп-компаньон (JLTV-T). Автомобиль Oshkosh предлагает защиту экипажа Core1080 для обеспечения живучести, системы с турельным управлением, дистанционные системы вооружения и ракетную систему с пусковыми установками.

Oshkosh JLTV оснащен интеллектуальной независимой системой подвески TAK-4i, которая регулирует тип дорожного просвета с ходом колес до 20 дюймов. Автомобиль также оснащен 6,6-

литровым дизельным двигателем General Motors Duramax V8 с цифровым управлением.

На машине могут быть установлены легкие, средние и тяжелые пулеметы, автоматические гранатометы, дымовые гранатометы или противотанковые ракеты, управляемые из кольцевых установок или выносного боевого модуля. Командование по контракту заключило контракт от имени Армейского танкового, автомобильного и вооруженного командования (ТАСОМ) в Уоррене, штат Мичиган.

По этому заказу Oshkosh выполнит работы в Ошкоше, штат Висконсин, и должна быть завершена к июлю 2024 года [30].

ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Как видим, темпы ускорения развития фотоники и электроники для военных целей в странах НАТО не уменьшаются. В наступающем 2023 году это целесообразно учитывать. По всей видимости, финансирование науки через гранты в этой связи себя уже не оправдывает. Государственные решения в сфере финансирования электроники и фотоники следует основывать на заключениях экспертных сообществ, в первую очередь РАН.

Кроме того, мы полагаем, что активность со стороны недружественных государств и их технические возможности, а также планы на будущее необходимо изучать и знать. Незнание технических возможностей и тактики может приводить и приводит к трагическим последствиям [31]. Мы надеемся, что в недалёком будущем повторится история с переделкой нацистского вооружения в бытовые предметы [32].



Датчанин Нильс переделывает фашистские каски в ночные горшки [32].

ИСТОЧНИКИ

- [1] J. Keller. Military + Aerospace Electronics. <https://www.militaryaerospace.com/contact-us/contact/16728575/john-keller>
- [2] Radar keeps a surveillance eye on the battlefield. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14284921/radar-keeps-a-surveillance-eye-on-the-battlefield>
- [3] Army asks General Dynamics to build Stryker armored combat vehicles with industry-standard VICTORY vetronics. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14285920/vetronics-industrystandard-armored-combat-vehicles>
- [4] Navy chooses Mercury Mission Systems to provide data recorders and data storage for F/A-18 jet avionics. <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14285998/data-recorders-data-storage-avionics>
- [5] Air Force looks to Aviation Ground Equipment and PD Power for ground power units at airports and air bases. <https://www.militaryaerospace.com/power/article/14286041/power-aviation-airports>
- [6] Northrop Grumman to develop affordable high-energy laser sources for future counter-unmanned laser weapons. <https://www.militaryaerospace.com/power/article/14286075/laser-weapons-unmanned-affordable>
- [7] Air Force asks Northrop Grumman to build 42 AN/APG-83 AESA jet fighter radar systems in \$99.4 million deal. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14286223/radar-jet-fighter-aesa>
- [8] DARPA picks General Atomics to design long-range, heavy-lift seaplane that operates for weeks in rough seas. <https://www.militaryaerospace.com/defense-executive/article/14286281/seaplane-heavylift-longrange>
- [9] Unmanned systems to take lead role in defending Marines on invasion beaches from enemy surface warships. <https://www.militaryaerospace.com/blogs/article/14286321/unmanned-launchers-antiship-missiles>
- [10] Navy asks Raytheon to build ESSM radar-guided missiles for ship defense against incoming planes and weapons. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14286324/radarguided-missiles-ship-defense>
- [11] Air Force picks University of Dayton for electro-optical and electronic warfare (EW) onboard sensors research. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14286375/electrooptical-electronic-warfare-ew-sensors>
- [12] Mercury to build data transfer units and high-definition video recorders for Navy F/A-18E-F combat avionics. <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14286416/data-transfer-units-highdefinition-video-recorders-avionics>
- [13] Boeing to build two new KC-46A aerial refueling aircraft and avionics for Japan in \$398.2 million order. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14286433/avionics-aerial-refueling-aircraft>
- [14] Lockheed Martin gets rush-order for HIMARS missile launchers of precision munitions in \$430.9 million deal. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14286497/launchers-precision-munitions-himars>
- [15] Army researchers survey industry for companies to develop unmanned aerial vehicle weapons for small units. <https://www.militaryaerospace.com/unmanned/article/14286485/unmanned-weapons-small-units>
- [16] Wanted: unmanned X-plane to operate from small surface warships for communications, intel, and surveillance. <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14286584/unmanned-xplane-surveillance-and-reconnaissance>
- [17] Draper Lab eyes next generation of guidance systems for Trident II submarine-launched ballistic missiles. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14286561/guidance-submarine-ballistic-missiles>
- [18] Lockheed Martin eyes electronic warfare (EW) aboard helicopters to defend against anti-ship missiles. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14286647/helicopters-electronic-warfare-ew-antiship-missiles>
- [19] Navy orders 38 eCASS test and measurement systems to troubleshoot and repair avionics for naval aircraft. <https://www.militaryaerospace.com/test/article/14286885/avionics-test-and-measurement-naval-aircraft>
- [20] Air Force asks Northrop Grumman to provide 42 AESA radar systems for F-16 fighters in \$99.4 million order. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14287046/radar-aesa-fighters>
- [21] Navy asks Lockheed Martin to set up obsolescence-mitigation program for electronic parts on F-35 combat jets. <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14287097/obsolescence-electronic-parts-combat-jets>
- [22] DARPA to brief industry on Cancun program to study ionosphere and boost situational awareness of HF radio. <https://www.militaryaerospace.com/communications/article/14287258/hf-radio-situational-awareness-ionosphere>
- [23] Navy picks eight for \$4.1 billion shipboard computers and networking contract; protests may be expected. <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14287263/shipboard-computers-networking>
- [24] Raytheon to build 111 Tomahawk land-attack missiles with GPS, inertial, and terrain-matching guidance systems. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14287330/missiles-landattack-terrainmatching>
- [25] Navy asks L3Harris to provide shipboard electro-optical targeting sensors to help warships hit their targets. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14287370/electrooptical-targeting-sensors>
- [26] University researchers eye quantum computing with SWaP small enough for future military missions/ <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14287396/quantum-computing-military-missions-swap>
- [27] Army taps Lockheed Martin for Arrowhead electro-optical targeting systems for AH-64 attack helicopters. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14287457/electrooptical-targeting-attack-helicopters>
- [28] Data storage making the transition to network-based systems. <https://www.militaryaerospace.com/computers/article/14286121/data-storage-making-the-transition-to-networkbased-systems>
- [29] Leidos to design air-breathing hypersonic missile with standardized payload interface for strike and recon. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14287432/hypersonic-airbreathing-standardized-payload-interface>
- [30] Oshkosh fielding JLTV combat vehicles with VICTORY-based vetronics and open-systems standard electronics. <https://www.militaryaerospace.com/sensors/article/14287468/vetronics-victory-opensystems-electronics-standards>
- [31] https://lenta.ru/news/2023/01/05/regiony/?utm_medium=exchange&utm_source=infox&es=infox
- [32] https://vk.com/wall-195789861_1571

Статья поступила 30.12.2022.



Вадим Жмуд – заместитель директора АО «НИПС», доктор технических наук, доцент, главный научный сотрудник ИЛФ СО РАН, старший научный сотрудник Алтай-Саянского филиала ФГБУН Геофизической службы РАН.

E-mail: oao_nips@bk.ru



Александр Валерьевич Ляпидевский - Кандидат экономических наук, генеральный директор Новосибирского института программных систем, автор около 100 научных статей. Область научных интересов и компетенций - программные системы и инструменты, инновационные технологии.

E-mail: nips@nips.ru

Статья поступила 30.12.2022.

Review of Intensively Developing Researches of Foreign Photonics and Electronics

V.A. Zhmud^{1, 2, 3}, A.V. Liapidevskiy¹

¹Novosibirsk Institute of Program Systems, Russia

²Institute of Laser Physics SB RAS, Russia

³Altai-Sayan Branch of the Federal State Budgetary Institution of Science of the Geophysical Service of the RAS

Abstract: This selection of open publications continues to provide information on the concentration of efforts of NATO countries in the field of military photonics and electronics. The proposed digest covers the last two months, from November 18 to December 23, 2022. The proposed fragments of publications reveal the essence and purpose of future research in the military sphere or the planned supply of innovative technical means to the army, aviation and navy. This article does not claim to be original, since it is generally a digest, i.e. a selection of information from open sources on the Internet. This article does not provide information on domestic developments.

Key words: photonics, electronics, automation, sensors



Vadim Zhmud – Vice-Head of NIPS, Assistant Professor, Doctor of Technical Sciences, Chief Researcher, ILP SB RAS, Senior Researcher, Altai-Sayan Branch, Geophysical Survey RAS.

E-mail: oao_nips@bk.ru

630073, Novosibirsk,
str. Prosp. Lavrentieva, h. 6/1



Alexander Liapidevskiy, General Director of NIPS, PhD in Economics, the author of about 100 scientific articles. Area of scientific interests and competences - software systems and tools, innovative technologies.

E-mail: nips@nips.ru
Russia, Novosibirsk, 630090, prosp. Ak. Lavrentieva 6/1. NIPS.

The paper has been received on 22/11/2022.

Международная конференция информационные технологии и технические средства управления (ИССТ-2022)

А.В. Осовский, Н.С. Мальцева, Д.В. Кутузов

Астраханский государственный технический университет, Астрахань, Россия

Аннотация: Представлен отчет о Шестой международной конференции по информационным технологиям и техническим средствам управления (ИССТ-2022), которая проводилась в Астраханском государственном техническом университете (АГТУ) с 3 по 7 октября 2022 г. Она проводилась АГТУ совместно с Институтом проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, НТЦ уникального приборостроения РАН, Институтом радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН и НИУ Московский энергетический институт. Дан обзор секций, направлений работы, наиболее интересных докладов и обсуждений. Приведены данные о конференции и выявлены основные тенденции исследований в области информационных технологий и технических средств управления.

Ключевые слова: ИССТ, конференция, профессиональная встреча, нетворкинг, научная публикация.

Конец года предполагает подведение итогов, и 2022 год, несмотря на всю свою сложность и обилие событий разной степени тяжести, подарил нам всё-таки немало интересных мероприятий. Об одном из них - Международной конференции по информационным технологиям и техническим средствам управления (ИССТ-2022) мы и хотели бы рассказать. Эта конференция традиционно проводится в г. Астрахани. В 2022 году это была шестая конференция, что, согласитесь, уже можно считать традицией. Она проводилась в астраханский бархатный сезон - с 3 по 7 октября 2022 г. Основной рабочей площадкой (если не считать неформального общения, где обсуждаются самые острые научные проблемы) стал Астраханский государственный технический университет (АГТУ), его удобные конференц-залы, площадки для кофе-брейков и территория университетского кампуса. Конференция проводится АГТУ совместно с Институтом проблем управления им. В.А.Трапезникова РАН, НТЦ уникального приборостроения РАН, Институтом радиотехники и электроники имени В. А. Котельникова РАН и Московским энергетическим институтом. Такое взаимовыгодное сотрудничество позволяет привлечь как большое количество маститых ученых, можно сказать, «зубров» отечественной науки, так и молодых ученых, только еще «обкатывающих» свои передовые идеи. Для молодых ученых участие в ИССТ стало хорошей возможностью проявить себя, выделиться красотой идей, полетом фантазии, остротой темы. Но, с другой стороны, они могли услышать объективную критику и советы своих старших товарищей.

Конференция была посвящена техническим достижениям в области разработки и создания систем управления и автоматизации, научного приборостроения, связи, информационных технологий, биомедицине и целому ряду других направлений.

В этом году на конференции ИССТ-2022 работали такие секции как:

- Научное приборостроение в телекоммуникационных системах и системах управления. В нее вошли подсекции: «Физические устройства и методы», «Гиперспектральные и акустооптические методы, приборы и системы» и «Оптические приборы и методы»
- Биомедицинские информационные системы и биомедицинская информатика
- Аппаратно-программное обеспечение информационно- коммуникационных систем
- Техническая робототехника
- Надежность, диагностика и неразрушающий контроль
- Системы управления и автоматизации
- Цифровые экосистемы, управление производством и логистикой
- Методы математического моделирования физических процессов и материалов для инфокоммуникационных систем, в которую вошли подсекции «Материалы для инфокоммуникационных систем» и «Методы математического моделирования физических процессов в оптике и радиолокации. R-функции, атомарные функции, вейвлеты, фракталы и хаос»

Уже по обилию секций можно сказать, что конференция объединила ученых и инженеров с самыми различными профессиональными интересами. А грамотно составленный график их проведения позволял докладчикам не только поучаствовать в родной секции, но и посетить другие, задать острые вопросы, пользуясь своей ролью «дилетанта в этих вопросах». Такой подход обогатил всех участников знаниями, эмоциями и новыми знакомствами.

Пленарные доклады мы слушали в большом зале заседаний АГТУ. С приветственным словом к участникам конференции обратилась проректор по учебной работе АГТУ проф. Ирина Юрьевна Квятковская, немало сделавшая для того, чтобы конференция стала ежегодной, проводящейся на регулярной основе. Здесь надо

отметить поддержку университета, без которой это мероприятие не приобрело бы такой размах.



Приветственное слово проректора по учебной работе АГТУ проф. И.Ю. Квятковской

Не смотря на большую загруженность, в работе конференции принял участие и директор НТЦ уникального приборостроения РАН – проф. Марат Фатыхович Булатов.



Директор НТЦ уникального приборостроения РАН проф. М.Ф. Булатов

После пленарного заседания конференция продолжила работу по секциям. Конференция охватила широкий пласт вопросов — в ней обсуждались проблемы научного приборостроения, акустооптических методов и систем связи. Так например, живой интерес материаловедов вызвали доклады «Акустооптические свойства кубического кристалла KRS-5 и аморфных стекол на основе теллура», «Разработка тестового генератора для определения быстродействия микроструйных бистабильных элементов»; ученых, занимающихся оптикой — доклады «Особенности использования акустооптических фильтров во внеосевой многоволновой цифровой голографии», «Оптическая антенна с управляемой диаграммой направленности», «Акустооптическая пространственная фильтрация изображений в ячейках на основе двuosных кристаллов» и ряд других.



Работа одной из секций

Профессионалов в области биомедицинского приборостроения и информационных систем заинтересовали доклады «Обработка электрокардиографических сигналов с помощью нового метода, базирующегося на принципах вейвлет анализа и функциях Гаусса-Эрмита» Д.А. Балакина и «Тестирование и сравнение методов поиска связанности на моделях абсансной эпилепсии» А.А. Грищенко и И.В. Сысоева.



Докладчик – проф. И.В. Сысоев, Саратовский Государственный Университет им. Н.Г.Чернышевского

Все участники конференции, связанные с проблемами связи и телекоммуникаций, с удовольствием углубились в вопросы применения искусственного интеллекта в отрасли, ознакомившись с докладом «Нейросетевое кодирование в системах сжатия данных в каналах связи» А.А. Березкина, Д.С. Кукунина и Р.В. Киричека, а также прониклись проблемами преподавания отдельных дисциплин и инженерной подготовки студентов, заслушав доклад К.В. Перовой и О.Н. Пищина «Повышение эффективности

изучения проектирования радиорелейных систем»

Важным вопросом для живущих рядом с Каспием стали и вопросы экологии и технических средств ее мониторинга, поэтому астраханцев заинтересовали доклады «Дистанционный мониторинг загрязнений нефтепродуктами водоемов в видимом диапазоне с использованием БПЛА» и «Анализ методов оценки рисков аварийных ситуаций на установке каталитического риформинга». И это лишь малая толика, представленных на конференции докладов, в общей сложности их было более ста. География участников тоже поразила воображение, как пелось в известной песне «от Москвы до самых до окраин»; много было и иностранных участников из Вьетнама, Италии, республики Беларусь, Китая и других стран.

Хотелось бы отметить, что постыдное веяние времени, когда некоторые участники совсем не понимают сути собственного доклада, как будто бы видя свою презентацию впервые, а текст читают с листа, не коснулось конференции ICST-2022. И это не может не радовать.

Работа по секциям все дни конференции велась параллельно, поэтому приходилось выбирать на какие доклады необходимо обязательно сходить.

Для такой мощной конференции был задействован почти весь имеющийся в университете фонд конференц-залов. Работа одной из секций проходила в зале заседаний Учёного совета АГТУ.



Работа одной из секций в зале заседаний учёного совета

В течении всех дней работы конференции в перерывах между секциями были организованы, ставшие уже традиционными для таких мероприятий, кофе-брейки.

Для того чтобы участники конференции из разных секций познакомились друг с другом в более неформальной обстановке, после первого дня работы конференции провели общий фуршет.



Кофе-брейк



Фуршет

На время работы конференции был организован, можно сказать, еще один городской маршрут общественного транспорта, курсировавший утром и вечером по-новому для коренных жителей города маршруту: отель «Азимут» - Гранд отель – главный корпус АГТУ.



Раннее утро. Иногородные участники конференции, ждут утренний автобус



Утро – участники уже в главном корпусе АГТУ

В утреннем октябрьском тумане уже слышался гудок с территории астраханского завода стекловолокна, расположенного недалеко от главного корпуса АГТУ, возвещавший рабочим завода о новой трудовой смене. Участники конференции уже были на своих рабочих местах, в полной готовности к докладам, обсуждениям, ответам на острые вопросы.

После завершения работы конференции участники не остались, что называется, без «памятных призов». Авторам лучших докладов были вручены почетные грамоты.



Михаил Иванов – автор доклада об оптической антенне с управляемой диаграммой направленности (МЭИ)

Отдельно стоит остановиться на культурной программе для участников конференции. Она была не менее яркой и насыщенной, чем научная. Организаторы конференции решили не повторяться и отказались от традиционной экскурсии по городу, поскольку многие гости принимают участие в работе конференции уже не в первый раз. Постоянные участники ИССТ хорошо ориентируются на местности и могут сами провести экскурсию «новичкам» не только по центральной части города с великолепным астраханским кремлем и набережной реки Волги, но и по местным «злачным» туристическим местам – по центральному рынку «Большие Исады» и рыбному рынку «Селенские Исады». Оттуда гости города точно не уйдут не отоваренные местными рыбными и другими деликатесами. Вот и на этот раз «старожилы» конференции заманили «новичков» в туристическое «злачное место» - в один из рыбных ресторанчиков, где все вместе отведали астраханской рыбки, в разных исполнениях - от традиционной астраханской тройной ухи до жаренных сомиков и паровых котлет из сазана.

Культурная программа была обширной и многогранной, угодившей вкусам самой взыскательной публики. Из-за обилия культурных мероприятий было решено проводить по одному мероприятию после каждого дня работы конференции. Так участники конференции после одного из дней

работы побывали в Астраханском краеведческом музее.



В рыбном ресторанчике



В астраханском краеведческом музее

И здесь естественно тоже не обошлось без рыбы. В «рыбном» зале гостям была проведена экскурсия и рассказано о рыбных богатствах благодатного астраханского края.



В рыбном отделе краеведческого музея



Многометровая белуга, выловленная астраханскими рыбаками

Доказательством того, что астраханская земля во все времена была благодатным краем,

служит уникальная коллекция сарматского золота, которое до сих пор находят археологи под Астраханью, раскапывая древние курганы сарматских правителей. Гостям конференции была проведена уникальная экскурсия в кладовую сарматского золота, хранящегося в астраханском краеведческом музее.



Золото сарматов

Эрудированный экскурсовод рассказал гостям, не только о происхождении, быте и истории сарматских поселений на территории современной Астраханской области, но и что не маловажно, как сам в составе археологической экспедиции проводил раскопки сарматских курганов. Экскурсовод рассказал гостям, с какими неожиданными трудностями приходилось сталкиваться ему как археологу. Как неосознательный местный житель распилил и сдал на металлолом, найденный в земле уникальный бронзовый сарматский сосуд, как потом не пускал археологов на территорию свою участка проводить раскопки, как приходилось вести раскопки на участке этого расхитителя культурных ценностей под оцеплением наряда полиции.



Сарматский головной убор

После такого увлекательного рассказа, гости засыпали экскурсовода множеством вопросов, на которые он также увлеченно ответил.

И снова о рыбе. Культурная программа, также как и научная, предусматривала разделение по профессиональным интересам. Кому-то достаточно было поглазеть на вяленую мумию реликтовой рыбы в краеведческом музее, а кому-то она интересна живая, и собственноручно

пойманная, и чтобы обязательно руки пропахли свежей астраханской воблой. Поэтому для заядлых рыбаков организаторы конференции предусмотрели выезд на рыбалку. И погода в этот раз не подвела. Начало октября – бархатный астраханский сезон, было тихо, солнечно и около +20 градусов. Сплошная благодать!



Астраханская рыбалка

Еще одно культурное мероприятие, организованное в рамках работы ICST-2022 – это экскурсия в музей Курмангазы в село Алтынжар. Даже многие местные участники конференции с удивлением для себя открыли этот музей в степи и выдающегося казахского композитора Курмангазы Сагырбаева (1823 – 1896 гг.), автора такого яркого произведения как кюй «Кишкентай». Музей находится примерно в 90 км от Астрахани в селе Алтынжар, поэтому даже многие местные участники конференции побывали здесь впервые.



Участники конференции и казахский народный ансамбль

Участников конференции встречали в традиционных народных казахских костюмах, как самых дорогих гостей кайнарами и сладким чак-чаком.

Гости побывали в мавзолее Курмангазы, где опытный экскурсовод рассказал о жизни и творчестве народного казахского композитора.



Я и сам, в некотором роде, Курмангазы

национальном инструменте был сыгран не один праздничный кюй.



В казахской юрте



В мавзолее Курмангазы

Вопреки представлению многих, что ковры — это архаика, и являются интерьером исключительно «бабушатников», в музее Курмангазы показано, что это далеко не так. Ковры выполняют не только практическую функцию в быту казахов - оберегая юрту от морозов и зноя, но еще и несут эстетическое наслаждение и память о предках, являясь произведением искусства. В музее представлено несколько десятков таких ковров-портретов. Ну разве это не впечатляет?



Памятное фото на фоне мавзолея

Участники конференции также посетили экспозицию музея, посвященную истории и культуре астраханских казахов, истории Букеевского ханства, жизни и творческому наследию Курмангазы Сагырбаева.

В архитектурном плане весь музейный комплекс стилизован под большие белые юрты. И многие гости были просто изрядно поражены увиденным.



В музейном комплексе Курмангазы



Архитектура музея – большая юрта

Не обошлось без посещения и настоящей казахской юрты, которая также расположена на территории комплекса. Перед гостями на



Ковры ручной работы

Можно сказать, что музейный комплекс Курмангазы – это большое градообразующее предприятие села Алтынжар. Здесь также располагаются большой гостиничный комплекс для проживания многочисленных паломников и туристов, и собственный банкетный зал с шикарной национальной кухней. Гостям конференции удалось в этом лично убедиться.

Великолепно приготовленное казахское национальное блюдо – бешбармак, под виртуозно исполненные казахские народные мелодии и праздничные кюи, не оставило гостей равнодушными. Великолепная кухня и созданная здесь праздничная атмосфера способствовала не только выделению желудочного сока, но и расположила гостей к неформальному общению, что немаловажно на подобных мероприятиях.



Банкет с прослушиванием праздничного кюя

Казалось бы, на этом, культурно-развлекательную программу можно было и завершить, но организаторы конференции решили не останавливаться на достигнутом, и предложили после четвертого дня работы конференции всем желающим участникам провести товарищеский спортивный матч. Знаменитая фраза Пьера де Кубертена «О, спорт, ты мир!», до сих пор являющаяся девизом олимпийского движения, стала девизом и ICST-2022.

Давно ставшая обиходной фраза немецкого писателя Л. Фейхтвангера «Талантливые люди, талантливы во всём», доказала на этой конференции свою состоятельность. Существует расхожий образ ученого, как эдакого щедрого книжного червя. Так вот наши ученые его с легкостью развеяли - они оказались

не только сильны в научных диспутах, но проворны и ловки в спортивных играх. Впрочем, это и неудивительно – спорт и наука схожи в стремлении стать первыми.



Турнир по настольному теннису

Каждый желающий нашел себе игру по душе. Образовалось две группы – группа любителей индивидуального первенства и группа командной игры. Для первых возможностью проявить себя стал настольный теннис, а для вторых – конечно же футбол. Не надо думать, что участники конференции поиграли и разошлись. Всем победителям, как и положено на спортивных мероприятиях были вручены не только грамоты, но и спортивные кубки.



Турнир по футболу



Победители спортивных соревнований

К сожалению, многие иногородние участники разъехались по домам, не дождавшись последнего мероприятия конференции – Барбекю-пати, для которого был выделен полностью последний день конференции. И их можно понять – оторваться от дел почти на целую неделю под силу не каждому. Но те, кто

выдержали динамичный, почти космический ритм этой конференции были вознаграждены, и не только гастрономически.

Барбекю-пати прошло на базе отдыха с поэтичным названием «Елена». На мангале для гостей был приготовлен вкуснейший шашлык, было сказано немало тостов и выпито разнообразных напитков. Организаторам конференции было приятно услышать много теплых слов в свой адрес.



Барбекю-пати на базе отдыха

Погода была отличной, поэтому барбекю-пати плавно переместилось за пределы комфортабельного бунгало – на природу.

Петь песни под гитару в день перед расставанием уже стало традицией участников ИССТ. И в этот раз участники конференции не изменили ей. Тем более, ласковое октябрьское астраханское солнце и природные просторы к этому располагали.



Над водной гладью реки - Кривой Болды

Ученые, как оказалось, способны не только нырнуть «в омут формульных заносов», но и в прохладные октябрьские воды реки Кривая Болда. И самое главное, вынырнуть. Формул это, кстати, тоже касается.



Профессор И.Б. Куруза в священных водах Кривой Болды

Хорошая погода, солнце, шашлык и неформальная обстановка располагали к общению и продолжению обсуждения профессиональных проблем и вопросов.



И каждый смог найти себе собеседника по душе



Или спеть дуэтом

Но всё когда-нибудь заканчивается. Конференция подошла к своему завершению. И предстоящая грусть расставания не могла испортить хорошего настроения участникам конференции. Заряд позитива был получен на долгие зимние месяцы, чтобы в следующем году снова обогатиться профессиональными знаниями, и зарядится энергией творческого созидания на благодатной астраханской земле.



И в дороге с песней



Алексей Викторович Осовский – кандидат технических наук, доцент кафедры «Связь» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16. Email: a_osovskiy@mail.ru



Наталья Сергеевна Мальцева – кандидат технических наук, заместитель директора по учебно-методической работе института Информационных технологий и коммуникаций Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16. Email: maltsevans@mail.ru



Денис Валерьевич Кутузов – кандидат технических наук, доцент кафедры «Связь» Астраханского государственного технического университета, г. Астрахань, ул. Татищева, 16. Email: d_kutuzov@mail.ru

Статья поступила 29.12.2022

International Scientific Conference on Information, Control and Communication Technologies (ICCT-2022)

A.V. Osovskiy, N.S. Maltseva, D.V. Kutuzov,

Astrakhan State Technical University, Astrakhan, Russia

Abstract: The article presents a report on the Sixth International Conference on Information Technologies and Technical Control Tools (ICCT-2022), which was held at the Astrakhan State Technical University (ASTU) from October 3 to October 7, 2022. It was held by ASTU together with the Institute of Control Problems. V.A. Trapeznikov RAS, Scientific and Technical Center for Unique Instrumentation RAS, V. A. Kotelnikov Institute of Radio Engineering and Electronics RAS and Moscow Power Engineering Institute. The article provides an overview of sections, areas of work, the most interesting reports and discussions. Statistical data on the conference are given and the main trends in research in the field of information technology and technical controls are identified.

Keywords: ICCT, conference, professional meeting, networking, scientific publication.



Alexey V. Osovskiy is Cand. of Tech. Science, Asst. Prof. Of "Communications" Dept., Astrakhan State Technical University, Astrakhan, 16 Tatisheva Str.

Email: a_osovskiy@mail.ru



Denis V. Kutuzov is Cand. of Tech. Science, Asst. Prof. Of "Communications" Dept., Astrakhan State Technical University, Astrakhan, 16 Tatisheva Str. Email:

d_kutuzov@mail.ru



Nataliya S. Maltseva is Cand. of Tech. Science, Asst. Director in Education of the Institute of Informatics and Communications. Astrakhan State Technical University, Astrakhan, 16 Tatisheva Str. Email: maltsevans@mail.ru

The paper has been received on 29/12/2022

Content

Common Information about the Journal A&SE (In Russian)	3
Common Information about the Journal A&SE (In English)	7
Canonical Analysis of the Seismic Attributes in Statistica Software for Evaluating of Petrophysical Properties of Collectors for the Tomsk Region Deposit M.M. Amani, O.V. Stukach	10
Mathematical Tool for Determining the Causes of Possible Damages of Cable Lines Kravchenko M.V., Daliev Kh.S., Kuldashov O.Kh.	20
Evaluation of the Zone of Reliable Reception in the Network of Digital Terrestrial Television Broadcasting on the Example of the Astrakhan Television Center D.R. Aymuhamedov, D.V. Kutuzov, A.V. Osovskiy, N.S. Maltseva, R.M. Bakalaeva	24
An Experiment to Measure the Observed Rate of a Moving Clock Team of authors	41
International Siberian Conference on Control and Communications SIBCON-2022 O.V. Stukach	80
Review of Intensively Developing Researches of Foreign Photonics and Electronics V.A. Zhmud, A.V. Liapidevskiy	89
International Scientific Conference on Information, Control and Communication Technologies (ICCT-2022) A.V. Osovskiy, N.S. Maltseva, D.V. Kutuzov	123
Content	132

ISSN 2312-4997



ISSN 2312-4997 for paper version

ISSN 2619-0028 for of English online pdf-version

ISSN 2618-7558 for electronic Russian pdf-version