

АКТУАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

ISSN 2713-1513



#25 (260), 2025

часть I

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2025 • № 25 (260)

Часть I

Издается с ноября 2019 года

Выходит еженедельно

ISSN 2713-1513

Главный редактор: Ткачев Александр Анатольевич, канд. социол. наук

Ответственный редактор: Ткачева Екатерина Петровна

Статьи, поступающие в редакцию, рецензируются.
За достоверность сведений, изложенных в статьях, ответственность несут авторы.
Мнение редакции может не совпадать с мнением авторов статей.
При использовании и заимствовании материалов ссылка на издание обязательна.
Материалы публикуются в авторской редакции.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Абдуллин Тимур Zufарович, кандидат технических наук (Высokотехнологический научно-исследовательский институт неорганических материалов имени академика А. А. Бочвара)

Абидова Гулмира Шухратовна, доктор технических наук, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Альборад Ахмед Абуди Хусейн, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Аль-бутбахак Башшар Абуд Фадхиль, преподаватель, PhD, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Альхаким Ахмед Кадим Абдуалкарем Мухаммед, PhD, доцент, Член Иракской Ассоциации спортивных наук (Университет Куфы, Ирак)

Асаналиев Мелис Казыкеевич, доктор педагогических наук, профессор, академик МАНПО РФ (Кыргызский государственный технический университет)

Атаев Загир Вагитович, кандидат географических наук, проректор по научной работе, профессор, директор НИИ биогеографии и ландшафтной экологии (Дагестанский государственный педагогический университет)

Бафоев Феруз Муртазоевич, кандидат политических наук, доцент (Бухарский инженерно-технологический институт)

Гаврилин Александр Васильевич, доктор педагогических наук, профессор, Почетный работник образования (Владимирский институт развития образования имени Л.И. Новиковой)

Галузо Василий Николаевич, кандидат юридических наук, старший научный сотрудник (Научно-исследовательский институт образования и науки)

Григорьев Михаил Федосеевич, доктор сельскохозяйственных наук (Кузбасский государственный аграрный университет имени В.Н. Полецкого)

Губайдуллина Гаян Нурахметовна, кандидат педагогических наук, доцент, член-корреспондент Международной Академии педагогического образования (Восточно-Казахстанский государственный университет им. С. Аманжолова)

Ежкова Нина Сергеевна, доктор педагогических наук, профессор кафедры психологии и педагогики (Тульский государственный педагогический университет им. Л.Н. Толстого)

Жилина Наталья Юрьевна, кандидат юридических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Ильина Екатерина Александровна, кандидат архитектуры, доцент (Государственный университет по землеустройству)

Каландаров Азиз Абдурахманович, PhD по физико-математическим наукам, доцент, проректор по учебным делам (Гулистанский государственный педагогический институт)

Карпович Виктор Францевич, кандидат экономических наук, доцент (Белорусский национальный технический университет)

Кожевников Олег Альбертович, кандидат юридических наук, доцент, Почетный адвокат России (Уральский государственный юридический университет)

Колесников Александр Сергеевич, кандидат технических наук, доцент (Южно-Казахстанский университет им. М. Ауэзова)

Копалкина Евгения Геннадьевна, кандидат философских наук, доцент (Иркутский национальный исследовательский технический университет)

Красовский Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук, профессор, член-корреспондент РАЕН и АИН (Уральский технический институт связи и информатики)

Кузнецов Игорь Анатольевич, кандидат медицинских наук, доцент, академик международной академии фундаментального образования (МАФО), доктор медицинских наук РАГПН, профессор, почетный доктор наук РАЕ, член-корр. Российской академии медико-технических наук (РАМТН) (Астраханский государственный технический университет)

Литвинова Жанна Борисовна, кандидат педагогических наук (Кубанский государственный университет)

Мамедова Наталья Александровна, кандидат экономических наук, доцент (Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова)

Мукий Юлия Викторовна, кандидат биологических наук, доцент (Санкт-Петербургская академия ветеринарной медицины)

Никова Марина Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Московский государственный областной университет (МГОУ))

Насакаева Бакыт Ермекбайкызы, кандидат экономических наук, доцент, член экспертного Совета МОН РК (Карагандинский государственный технический университет)

Олешкевич Кирилл Игоревич, кандидат педагогических наук, доцент (Московский государственный институт культуры)

Попов Дмитрий Владимирович, доктор филологических наук (DSc), доцент (Андижанский государственный институт иностранных языков)

Пятаева Ольга Алексеевна, кандидат экономических наук, доцент (Российская государственная академия интеллектуальной собственности)

Редкоус Владимир Михайлович, доктор юридических наук, профессор (Институт государства и права РАН)

Самович Александр Леонидович, доктор исторических наук, доцент (ОО «Белорусское общество архивистов»)

Сидикова Тахира Далиевна, PhD, доцент (Ташкентский государственный транспортный университет)

Таджибоев Шарифджон Гайбуллоевич, кандидат филологических наук, доцент (Худжандский государственный университет им. академика Бободжона Гафурова)

Тихомирова Евгения Ивановна, доктор педагогических наук, профессор, Почётный работник ВПО РФ, академик МААН, академик РАЕ (Самарский государственный социально-педагогический университет)

Хаитова Олмахон Саидовна, кандидат исторических наук, доцент, Почетный академик Академии наук «Турон» (Навоийский государственный горный институт)

Цуриков Александр Николаевич, кандидат технических наук, доцент (Ростовский государственный университет путей сообщения (РГУПС))

Чернышев Виктор Петрович, кандидат педагогических наук, профессор, Заслуженный тренер РФ (Тихоокеанский государственный университет)

Шаповал Жанна Александровна, кандидат социологических наук, доцент (Белгородский государственный национальный исследовательский университет)

Шошин Сергей Владимирович, кандидат юридических наук, доцент (Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского)

Эшонкулова Нуржахон Абдужабборовна, PhD по философским наукам, доцент (Навоийский государственный горный институт)

Яхшиева Зухра Зиятовна, доктор химических наук, доцент (Джиззакский государственный педагогический институт)

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

Nguyen Thi Ngoc Tu, Nguyen Duy Phuong

THE EVOLUTION AND APPLICATIONS OF DATA SCIENCE: EDUCATION, TRENDS AND BUSINESS IMPACTS	6
--	---

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Баранов Е.Н., Топычканов Д.Г., Дураков В.В., Яцкин А.М.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИАГНОСТИКИ В РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ	12
--	----

Баранов Е.Н., Топычканов Д.Г., Дураков В.В., Яцкин А.М.

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ	15
--	----

Ищенко А.Й.

УСИЛЕНИЕ ЭМОЦИЙ: ВЛИЯНИЕ АЭРОВИДЕОСЪЕМКИ НА СВАДЕБНОЕ КИНОПРОИЗВОДСТВО.....	17
---	----

Рысин А.В.

ОПТИМИЗАЦИЯ РАДИО-МОДУЛЯ ПО КОНСТРУКЦИИ, ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЕ, ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ С УЧЁТОМ ТРЕБОВАНИЙ ИМПОРТНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ.....	34
--	----

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Vu Van Dinh, Lương Thanh Tâm

IMPACT AND APPLICATIONS OF LARGE LANGUAGE MODELS (LLMS).....	72
--	----

Бугров К.В.

ИИ-АССИСТЕНТЫ В РАБОТЕ ПРОГРАММИСТА: ЦЕННЫЙ ПОМОЩНИК ИЛИ СКРЫТАЯ УГРОЗА?	77
--	----

Галанов С.А., Самуйленко Н.С., Стремоухов Ю.К.

ВИДЫ ПРОТОКОЛОВ СВЯЗИ УМНОГО ДОМА И ИХ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА.....	79
--	----

Комардин С.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА (NLP) И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ ГРАЖДАН В СИСТЕМЕ МУНИЦИПАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	83
---	----

Комардин С.В., Торкунова Ю.В.

НЕЙРОЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОЦМЕДИА КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДОЙ В СИСТЕМЕ МУНИЦИПАЛИТЕТА	88
--	----

Петрова К.А.

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ.....	93
--	----

Сиротинин Д.Д.	
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ И ЗАРУБЕЖНЫХ АНАЛОГОВ	97
Сиротинин Д.Д.	
ТРЕБОВАНИЯ К ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОМУ УСИЛИТЕЛЮ ЗВУКОВЫХ ЧАСТОТ С ЭКВАЛАЙЗЕРОМ ДЛЯ СРЕДНЕГАБАРИТНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ.....	101
Скоробогатых Д.С., Тимирова Е.А.	
NFC-МЕТКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПЕРАТИВНОГО ДОСТУПА К ТЕХНИЧЕСКОЙ И КЛИНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ: ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВЫ	105
Цховребов М.Р.	
ИНТЕГРАЦИЯ АНАЛИЗА СЕНТИМЕНТА В АВТОНОМНУЮ ТОРГОВУЮ СИСТЕМУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ FINBERT.....	108
Цховребов М.Р.	
РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ АВТОНОМНОЙ ТОРГОВОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ LSTM ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЦЕН ФЬЮЧЕРСОВ	112

МАТЕМАТИКА

Nguyen Thi Ngoc Tu

Candidate of Technical Sciences, Lecturer,
Electric Power University, Vietnam, Hanoi

Nguyen Duy Phuong

Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Lecturer,
Academy of National Security, Vietnam, Hanoi

THE EVOLUTION AND APPLICATIONS OF DATA SCIENCE: EDUCATION, TRENDS AND BUSINESS IMPACTS

Abstract. Data Science is an interdisciplinary field that combines scientific methods, statistics, and computer technology to analyze structured and unstructured data for data-driven decision making. Notable applications include customer behavior analysis, supply chain optimization, fraud detection, and market forecasting. Current trends include TinyML, Edge Computing, AutoML, and cloud computing. Modern data science education integrates mathematics, programming, cloud computing, and data ethics, helping students master skills such as modeling, visualization, and building AI systems. As data continues to grow exponentially, data science is becoming a strategic tool, not only in business but also in healthcare, public policy, and manufacturing.

Keywords: data science, machine learning, data ethics, predictive analytics.

1. Overview of Data Science as an Interdisciplinary Field

Data Science is an interdisciplinary domain that merges scientific methods, statistical modeling, and advanced computing technologies to extract, process, and interpret meaningful information from both structured and unstructured data sources. Often referred to as the "secret weapon" of modern enterprises, data science empowers organizations to make informed, data-driven decisions, reduce operational risks, uncover hidden patterns, and drive performance optimization across a wide range of industries. The increasing volume, velocity, and variety of data generated in today's digital ecosystem have elevated data science from a niche technical specialty to a cornerstone of strategic business and scientific innovation.

At its core, data science encompasses multiple interconnected stages of analysis. The first stage, **data mining**, focuses on discovering patterns, trends, and anomalies within raw datasets using statistical tools and machine learning algorithms. This process enables practitioners to identify

relevant variables, reduce dimensionality, and prepare the data for deeper analysis. Next, **data analytics** involves organizing, summarizing, and visualizing the data to generate operational and strategic insights. Descriptive analytics highlights past behaviors, while diagnostic analytics uncovers root causes behind trends and outcomes. Finally, **data analysis**, in its advanced form, dives deeper into interpreting cleaned and structured data, often applying inferential statistics, predictive modeling, and causal inference to extract actionable business knowledge or scientific conclusions. These stages are typically iterative, with feedback loops that refine models and improve overall accuracy.

Modern academic programs in data science are designed to equip students with a well-rounded blend of theoretical knowledge and practical skill-sets. The curriculum typically spans several key domains. **Mathematics and statistics** form the foundation, with topics such as linear algebra, calculus, probability theory, hypothesis testing, and statistical inference playing a critical role in modeling data and evaluating results. **Computer**

science components focus on programming (often in Python, R, or SQL), software development, data structures, algorithms, and database management, all of which are essential for processing and managing large-scale datasets. Increasingly, **cloud computing** and **distributed systems** such as Hadoop and Spark are also taught to prepare students for real-world big data challenges.

Another critical component of modern data science education is **ethics, theory, and philosophy**. As AI systems and predictive models are deployed in sensitive fields like healthcare, finance, and criminal justice, understanding the ethical implications of data usage has become indispensable. Topics such as algorithmic bias, data privacy, transparency, and fairness are integrated into coursework to ensure that future data scientists uphold responsible data practices. Students are encouraged to critically examine how data is collected, labeled, and interpreted, and to apply logical reasoning when designing and evaluating models that may impact individuals and society at large.

Graduates of data science programs are well-prepared for diverse and high-impact roles. They are trained not only to explore and analyze complex datasets but also to build and validate predictive models, implement AI-powered systems, and communicate insights to both technical and non-technical stakeholders. Career paths span a broad spectrum of industries including finance (e.g., algorithmic trading, credit risk modeling), healthcare (e.g., medical diagnostics, patient outcome prediction), e-commerce (e.g., recommendation systems, customer segmentation), manufacturing (e.g., predictive maintenance), and public policy (e.g., economic modeling, urban planning). As digital transformation accelerates globally, the demand for data science professionals continues to surge, underscoring the importance of this discipline in addressing contemporary challenges and unlocking future innovations.

2. Current Status and Emerging Trends in Data Science

Data science continues to play a pivotal role in the global digital transformation landscape, with its influence growing across all sectors of the economy. The demand for data professionals – such as data analysts, data engineers, machine learning specialists, and AI researchers – has risen dramatically in both developed and emerging markets. In Vietnam, for instance, data-related job postings

have reportedly grown by 25% annually, as indicated by VietnamWorks. This trend mirrors the global surge in demand, driven by businesses' increasing reliance on data to gain competitive advantage, enhance decision-making, and streamline operations. As we move into 2024 and beyond, several key technological and strategic trends are shaping the future of data science.

One major trend is the development and deployment of **TinyML (Tiny Machine Learning)** and **Edge Computing**. Unlike traditional AI models that require extensive computational resources and cloud infrastructure, TinyML allows for lightweight machine learning models to run directly on edge devices such as smartphones, smart sensors, and embedded IoT systems. This advancement supports faster, decentralized data processing, reducing latency and improving real-time responsiveness. It is particularly impactful in sectors such as manufacturing, healthcare, and agriculture, where edge devices can process data locally without relying on cloud connectivity.

Another notable trend is the increasing emphasis on **data-driven customer experience**. Organizations are using massive datasets to personalize interactions, recommend products, and predict customer needs with greater precision. AI-powered chatbots, for example, now provide real-time customer support, while in-store behavior analytics – using sensors and computer vision – help retailers optimize store layouts and product placement. The ability to anticipate customer behavior and respond dynamically enhances customer satisfaction and drives loyalty.

In addition, **data visualization** has become a vital tool in democratizing data access. Modern visualization platforms like Tableau, Power BI, and Looker enable non-technical stakeholders to interact with complex datasets through dashboards, charts, and interactive interfaces. These tools transform raw data into actionable insights and support data-informed decisions across departments, from marketing and sales to operations and finance. The focus on visual storytelling also encourages a more data-literate workforce, where data interpretation is no longer restricted to technical roles.

The **scalability of AI infrastructure** is another pressing concern, as businesses grapple with the exponential growth of data from sensors, digital transactions, and online interactions. Organizations are investing in scalable, cloud-native

architectures that can handle large-scale storage and computation. Open-source tools like Kubernetes and data pipeline frameworks such as Apache Spark and Airflow are increasingly used to orchestrate complex workflows. Cloud platforms like AWS, Google Cloud, and Azure provide managed services for AI model training, inference, and data storage, which lowers the barrier to entry for businesses of all sizes.

The rise of **AutoML (Automated Machine Learning)** is further democratizing data science by enabling non-experts to develop and deploy machine learning models without extensive programming or statistical knowledge. AutoML platforms can automatically select features, optimize hyperparameters, and evaluate model performance, making advanced analytics more accessible to a broader audience. This accelerates the development lifecycle and reduces dependency on scarce data science talent.

Furthermore, the adoption of **cloud-based data platforms** continues to accelerate, with services like Amazon Aurora, Google Spanner, and Snowflake leading innovations in scalable, distributed databases. These platforms offer high availability, strong security, and the ability to process both structured and unstructured data, supporting real-time analytics and business intelligence applications.

Finally, as the data ecosystem evolves, so too does the importance of **data ethics, privacy, and cybersecurity**. With increasing public concern over how data is collected, stored, and used, companies are under growing pressure to comply with global regulations such as GDPR (General Data Protection Regulation) and Vietnam's Law on Cybersecurity. Ethical concerns surrounding algorithmic bias, data ownership, and surveillance are prompting organizations to develop transparent data governance frameworks and adopt privacy-preserving techniques such as federated learning and differential privacy.

In conclusion, data science is undergoing rapid transformation, driven by technological advancements, evolving business needs, and heightened societal expectations. To remain competitive and responsible in this dynamic environment, organizations must not only adopt the latest tools and platforms but also cultivate a culture of ethical, data-driven innovation.

3. Applications of Data Science in Economics and Business

Data science has emerged as a transformative force across various sectors, particularly in economics and business. With the exponential growth in data availability and computational capabilities, organizations are increasingly leveraging data-driven approaches to improve operational efficiency, gain competitive advantages, and foster innovation. The integration of artificial intelligence (AI), machine learning (ML), and cloud computing further enhances the power of data science, enabling real-time analysis, scalable systems, and predictive capabilities that were previously unattainable. This section explores some of the key applications of data science in economic and business contexts, highlighting how these technologies are shaping the future of decision-making and strategic planning.

Customer Behavior Analysis

One of the most prominent applications of data science in business is understanding customer behavior. By collecting and analyzing data from sources such as transaction histories, social media, website interactions, and customer feedback, businesses can gain deep insights into consumer preferences, habits, and expectations. Machine learning algorithms are employed to segment customers based on their purchasing patterns, demographic attributes, or lifestyle indicators. These insights help businesses personalize their marketing campaigns, optimize pricing strategies, and tailor product recommendations. For instance, e-commerce platforms use recommendation engines powered by collaborative filtering and content-based algorithms to suggest products that are most likely to appeal to individual users. Moreover, sentiment analysis applied to customer reviews and social media posts enables companies to gauge public perception in real time, allowing them to promptly address concerns or capitalize on emerging trends.

Inventory Optimization and Supply Chain Management

Effective inventory management is critical for minimizing costs and ensuring product availability. Data science enables businesses to forecast demand with high accuracy by analyzing historical sales data, market trends, seasonal factors, and external variables such as weather conditions or economic indicators. Predictive analytics models, such as time series forecasting or regression

analysis, help determine optimal stock levels, reorder points, and safety stock requirements. Furthermore, data science facilitates dynamic supply chain optimization by monitoring real-time logistics data, supplier performance, and delivery timelines. Advanced optimization algorithms can simulate various supply chain scenarios to identify the most cost-effective and resilient strategies. For example, retailers can use demand sensing models to adjust their inventory in near real-time based on current market conditions, significantly reducing stockouts and excess inventory.

Fraud Detection and Risk Management

Data science plays a vital role in enhancing the security and integrity of financial transactions through fraud detection systems. Financial institutions and online platforms employ anomaly detection techniques to identify irregularities that may indicate fraudulent behavior. These models analyze large volumes of transaction data to establish baseline behaviors for users and flag deviations that warrant further investigation. For instance, a sudden high-value transaction from a new location may trigger an alert in a bank's fraud detection system. Machine learning models such as random forests, support vector machines, or neural networks are commonly used to improve the accuracy and speed of fraud detection. In addition, data science supports broader risk management efforts by assessing creditworthiness, predicting loan defaults, and evaluating market risks. Financial institutions utilize credit scoring models based on customer financial history, social behavior, and economic conditions to make informed lending decisions.

Market Forecasting and Strategic Planning

Another critical area where data science demonstrates its value is in market forecasting. Businesses and policymakers rely on data-driven models to anticipate changes in consumer demand, economic performance, and competitive dynamics. Time series analysis, econometric modeling, and ML-based forecasting tools are used to analyze financial statements, purchasing trends, macroeconomic indicators, and geopolitical events. These insights inform decisions related to investment, expansion, pricing, and resource allocation. For example, retailers can predict which products will be in demand during upcoming seasons, allowing them to adjust marketing campaigns and production schedules accordingly. In the financial sector, algorithmic trading systems

utilize real-time data and predictive models to make split-second investment decisions. Moreover, governments and international organizations use data science techniques to simulate the impact of economic policies, model unemployment rates, and track inflation trends, thereby improving the quality of public decision-making.

Personalized Customer Experiences and Digital Transformation

Data science also enables the creation of highly personalized user experiences, which are now a key differentiator in competitive markets. Through the integration of AI and ML into digital platforms, companies can adapt their interfaces, product offerings, and communications in real time based on user interactions. For instance, streaming services like Netflix or Spotify use deep learning models to curate personalized content playlists, while financial apps provide individualized savings advice based on users' spending behaviors. The digital transformation of traditional businesses is heavily supported by cloud-based data architectures that allow organizations to store, process, and analyze massive datasets without investing heavily in physical infrastructure. This scalability empowers even small and medium-sized enterprises to leverage big data analytics and compete with larger corporations.

Operational Efficiency and Automation

Data science contributes to operational excellence by automating repetitive processes and optimizing resource utilization. In manufacturing, predictive maintenance models analyze sensor data to anticipate equipment failures before they occur, reducing downtime and repair costs. In human resources, data analytics is used to streamline recruitment by screening resumes, predicting employee performance, and enhancing workforce planning. Business process automation through robotic process automation (RPA) combined with intelligent decision systems allows companies to handle routine tasks – such as invoicing, customer support, or data entry – more efficiently and with fewer errors. These improvements not only lower operational costs but also free up human resources for more strategic, creative, and high-value tasks.

To summarize data science has become an indispensable tool for modern economics and business. Its applications span customer insights, supply chain optimization, fraud detection, financial forecasting, and digital innovation. The fusion of data science with AI, ML, and cloud computing

allows for more agile, informed, and scalable business strategies. As the amount and complexity of data continue to grow, organizations that can effectively harness data science will be better positioned to thrive in a dynamic and competitive global economy. Moreover, the ethical and strategic use of data will be critical in ensuring sustainable and inclusive economic development, making data science not only a technological asset but also a strategic imperative in the 21st century.

4. Conclusion

Data Science is a transformative discipline that empowers organizations to make smarter decisions and gain competitive advantages. Its educational framework fosters analytical thinking and technical expertise, while its evolving trends adapt to emerging technological landscapes. The diverse applications in business and economics underline its vital role in shaping a data-driven future. As the volume and complexity of data continue to grow, investment in data science capabilities becomes a strategic imperative for modern enterprises.

Funding

This research is funded by Electric Power University under research 2025.

References

1. James G., Witten D., Hastie T., Tibshirani R. (2013). *An Introduction to Statistical Learning*. Springer.
2. Golemund G., Wickham H. (2017). *R for Data Science*. O'Reilly.
3. Géron A. (2019). *Hands-On Machine Learning with Scikit-Learn, Keras & TensorFlow*. O'Reilly.
4. Mittelstadt B., Allo P., Taddeo M., Wachter S., Floridi L. (2016). The ethics of algorithms: Mapping the debate. *«Big Data & Society»*, 3(2).
5. Knaflitz C.N. (2015). *Storytelling with Data: A Data Visualization Guide for Business Professionals*. Wiley.
6. Conway D. (2010). The Data Science Venn Diagram. Retrieved from <https://drewconway.com>.
7. World Economic Forum. (2023). *Future of Jobs Report*. Geneva: WEF.
8. Warden P. (2020). *TinyML: Machine Learning with TensorFlow Lite on Arduino and Ultra-Low-Power Microcontrollers*. O'Reilly.
9. OpenAI. (2023). *GPT-4 Technical Report*. arXiv.
10. Gartner. (2023). *Top Strategic Technology Trends*.
11. Gilpin L.H., Bau D., Yuan B.Z., Bajwa A., Specter M., Kagal L. (2018). Explaining explanations: An overview of interpretability of machine learning. In *«Proceedings of ICML 2018»*.
12. European Commission. (2024). *Artificial Intelligence Act*.
13. Gartner. (2024). *Hype Cycle for Emerging Technologies*.
14. Kumar V., Aksoy L., Donkers B., Venkatesan R., Wiesel T., Tillmanns S. (2019). Predictive marketing. *«Harvard Business Review»*.
15. Silver E.A., Pyke D.F., Peterson R. (1998). *Inventory Management and Production Planning and Scheduling*. Wiley.
16. Ngai E.W.T., Hu Y., Wong Y.H., Chen Y., Sun X. (2011). The application of data mining techniques in financial fraud detection. *«Decision Support Systems»*, 50(3), P. 559-569.
17. Cappelli P. (2019). *Talent on Demand: Managing Talent in an Age of Uncertainty*. Harvard Business Review Press.
18. Beam A.L., Kohane I.S. (2018). Big data and machine learning in health care. *«JAMA»*, 319(13), P. 1317-1318.
19. McKinsey & Company. (2022). *«AI in Retail: Case Studies and Strategy»*. Retrieved from <https://www.mckinsey.com>.

Нгуен Тхи Нгок Ту

кандидат технических наук, преподаватель,
Электроэнергетический университет, Вьетнам, г. Ханой

Нгуен Зуй Фуонг

кандидат физико-математического наук, преподаватель,
Академия народной безопасности, Вьетнам, г. Ханой

ЭВОЛЮЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ НАУКИ О ДАННЫХ: ОБРАЗОВАНИЕ, ТЕНДЕНЦИИ И ВЛИЯНИЕ НА БИЗНЕС

Аннотация. Наука о данных – это междисциплинарная область, которая объединяет научные методы, статистику и компьютерные технологии для анализа структурированных и неструктурированных данных для принятия решений на основе данных. Известные приложения включают анализ поведения клиентов, оптимизацию цепочки поставок, обнаружение мошенничества и прогнозирование рынка. Текущие тенденции включают TinyML, Edge Computing, AutoML и облачные вычисления. Современное образование в области науки о данных объединяет математику, программирование, облачные вычисления и этику данных, помогая студентам овладеть такими навыками, как моделирование, визуализация и создание систем искусственного интеллекта. Поскольку данные продолжают расти экспоненциально, наука о данных становится стратегическим инструментом не только в бизнесе, но и в здравоохранении, государственной политике и производстве.

Ключевые слова: наука о данных, машинное обучение, этика данных, предиктивная аналитика.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

БАРАНОВ Евгений Николаевич

преподаватель, Валуйский индустриальный техникум, Россия, г. Валуйки

ТОПЫЧКАНОВ Дмитрий Геннадьевич

преподаватель, Валуйский индустриальный техникум, Россия, г. Валуйки

ДУРАКОВ Владимир Владимирович

преподаватель, Валуйский индустриальный техникум, Россия, г. Валуйки

ЯЦКИН Алексей Матвеевич

преподаватель, Валуйский индустриальный техникум, Россия, г. Валуйки

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ ДИАГНОСТИКИ В РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация. В статье рассматривается роль компьютерной диагностики в современном ремонте автомобилей, подчеркивая её значимость для точного выявления неисправностей и повышения качества обслуживания. Применение специализированных диагностических инструментов позволяет механикам быстро получать информацию о состоянии различных систем автомобиля, таких как двигатели, трансмиссии, системы безопасности и электроника. Описываются основные преимущества компьютерной диагностики, включая сокращение времени диагностики, улучшение эффективности ремонта и уменьшение затрат на обслуживание. Также исследуются современные тенденции в области диагностики, такие как развитие технологий телематики и интеграция с мобильными приложениями. В заключение статья акцентирует внимание на необходимости постоянного обновления знаний специалистов и внедрения новых технологий в процессе диагностики и ремонта автомобилей для обеспечения высокого уровня безопасности и надежности транспортных средств.

Ключевые слова: компьютерная диагностика, автомобили, неисправности, ремонт, диагностические инструменты, электроника автомобиля, эффективность, безопасность, телекоммуникации, технологии, системы автомобиля, обслуживание, механики, современные тенденции, мобильные приложения.

Современные автомобили становятся всё более сложными и технически продвинутыми. С увеличением количества электронных систем и разнообразия датчиков диагностика проблем с автомобилем становится необходимым этапом в процессе ремонта. Компьютерная диагностика автомобилей играет ключевую роль в этом процессе, позволяя ускорить и повысить точность выявления неисправностей.

Компьютерная диагностика – это метод проверки состояния автомобиля с помощью специальных программ и оборудования, позволяющих считывать данные с электронных блоков управления (ЭБУ). Эти блоки отвечают за управление различными системами

автомобиля, такими как двигатель, трансмиссия, ABS, подушки безопасности и др.

Роль компьютерной диагностики в современном ремонте автомобилей очень важна. Она позволяет быстро и точно выявлять неисправности, экономить время и деньги, а также повышать качество обслуживания. Компьютерная диагностика помогает определить причины проблем с двигателем, трансмиссией, электроникой и другими системами, что способствует более эффективному ремонту и профилактике поломок.

Современные диагностические устройства могут быстро сканировать автомобиль и предоставлять выводы о состоянии различных

систем. Это важно для быстрого обслуживания клиентов в автосервисах.

Основные преимущества компьютерной диагностики автомобилей включают:

- Быстрая и точная диагностика неисправностей.
- Возможность выявления скрытых проблем, которые трудно обнаружить визуально.
- Снижение времени на ремонт и обслуживание;
- Повышение точности при определении причин поломок;
- Возможность мониторинга состояния систем в реальном времени;
- Предотвращение серьезных поломок и увеличение ресурса автомобиля;
- Удобство и простота использования для специалистов.

С помощью компьютерной диагностики можно не только находить ошибки, но и следить за работой блоков управления в реальном времени. Это позволяет выявить нестандартные ситуации, которые могут привести к поломкам.

Многие современные системы требуют регулярного обновления программного обеспечения, и компьютерная диагностика даёт возможность делать это в ходе обслуживания автомобиля.

Порядок проведения компьютерной диагностики:

1. Подключение диагностического оборудования: специалист подключает сканер к разъему OBD-II, который обычно находится под рулевой колонкой.
2. Считывание кодов ошибок: диагностический сканер считывает коды ошибок, хранящиеся в ЭБУ автомобиля.
3. Анализ полученных данных: сервисный специалист анализирует полученные коды и проводит визуальный осмотр автомобиля для подтверждения или опровержения выявленных неисправностей.
4. Рекомендации по ремонту: на основе собранной информации специалист формирует рекомендации по необходимым ремонтным работам.

Использование компьютерной диагностики в ремонте автомобилей стало стандартом в современных автосервисах. Этот метод позволяет значительно повысить качество обслуживания, сократить время на диагностику и устранение неисправностей. В условиях растущей сложности автомобильных технологий необходимость в квалифицированных специалистах лишь возрастает, что делает специальное обучение и сертификацию специалистов особенно важными.

Таким образом, компьютерная диагностика – это важный инструмент, который помогает обеспечить безопасность и надежность автомобилей, обеспечивая как владельцев, так и специалистов автомобильного сервиса эффективными решениями для обслуживания транспортных средств.

Литература

1. Бабурин А.И. (2020). Основы автомобильной электроники и компьютерной диагностики. Москва: Автодор-Пресс.
2. Середа В.П. (2019). Современные технологии диагностики автомобилей. Санкт-Петербург: Политехника.
3. Евдокимов С.Н. (2021). Ремонт и обслуживание автомобилей: учебное пособие. Екатеринбург: Уральское издательство.
4. Лебедев Д.А. (2018). Компьютерная диагностика: от теории к практике. Москва: Машиностроение.
5. Васильев Н.И. (2022). Электронные системы автомобилей: диагностика и обслуживание. Новосибирск: Наука.
6. Шевченко О.В. (2023). Диагностика автомобилей на основе OBD-II: методические рекомендации. Казань: ТехноЛогия.
7. Кузнецов Р.Б. (2020). Автодиагностика: современные подходы и технологии. Москва: Современные технологии.
8. Жданов Е.М., Тимофеев Л.С. (2021). Автомобильная электроника: диагностика и ремонт. Ростов-на-Дону: ЮФУ.
9. Громов А.А. (2019). Исследование методов компьютерной диагностики автомобилей. Вестник автомобильной науки, № 12(3), С. 45-53.

BARANOV Evgeny Nikolaevich

Lecturer, Valuysky Industrial College, Russia, Valuyki

TOPYCHKANOV Dmitry Gennadievich

Lecturer, Valuysky Industrial College, Russia, Valuyki

DURAKOV Vladimir Vladimirovich

Lecturer, Valuysky Industrial College, Russia, Valuyki

YATSKIN Alexey Matveyevich

Lecturer, Valuysky Industrial College, Russia, Valuyki

THE USE OF COMPUTER DIAGNOSTICS IN CAR REPAIR

Abstract. *The article examines the role of computer diagnostics in modern car repair, emphasizing its importance for accurate troubleshooting and improving the quality of service. The use of specialized diagnostic tools allows mechanics to quickly obtain information about the condition of various vehicle systems, such as engines, transmissions, safety systems, and electronics. The main advantages of computer diagnostics are described, including reducing diagnostic time, improving repair efficiency, and reducing maintenance costs. Modern trends in the field of diagnostics, such as the development of telematics technologies and integration with mobile applications, are also being investigated. In conclusion, the article focuses on the need to constantly update the knowledge of specialists and introduce new technologies in the process of car diagnostics and repair to ensure a high level of safety and reliability of vehicles.*

Keywords: *computer diagnostics, cars, malfunctions, repairs, diagnostic tools, car electronics, efficiency, security, telecommunications, technologies, car systems, maintenance, mechanics, current trends, mobile applications.*

БАРАНОВ Евгений Николаевич

преподаватель, Валуйский индустриальный техникум, Россия, г. Валуйки

ТОПЫЧКАНОВ Дмитрий Геннадьевич

преподаватель, Валуйский индустриальный техникум, Россия, г. Валуйки

ДУРАКОВ Владимир Владимирович

преподаватель, Валуйский индустриальный техникум, Россия, г. Валуйки

ЯЦКИН Алексей Матвеевич

преподаватель, Валуйский индустриальный техникум, Россия, г. Валуйки

ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ВЛИЯНИЕ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ

Аннотация. Статья посвящена актуальным проблемам экологии, связанным с развитием и применением новых технологий в сфере ремонта автомобилей. Современная автомобильная промышленность сталкивается с вызовами, такими как выбросы загрязняющих веществ, утилизация автозапчастей и вторичное использование материалов. В условиях глобальных экологических изменений технологические инновации становятся ключевыми инструментами для минимизации негативного воздействия на окружающую среду.

В статье рассматриваются современные методы ремонта автомобилей, включая использование электрических и гибридных транспортных средств, что снижает углеродный след. Проводится анализ новейших технологий, таких как 3D-печать запчастей и применение экологически чистых материалов в ремонте, а также их влияние на процесс восстановления транспортных средств.

Ключевые слова: экология, новые технологии, ремонт автомобилей, устойчивое развитие, загрязнение окружающей среды, экологически чистые материалы, электромобили, энергоэффективность, утилизация автозапчастей, автомобильная индустрия, влияние на здоровье, инновации в ремонте, возобновляемые ресурсы, снижение выбросов, ответственное потребление.

Современный мир сталкивается с многочисленными экологическими проблемами, связанными с ростом численности населения, бедностью, индустриализацией и изменением климата. Автомобильный транспорт, несмотря на его комфорт и скорость передвижения, является одним из основных источников загрязнения окружающей среды. Это подчеркивает необходимость использования новых технологий в сфере ремонта автомобилей для снижения негативного воздействия на природу.

Одной из главных экологических проблем, связанных с автомобилями, является выделение вредных выбросов, таких как углекислый газ, оксиды азота и твердые частицы. Эти вещества способствуют ухудшению качества воздуха, что негативно сказывается на здоровье человека и экосистемах. Кроме того, утилизация старых автомобилей и расходных

автозапчастей часто осуществляется с нарушением экологических норм, что приводит к загрязнению почвы и водоемов.

С развитием технологий появляется множество решений, способствующих снижению экологического воздействия автомобильного сервиса. Рассмотрим некоторые из них:

1. Электромобили и гибридные технологии: Переход на электромобили значительно сокращает выбросы углерода. Ремонт и обслуживание этих транспортных средств требуют специфических знаний и технологий, что открывает новые возможности для обучения специалистов.

2. Ремонт с использованием экологически чистых материалов: Современные компании все чаще используют переработанные и биоразлагаемые материалы для запчастей и

комплектующих. Это не только снижает отходы, но и уменьшает потребление ресурсов.

3. Технологии 3D-печати: 3D-печать позволяет создавать детали по индивидуальным заказам, что значительно снижает объем обработанных материалов и отходов. Это особенно актуально для редких запчастей, которые сложно найти на рынке.

4. Цифровизация и автоматизация процессов: Использование программного обеспечения для диагностики и ремонта автомобилей помогает быстрее выявлять неисправности, а также оптимизировать процессы, что снижает количество отходов.

5. Локальная утилизация: Многие современные сервисы предлагают услуги по переработке и утилизации старых частей прямо на месте, что уменьшает затраты на транспортировку и способствует более устойчивой практике.

Новые технологии способны существенно изменить подход к ремонту автомобилей, сделав его более экологически чистым и эффективным. Однако, для достижения реальных

результатов необходимо не только внедрять инновации, но и воспитывать культуру ответственного потребления среди автовладельцев. Только совместными усилиями можно минимизировать отрицательное воздействие автомобильной сферы на окружающую среду и создать более устойчивое будущее для грядущих поколений.

Литература

1. Домененко В.Н. «Экологические аспекты ремонта автомобилей». Журнал автомобильной техники, 2021.
2. Петрова А.И., Сидоров Ю.В. «Влияние автосервисов на экологию города». Экология и жизнь, 2022.
3. Козлова Л.М. «Экологические технологии в автомобилестроении». Москва: Издательство науки, 2020.
4. Белов Д.А. «Техническое обслуживание и экология: новое поколение автомобилей». Санкт-Петербург: Технический университет, 2019.

BARANOV Evgeny Nikolaevich

Lecturer, Valuysky Industrial College, Russia, Valuyki

TOPYCHKANOV Dmitry Gennadievich

Lecturer, Valuysky Industrial College, Russia, Valuyki

DURAKOV Vladimir Vladimirovich

Lecturer, Valuysky Industrial College, Russia, Valuyki

YATSKIN Alexey Matveyevich

Lecturer, Valuysky Industrial College, Russia, Valuyki

ENVIRONMENTAL ISSUES AND THE IMPACT OF NEW TECHNOLOGIES ON CAR REPAIR

Abstract. The article is devoted to topical environmental issues related to the development and application of new technologies in the field of car repair. The modern automotive industry is facing challenges such as pollutant emissions, waste disposal, and the recycling of materials. In the context of global environmental changes, technological innovations are becoming key tools for minimizing the negative impact on the environment.

The article discusses modern car repair methods, including the use of electric and hybrid vehicles, which reduces the carbon footprint. The analysis of the latest technologies, such as 3D printing of spare parts and the use of environmentally friendly materials in repairs, as well as their impact on the process of vehicle restoration, is carried out.

Keywords: ecology, new technologies, car repair, sustainable development, environmental pollution, environmentally friendly materials, electric vehicles, energy efficiency, auto parts recycling, automotive industry, health impact, innovations in repair, renewable resources, emission reduction, responsible consumption.

ИЩЕНКО Андрей Йосипович

оператор-постановщик съемок с БПЛА, кинематографист,
CalibridalFilm, Paramaite, Россия, г. Москва

УСИЛЕНИЕ ЭМОЦИЙ: ВЛИЯНИЕ АЭРОВИДЕОСЪЕМКИ НА СВАДЕБНОЕ КИНОПРОИЗВОДСТВО

Аннотация. Статья представляет собой углубленный анализ трансформационного воздействия аэрофотосъемки на современное свадебное кинопроизводство. Опираясь на профессиональные знания и эмпирические данные, она исследует, как использование дронов не только повышает техническое качество и эстетическую ценность свадебных фильмов, но и значительно усиливает их эмоциональную глубину и нарративную структуру. Статья охватывает историческую эволюцию технологий дронов, включая развитие сенсоров камер, конвейеры обработки изображений, химию батарей, механизмы стабилизации подвеса и алгоритмы управления полетом. Особое внимание уделяется инженерным принципам, лежащим в основе возможностей FPV-дронов, и их влиянию на динамику съемки. Методология исследования, основанная на смешанных методах, подробно описывается с акцентом на количественные метрики визуального анализа и качественные методы интервью, а также на вопросы обобщаемости выводов в различных культурных контекстах. Статья также углубляется в эстетическое и эмоциональное воздействие аэрофотосъемки, объясняя психологические и физиологические реакции зрителей на движения камеры и их роль в формировании настроения и символизма. Рассматриваются культурный символизм, этические соображения, технические и художественные вызовы, ожидания клиентов и влияние рынка. Наконец, статья прогнозирует будущие направления развития, включая ИИ-ассистируемый полет, усовершенствованные алгоритмы отслеживания объектов, двухоператорные системы, экологические инновации и конвергенцию с виртуальной реальностью и 360-градусным видео, подчеркивая баланс между технологическим прогрессом и творческим повествованием.

Ключевые слова: аэрофотосъемка дронами, воздушная видеосъемка, свадебное кинопроизводство, визуальное повествование, кинематографические свадьбы, FPV-дроны, иммерсивные медиа, культурный символизм, психология восприятия, семиотика, инженерия дронов.

1. Введение: трансформация визуального повествования в свадебном кинопроизводстве

Свадьбы представляют собой значимые эмоциональные вехи в жизни людей, и их запечатление требует гораздо большего, чем простая документация; оно требует иммерсивного визуального повествования [1]. С появлением кинематографии с использованием дронов, кинематографисты получили инструменты, способные значительно усилить эмоциональный резонанс и художественную ценность свадебных фильмов [1]. Аэросъемка предлагает захватывающие дух перспективы, которые не только контекстуализируют обстановку, но и усиливают эмоциональный тон [1]. Этот раздел представляет центральную предпосылку данного исследования: кинематография с использованием дронов фундаментально изменила свадебное кинопроизводство, переведя ее из области новизны в категорию необходимости [1].

1.1. Психологическое воздействие иммерсивного визуального повествования

Иммерсивное визуальное повествование, реализуемое посредством кинематографии с использованием дронов, играет ключевую роль в вовлечении аудитории, вызывая сильные когнитивные и эмоциональные реакции [2]. Нейробиологические исследования показывают, что просмотр эмоционально насыщенного контента, такого как радость или волнение, активирует определенные области мозга, связанные с этими эмоциями, способствуя когнитивному резонансу и эмпатии [2]. Этот процесс превращает пассивный просмотр в совместное путешествие между аудиторией и повествованием на экране, оставляя незабываемые впечатления [2]. Цифровое повествование, особенно в иммерсивных средах, таких как виртуальная реальность (VR), усиливает ощущение присутствия, погружения и удовольствия, способствуя эмоциональной связи и

постоянному вовлечению [3].

Эмоциональные элементы в цифровом повествовании активируют аффективные реакции, значительно увеличивая удовольствие и намерение к дальнейшему взаимодействию [3]. Иммерсивный контент усиливает запоминание и понимание, способствуя эмоциональной эмпатии, что приводит к более мощному и продолжительному опыту [3]. Визуальные образы также могут вызывать ностальгию и пробуждать детские воспоминания, затрагивая универсальные переживания для усиления эмоционального воздействия [2].

Уникальные перспективы и динамичные движения, обеспечиваемые дронами (например, медленные восходящие кадры, орбитальные движения), напрямую влияют на визуальную обработку, приводя к специфическим когнитивным и аффективным реакциям. Это не просто эстетически «захватывающие дух виды», а то, как эти виды *активируют* психологические и неврологические системы зрителя. Например, широкий воздушный кадр может вызвать чувство благоговения, которое является мощной эмоцией, характеризующейся ощущением простора и необходимостью интегрировать этот опыт в свою когнитивную структуру [4]. Новизна и масштабность перспектив, предоставляемых дронами (например, высоко расположенные, широкоугольные виды), создают визуальный стимул, который является «перцептивно обширным» [4]. Эта перцептивная обширность в сочетании с динамичным движением запускает когнитивные процессы, которые приводят к эмоциональным реакциям, таким как благоговение и самотрансценденция, что наблюдается в «эффекте обзора» [4]. Таким образом, движения дронов – это не просто эстетический выбор, а преднамеренные психологические вмешательства, направленные на вызов определенных эмоциональных состояний и углубление вовлеченности зрителя.

Понимание этих когнитивных механизмов позволяет операторам дронов целенаправленно проектировать кадры не только для общей визуальной привлекательности, но и для того, чтобы направлять эмоциональное путешествие зрителя через фильм. Манипулируя ракурсами камеры, скоростью и траекторией движения [1], операторы могут создавать специфические эмоциональные пики (например, кульминационную последовательность, ведущую к эмоциональному освобождению) или

вызывать чувства спокойствия или напряжения [2], тем самым создавая более структурированный и впечатляющий нарративный опыт. Если специфические визуальные стимулы активируют определенные области мозга и способствуют эмпатии [2], то кинематографисты могут использовать это. Оригинальная статья упоминает изменение высоты, скорости и траектории движения для манипулирования настроением и символизмом [1]. Это подразумевает преднамеренный процесс проектирования. Понимая психологическое воздействие этих переменных (например, медленные движения для спокойствия, быстрые движения для возбуждения), кинематографисты могут построить «эмоциональную траекторию» для зрителя, подобно тому, как музыкальное сопровождение направляет эмоциональный поток. Этот проактивный подход к дизайну выходит за рамки простой съемки и переходит к более сложной, психологически обоснованной художественной практике.

1.2. Семиотический анализ изменений визуального языка

Исторически свадебная видеосъемка была утилитарной, опираясь на статичные кадры и минимальный монтаж [1]. Появление дронов привело к прорыву, позволив создавать кинематографические кадры, которые ранее требовали кранов или вертолетов [1]. Семиотика, наука о знаках и символах, имеет решающее значение для понимания этого сложного визуального языка кино [5]. Она анализирует визуальные элементы, такие как изображения, освещение, ракурсы камеры и монтаж, чтобы раскрыть скрытые значения и темы [5].

Кинематография с использованием дронов вводит новые слои визуальных знаков:

- **Иконические знаки:** Воздушные кадры могут служить иконическими знаками, напрямую напоминая свои референты, например вид сверху на место проведения мероприятия, четко отображающий его планировку [5].
- **Индексальные знаки:** Они могут выступать в качестве индексальных знаков, будучи причинно связаны со своими референтами, например, плавное движение дрона, указывающее на течение времени или обширность пейзажа [5].
- **Символические знаки:** Более глубоко, воздушные перспективы могут стать символическими знаками, значение которых определяется культурным или историческим контекстом. Например, высокий, обширный кадр

может символизировать свободу, новые начинания или «величие» момента, выходя за рамки простой документации [5].

Кинематография с использованием дронов не просто добавляет новые кадры, но фундаментально изменяет *грамматику* кинематографического языка в свадебных фильмах. Воздушная перспектива вводит новые «означающие» и «означаемые», которые ранее были недостижимы, создавая более богатую, сложную семиотическую систему. Этот переход от «новизны к необходимости» [1] означает быструю интеграцию этих новых визуальных знаков в устоявшиеся кинематографические конвенции. Оригинальная статья отмечает «сдвиг в визуальном языке» [1]. Семиотика [5] предоставляет основу для анализа этого явления. Когда новый инструмент (дрон) вводит ранее невозможные точки зрения, он расширяет лексикон кинематографических знаков. Например, широкий, высокоугольный кадр свадебной вечеринки (новое означающее) теперь может означать «сообщество» или «коллективное празднование» так, как не может наземный кадр (новое означаемое). Это не просто дополнение, а реструктуризация визуального словаря, ведущая к новой «грамматике», которую аудитория неявно понимает и ожидает.

Первоначальное восприятие дронов как «новинки» [1] сменилось их статусом «необходимости» [1]. Этот переход отражает семиотическую переоценку, что когда-то было необязательным «дополнением» (знаком роскоши или уникальности), стало ожидаемой «конвенцией» (знаком качества и всестороннего повествования). Это подразумевает быструю культурную ассимиляцию нового визуального означающего. Оригинальный текст явно указывает на этот переход [1]. С семиотической точки зрения, «новинка» – это знак, который привлекает внимание своей новизной, часто означая инновацию или роскошь. По мере того как она становится «необходимостью», ее семиотическая функция меняется; она становится стандартным означающим качества, профессионализма или полноты. Эта трансформация обусловлена воздействием на аудиторию и ее ожиданиями, что указывает на то, что визуальный язык эволюционировал, чтобы включить воздушные перспективы в качестве фундаментального компонента, а не простого украшения.

2. Исторический контекст и технологическая эволюция дронов

Исторически свадебная видеосъемка сильно зависела от ручных видеокамер, статичных кадров со штатива и минимального монтажа, что приводило к утилитарному, а не выразительному визуальному языку [1]. В начале 2010-х годов появление коммерчески доступных дронов нарушило эту парадигму [1]. Устройства, такие как DJI Phantom, произвели революцию в доступе к воздушным перспективам, позволив даже отдельным видеооператорам снимать кинематографические кадры, которые ранее требовали использования кранов или вертолетов [1]. Усовершенствования в области времени автономной работы батарей, стабилизации подвеса, высокочастотного видео 4K и интеллектуальных траекторий полета позволили создавать сложные кинематографические последовательности [1]. Дроны FPV (First Person View) еще больше расширили границы, позволяя снимать динамичные, быстрые кадры, ранее встречавшиеся только в боевиках [1].

2.1. Развитие сенсорных технологий камер для дронов

Появление коммерчески доступных дронов, таких как DJI Phantom, произвело революцию в доступе к воздушным перспективам [1]. Это было обусловлено достижениями в технологии сенсоров камер. Современные дроны в основном используют сенсоры CMOS (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor), хотя сенсоры CCD (Charge-Coupled Device) ранее имели преимущества.

Основные различия между CCD и CMOS сенсорами:

- **Пиксельный сигнал:** В CCD-сенсорах заряд, генерируемый светом от каждого пикселя, последовательно передается от одного пикселя к другому, по принципу «ведерной цепи», к одному выходному узлу, где он преобразуется в напряжение. В отличие от этого, CMOS-матрицы преобразуют заряд в напряжение непосредственно внутри каждого пикселя с помощью нескольких транзисторов, что позволяет считывать сигнал напряжения непосредственно из каждого пикселя [7].

- **Качество изображения:** CCD-камеры известны высоким качеством изображения, точной цветопередачей и низким уровнем шума, что делает их предпочтительным

выбором, когда четкость изображения имеет решающее значение [7]. Современные CMOS-сенсоры значительно сократили этот разрыв, достигнув высокой точности цветопередачи и отличного качества изображения, несмотря на исторические проблемы с помехами [7].

- **Разрешение:** CMOS-сенсоры часто поддерживают более высокое разрешение, в то время как CCD-сенсоры обычно предлагают более низкое разрешение для того же размера сенсора [7].

- **Скорость обработки:** CCD-сенсоры обычно имеют более низкую скорость считывания, поскольку заряд со всех пикселей должен последовательно передаваться на один выходной усилитель. CMOS-сенсоры отличаются более высокой скоростью считывания, что делает их подходящими для высокоскоростных приложений, таких как видеозапись, что крайне важно для динамичной съемки с дронов [7].

- **Шум:** CCD-сенсоры обычно демонстрируют более низкий уровень шума, особенно в цветных изображениях [7]. Более ранние модели CMOS могли демонстрировать несколько более высокий цветовой шум, особенно в условиях низкой освещенности, но достижения значительно сократили этот разрыв, и современные высококласные CMOS-сенсоры обеспечивают отличную четкость цвета [7].

- **Чувствительность к свету (производительность при низкой освещенности):** Традиционно CCD-камеры демонстрировали высокую производительность в условиях низкой освещенности, обеспечивая четкие изображения с минимальным шумом даже в сложных условиях освещения [7]. Современные CMOS-сенсоры значительно улучшились и теперь обеспечивают удовлетворительную производительность даже в сложных условиях освещения [7].

- **Энергопотребление:** CMOS-сенсоры потребляют значительно меньше энергии (в 8–10 раз меньше, чем CCD), поскольку они работают с активным захватом изображения, напрямую усиливая и выводя заряд, генерируемый фоточувствительными диодами [7]. Это способствует энергоэффективности, что критично для увеличения времени полета дрона. CCD-сенсоры, как правило, потребляют больше энергии [7].

- **Динамический диапазон:** CCD-сенсоры часто имеют более широкий динамический диапазон, позволяя захватывать детали как в ярких, так и в темных областях изображения [7]. Достижения в технологии CMOS улучшили возможности динамического диапазона, позволяя современным CMOS-сенсорам захватывать широкий спектр цветов и тонких градиентов [7].

- **Типы затворов:** Многие CCD-камеры оснащены глобальным затвором, который захватывает все изображение одновременно. Это является значительным преимуществом в быстро движущихся сценах, поскольку предотвращает эффект «скользящего затвора» (искажение, вызванное построчным сканированием изображения во время движения объекта). Хотя некоторые CMOS-сенсоры могут иметь глобальный затвор, это не является универсальным; многие CMOS-сенсоры используют скользящие затворы [7].

Динамический диапазон датчика изображения CCD или CMOS обычно определяется как максимальный достижимый сигнал, деленный на шум камеры [8]. Сила сигнала определяется «емкостью полного заряда» (максимальным количеством электронов, которое может хранить фотодиод), которая пропорциональна размеру фотодиода [8]. Шум включает «шум считывания» (шум, генерируемый во время считывания) и темновой шум. Типичные значения шума считывания варьируются от 10–20 электронов/пиксель в высококачественных чипах, работающих при комнатной температуре, и снижаются до 2–5 электронов/пиксель в CCD-матрицах с охлаждением Пельтье, используемых для научных изображений [8]. Динамический диапазон выражается в децибелах ($20 \times \log(N_{\text{sat}}/N_{\text{noise}})$), при этом более высокая битовая глубина (например, 12-бит, 16-бит) позволяет получать больше уровней серого и более широкий динамический диапазон [8]. Например, CCD с фотодиодами 6.7×6.7 мкм имеет максимальную емкость заряда около 44 900 электронов, а при шуме считывания 10 электронов/пиксель, динамический диапазон составляет 4490 [8]. Для использования всего диапазона уровней серого необходим 12-битный аналогово-цифровой преобразователь, способный разрешать 4096 уровней серого [8].

Таблица

Битовая глубина и динамический диапазон приборов с зарядовой связью [8]

Битовая глубина	Уровни серого	Динамический диапазон (дБ)
1	2	6 дБ
2	4	12 дБ
3	8	18 дБ
4	16	24 дБ
5	32	30 дБ
6	64	36 дБ
7	128	42 дБ
8	256	48 дБ
9	512	54 дБ
10	1,024	60 дБ
11	2,048	66 дБ
12	4,096	72 дБ
13	8,192	78 дБ
14	16,384	84 дБ
16	65,536	96 дБ
18	262,144	108 дБ
20	1,048,576	120 дБ

Переход от CCD к усовершенствованным CMOS-сенсорам (с улучшенным динамическим диапазоном и производительностью при низкой освещенности) напрямую обеспечил возможность съемки «высокочастотного 4К-видео» [1], что позволило перейти от утилитарных визуальных эффектов к по настоящему кинематографическому качеству. Увеличенное разрешение и скорость обработки CMOS-сенсоров, несмотря на первоначальные проблемы с шумом, стали критически важными факторами для захвата детализированного видео высокой четкости, ожидаемого в современном кинематографическом производстве. CMOS-сенсоры предлагают более высокое разрешение и более высокую скорость считывания, что является необходимым условием для 4К и высоких частот кадров [7]. Хотя CCD превосходили по низкому уровню шума, достижения в области шумоподавления CMOS позволили им стать доминирующими сенсорами для видео, напрямую коррелируя с описываемым кинематографическим качеством. Это прямая технологическая причинно-следственная связь.

Выбор между CCD и CMOS включает в себя присущие компромиссы (например, глобальный затвор CCD против энергоэффективности/разрешения CMOS). Это означает, что производители дронов должны принимать стратегические решения, основанные на предполагаемом применении (например, гонки FPV против кинематографического производства), что

влияет на конечный эстетический и функциональный результат. Для высокоскоростного FPV глобальный затвор (часто встречающийся в CCD или специализированных CMOS) имеет решающее значение для предотвращения артефактов скользящего затвора, тогда как для более медленных, высокоразрешающих кинематографических кадров более выгодны энергоэффективность и плотность пикселей CMOS [7]. CMOS имеет более низкое энергопотребление, что критически важно для более длительного времени полета при кинематографической свадебной съемке, но исторически имел более высокий уровень шума. Глобальный затвор CCD идеально подходит для быстрого движения, но его более высокое энергопотребление и более медленное считывание менее желательны для длительного 4К-видео. Это вынуждает производителей и кинематографистов расставлять приоритеты в отношении определенных функций в зависимости от конкретных требований съемки, что иллюстрирует сложный инженерный и художественный компромисс.

2.2. Конвейеры обработки изображений и видео

Большинство цветных изображений с дронов захватываются с помощью одного CCD или CMOS сенсора, на который наложена матрица цветовых фильтров (CFA), обычно матрица Байера [9]. Каждый пиксель записывает только один цвет (красный, зеленый или синий). Дебайеризация (или демозаика) – это

математический процесс интерполяции отсутствующих значений цвета для каждого пикселя с целью восстановления полноцветного изображения с полным разрешением [9]. Методы варьируются от простых (интерполяция по ближайшему соседу, билинейная) до сложных (плавный переход оттенков, переменное количество градиентов – VNG), с увеличением вычислительных затрат, но улучшенной точностью и уменьшением артефактов, таких как цветовая окантовка [9].

Изображения, снятые дронами, могут страдать от шума из-за ограничений сенсора или условий низкой освещенности [10]. Методы шумоподавления направлены на улучшение качества и согласованности данных [10]. Распространенные подходы включают алгоритмы шумоподавления (например, с использованием таких сервисов, как Saiwa), которые удаляют нежелательный шум [10]. Шумоподавление может быть пространственным (фильтрация в пределах одного кадра), временным (усреднение интенсивностей пикселей во времени, особенно в областях без движения) или фильтрацией в вейвлет-области [12]. Агрессивное шумоподавление может негативно сказаться на резкости изображения [13].

Цветокоррекция необходима для превращения необработанных кадров с дронов в кинематографические шедевры [11]. Это включает оптимизацию настроек камеры (экспозиция, баланс белого) перед полетом и их корректировку на этапе пост-продакшна [11]. Принципы включают съемку в «плоском цветовом профиле» для сохранения деталей в тенях и светах, использование референсного монитора и настройку баланса белого, экспозиции (света, тени, контраст) и цветов (насыщенность, яркость) [11]. Передовые рабочие процессы используют системы цветовой науки, такие как ACES (Academy Color Encoding System), глобальный стандарт для обмена цифровыми файлами изображений и управления цветовыми рабочими процессами [14]. ACES работает с плавающей точкой, ориентированной на сцену, обеспечивая огромный динамический диапазон и цветовой охват, предотвращая отсечение во время грейдинга и предлагая гибкое, похожее на пленку управление контрастом и экспозицией [14]. LUT (Look-Up Tables) также используются для применения предварительно разработанных настроек цветокоррекции [11].

Сжатие видео имеет решающее значение для снижения требований к пропускной

способности, хранению и энергопотреблению [16]. H.264 (MPEG-4 Part 10 или AVC) является широко используемым стандартом, предлагающим значительно сниженные битрейты за счет внутрикадрового и межкадрового предсказания и эффективного энтропийного кодирования [16]. H.265 (High-Efficiency Video Coding – HEVC) является его преемником, предлагающим почти вдвое большую эффективность сжатия при сопоставимой точности [16]. H.265 использует более крупные блоки кодирования (CTU) и может обрабатывать разрешения до 8K при 300 кадрах в секунду, по сравнению с ограничением H.264 в 4K/60 кадров в секунду [16]. Хотя H.265 предлагает превосходное сжатие и уменьшение артефактов вокруг движущихся объектов, его декодирование является более вычислительно интенсивным [16]. Оба стандарта часто используют субдискретизацию цветности (например, YCbCr) для улучшения сжимаемости путем разделения сигналов яркости (люмы) и цветности (хромы), поскольку цветность менее важна с точки зрения восприятия и может быть представлена с более низким разрешением [17].

«Кинематографические стандарты» [1], достигаемые с помощью дронов, обусловлены не только сенсором камеры, но и в значительной степени зависят от конвейера постобработки. Дебайеризация, шумоподавление и цветокоррекция преобразуют необработанные данные сенсора в визуально привлекательный, эмоционально резонансный кинематографический результат. Это подчеркивает важность *всей* цепочки обработки изображений, от захвата фотонов до окончательной доставки, а также специализированный опыт, необходимый на этапе пост-продакшна. Оригинальная статья упоминает «переопределение кинематографических стандартов» [1], но не уточняет, как это происходит. Необработанные данные сенсора (матрица Байера) по своей природе неполны для цвета [9]. Дебайеризация – это первый критический шаг для восстановления полноцветного изображения. За этим следует шумоподавление для устранения несовершенств [10]. Наконец, цветокоррекция [11], особенно с использованием передовой цветовой науки, такой как ACES [14], формирует эстетический и эмоциональный тон. Без этих процессов необработанные кадры с дронов не имели бы визуальной точности и художественной отточенности, необходимых для кинематографического применения, что демонстрирует, что

«кинематографический стандарт» является результатом сложного конвейера, а не просто камер.

Переход к 4K и более высоким частотам кадров [1] требует эффективного сжатия видео (H.264/H.265). Это прямое следствие увеличения объема данных, влияющее на хранение, передачу и рабочие процессы пост-продакшна. Выбор кодека напрямую влияет на визуальную точность и размер файла, балансируя качество с практической обработкой данных. Захват «высокочастотного 4K-видео» [1] генерирует огромное количество данных. Несжатое 4K-видео было бы непрактичным для хранения, передачи и редактирования. H.264 и H.265 [16] предназначены для уменьшения размера файла при сохранении качества. Улучшение эффективности H.265 на 50% по сравнению с H.264 [16], напрямую влияет на возможность широкого распространения дронов с 4K/8K, делая данные управляемыми. Это подчеркивает критически важную, часто незаметную, инженерную проблему в рабочем процессе кинематографии с использованием дронов: эффективное управление визуальными данными высокого разрешения.

3. Методология исследования: научный подход к анализу

В оригинальной статье используется смешанный метод, сочетающий рефлексивную практику, визуальный анализ и неформальные интервью [1]. Этот раздел подробно описывает этот подход, предоставляя более научное описание его компонентов, включая количественные метрики для визуального анализа и качественные методы интервью, а также обсуждая обобщаемость результатов.

3.1. Детальное описание смешанного метода

Смешанные методы исследования объединяют как количественные, так и качественные данные в одном исследовании для изучения сложных исследовательских вопросов, которые ни один из подходов не может полностью решить в одиночку [43]. Распространенные дизайны включают:

- **Конвергентный параллельный дизайн:** Количественные и качественные данные собираются и анализируются одновременно, но отдельно, после чего результаты объединяются для всестороннего понимания [43]. Этот дизайн направлен на создание взаимоисключающих наборов данных, которые взаимно дополняют друг друга.

- **Объяснительный последовательный дизайн:** Количественные данные собираются первыми, за ними следуют качественные данные для объяснения или уточнения первоначальных количественных результатов [43].

- **Исследовательский последовательный дизайн:** Качественные данные собираются первыми для изучения явления, за ними следуют количественные данные для проверки или обобщения полученных сведений [44].

Интеграция различных типов данных (рефлексивная практика, визуальный анализ, интервью) в исследованиях со смешанными методами повышает ценность и достоверность результатов [44]. Этот процесс, известный как триангуляция, включает использование нескольких источников данных или методов для подтверждения результатов, тем самым повышая достоверность и надежность исследования [45].

Подход со смешанными методами, особенно через триангуляцию данных (объединение рефлексивной практики, визуального анализа и интервью), значительно повышает *достоверность и надежность* результатов исследования. Это выходит за рамки анекдотических данных к более надежному, многогранному пониманию влияния кинематографии с использованием дронов, обеспечивая более прочную научную основу. Оригинальная статья утверждает «смешанный метод, сочетающий рефлексивную практику, визуальный анализ и неформальные интервью» [1]. Смешанные методы [43] повышают ценность и решают сложные вопросы. Основная идея заключается в том, что, используя различные источники данных (собственный опыт кинематографиста, содержание фильма, точки зрения аудитории/клиентов), исследование может триангулировать результаты. Например, если визуальный анализ кадров с дронов предполагает эмоциональное воздействие, а интервью с клиентами подтверждают эту воспринимаемую эмоциональную глубину, результат становится более достоверным, чем если бы он основывался на одном методе. Это систематическое подтверждение является отличительной чертой строгого исследования.

Упоминание «рефлексивной практики» [1] подразумевает итеративный или развивающийся дизайн. В сложном исследовании со смешанными методами выводы из одной фазы (например, качественные интервью, выявляющие новые темы) могут информировать и

уточнять аналитическую структуру или сбор данных для другой фазы (например, визуальный анализ или даже последующий количественный опрос). Это демонстрирует гибкую и адаптивную стратегию исследования, позволяющую более глубокое изучение. «Рефлексивная практика» [1] предполагает непрерывный, циклический процесс обучения и совершенствования. В исследованиях это часто соответствует итеративному дизайну смешанных методов, где предварительные результаты одного метода (например, обзор автором более 100 фильмов) могут генерировать гипотезы, которые затем исследуются в интервью, а выводы интервью могут уточнить основу для детального визуального анализа. Такая адаптивность позволяет исследованию развиваться с появлением новых данных, что приводит к более нюансированным и обоснованным выводам, а не к жесткому, заранее определенному пути.

3.2. Количественные метрики для визуального анализа

Для объективной оценки «эмоциональной, нарративной и композиционной роли кадров с дронов» [1] может быть применен количественный визуальный анализ. Технология отслеживания движения глаз может измерять реактивность взгляда, предоставляя информацию о визуальном внимании и когнитивной обработке [46]. Ключевые метрики включают:

- **Время до первой фиксации (TTF):** Время, прошедшее между представлением стимула и первой фиксацией взгляда на определенной области интереса, что указывает на первоначальное внимание [46].

- **Общая продолжительность фиксации (TFD):** Общее время, проведенное в сосредоточении взгляда на определенной области, что указывает на устойчивое внимание и когнитивное вовлечение [46].

- **Относительное время, проведенное в сосредоточении взгляда на несоответствующем стимуле (RTSI):** Параметр в процентах для количественной оценки когнитивных компонентов, полезный для оценки того, как зрители обрабатывают неожиданную или сложную визуальную информацию [46].

Физиологические измерения предоставляют объективные показатели эмоционального возбуждения и валентности.

- **Кожно-гальваническая реакция (КГР):** Измеряет изменения электропроводности кожи, отражая активность симпатической нервной системы и эмоциональное

возбуждение [46].

- **Вариабельность сердечного ритма (BCR):** Измеряет колебания временных интервалов между сердцебиениями. Временные показатели, такие как HRV_SDNN (стандартное отклонение нормальных интервалов между сердцебиениями) и HRV_RMSSD (среднеквадратичное значение последовательных различий интервалов между сердцебиениями), отражают парасимпатическую активность и могут указывать на эмоциональные состояния, такие как спокойствие или стресс [46].

- Другие физиологические сигналы, такие как электрокардиограмма (ЭКГ), объем пульса крови (BVP), пупиллометрия и дыхание, также могут быть записаны для определения эмоциональных состояний [47].

Использование физиологических метрик (КГР, BCR) и отслеживания движения глаз позволяет более объективно, с нейробиологической точки зрения, оценивать «эмоциональный тон» и «погружение зрителя» [1], которые стремится достичь съемка с дронов. Это устраняет разрыв между субъективным художественным замыслом и измеримой реакцией аудитории, предоставляя эмпирические доказательства эффективности конкретных движений дрона. Оригинальная статья упоминает оценку «эмоционального тона» и «погружения зрителя» [1]. Это субъективные переживания. Физиологические и отслеживающие движение глаз метрики [46] являются конкретными. Коррелируя конкретные типы кадров с дронов (например, медленный восходящий кадр) с изменениями КГР (возбуждение) или BCR (эмоциональная валентность), а также с паттернами отслеживания движения глаз (распределение внимания), исследователи могут количественно оценить иначе субъективное «эмоциональное воздействие». Это переводит анализ из качественной интерпретации в эмпирические, основанные на данных выводы, укрепляя научные утверждения.

Данные отслеживания движения глаз могут точно показать, как зрители обрабатывают «пространственную динамику» и «интеграцию с наземной кинематографией» [1]. Анализируя паттерны фиксации и траектории взгляда, исследователи могут определить, какие элементы кадра с дрона привлекают внимание, как зрители воспринимают глубину и движение, и насколько плавно воздушные кадры интегрируются с наземными. Это предоставляет эмпирические доказательства эффективности

композиционных стратегий. Оригинальная статья утверждает, что визуальный анализ оценивает «пространственную динамику» и «интеграцию с наземной кинематографией» [1]. Отслеживание движения глаз позволяет получить детальное, объективное понимание того, как зрители визуально ориентируются в сцене. Например, если кадр с дрона предназначен для демонстрации места проведения мероприятия, отслеживание движения глаз может показать, привлекается ли внимание зрителей к ключевым архитектурным особенностям или они отвлекаются. Для интеграции это может выявить, вызывает ли переход между кадрами с дрона и ручными кадрами когнитивное нарушение (например, внезапный сдвиг в паттернах взгляда). Такой уровень детализации предоставляет действенные сведения для оптимизации кинематографической композиции.

4. Эстетическое и эмоциональное воздействие аэровидеосъемки

Визуальная эстетика кадров с дронов может значительно усиливать эмоциональный тон свадебного фильма [1]. Медленный, восходящий кадр пары, идущей рука об руку, вызывает ощущение трансцендентности и непрерывности [1]. Вращение камеры сверху вокруг пары во время их клятв предполагает единство и центрированность [1]. Изменяя высоту, скорость и траекторию движения, кинематографисты могут манипулировать настроением и символизмом [1]. Интеграция кадров с дронов с крупными планами и ручной съемкой создает ритм, который углубляет погружение зрителя [1].

4.1. Психологические и физиологические реакции на движения камеры

Медленный, восходящий кадр пары вызывает «трансцендентность и непрерывность» [1]. Это можно объяснить через «эффект обзора», когнитивный сдвиг, о котором сообщают астронавты, наблюдая Землю из космоса [4]. Он характеризуется как «состояние благоговения с самотрансцендентными качествами, вызванное особенно поразительным визуальным стимулом» [4]. Этот эффект вызывается как перцептивной обширностью (например, вид на грандиозный пейзаж сверху), так и концептуальной обширностью (размышления о более широких идеях, таких как бесконечность или целостность человеческой жизни) [4]. Такие переживания могут привести к подавляющим эмоциям, чувству идентификации и даже трансформирующим изменениям в

самосознании и системе ценностей [4].

Круговое движение камеры сверху вокруг пары во время их клятв предполагает «единство и центрированность» [1]. Это круговое движение камеры может усилить погружение и пространственное восприятие [51]. Хотя исследования показывают смешанные результаты относительно того, создает ли движение камеры эмоции напрямую, они подтверждают, что движение усиливает существующее эмоциональное содержание и чувство вовлеченности [51]. Мозг обрабатывает сигналы относительного движения (оптический поток, параллакс движения) для восприятия глубины и трехмерной структуры сцены [53]. Орбитальные кадры обеспечивают непрерывную визуальную информацию с меняющихся точек зрения, что может помочь в построении когерентного внутреннего представления сцены, усиливая центральный объект [55].

Эмоциональное воздействие движений дронов (например, трансцендентность от восходящих кадров, единство от орбитальных) не является чисто субъективным, но может быть связано с нейроэстетическими принципами. «Эффект обзора» [4] обеспечивает прочную теоретическую основу для глубокой эмоциональной реакции на обширные воздушные виды, предполагая глубоко укоренившийся человеческий когнитивный механизм, который может задействовать кинематография с использованием дронов. Оригинальная статья утверждает, что медленный, восходящий кадр... вызывает трансцендентность и непрерывность [1]. «Эффект обзора» [4] – это научно наблюдаемый когнитивный сдвиг, связанный с чувством благоговения и самотрансценденции от обширных визуальных стимулов. Идея заключается в том, что кинематография с использованием дронов может воспроизводить элементы этого эффекта. Обширные, высоко расположенные виды, предоставляемые дронами, предлагают «перцептивную обширность», подобную виду Земли из космоса. Это предполагает, что эмоциональная реакция является не просто художественной интерпретацией, а жестко запрограммированной психологической реакцией человека на определенные визуальные стимулы, обеспечивая нейроэстетическую основу для воздействия кинематографии с использованием дронов.

Движение камеры – это не просто эстетика, но мощный нарративный инструмент, который влияет на вовлеченность и погружение зрителя

[51]. Скорость и направление движения дрона могут манипулировать воспринимаемой глубиной и пространственными отношениями, направляя внимание и эмоциональное состояние зрителя [53]. Это подразумевает преднамеренный кинематографический выбор для усиления эмоционального воздействия истории. Оригинальная статья отмечает, что изменение высоты, скорости и траектории движения манипулирует настроением и символизмом [1]. Движение камеры должно подчеркивать желаемую эмоцию в сцене, двигаясь относительно кого-то или чего-то, чтобы поддерживать эмоциональное воздействие истории [51]. Оптический поток и параллакс движения играют решающую роль в восприятии глубины и пространственном осознании [53]. Это означает, что кинематографисты могут использовать динамику дрона для создания ощущения движения вперед, отступления или вращения вокруг объекта, что напрямую влияет на то, как зритель воспринимает пространство и эмоционально реагирует на него.

4.2. Манипулирование настроением и символизмом через визуальное восприятие

Принципы гештальт-теории объясняют, как наш мозг организует визуальные данные [56]. Эти принципы, такие как близость (элементы, расположенные близко друг к другу, воспринимаются как группа), сходство (похожие элементы воспринимаются как принадлежащие к одной группе), непрерывность (глаз следует непрерывным линиям), замыкание (мозг заполняет пробелы для создания полного изображения) и фигура-фон (способность отличать объект от фона), играют ключевую роль в том, как режиссеры строят сцены и направляют внимание аудитории [56]. Применяя эти принципы, кинематографисты могут создавать визуально привлекательные повествования, которые захватывают и эмоционально резонируют со зрителем [56].

Изменение высоты, скорости и траектории движения дрона позволяет манипулировать настроением и символизмом [1]. Например, медленный, плавный подъем может вызвать чувство спокойствия или величия, в то время как быстрое, резкое движение может создать напряжение или волнение [2]. Оптический поток, паттерн кажущегося движения объектов, вызванный относительным движением камеры и сцены, играет решающую роль в восприятии глубины и пространственном осознании [53]. Объекты, расположенные ближе к

камере, движутся быстрее, чем удаленные (параллакс движения), что используется для вывода о глубине сцены [53]. Эти перцептивные механизмы позволяют операторам дронов создавать ощущение простора, интимности или динамичности, усиливая эмоциональное воздействие.

Интеграция кадров с дронов с крупными планами и ручной съемкой создает ритм, который углубляет погружение зрителя [1]. Смешивание различных типов кадров, от широких воздушных до интимных наземных, может создать динамичный и захватывающий визуальный опыт. Исследования показывают, что движущиеся камеры усиливают вовлеченность и погружение зрителя больше, чем статичные камеры, хотя эмоциональные реакции больше зависят от содержания сцены [51]. Таким образом, движение камеры должно подчеркивать желаемую эмоцию в сцене, поддерживая эмоциональное воздействие истории [51].

5. Ожидания клиентов и влияние рынка

Популярность контента с дронов на таких платформах, как Instagram и TikTok, изменила то, что клиенты ожидают от свадебного видео [1]. Многие теперь специально спрашивают о наличии дронов, и пакеты, включающие воздушные кадры, часто стоят дороже [1]. Влияние эстетики социальных сетей – быстрые монтажные склейки, пролеты FPV и «раскрытия дронов» – повысило спрос на кадры с дронов, которые не только выглядят кинематографично, но и оптимизированы для коротких платформ [1].

5.1. Психологические драйверы спроса клиентов

Психологические драйверы спроса клиентов на кадры с дронов тесно связаны с влиянием цифровых медиаплатформ и социальных процессов.

- **Влияние социальных сетей и эстетических предпочтений:** Платформы, такие как Instagram и TikTok, стали основными источниками вдохновения и формирования эстетических предпочтений для свадебных видео [1]. Каноническая эстетика дронов, характеризующаяся «сглаженной воздушностью, которая движется с нечеловеческой плавностью, дрейфуя и наклоняясь, чтобы запечатлеть жуткое преимущество» [68], стала широко узнаваемой и желаемой. Эта экспозиция создает своего рода «социальное обучение», где пары видят, что другие используют дроны для своих свадеб, и начинают ожидать или желать того же для

себя.

- **Теория социального научения и наблюдационное обучение:** Теория социального научения предполагает, что люди учатся, наблюдая за поведением других и последствиями этого поведения. Когда потенциальные клиенты видят высококачественные, эмоционально насыщенные свадебные видеоролики с дронами, которыми делятся в социальных сетях, они наблюдают положительные результаты (например, восхищение, лайки, комментарии). Это наблюдение формирует их собственные ожидания и желания, приводя к увеличению спроса на аналогичные услуги [68]. Таким образом, эстетика, создаваемая дронами, становится не просто визуальным стилем, а частью социального ожидания.

- **Переход от «новизны к необходимости»:** Первоначальное восприятие дронов как «новинки» [1] быстро перешло в статус «необходимости» [1]. Этот переход обусловлен воспринимаемой ценностью и социальной валидацией. По мере того, как все больше пар включают воздушные кадры в свои свадебные видео, это становится стандартом качества и ожидаемым компонентом «полного» свадебного пакета. Отсутствие таких кадров может даже восприниматься как недостаток. Это изменение в восприятии является мощным психологическим драйвером, поскольку пары стремятся соответствовать или превосходить социальные нормы и ожидания, которые они видят в своем окружении.

5.2. Экономическое воздействие и стратегии ценообразования

Популярность кинематографии с использованием дронов оказала значительное экономическое влияние на свадебную индустрию:

- **Размер рынка и движущие силы роста:** Рынок услуг фотосъемки, включая свадебную фотосъемку, оценивался в 58,05 млрд долларов США в 2025 году и, по прогнозам, достигнет 60,84 млрд долларов США к 2033 году [70]. Свадебная фотосъемка составляет около 15% от общего объема рынка услуг фотосъемки и до 35% регионального спроса в Азиатско-Тихоокеанском регионе [70]. Рост обусловлен культурными традициями, экономическими факторами и технологическими достижениями [71]. Примерно 40% поставщиков услуг фотосъемки сообщают об увеличении использования технологии дронов для предоставления уникальных воздушных перспектив [70].

- **Сегментация рынка:** Рынок услуг

фотосъемки сегментирован по типу и применению. Портретная и событийная фотосъемка (включая свадьбы) составляет около 35% спроса, коммерческая фотосъемка – около 30%, а фотосъемка с дронов и аэровидеосъемка – 20% [70]. Этот сегмент рынка дронов постоянно растет, что отражает растущую специализацию и ценность, которую он приносит.

- **Стратегии ценообразования:** Включение воздушных кадров в пакеты услуг часто позволяет устанавливать более высокие цены [1] Это связано с воспринимаемой добавленной стоимостью, уникальностью и технологической сложностью, связанной с использованием дронов. Однако рынок свадебной фотосъемки является высококонкурентным, что может привести к ценовым войнам и снижению рентабельности [71]. Это создает проблему для отдельных фотографов, стремящихся выделиться и сохранить прибыльность [71].

- **Проблемы:** Основные проблемы включают ценовое давление (12%), пробелы в интеграции технологий (10%) и проблемы авторского права (8%) [70]. Эти проблемы требуют от поставщиков услуг постоянной адаптации и инноваций, чтобы оставаться конкурентоспособными.

Таким образом, кинематография с использованием дронов стала значительным источником дохода и дифференциации на рынке свадебной фотосъемки, но она также требует стратегического ценообразования и постоянного внимания к рыночным тенденциям и конкуренции.

6. Будущие направления развития аэровидеосъемки

По мере развития технологии дронов растет и ее потенциал в свадебном кинопроизводстве [1]. Новые тенденции включают полет с использованием ИИ, отслеживание объектов в реальном времени и двухоператорные установки для более сложной хореографии [1]. Экологические инновации, такие как дроны на солнечных батареях и роторы с шумоподавлением, направлены на то, чтобы сделать дроны более удобными для мероприятий [1]. Кроме того, конвергенция дронов с виртуальной реальностью и 360-градусным видео открывает двери для иммерсивных свадебных впечатлений [1].

6.1. Искусственный интеллект и автономный полет

Интеграция передовых систем искусственного интеллекта (ИИ) преобразует дроны из

простых устройств с дистанционным управлением в автономные машины, способные выполнять сложные задачи с высокой точностью [72]:

Полет с использованием ИИ: ИИ позволяет дронам автономно перемещаться, распознавать объекты в реальном времени и даже адаптироваться к новым условиям, обучаясь на прошлом опыте [72]. Это включает в себя:

- **Автономная навигация и обход препятствий:** Дроны могут картографировать свое окружение в реальном времени, идентифицировать и избегать препятствий (деревья, здания, другие летающие объекты) и динамически корректировать свои траектории полета в зависимости от меняющихся условий [29]. Алгоритмы планирования пути, такие как Rapidly-Exploring Random Trees (RRT), генерируют пути, избегающие столкновений [72].

- **Машинное обучение и глубокое обучение:** Машинное обучение позволяет дронам анализировать паттерны и со временем улучшать свою производительность, оптимизируя траектории полета или повышая точность обнаружения объектов [29]. Глубокое обучение, подмножество машинного обучения, используется для распознавания изображений, где нейронные сети помогают дронам обнаруживать и классифицировать объекты [72].

- **Обработка данных в реальном времени:** ИИ обеспечивает обработку больших объемов данных во время полета, предоставляя мгновенные сведения для критически важных задач, таких как обнаружение аномалий или анализ окружающей среды [29].

Усовершенствованные алгоритмы отслеживания объектов в реальном времени: Отслеживание объектов в реальном времени позволяет дронам автоматически следовать за объектами (например, за женихом и невестой) с высокой точностью, удерживая их в кадре даже при движении [1]. Современные системы отслеживания объектов используют методы глубокого обучения, в частности сверточные нейронные сети (CNN), рекуррентные нейронные сети (RNN) и модели на основе трансформеров, для повышения точности отслеживания [73]:

- **Распространенные подходы:** Включают отслеживание по обнаружению (сначала обнаруживаются объекты в отдельных кадрах, затем они связываются между кадрами) и отслеживание на основе оптического потока (оценка движения объекта путем анализа

смещений пикселей между последовательными кадрами) [73].

- **Алгоритмы:** Часто используются фильтры Калмана для предсказания и коррекции движения объектов, а также сети Long Short-Term Memory (LSTM) для моделирования траектории объекта во времени [73]. Более продвинутые алгоритмы, такие как Deep SORT и ByteTrack, улучшают повторную идентификацию объектов и ассоциацию объектов [73].

Инженерные вызовы и решения: Ограниченные вычислительные ресурсы на небольших платформах БПЛА представляют собой дополнительную проблему при применении сложных моделей глубокого обучения для отслеживания объектов в реальном времени [74]. Решения включают интеграцию платформ больших данных, таких как Apache Kafka и Apache Spark, для эффективной и отказоустойчивой обработки видеопотоков, а также разработку оптимизированных алгоритмов, таких как YOLOv8/YOLOv10 и BYTETRACK/BoTSORT, для точного обнаружения и отслеживания [74].

6.2. Двухоператорные системы и сложная хореография

Двухоператорные установки позволяют выполнять более сложную хореографию [1]. В такой системе один оператор обычно управляет полетом дрона, в то время как второй оператор управляет панорамированием, наклоном и масштабированием камеры [75]. Это позволяет выполнять более сложные и точные движения камеры, которые были бы трудны или невозможны для одного оператора [75]:

- **Входное слияние и интерфейс человек-машина:** В двухоператорных системах необходимо эффективно объединять входные данные от двух операторов. Это требует сложной архитектуры управления, которая может интерпретировать и объединять команды полета и камеры в режиме реального времени. Интерфейс человек-машина (HMI) должен быть эргономичным и интуитивно понятным, чтобы операторы могли сосредоточиться на своих задачах, не перегружаясь сложным управлением [76].

- **Синхронизированное управление и задержка:** Достижение синхронности между движениями дрона и камеры является критически важным. Любая значительная задержка в передаче видео или команд управления может привести к несинхронизированным движениям и ухудшению качества кадра [77]. Системы, такие как DJI O3 Air Unit, предлагают

сверхнизкую задержку для видеопередачи [35].

- **Тактильная обратная связь:** Тактильная обратная связь на контроллерах может улучшить координацию, предоставляя физические сигналы о движениях дрона или камеры [78].

- **Расширенное предварительное программирование:** Возможности предварительного программирования для синхронизированных движений могут снизить когнитивную нагрузку на операторов, позволяя им сосредоточиться на тонких корректировках во время полета [76].

Двухоператорные системы значительно повышают безопасность и оперативную гибкость, позволяя одному оператору пилотировать дрон, а другому – управлять полезной нагрузкой и связанными с ней данными [84]. Это позволяет снимать сложные кинематографические кадры в ограниченном пространстве, например, в помещениях [75].

7. Заключение

Аэровидеосъемка – это не просто мимолетная тенденция, а визуальная революция, которая фундаментально переосмыслила способ восприятия свадеб через призму кинематографа [1]. Предоставляя новые ракурсы, динамичное движение и символическое повествование, дроны значительно расширили инструментарий кинематографиста [1]. Это исследование, основанное на рефлексивной практике и кросс-культурном анализе, показало, что кадры с дронов добавляют не только техническую ценность, но и глубокую эмоциональную составляющую [1].

Технологические достижения в области сенсоров камер, конвейеров обработки изображений, химии батарей, механизмов стабилизации подвеса и алгоритмов управления полетом стали основой для создания высококачественного, иммерсивного контента. От тонкостей дебайеризации и шумоподавления до сложной работы ПИД-регуляторов и мультисенсорного слияния – каждый инженерный прорыв способствует повышению кинематографического потенциала.

Будущее кинематографии с использованием дронов обещает еще более глубокую интеграцию с искусственным интеллектом для автономного полета и отслеживания объектов, развитие двухоператорных систем для сложной хореографии, а также экологические инновации, такие как дроны на солнечных батареях и роторы с шумоподавлением. Конвергенция с

виртуальной реальностью и 360-градусным видео предвещает эру полностью иммерсивных свадебных впечатлений, которые могут усилить чувство присутствия и эмоциональный резонанс для зрителей.

В конечном итоге, хотя технологический прогресс будет продолжать формировать возможности аэрофотосъемки, ее истинная ценность будет определяться не только инновациями, но и мастерством и творческим видением рассказчика, управляющего дроном [1]. Способность использовать эти передовые инструменты для создания глубоких, значимых и эмоционально насыщенных историй останется краеугольным камнем искусства кинематографии.

Литература

1. Expanded_Drone_Wedding_Cinematography_Article.pdf.
2. The Science of Storytelling: Unravelling Emotional Impact, accessed June 25, 2025, <https://educationalvoice.co.uk/the-science-of-storytelling-optimizing-your-animation-for-emotional-impact/>.
3. The Impact of Digital Storytelling on Presence, Immersion ... – MDPI, accessed June 25, 2025, <https://www.mdpi.com/1424-8220/25/9/2914>.
4. Overview effect – Wikipedia, accessed June 25, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Overview_effect.
5. The Semiotics of Film: A Visual Guide – Number Analytics, accessed June 25, 2025, <https://www.numberanalytics.com/blog/semiotics-in-film>.
6. Interpreting the language of cinema analyzing the ..., accessed June 25, 2025, https://www.journalijar.com/uploads/67bdbc75b1d27_IJAR-50348.pdf.
7. CCD vs CMOS: Difference Between CCD and CMOS Image Sensor ..., accessed June 25, 2025, <https://www.nevsemi.com/blog/ccd-vs-cmos>.
8. Dynamic Range – Hamamatsu Learning Center, accessed June 25, 2025, <https://hamamatsu.magnet.fsu.edu/articles/dynamicrange.html>.
9. Debayering Demystified by Craig Stark, PhD AstroPhoto Insight, accessed June 25, 2025, https://www.samys.com/images/pdf/Debayering_API.pdf.
10. Your Guide to Computer Vision for Drones Technology – Saiwa, accessed June 25, 2025, <https://saiwa.ai/blog/computer-vision-for-drones/>.

11. The Drone Pilot's Guide to Cinematic Color Correction – dronegenuity, accessed June 25, 2025, <https://www.dronegenuity.com/pilot-guide-to-color-correcting-drone-footage/>.

12. Noise Reduction in Video Sequences Using Wavelet-Domain and Temporal Filtering, accessed June 25, 2025, https://www.researchgate.net/publication/228692417_Noise_Reduction_in_Video_Sequences_Using_Wavelet-Domain_and_Temporal_Filtering.

13. IN-DEPTH Noise Reduction (Temporal and Spatial) - DaVinci Resolve Studio Color Grading Tutorial – YouTube, accessed June 25, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=IWWK-wZZJfsU>.

14. What is ACES and how to use it in DaVinci Resolve – Dehancer Blog, accessed June 25, 2025, <https://blog.dehancer.com/articles/what-is-aces-and-how-to-use-it-in-davinci-resolve/>.

15. Resolve Color Management vs ACES– Which Should You Choose? – Frame.io Insider, accessed June 25, 2025, <https://blog.frame.io/2024/02/12/davinci-resolve-color-management-vs-aces-which-should-you-choose/>.

16. A Comprehensive Study: H.264 vs H.265 Compression in Embedded Vision, accessed June 25, 2025, <https://www.e-consys.com/blog/camera/technology/a-comprehensive-study-h-264-vs-h-265-compression-in-embedded-vision/>.

17. Video codec – Wikipedia, accessed June 25, 2025, https://en.wikipedia.org/wiki/Video_codec.

18. Why Is Drone Battery Life So Short and How to Extend - Grepow, accessed June 25, 2025, <https://www.grepow.com/blog/what-is-drone-battery-cycle.html>.

19. Li-ion vs LiPo Batteries for Drones Which Lasts Longer, accessed June 25, 2025, <https://www.large-battery.com/blog/li-ion-vs-lipo-long-lasting-battery-drones/>.

20. LiPo Battery Voltage, Discharge Rate and Cycle Life / Grepow, accessed June 25, 2025, <https://www.grepow.com/blog/basis-of-lipo-battery-specifications.html>.

21. Drone Batteries: A Comprehensive Guide – Grepow, accessed June 25, 2025, <https://www.grepow.com/blog/drone-batteries-a-comprehensive-guide.html>.

22. How weather affects flight – Weather knowledge / Droneinfo, accessed June 25, 2025, <https://www.droneinfo.fi/en/study-material/how-weather-affects-flight-weather-knowledge>.

23. Brushless Gimbal With Arduino: 4 Steps (with Pictures) – Instructables, accessed June 25, 2025, <https://www.instructables.com/Brushless-Gimbal-with-Arduino/>.

24. How do brushless gimbal motors work?: r/Multicopter – Reddit, accessed June 25, 2025, https://www.reddit.com/r/Multicopter/comments/579qfv/how_do_brushless_gimbal_motors_work/.

25. 12 / Program a PID controller to stabilize a drone – YouTube, accessed June 25, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=jY6bBcMtseY>.

26. PID brushless motor control tutorial – YouTube, accessed June 25, 2025, <https://m.youtube.com/watch?v=AN3yxIBAxTA&pp=ygUGI2FkbXB1>.

27. Field Oriented Control: To FOC or not to FOC – OlliW's Bastelseiten, accessed June 25, 2025, <https://www.olliw.eu/2017/field-oriented-control/>.

28. Precision without GPS: Multi-Sensor Fusion for Autonomous Drone Navigation in Complex Environments – ijircst.org, accessed June 25, 2025, <https://www.ijircst.org/DOC/6-Precision-without-GPS-Multi-Sensor-Fusion-for-Autonomous-Drone-Navigation-in-Complex-Environments.pdf>.

29. AI-Powered Drone Technology – Fly Eye, accessed June 25, 2025, <https://www.flyeye.io/ai-powered-drone-technology/>.

30. Enhanced UAV Tracking through Multi-Sensor Fusion and Extended Kalman Filtering – CEUR-WS.org, accessed June 25, 2025, <https://ceur-ws.org/Vol-3900/Paper19.pdf>.

31. Drone Flight Control System Industry Challenges & Growth 2032 – Designing Buildings Wiki, accessed June 25, 2025, https://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Drone_Flight_Control_System_Industry_Challenges_%26_Growth_2032.

32. Configuration Tab – Betaflight, accessed June 25, 2025, <https://betaflight.com/docs/wiki/configurator/configuration-tab>.

33. The Perfect Fusion of Speed and Passion – MMC FPV M2 Series Racing Drones, accessed June 25, 2025, <https://www.mmcuav.com/insights/blog/the-perfect-fusion-of-speed-and-passion-mmc-fpv-m2-series-racing-drones>.

34. FPV Protocols Explained (CRSF, SBUS, DSHOT, ACCST, PPM, PWM and more), accessed June 25, 2025, <https://oscarliang.com/rc-protocols/>.

35. DJI O3 Air Unit – Specs, accessed June 25,

2025, <https://www.dji.com/o3-air-unit/specs>.

36. DJI O3 Air Unit – Go the Distance, accessed June 25, 2025, <https://www.dji.com/o3-air-unit>.

37. Technology – hdzero, accessed June 25, 2025, <https://www.hd-zero.com/technology>.

38. Design of radio communication modules for UAVs using atypical frequencies, accessed June 25, 2025, <https://smarttech.knuba.edu.ua/article/download/318378/308721/737704>.

39. Technical Advisory – ExpressLRS vulnerabilities allow for hijack of control link / NCC Group, accessed June 25, 2025, <https://www.nccgroup.com/sg/research-blog/technical-advisory-expresslrs-vulnerabilities-allow-for-hijack-of-control-link/>.

40. The Science of Drone Motor and Propeller Combinations – Mechtex, accessed June 25, 2025, <https://mechtex.com/blog/the-science-of-drone-motor-and-propeller-combinations>.

41. How to Calculate & Measure Propeller Thrust – Tyto Robotics, accessed June 25, 2025, <https://www.tytorobotics.com/blogs/articles/how-to-calculate-propeller-thrust>.

42. Digital FPV Latency & Frame Delivery – DJI – HDZero – Avatar HD – A Lot To Understand., accessed June 25, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=d7gfla-CHU2w>.

43. Mixed Methods Research Guide With Examples – Dovetail, accessed June 25, 2025, <https://dovetail.com/research/mixed-methods-research/>.

44. Achieving Integration in Mixed Methods Designs – Principles and Practices – PMC, accessed June 25, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4097839/>.

45. The ultimate guide to thematic analysis in qualitative research – Qualtrics, accessed June 25, 2025, <https://www.qualtrics.com/experience-management/research/thematic-analysis-in-qualitative-research/>.

46. A novel method for objective quantification of apathy based on gaze and physiological reactivity to stimuli presented in a virtual reality environment – PMC, accessed June 25, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC11886987/>.

47. Understanding the role of emotion in decision making process: using machine learning to analyze physiological responses to visual, auditory, and combined stimulation – Frontiers, accessed June 25, 2025,

<https://www.frontiersin.org/journals/human-neuroscience/articles/10.3389/fnhum.2023.1286621/full>.

48. Thematic Analysis vs. Grounded Theory / Comparison & Uses – ATLAS.ti, accessed June 25, 2025, <https://atlasti.com/guides/thematic-analysis/thematic-analysis-grounded-theory>.

49. 3.4: Implementing Responsible, Culturally Appropriate Research – Social Sci LibreTexts, accessed June 25, 2025, [https://socialsci.libretexts.org/Courses/Contra_Costa_College/Psych-222%3A_Multicultural_Psychology_\(Ounjian\)/03%3A_Research_Methods_and_Culture_\(links\)/3.4%3A_Implementing_Responsible_Culturally_Appropriate_Research](https://socialsci.libretexts.org/Courses/Contra_Costa_College/Psych-222%3A_Multicultural_Psychology_(Ounjian)/03%3A_Research_Methods_and_Culture_(links)/3.4%3A_Implementing_Responsible_Culturally_Appropriate_Research).

50. Cultural sensitivity / Communication Research Methods Class Notes – Fiveable, accessed June 25, 2025, <https://library.fiveable.me/communication-research-methods/unit-10/cultural-sensitivity/study-guide/xkiluLKWQykTzFO0>.

51. The Psychology of Camera Movement in Video Production – Rocket House Pictures, accessed June 25, 2025, <https://rockethousepictures.com/blog/the-psychology-of-camera-movement-in-video-production.html>.

52. An embodiment of the cinematographer: emotional and perceptual responses to different camera movement techniques – ResearchGate, accessed June 25, 2025, https://www.researchgate.net/publication/372099851_An_embodiment_of_the_cinematographer_emotional_and_perceptual_responses_to_different_camera_movement_techniques.

53. Mastering Optic Flow in Perception – Number Analytics, accessed June 25, 2025, <https://www.numberanalytics.com/blog/mastering-optic-flow-in-perception>.

54. The neural basis of depth perception from motion parallax – PMC, accessed June 25, 2025, <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4901450/>.

55. Perception and memory across viewpoint changes in moving images / JOV / ARVO Journals, accessed June 25, 2025, <https://jov.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2121144>.

56. Understanding Gestalt in Film – Number Analytics, accessed June 25, 2025, <https://www.numberanalytics.com/blog/ultimate-guide-gestalt-film>.

57. Gestalt Theory – High School Screen Academy, accessed June 25, 2025, <https://www.thescreenacademy.com/production-tips/gestalt-theory>.

58. Diffraction, Optimum Aperture, and

Defocus – Imatest, accessed June 25, 2025, <https://www.imatest.com/imaging/diffraction-and-optimum-aperture/>.

59. Aberrations / Edmund Optics, accessed June 25, 2025, <https://www.edmundoptics.com/knowledge-center/application-notes/imaging/how-aberrations-affect-machine-vision-lenses/>.

60. Cultural Resilience: A Semiotics Perspective, accessed June 25, 2025, <https://www.numberanalytics.com/blog/cultural-resilience-semiotics-perspective>.

61. Semiotic Interpretation of the Classical Elements in the Spatial Quality of Persian Sacred Architecture, accessed June 25, 2025, <https://ijaup.iust.ac.ir/article-1-566-en.pdf>.

62. Understanding Indigenous Cultural Ethics – Number Analytics, accessed June 25, 2025, <https://www.numberanalytics.com/blog/ultimate-guide-to-ethics-and-consent-in-indigenous-cultural-perspectives>.

63. Guide to Global Drone Laws: Must-Know Regulations / Voliro, accessed June 25, 2025, <https://voliro.com/blog/drone-laws/>.

64. Part 107 Waivers | Federal Aviation Administration, accessed June 25, 2025, https://www.faa.gov/uas/commercial_operators/part_107_waivers.

65. climate.sustainability-directory.com, accessed June 25, 2025, <https://climate.sustainability-directory.com/question/how-do-weather-conditions-limit-drone-use/#:-:text=Wind%20affects%20stability%2C%20navigation%2C%20and,battery%20performance%20and%20material%20integrity>.

66. Mastering Audio and Video Sync in Premiere Pro: Your Step-by-Step Blueprint – Pixflow.net, accessed June 25, 2025, <https://pixflow.net/blog/mastering-audio-and-video-sync-in-premiere-pro-your-step-by-step-blueprint/>.

67. Learn about Timecode, accessed June 25, 2025, <https://timecodeapp.com/timecode.html>.

68. Pong Richardson – Drone Aesthetics – Open Humanities Press, accessed June 25, 2025, http://openhumanitiespress.org/books/download/Pong_Richardson_2024_Drone-Aesthetics.pdf.

69. Objectivity in Journalism – Polity, accessed June 25, 2025, https://politybooks.com/bookdetail?book_slug=objectivity-in-journalism--9780745647340.

70. Photography Services Market Trends / Report [2025-2033], accessed June 25, 2025,

<https://www.globalgrowthinsights.com/market-reports/photography-services-market-115755>.

71. Wedding Photography Market Size / Global Analysis [2025–2033], accessed June 25, 2025, <https://www.businessresearchinsights.com/market-reports/wedding-photography-market-120055>.

72. AI Algorithms for Drones – Fly Eye, accessed June 25, 2025, <https://www.flyeye.io/ai-algorithms-for-drones/>.

73. Deep Learning Object Tracking: Algorithms, Challenges, and Applications – FlyPix AI, accessed June 25, 2025, <https://flypix.ai/blog/deep-learning-object-tracking/>.

74. RAMOTS: A Real-Time System for Aerial Multi-Object Tracking based on Deep Learning and Big Data Technology – arXiv, accessed June 25, 2025, <https://arxiv.org/html/2502.03760v1>.

75. Dual Operator Drone Cinematography: Why It Matters for Your Next Production, accessed June 25, 2025, <https://www.aerialdronesolutions.co.za/blog/2025/5/5/dual-operator-drone-cinematography>.

76. CineMPC: A Fully Autonomous Drone Cinematography System Incorporating Zoom, Focus, Pose, and Scene Composition – ResearchGate, accessed June 25, 2025, https://www.researchgate.net/publication/377372294_CineMPC_A_Fully_Autonomous_Drone_Cinematography_System_Incorporating_Zoom_Focus_Pose_and_Scene_Composition.

77. Drone Communication Systems – Fly Eye, accessed June 25, 2025, <https://www.flyeye.io/drone-technology-communication/>.

78. Arduino Field Oriented Control (FOC) Haptic control example - SimpleFOCShield – YouTube, accessed June 25, 2025, <https://www.youtube.com/watch?v=xTlv1rPEqv4>.

79. Greedy Perspectives: Multi-Drone View Planning for Collaborative Perception in Cluttered Environments – arXiv, accessed June 25, 2025, <https://arxiv.org/html/2310.10863v3>.

80. Developing a Warehouse Drone Management System – Apriorit, accessed June 25, 2025, <https://www.apriorit.com/dev-blog/warehouse-drone-management-system-development>.

81. Reliable Communication Systems for Long-Range Drone Operations – XRAY, accessed June 25, 2025, <https://xray.greyb.com/drones/communication-protocols-long-range-drone-networks>.

82. DJI Matrice 400 Sets New Standard for

Intelligent and Efficient Long-Endurance Aerial Missions, accessed June 25, 2025, <https://www.dji.com/media-center/announcements/dji-release-matrice-400>.

83. DJI Dock 3 Delivers “Drone in a Box” Enterprise Solution For 24/7 Remote Operations, accessed June 25, 2025, <https://www.dji.com/global/media-center/announcements/dji-release-dock-3>.

84. Top Commercial Drones of 2025 – Find Your Perfect Model, accessed June 25, 2025, <https://blog.dronedesk.io/commercial-drone/>.

85. Drones Are Going Greener: How Energy

Harvesting is Powering the Future of Flight, accessed June 25, 2025, <https://www.azosensors.com/article.aspx?ArticleID=3188>.

86. Energy Efficiency In Drones Term, accessed June 25, 2025, <https://energy.sustainability-directory.com/term/energy-efficiency-in-drones/>.

87. Five canonical findings from 30 years of psychological experimentation in virtual reality, accessed June 25, 2025, https://www.researchgate.net/publication/392004650_Five_canonical_findings_from_30_years_of_psychological_experimentation_in_virtual_reality.

ISHCHENKO Andrey Josipovich

Director of Photography with UAV, Cinematographer,
CalibridalFilm, Paramaite, Russia, Moscow

EMOTION ENHANCEMENT: THE IMPACT OF AERIAL PHOTOGRAPHY ON WEDDING FILMMAKING

Abstract. *The article is an in-depth analysis of the transformational impact of aerial photography on modern wedding filmmaking. Drawing on professional knowledge and empirical evidence, she explores how the use of drones not only enhances the technical quality and aesthetic value of wedding films, but also significantly enhances their emotional depth and narrative structure. The article covers the historical evolution of drone technology, including the development of camera sensors, image processing pipelines, battery chemistry, suspension stabilization mechanisms, and flight control algorithms. Special attention is paid to the engineering principles underlying the capabilities of FPV drones and their impact on shooting dynamics. The research methodology based on mixed methods is described in detail with an emphasis on quantitative metrics of visual analysis and qualitative interview methods, as well as issues of generalizability of conclusions in various cultural contexts. The article also delves into the aesthetic and emotional impact of aerial photography, explaining the psychological and physiological reactions of viewers to camera movements and their role in shaping mood and symbolism. Cultural symbolism, ethical considerations, technical and artistic challenges, customer expectations and market impact are considered. Finally, the article predicts future directions of development, including AI-assisted flight, advanced object tracking algorithms, two-operator systems, environmental innovation and convergence with virtual reality and 360-degree video, emphasizing the balance between technological progress and creative storytelling.*

Keywords: *aerial photography by drones, aerial videography, wedding filmmaking, visual storytelling, cinematic weddings, FPV drones, immersive media, cultural symbolism, psychology of perception, semiotics, drone engineering.*

РЫСИН Андрей Владимирович
радиоинженер, АНО «НТИЦ «Техком»,
Россия, г. Москва

ОПТИМИЗАЦИЯ РАДИО-МОДУЛЯ ПО КОНСТРУКЦИИ, ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЕ, ПРОГРАММНОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ДЛЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ С УЧЁТОМ ТРЕБОВАНИЙ ИМПОРТНОГО ЗАМЕЩЕНИЯ И КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ

Аннотация. На современном этапе развития систем радиуправления и связи стоит вопрос об оптимизации радиоэлектронных устройств в микромодульном исполнении. Это нужно с целью снижения экономических затрат за счёт унификации и многофункционального использования. Одновременно стоит вопрос о повышении чувствительности и энергетического потенциала для связи при скоростях передачи информации в десятки мегабит в секунду. При этом важно получить конкурентоспособное решение с учётом импортного замещения. В этой статье мы проанализировали известные технические решения по микромодульному исполнению и предлагаем свой вариант без допущенных недостатков на основе логического подхода. Соответственно на основе проведённого анализа мы предлагаем функциональные схемы и конкретные технические решения.

Ключевые слова: радио-модуль, связь, радиотехническая разведка, навигация и определение местоположения по радиосигналу противника, радиолокация, функциональные схемы обработки радиосигнала в радио-модуле, компоновка радио-модулей в АФАР.

Данная статья не является первой попыткой анализа по оптимизации, предварительные исследования мы провели в работах [1, с. 757-778; 2, с. 9-41; 3, с. 38-81; 4, с. 17-35; 5, с. 6-22; 6, с. 9-40; 7, с. 22]. Суть необходимости унификации в том, что только массовое производство позволяет снизить себестоимость изделий и это позволяет обеспечить конкурентоспособность и импортное замещение. Однако при этом приходится жертвовать чувствительностью и энергетическим потенциалом при использовании широкого диапазона частот радиотехнических изделий. Отметим также, что при распространении связи через сотовые вышки, рентабельность сотовой связи снижается из-за неравномерной плотности населения, которое пользуется смартфонами. В этом случае потребитель хочет иметь при невысокой цене изделий сочетание сотовой связи и космической связи. Однако, если для сотовой

связи обычно выходная мощность для телефонной связи (ТЛФ) в режиме разговора не превышает 0,1 Вт, то космическая связь требует выходной мощности порядка 7 Вт – 10 Вт. Соответственно при этом растут энергетические потери и снижаются возможности по миниатюризации. Одновременно пользователи хотят иметь доступ в Интернет, в любой точке мира, а это требует повышения скорости передачи информации до десятков мегабит в секунду, что также требует повышения энергетического потенциала из-за расширения полосы пропускания в приёмной части. Здесь также мы не являемся первопроходцами, и аналогичная связь через HCCC была опробована в наши дни операторами «Starlink» для связи со смартфонами с передачей сигнала порядка 17 Мбит/сек [8]. Результаты приёма сигнала со спутника на прямую на не модифицированный смартфон Samsung с Android показан на рисунке 1.

Connecting to host 172.20.1.1, port 5201
Reverse mode, remote host 172.20.1.1 is sending

[5] local 172.23.0.113 port 59256 connected to 172.20.1.1 port 5201

[ID]	Interval		Transfer	Bitrate	Jitter	Lost/Total Datagrams
[5]	0.00-1.00	sec	1.93 MBytes	16.2 Mbits/sec	0.901 ms	0/1502 (0%)
[5]	1.00-2.00	sec	2.02 MBytes	16.9 Mbits/sec	1.059 ms	272/1842 (15%)
[5]	2.00-3.00	sec	2.04 MBytes	17.1 Mbits/sec	1.228 ms	272/1856 (15%)
[5]	3.00-4.00	sec	1.94 MBytes	16.2 Mbits/sec	1.338 ms	259/1765 (15%)
[5]	4.00-5.00	sec	1.86 MBytes	15.6 Mbits/sec	1.211 ms	492/1936 (25%)
[5]	5.00-6.00	sec	2.04 MBytes	17.1 Mbits/sec	1.340 ms	273/1863 (15%)
[5]	6.00-7.00	sec	2.03 MBytes	17.0 Mbits/sec	1.180 ms	282/1862 (15%)
[5]	7.00-8.00	sec	2.05 MBytes	17.2 Mbits/sec	0.911 ms	252/1848 (14%)
[5]	8.00-9.00	sec	2.04 MBytes	17.1 Mbits/sec	1.202 ms	291/1877 (16%)
[5]	9.00-10.00	sec	2.05 MBytes	17.2 Mbits/sec	1.041 ms	242/1833 (13%)
[5]	10.00-11.00	sec	2.03 MBytes	17.0 Mbits/sec	1.319 ms	294/1870 (16%)
[5]	11.00-12.00	sec	2.03 MBytes	17.0 Mbits/sec	1.459 ms	263/1840 (14%)
[5]	12.00-13.00	sec	2.05 MBytes	17.2 Mbits/sec	0.907 ms	191/1784 (11%)
[5]	13.00-14.00	sec	1.93 MBytes	16.2 Mbits/sec	0.835 ms	419/1921 (22%)
[5]	14.00-15.00	sec	2.04 MBytes	17.1 Mbits/sec	0.931 ms	281/1866 (15%)
[5]	15.00-16.00	sec	2.05 MBytes	17.2 Mbits/sec	1.214 ms	265/1857 (14%)
[5]	16.00-17.00	sec	2.03 MBytes	17.0 Mbits/sec	1.315 ms	251/1827 (14%)
[5]	17.00-18.00	sec	2.04 MBytes	17.1 Mbits/sec	1.412 ms	281/1870 (15%)
[5]	18.00-19.00	sec	2.04 MBytes	17.1 Mbits/sec	1.359 ms	269/1859 (14%)
[5]	19.00-20.00	sec	2.05 MBytes	17.2 Mbits/sec	0.952 ms	253/1851 (14%)
[5]	20.00-21.00	sec	2.02 MBytes	17.0 Mbits/sec	1.208 ms	269/1842 (15%)
[5]	21.00-22.00	sec	2.04 MBytes	17.1 Mbits/sec	0.890 ms	270/1857 (15%)
[5]	22.00-23.00	sec	2.02 MBytes	16.9 Mbits/sec	0.962 ms	280/1851 (15%)
[5]	23.00-24.00	sec	2.02 MBytes	17.0 Mbits/sec	1.145 ms	295/1867 (16%)
[5]	24.00-25.00	sec	2.02 MBytes	16.9 Mbits/sec	0.977 ms	281/1849 (15%)
[5]	25.00-26.00	sec	2.02 MBytes	16.9 Mbits/sec	0.896 ms	275/1844 (15%)
[5]	26.00-27.00	sec	2.01 MBytes	16.9 Mbits/sec	1.474 ms	315/1881 (17%)
[5]	27.00-28.00	sec	1.92 MBytes	16.1 Mbits/sec	1.210 ms	352/1846 (19%)
[5]	28.00-29.00	sec	2.05 MBytes	17.2 Mbits/sec	1.600 ms	275/1866 (15%)
[5]	29.00-30.00	sec	1.93 MBytes	16.2 Mbits/sec	1.181 ms	342/1842 (19%)

[ID]	Interval		Transfer	Bitrate	Jitter	Lost/Total Datagrams
[5]	0.00-30.10	sec	71.8 MBytes	20.0 Mbits/sec	0.000 ms	0/55815 (0%) sender
[SUM]	0.0-30.1	sec	255 datagrams received out-of-order			
[5]	0.00-30.00	sec	60.3 MBytes	16.9 Mbits/sec	1.181 ms	8356/55274 (15%) receiver

Рис. 1. Результаты передачи со спутника Starlink напрямую на смартфон

В ходе замеров параметров канала передачи данных использовался диапазон 4G/LTE, предоставленный T-Mobile US. DTC-спутники Starlink оснащены специальными фазированными антенными решётками с приёмниками высокой чувствительности и мощными передатчиками, что позволяет им улавливать сигналы от антенн мобильных телефонов, предназначенных для подключения к наземным базовым станциям. Илон Маск считает, что DTC «значительно меняет правила игры», устраняя мёртвые зоны сотовой связи, при этом, не

конкурируя с наземными сетями. Технология обеспечивает услуги голосовой и текстовой связи, а также передачи данных в отдалённых районах без наземной инфраструктуры. Инженер SpaceX Бен Лонгмьер, один из руководителей программы Starlink Direct to Cell, подтвердил, что команда размещает сообщение на X через спутники Starlink. К своему посту он прикрепил фото тропы в горах Санта-Крус (рис. 2), где нет сотовой связи с обычными провайдерами, и откуда шла передача данных через Direct to Cell.



Рис. 2. Картинка изображения, полученная при передаче со скоростью 17 Мбит/сек

Учитывая разницу в требованиях по мощности сигнала между сотовой и космической связью унифицированный радио-модуль с обеспечением микроминиатюризации для сотовой и космической связи должен удовлетворять

противоречивым требованиям. Первые попытки по микроминиатюризации радио-модулей были сделаны на основе микросхемы AD9361, которая представляет собой приёмо-передающий модуль, показанный на рисунке 3.

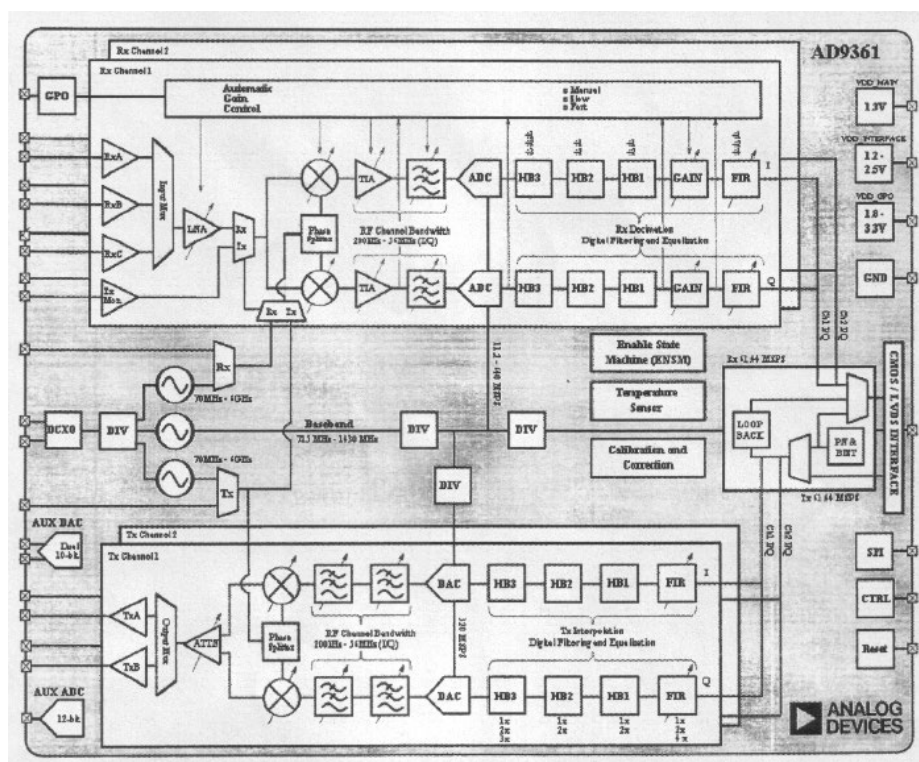


Рис. 3. Микросхема AD9361

Данный приёмопередатчик работает в широком диапазоне частот от 70 МГц до 6 ГГц и имеет частоту цифровой дискретизации аналогового сигнала порядка 110–140 МГц. Здесь каналы приёма и передачи разделены. При приёме используется однократное преобразование частоты в квадратуре по составляющим синуса и косинуса с последующей цифровой фильтрацией входного сигнала и подстройкой по несущей частоте. Передатчик также имеет однократное преобразование частоты с фильтрацией сигнала на передачу. Чтобы повысить чувствительность при приёме на входе используется литерное исполнение, однако это тоже связано с потерями. Одновременно антенны в таком широком диапазоне частот не могут иметь узкой диаграммы направленности, что необходимо для повышения энергетического потенциала в условиях приёма сигнала с высокой скоростью передачи информации. Кроме того, несмотря на широкий диапазон принимаемых и передаваемых частот радиосигнала, данное устройство в большинстве случаев применимо только в качестве промежуточного устройства из-за малой выходной мощности. Как будет показано ниже, само схемотехническое решение сужает возможности многофункционального использования для достижения оптимальной обработки. Действительно, для обеспечения надёжной связи необходимо

повышать помехозащищённость, чувствительность и энергетический потенциал радио-модуля. Однако эти требования не совместимы с широкой полосой пропускания микросхемы AD9361. Именно поэтому потребовалось литерное исполнение с переключением на входе и выходе. Одновременно обычного потребителя не интересует широкий диапазон частот от 70 МГц до 6 ГГц, его интересует качество связи и устройство, которое будет совместимо с уже существующими аналогами и замещать их по функциям. Поэтому при выборе технического и конструктивного решения необходимо ориентироваться на тип антенн, которые обеспечивают повышение энергетического потенциала и чувствительности с учётом уже освоенного диапазона частот. Иными словами, оптимальным техническим решением будет литерное исполнение по диапазонам частот в зависимости от типа антенны. Примером литерного исполнения, для повышения чувствительности является патч-антенна в системе навигации «Каскад-4М» (рис. 4). Это устройство, имеет более высокий коэффициент направленного действия (к.н.д.) и соответственно эффективную площадь для приёма и передачи с возможностью исключения помех от подстилающей поверхности за счёт применения круговой поляризации.

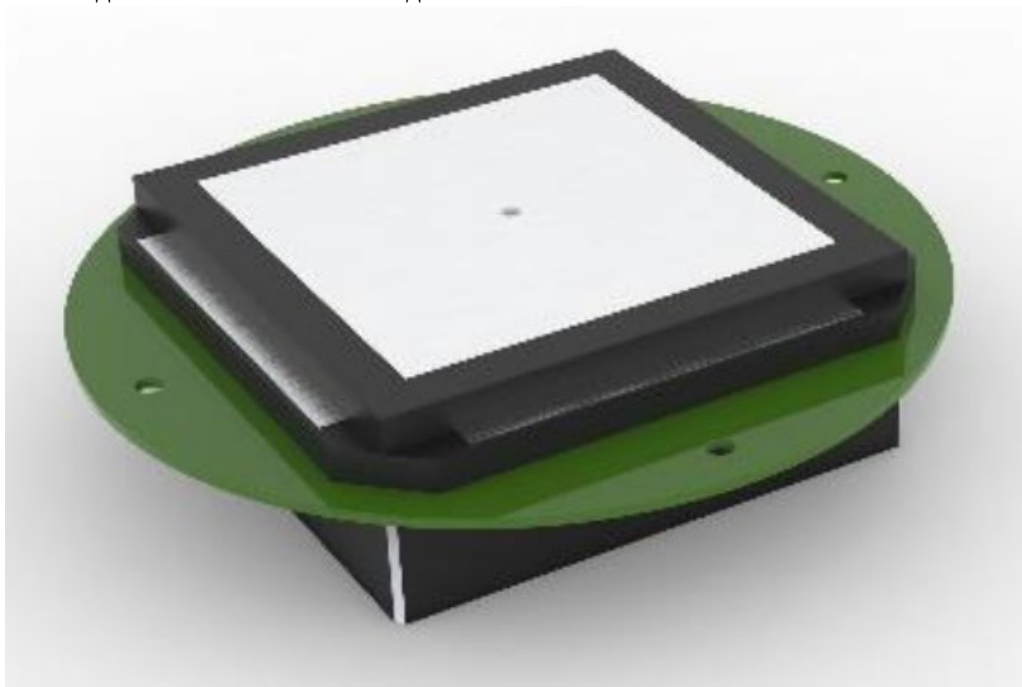


Рис. 4. Навигационный приёмник Каскад-4М

При этом навигационное устройство «Каскад-4М» имеет размеры 130 мм x 130 мм x 22 мм, с весом в 250 грамм и энергетическое

потребление в 6 Вт. Это законченное устройство, и в неё может входить отдельным устройством микросхема AD9361. Однако недостаток

данного устройства в том, что и является его достоинством. Отдельная патч - антенна имеет для повышения помехозащищённости и чувствительности, а также энергетического

потенциала к.н.д. порядка 9 дБ, что даёт сужение луча диаграммы направленности антенны до 60 градусов (рис. 5).

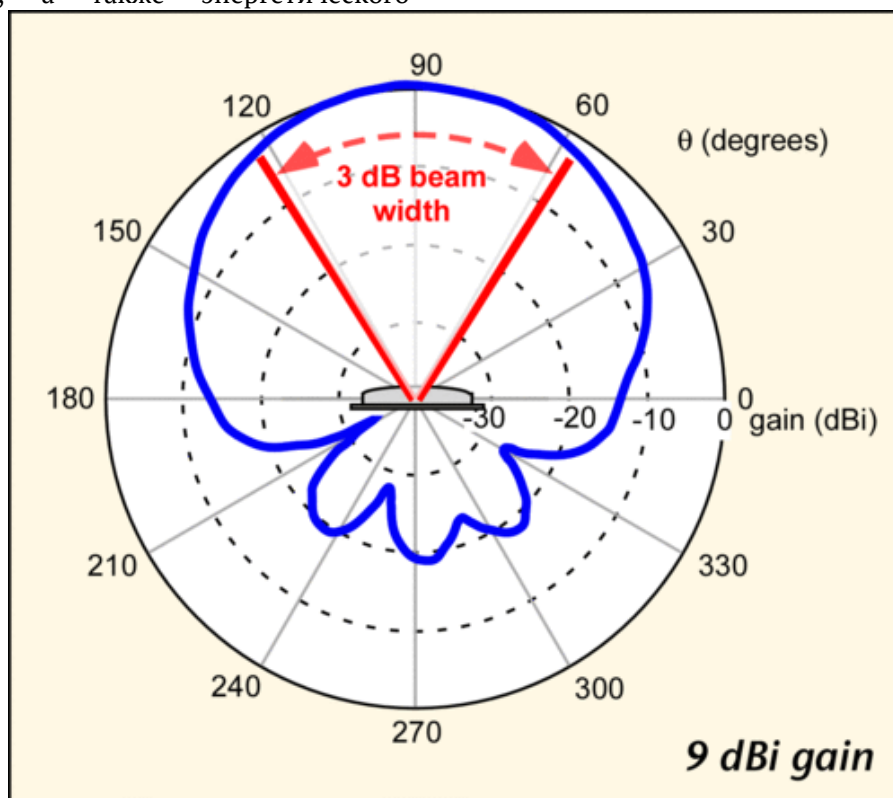


Рис. 5. Диаграмма направленности одного патч

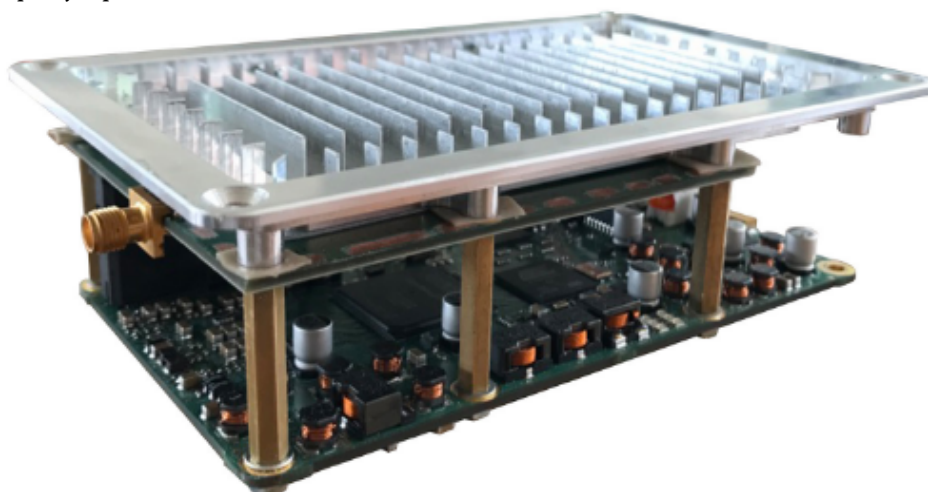
Одновременно с этим, угол начального наклона для приёма сигналов навигации должен составлять над горизонтом порядка 25 градусов. В этом случае сектор углового обзора будет 130 градусов. Эту проблему можно решить за счёт использования объединения патч-антенн в активную фазированную антенную решётку (АФАР) с управлением лучом. Однако, здесь необходимы отдельные антенные устройства и начальные приёмо-передающие тракты в соответствующем диапазоне частот для элементов АФАР с учётом когерентного суммирования и разделения по фазе. Действительно, с точки зрения многофункционального применения данное устройство радио-модуля AD9361 невозможно использовать в качестве законченного узла с объединением с элементом патч-антенны для формирования луча в АФАР. То есть, требуются отдельные устройства предварительного приёмо-передающего тракта с наличием фазовращателей, сигналы с которых после суммирования на несущей частоте подавались бы на данную микросхему AD9361. Иными словами, для решения проблемы использования данной микросхемы в составе АФАР необходимо когерентное

суммирование при приёме или разделение сигнала при передаче с учётом фазовых сдвигов перед подачей сигнала на микросхему AD9361. Следовательно, данная микросхема вполне может подходить для частного случая как радио-модуль в смартфонах без оптимизации требований по энергетическому потенциалу, помехозащищённости и чувствительности, но она не является законченным устройством и не обеспечивает оптимальных характеристик в плане микроминиатюризации и унификации. На основании сказанного следует задать вопрос: «А можно ли создать такой унифицированный радио-модуль, который бы обеспечивал при приемлемых и обоснованных габаритных размерах многофункциональное применение с оптимальными параметрами по чувствительности, энергетическому потенциалу, электромагнитной совместимости и помехозащищённости?».

Для этого надо показать, что для оптимальных характеристик с достижением наивысших значений по энергетическому потенциалу, чувствительности и помехозащищённости радио-модуля необходимо рассмотрение в едином устройстве для микроминиатюризации

технического решения с учётом типа антенн в конструкции, выбором функциональной и электрической схем, электромагнитной совместимости с учётом обработки радиосигналов. При этом сборная конструкция из радио-модулей должна позволять повышать энергетический потенциал и скорость передачи информации. Здесь не надо «изобретать велосипед», а надо лишь детально проанализировать уже известные решения и найти оптимум. Соответственно размеры устройства должны быть не

больше размеров смартфона или планшета. Понятно, что при этом мы столкнёмся с противоречиями между требованиями, решение которых и даёт новизну изобретения. На Рис.4 мы показали техническое решение, которое используется в навигации. Однако в радиосвязи требуется иметь разную обработку сигнала, помимо приёма кодовых сигналов от систем навигации, и одно из таких решений известных на практике мы приводим на рисунке 6.



Размер, включая радио-модуль (мм): 140x80x40;
Вес (гр): 150;

Максимальная мощность (Вт): 0.3;
Диапазон частот (МГц): 3400-3600 полоса до 28 МГц
Временной дуплекс с изменяемым соотношением
восходящего и нисходящего трафика
Полоса частот (МГц): 7,14,28;
Чувствительность/скорость для полосы (МГц): 7;

ШПС = -105 дБм / 550 кбит в секунду
QPSK 1/2 = -88 дБм / 4500 кбит в секунду
QPSK 3/4 = -85 дБм / 6750 кбит в секунду
QAM16 1/2 = -81 дБм / 9000 кбит в секунду
QAM16 3/4 = -77 дБм / 13500 кбит в секунду
QAM64 2/3 = -73 дБм / 18000 кбит в секунду

Рис. 6. Радио-модуль для приёма и передачи информации на малой дальности для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)

Как видно, данное устройство имеет общую полосу пропускания в 200 МГц от 3,4 ГГц до 3,6 ГГц, но даже при мощности в 0,3 Вт не обошлись без охлаждающего радиатора. В дальнейшем инженеры пошли по пути увеличения

мощности и диапазона частот за счёт литерного исполнения по диапазонам частот и данный радио-модуль был доработан, и он показан на рисунке 7.

<https://www.it-world.ru/news-company/releases/152091.html>

Произведены доработки в системе канального кодирования сигналов, благодаря чему увеличилась скорость передачи данных системы связи TRX-8D до 50 Мбит/с.

Рис. 7. Радио-модуль TRX-8D

С учётом литеров 1, 2 и 3 эта система связи может иметь диапазон несущих частот от 30 МГц до 12 ГГц, что требует для противодействия наличия широкополосной помехи в этом диапазоне частот. Однако здесь не учитываются ограничения, связанные с применяемыми антеннами, которые для повышения энергетического потенциала имеют в случае высоких коэффициентов направленного действия (к.н.д) узкую полосу пропускания. По высоте здесь используется «трёхэтажная» конструкция из плат с вентиляторами и радиатором охлаждения. Иными словами, в этом случае оказалось мало радиатора охлаждения, который был применён в радио-модуле по рисунку 6 при мощности в 0,3 Вт и в конструкции по рисунку 7 потребовалось дополнительно использовать два вентилятора. Один вентилятор для усилителя мощности, а другой для микросхемы, обеспечивающей необходимую дискретизацию сигнала при обработке сигнала при скорости передачи в 50 Мбит/сек. Здесь энергетические потери определяются скоростью переключений в микросхеме, а она значительно в данном случае превышает скорость передачи информации в силу отсутствия программной оптимизации. Вес устройства порядка 300 г и размеры 160 мм × 60 мм × 35 мм. Соответственно увеличение мощности и скорости передачи информации также сказалось на увеличении веса в 2 раза и габаритов. При этом энергопотребление при мощности излучения в 5 Вт будет не менее 10 Вт с учётом общего усиления сигнала.

Если исходить из энергетического потребления навигационного приёмника «Каскад-4 М» в 6 Вт, в котором код имеет передачу в 1–10 Мбит/сек, энергетическое потребление при передаче практически будет равно энергетическому потреблению при приёме. Понятно, что обе эти конструкции не подходят для использования их в качестве приёмо-передающих трактов смартфонов в ширпотребе.

Из анализа представленных технических решений, при выборе габаритов с учётом использования патч-антенн, которые позволяют поднять энергетический потенциал без повышения мощности, что исключает применение вентиляторов, можно сделать вывод, что приемлемым вариантом оптимального конструктивного решения, с учётом диапазона частот используемого при ширпотребе, будет радио-модуль размерами порядка 130 мм × 65 мм × 10 мм, что вписывается в размеры современных смартфонов. При этом желательно использовать «двухэтажную» конструкцию на основе двух плат, что позволяет разнести приёмную и передающие части по платам и уменьшить нагрев на приемную часть устройства на основе малошумящих усилителей (МШУ) от усилителей мощности (УМ). Соответственно внешняя поверхность одной из плат будет использоваться под конструкцию патч-антенн. Вторая внешняя поверхность другой платы будет использована под радиоэлементы устройства управления, компонентов смартфона и получения режима АФАР при сборочной

конструкции из радио-модулей, как это будет показано несколько ниже. Программное обеспечение цифровой обработки радиосигнала, а также энергетическое потребление усилителей мощности (УМ) должны быть такими, чтобы, при суммарном общем энергетическом потенциале, не было необходимости в дополнительных вентиляторах. Иными словами, требуется

также оптимизация по программной обработке принимаемого сигнала. Отметим, что при необходимости радиатор охлаждения нужной конфигурации можно дополнительно разместить в качестве прослойки между платами. Пример такого конструктивного решения смартфона показан на рисунке 8.

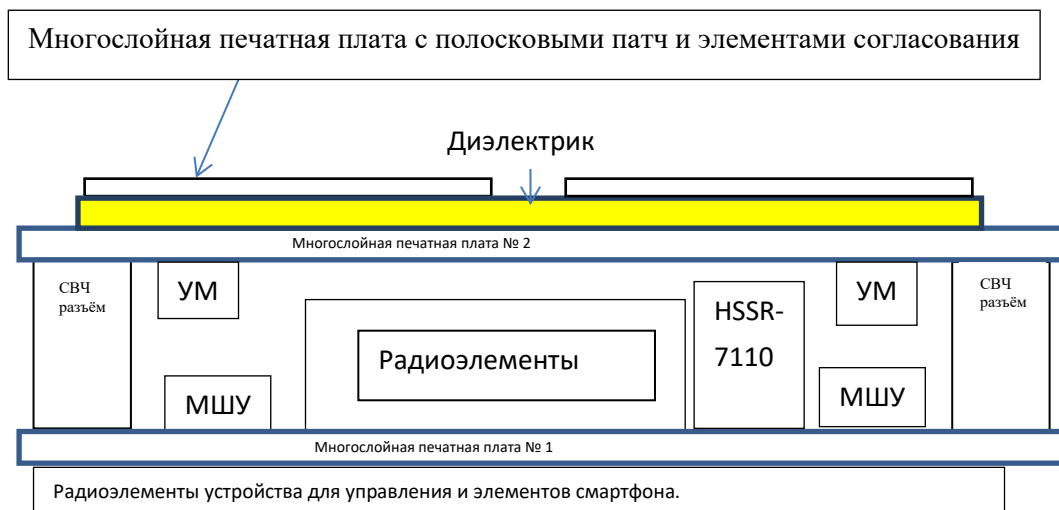


Рис. 8. «Двухэтажная конструкция» предлагаемого устройства

Это позволит при импортном замещении для ширпотреба использовать диапазон частот с учётом применения соответствующего диэлектрика-наполнителя для патч-антенны от 1 ГГц до 3 ГГц, что, собственно, и реализовано в навигационном приёмнике «Каскад-4М».

Ниже, на рисунке 9, приведено распределение диапазона частот для навигации. Необходимо отметить, что такие широко используемые системы связи как «GSM1800», «Iridium» и «Globalstar» также находятся в данном диапазоне частот.

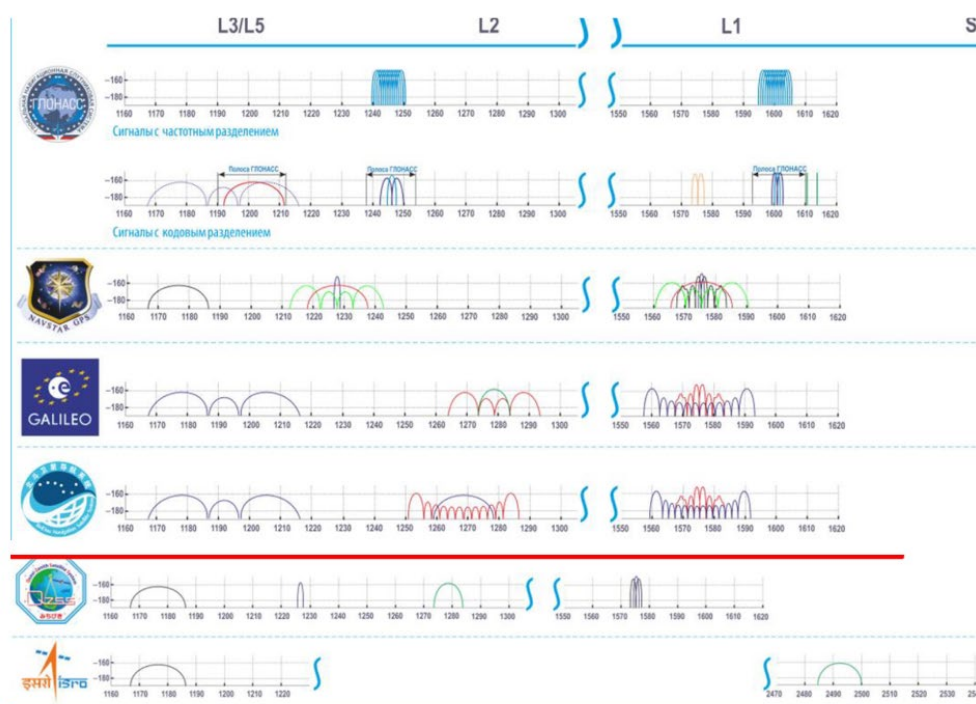


Рис. 9. Частотные диапазоны навигаторов спутниковых систем связи

Соответственно мы приводим и список частот, которые выделены государственным комитетом по радиочастотам (ГКРЧ) для систем

Оператор	Режим	Диапазон (band)	Частоты, МГц
Скартел	FDD	7	2500—2530 / 2620—2650
МегаФон	FDD	20	847—854,5 / 806—813,5
	FDD	7	2530—2540 / 2650—2660
	TDD	38	2570—2595
ВымпелКом	FDD	20	854,5-862 / 813,5-821
	FDD	7	2550—2560 / 2670—2680
МТС	FDD	20	839,5-847 / 798,5—806
	FDD	7	2540—2550 / 2660—2670
	TDD	38	2595—2620
Ростелеком	FDD	20	832—839,5 / 791—798,5
	FDD	7	2560—2570 / 2680—2690
Основа Телеком	TDD	40	2300—2400

Рис. 10. Выделенный диапазон частот коммерческим фирмам

Исходя из практики, используемый диапазон частот, по рисунку 10, обеспечивает применение патч-антенн с наиболее оптимальными характеристиками с учётом предлагаемых габаритных характеристик для смартфонов ширпотреба по энергетическому потенциалу и чувствительности. Соответственно из рисунка 10 следует, что с учётом требований государственного комитета по радиочастотам (ГКРЧ), оптимальной будет скорость передачи и приёма информации порядка 40 Мбит/сек – 50 Мбит/сек, что также согласуется со скоростью передачи радио-модуля TRX-8D. При этом для повышения энергетического потенциала, чувствительности с учётом увеличения углового обзора требуется применение не менее двух патч-антенн, что обеспечивает свойства АФАР. Соответственно мы видим, что использование патч-антенн (рис. 4), а также «двухэтажная» конструкция (рис. 6), и «трёхэтажная» конструкция (рис. 7) уже были внедрены в реальные устройства радиотехники, но здесь были недостатки отсутствия оптимизации для достижения наилучших характеристик в плане энергетического потенциала, чувствительности приёмника и унификации. Учитывая, что оптимальный диапазон частот по рисунку 9 и 10 имеет высокую степень использования радиотехническими средствами, то следует также обеспечить электромагнитную совместимость. С этой целью надо предусмотреть использование круговой поляризации как левой, так и правой (это также позволяет избавиться от помех подстилающей поверхности),

связи коммерческим фирмам, только под обеспечение, что они за десять лет обеспечат импортное замещение.

отстройку по частоте и коду при обнаружении мешающего сигнала. Один смартфон, выполненный по нашим рекомендациям с размерами 130 мм × 65 мм × 10 мм с применением только двух патч-антенн позволит обслуживать угловой сектор обзора порядка 150 градусов в одной проекции и 60 градусов в другой проекции. Если учесть возможность потерь в 10 дБ, а не 3 дБ (рис. 5), то и в этой угловой плоскости можно обеспечить 150 градусов. В городских условиях при импортном замещении в сотовой связи это вполне допустимо. При использовании космической связи в северных широтах с учётом схождения орбит КА (например, КА Iridium») ближе к полюсам, это также не будет критичным. Однако, как это будет показано в дальнейшем, если учесть унификацию таких радио-модулей, то при объединении двух радио-модулей в сборной конструкции через соответствующие разъёмы можно обеспечить угловой обзор порядка 150 градусов на 150 градусов с габаритными размерами 130 мм × 130 мм × 10 мм. Здесь возможно, конструктивное объединение с планшетом таких же размеров. В рабочем состоянии это соответствует конструкции книги в раскрытом виде, что в сложенном состоянии даст размеры 130 мм × 130 мм × 20 мм. Понятно, что на основе предлагаемых унифицированных радио-модулей при сборной конструкции можно обеспечить и формирование полотна активной фазированной антенной решётки (АФАР), например, в виде пользовательского терминала «Starlink» (рис. 11).



Рис. 11. Пользовательский терминал «Starlink»

Иными словами, унификация нашей конструкции, с возможностью сбора из отдельных радио-модулей активной фазированной антенной решётки (АФАР), позволяет улучшить характеристики по приёму и передаче для связи и навигации в экстремальных условиях. Более того, становятся ясны преимущества, одно из которых касается того, что проблема с повышением энергетического потенциала и чувствительности решается простым соединением унифицированных радио-модулей, управление которыми может вестись через Wi-Fi. Собственно направленное излучение сборной АФАР также улучшает возможности по электромагнитной совместимости. Однако мы провели только предварительное рассмотрение необходимой конструкции исходя из некоторых общих характеристик. Теперь необходимо более детально рассмотреть возможность создания указанного конструктивного и технического решения в плане оптимизации по частным характеристикам. Здесь, техническое решение для антенн по оптимизации для исключения помех, в том числе и от подстилающей поверхности, касается использования круговой

поляризации. И поэтому желательно использовать на каждую патч-антенну, для организации круговой поляризации, две точки соединения с каждым патч, с обеспечением сдвига между сигналами на 90 градусов. В этом случае на каждый патч будет приходиться по два усилителя мощности (УМ) при передаче и два малошумящих усилителя (МШУ) при приёме. Причём УМ желательно располагать на верхней плате с патч-антеннами (плата № 2), а МШУ на нижней плате № 1 (рис. 5). Соответственно для избегания потерь, МШУ и УМ необходимо располагать как можно ближе к местам соединения с патч. В этом случае по сравнению с вариантом одного МШУ и УМ, энергетический потенциал возрастает в 8 раз с учётом общего коэффициента направленного действия двух патч-антенн. В результате можно обойтись менее мощными усилителями, например, в 1 Вт вместо одного в 5 Вт, с учётом исключения необходимости охлаждения и вентилятора, как это было в варианте радио-модуля TRX-8D по рисунку 7. Пример расположения усилителей на предлагаемом радио-модуле показан на рисунке 12.

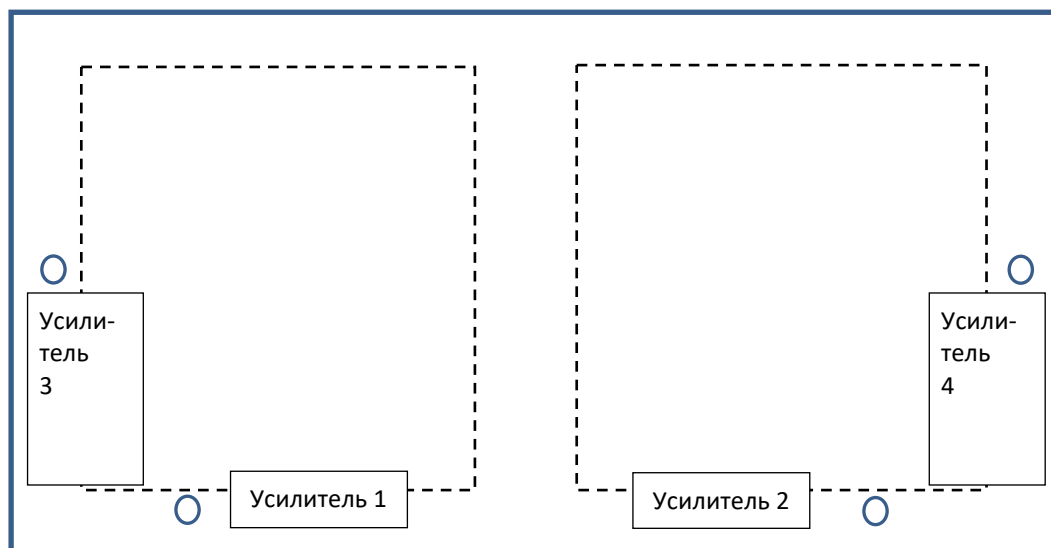


Рис. 12. Размещение входных МШУ и УМ на платах (одна под другой) предлагаемого мобильного устройства с подключением к патч через соответствующие разъёмы (обозначены кружками)

Одновременно, так как предполагается использовать в качестве патч-антенн многослойную печатную плату, то в этом случае есть возможность обеспечить перед подводкой сигнала к патч-антеннам наличие согласующих полосковых фильтров, на соответствующем слое многослойной печатной платы с учётом литерного исполнения в зависимости от диапазона частот. Таким образом, мы видим, что конструкция при наличии двух патч, с необходимостью использования круговой поляризации, отличается от конструкции, предложенной в «Каскад-4М» (рис. 4) при одной патч-антенне. В предлагаемом варианте требуется обеспечение суммирования принимаемых сигналов от малошумящих усилителей (МШУ) при приёме и разделении излучаемого сигнала между усилителями мощности (УМ). При этом получаются преимущества по угловому обзору за счёт сканирования общего луча в одной из плоскостей, а также улучшаются условия по охлаждению.

Предлагаемое расположение УМ и МШУ определяет дальнейшую конструкцию по суммированию и разделению радиосигнала на основе функциональной и электрической схемы. При этом мы должны учитывать необходимость управления лучом даже при наличии двух патч-антенн, чтобы обеспечить наибольший угловой обзор. Следует отметить, что связь с одним спутником, например космическим аппаратом «Iridium» осуществляется в течение 6-7 минут (высота орбиты 780 км). При этом для космической связи по радио-модулю с учётом диаграммы направленности из двух

патч-антенн изменения по углу должны меняться до 150 градусов благодаря режиму АФАР в одной угловой плоскости. В другой угловой плоскости для смартфона нет режима АФАР и эти изменения составляют 60 градусов исходя из диаграммы направленности одного патч. Однако при переходе на связь с новым КА по аналогии со спутниковой системой «Iridium» в режиме хэндовера используются навигационные данные, которые передаются в режиме повышенной чувствительности с накоплением по более длинному коду. Отсюда пользователь может менять положение смартфона через каждые 6-7 минут по данным навигации. Если учесть, что диаграмма направленности в угловой плоскости для одного патч составляет 60 градусов, то возможны всего два варианта смены положения с охватом в 120 градусов. Напомним, что в северных широтах, где происходит схождение орбит КА может вообще не потребоваться изменение положения смартфона. Таким образом, смартфон на основе нашего радио-модуля, помимо режима работы в городской черте через сотовую связь, способен обеспечивать надёжную связь через спутник. Соответственно при использовании управления лучом стоит вопрос о способе управления. С целью выбора наилучшего технического решения приведём вариант известной функциональной схемы управления лучом, которая используется в современных активных фазированных решётках в СВЧ технике (рис. 13).

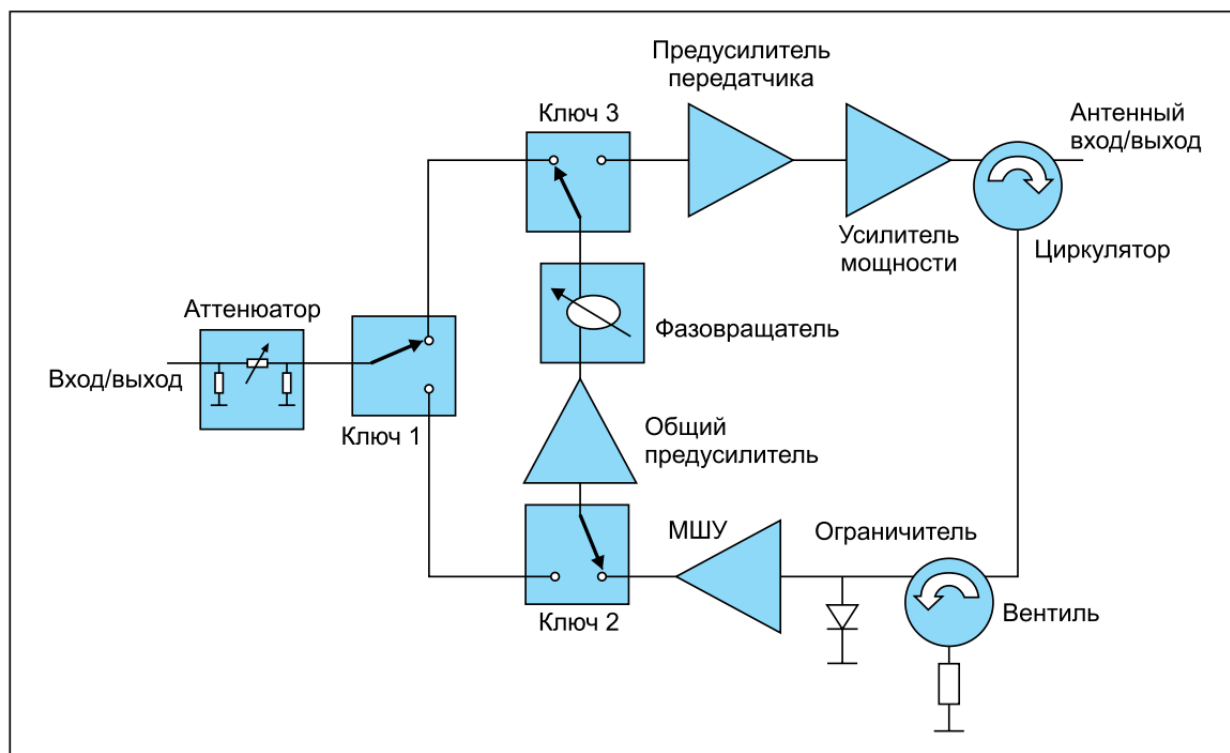


Рис. 13. Функциональная схема приёмо-передающего модуля АФАР

Соответственно мы приводим и вариант реализации такого СВЧ устройства (рис. 14). Из функциональной схемы по рисунку 13 и практической реализации по рисунку 14 следует, что, так как фазовращатель непосредственно встроен в приёмо-передающий тракт, то при дискретном изменении фазы в СВЧ модуле,

например в 1 градус, что необходимо в АФАР, потери будут составлять не менее 10–15 дБ. Поэтому в функциональной схеме по рисунку 13 предусмотрены дополнительные усилители на приём и передачу, что увеличивает энергопотребление.



Рис. 14. Модуль СВЧ АФАР X-диапазона

При этом надо отметить, что по функциональной схеме на рисунке 13 не

предусматривается возможность смены поляризации и круговая поляризация определяется

за счёт места соединения с патч с усилителем. В нашем случае, при наличии двух патч-антенн в одном радио-модуле, с целью уменьшения энергетических потерь от фазовращателя можно обойтись фазовращателем всего на три позиции 0 градусов, 30 градусов и 60 градусов. Причём отклонение, как в плюс, так и в минус от положения к нормали будет обеспечено за счёт наличия отдельных МШУ и УМ для каждой

патч с учётом расположения фазовращателей на выходах МШУ и на входах УМ. Это даёт пять необходимых положений луча. Обычная схема изменения фазы строится на варикапах, однако в этом случае имеется высокая зависимость от температуры. Поэтому мы предлагаем несколько иной вариант, показанный на рисунке 15.

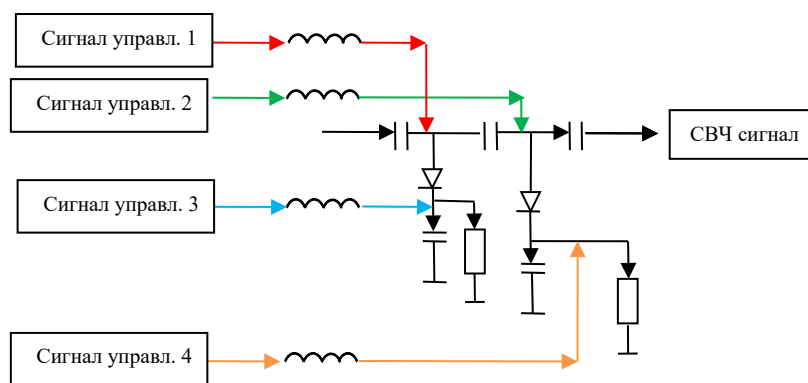


Рис. 15. Схема фазовращателя на 3 угловых положения АФАР

По сути, он отличается от варианта с варикапом раздельным использованием диода, емкости и сопротивления, что обеспечивает высокую термостабильность. Здесь в положении нулевого углового отклонения луча АФАР сигналы управления не поступают, а величина резисторов выбирается таким образом, чтобы СВЧ сигнал был меньше порогового напряжения срабатывания диода. Отметим, что при дискретном фазовращателе на 7 положений луча (НМС647ALP6Е), работающем в диапазоне частот по таблице 1, потери составляют порядка 4 дБ, что означает, что в нашем случае потери будут ещё меньше. Чтобы избежать дополнительных потерь непосредственно в приёмном тракте при формировании из наших радио-модулей полноценной АФАР с отклонением луча в обеих плоскостях с дискретным изменением в 1 градус, необходимо для изменения фазы использовать не увеличение положений луча за счёт фазовращателей, а использовать балансные модуляторы, которые обеспечивают необходимую модуляцию сигнала и непосредственно не входят в приёмный тракт, а значит, не дают потерь. В балансном модуляторе в каждом радио-модуле при передаче и приёме непосредственно происходит необходимый сдвиг фазы. При приёме сигнал с балансного модулятора выполняет роль гетеродинного сигнала с необходимым изменением фазы для каждого радио-модуля входящего в АФАР. Так как гетеродинный сигнал от

балансного модулятора не даёт потери как фазовращатели в приёмно-передающем тракте, то мы имеем улучшение чувствительности при приёме. При этом, чтобы обеспечить необходимые отклонения луча АФАР при приёме, осуществляется преобразование на вторую промежуточную частоту и предусматривается вариант когерентного суммирования принимаемого сигнала от сигналов с радио-модулей составляющих АФАР на второй промежуточной частоте. Так как промежуточная частота как минимум в 8-9 раз ниже, чем несущая основная частота, то это облегчает условия для исключения фазовой погрешности за счёт набега фаз из-за допусков погрешностей в конструкции АФАР, что важно для формирования угловой дискриминационной характеристики в случае использования АФАР как радиолокатора. При этом мы используем временной дуплекс для СВЧ сигналов при приёме и передаче, и поэтому вместо циркулятора и вентиля по рисунку 13 у нас предусматривается ключевое переключение на приём и передачу, что способствует микроминиатюризации, снижает потери и улучшает развязку в широкой полосе частот. Понятно, что помимо временного дуплекса на приём и передачу желательно также использовать частотный дуплекс в режиме ретранслятора, с приёмом сигнала на одной частоте и передачей его на другой частоте с обеспечением при этом возможности широкополосного усиления в предварительных

усилителях. Это позволяет осуществлять скрытое управление радиотехническим устройством в силу более низкой мощности. Двойное преобразование частоты даёт такую возможность по формированию дополнительных сигналов других частот, так как требует наличие делителей частоты сигнала для гетеродинного сигнала второго преобразования частоты и этим можно воспользоваться с учётом широкой полосы частот в предварительных усилителях. Исходя из потока информации при фазо-кодированном сигнале (ФМ-2 или BPSK) порядка 40 Мбит/сек – 50 Мбит/сек промежуточная частота должна быть порядка 200 МГц – 300 МГц. При учёте используемого основного диапазона частот порядка 1 ГГц – 3 ГГц, дополнительный диапазон частот для режима частотного дуплекса с учётом возможностей по

перестройке синтезатора частот будет в пределах от 300 МГц до 1 ГГц. Например, как это будет показано в дальнейшем, при частоте передачи сигнала в 2,7 ГГц, с учётом деления основной частоты 2,7 ГГц на 3 (формируется гетеродинная частота 0,9 ГГц) мы можем принимать сигналы с дополнительной антенны типа вибратора Герца на частотах 600 МГц или 1200 МГц. При этом при приёме сигнала на частоте 3 ГГц (при этом частота гетеродинного сигнала 2,7 ГГц) или 2,4 ГГц, мы можем осуществлять одновременно передачу на частоте 900 МГц. Далее мы учитываем, что низкие частоты обычно используются в устройствах для беспроводной связи на малых дальностях, и мощность передаваемого сигнала относительно невелика, что можно увидеть из рисунка 16.

Параметр	CC1101	CC110L	CC1020	CC1121	CC1120	CC1175
Чувствительность, дБм	–116	–116	–118	–120	–123	–
Подавление соседнего канала (± 100 кГц), дБм	37	35	41	48	52	–
Максимальная выходная мощность, дБм	12	10–12	5–10	14–16	14–16	14–16
Частотные диапазоны, МГц	300–348 387–464 779–928 (470–510/950–960 для CC1100E)	300–348 387–464 779–928	402–480 804–960	164–192 410–480 820–960	164–192 410–480 820–960	164–192 410–480 820–960
Минимальная ширина канала, кГц	50	50	12,5	50	12,5	–
Максимальная ширина канала, кГц	800	800	200	250	250	–
Максимальная скорость передачи, кбит/с	600	600	153,6	200	200	200
Режимы модуляции	2-FSK, 4-FSK, GFSK, MSK, OOK, ASK	2-FSK, 4-FSK, GFSK, OOK	FSK, OOK, GFSK, 4-FSK	2-FSK, 4-FSK, 2-GFSK, 2-GFSK, MSK, OOK, ASK, FM	2-FSK, 4-FSK, 2-GFSK, 2-GFSK, MSK, OOK, ASK, FM	FSK, OOK, GFSK, 4-FSK, 4-GFSK
Режимы работы приемника	Обычный, WOR	Обычный	Обычный	Обычный, WOR, Sniff Mode	Обычный, WOR, Sniff Mode	–
Фазовый шум 10/100/1000 кГц, дБц/Гц	–90/–92/–107	–90/–92/–107	–90/–110/–114	–109/–111/–130	–109/–111/–130	–109/–111/–130

Рис. 16. Характеристики микросхем для устройств беспроводной связи на несущих частотах менее 1 ГГц

Таким образом, преимущество варианта с использованием двойного преобразования частоты в том, что, дополнительно во время передачи сигнала на основной несущей частоте от 1 до 3 ГГц, можно использовать приём сигнала на частотах порядка 0,3 ГГц – 1 ГГц в режиме BPSK до 40 Мбит/сек – 50 Мбит/сек, в режиме QPSK от 80 Мбит/сек до 100 Мбит/сек, а в режиме QAM до 123 Мбит/сек – 150 Мбит/сек, что необходимо для Интернет-связи. И, наоборот, при передаче сигнала в диапазоне радиочастот от 300 МГц до 1 ГГц при подключении канала с предварительными усилителями с выходной мощностью до 0,1 Вт (это обычная мощность для сотовой связи через смартфоны) к

обычной антенне на основе электрического или магнитного вибратора Герца, мы одновременно осуществляем приём на частотах от 1 до 3 ГГц. В этом случае приёмо-передающие тракты используются максимально. Если исходить из необходимой скорости передачи информации в 600 кбит/сек по таблице 2 (такая скорость передачи вполне допустима с помощью нашего смартфона и для космической связи), то при использовании скорости передачи в режиме QPSK (ФМ-4), мы можем использовать код в 133 бит. Этот код больше, чем тот, который используется для спутниковой связи в «Globalstar» (128 бит) и это обеспечивает лучшую электромагнитную совместимость.

Следовательно, высокая скорость передачи информации за счёт кодирования позволяет улучшить помехозащищённость и электромагнитную совместимость, а при подсоединении радио-модуля к оптоэлектронному устройству

иметь цифровые изображения в реальном масштабе времени с высоким разрешением на расстоянии нескольких километров как это видно по диапазону скоростей передачи данных из рисунка 17.

Уровень сложности	Применимый стандарт (не исключает другие варианты)	Разрешение по горизонтали, пикселей	Разрешение по вертикали, пикселей	Глубина пикселей, бит	Частота кадров, Гц	Коэффициент сжатия	Номинальная скорость канала передачи данных, Мбит/с	Диапазон скоростей передачи данных, Мбит/с	Возможная среда передачи (при номинальной скорости)
MISM-L11	SMPTE 296M-2001, Progressive modes of SMPTE 274M, 295M, 292M	1280–1920	720p–1080p	8 или 10	24–60	0	1485	360–2400	SMPTE 292M, OC-48
MISM-L10M	SMPTE 296M-2001, Progressive modes of SMPTE 274M, 295M MPEG-2 MP@HL	1280–1920	720p–1080p	8	24–60	10:1	80	34–100	SDI, E3, T3, OC-12
MISM-L10H	SMPTE 296M-2001, Progressive modes of SMPTE 274M, 295M H.264 MP@L4.1(8b) H.264 HP@L4.1 (8b) H.264 Hi10P@L4.1 (10b)	1280–1920	720p–1080p	8 или 10	24–60	20:1	40	17–50	T3
MISM-L9M	SMPTE 296M-2001, Progressive modes of SMPTE 274M, 295M MPEG-2 MP@HL	1280–1920	720p–1080p	8	24–60	45:1	19,4	10–44,7	TCDL, Half to Full T3, ATM
MISM-L9H	SMPTE 296M-2001, Progressive modes of SMPTE 274M, 295M H.264MP@L3.2(720) H.264 MP@L4.0 H.264 HP@L4.0	1280–1920	720p–1080p	8	24–60	80:1	10	5–20	TCDL

Рис. 17. Стандарты по скорости передачи информации при высоком разрешении

Собственно цифровое изображение с высокой скоростью передачи позволяет с помощью искусственного интеллекта (ИИ) осуществлять распознавание объектов, что сейчас важно при ведении боевых действий. Как мы отметили выше, чтобы получить соответствующие частоты для двойного преобразования частоты и частотного дуплекса с учётом каналов обработки сигнала в квадратуре по составляющим синуса и косинуса необходимо иметь в функциональной схеме делителя частоты на два, на три и на четыре. При этом, например, для частоты гетеродинного сигнала в 2,7 ГГц с переходом к промежуточной частоте в 300 МГц требуется делитель частоты на 9 (используются последовательно два делителя частоты на 3 с учётом необходимой фильтрации и усиления). Далее, для получения гетеродинных сигналов на промежуточной частоте для обработки сигнала в квадратуре по составляющим синуса и косинуса (для частот порядка 2,7 ГГц) желательно использовать умножение частоты на два с последующим делением полученного сигнала на два и сдвигом между ними по фазе на 180 градусов. Это обеспечит при последующем делении по частоте на два формирования

гетеродинных сигналов для промежуточной частоты, сдвинутых на 90 градусов. Так как канал предварительного усиления используется из-за широкополосного усиления в диапазоне от 300 МГц до 3 ГГц с учётом выходной мощности порядка 0,1 Вт и отдельным выходом на антенну вибратора Герца, то в частном случае, в условиях городов с наличием сотовых вышек, предлагаемый радио-модуль может вполне замещать приёмо-передающий тракт в современных смартфонах. Единственным недостатком здесь может быть утолщение конструкции по сравнению с существующими вариантами. Этот недостаток компенсируется тем, что данный смартфон сможет также работать через космическую спутниковую связь в любой местности там, где нет сотовых вышек. Причём надо отметить, что состыковка смартфонов в единую АФАР с повышением энергетического потенциала позволит иметь устойчивую связь в любых климатических условиях. Это особенно важно, так как трагедии происходят именно при плохих погодных условиях.

Однако унификация радио-модулей под элементы АФАР, использование режима дуплекс по частоте, и возможность замещения

приёмо-передающего тракта в современных смартфонах – это не все преимущества, которые даёт нам использование двойного преобразования частоты. Функциональная схема двойного преобразования частоты с учётом необходимых делителей частоты и умножителей частоты позволяет получить дополнительные преимущества в плане обработки сигнала. Как известно при передаче фазо-кодо-манипулированного сигнала (ФМ-2 или BPSK) проблема при приёме связана с наличием разности частот при приёме и передаче, в том числе и из-за наличия сдвига по частоте Доплера. Большая разность частот не даёт возможности

использовать длинный код из-за изменения фазы. Однако длинный код порядка в 1 мсек необходим для средств навигации (GPS) с повышением при этом точности определения местоположения. Поэтому здесь желательно обеспечить первоначальную подстройку по коду без дополнительного поиска по частоте. Это особенно важно для случая приёма сигнала от спутников на эллиптических орбитах, где сдвиг по частоте Доплера может меняться в широких пределах. Сам принцип выделения сдвига по частоте Доплера в ПЛИС показан на рисунке 18 при использовании накопления с кодом в 64 бит и скорости передачи в 38 Мбит/сек.

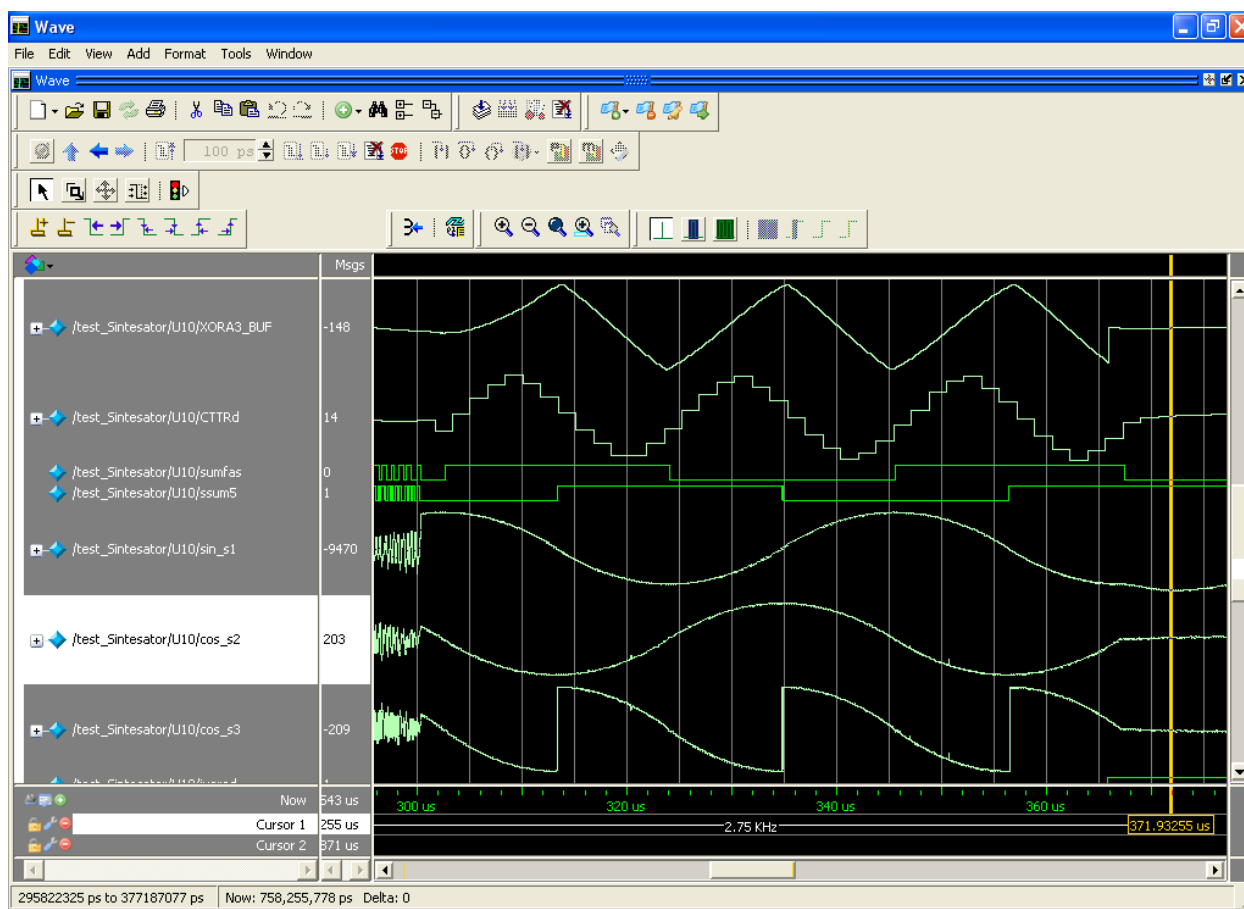


Рис. 18. Вариант накопления кода в 64 бита при скорости передачи в 38 Мбит/сек с частотой смещения в 23 кГц

Для решения проблемы ограничения длины кода из-за сдвига по частоте мы предлагаем

следующую функциональную схему, представленную на рисунке 19.

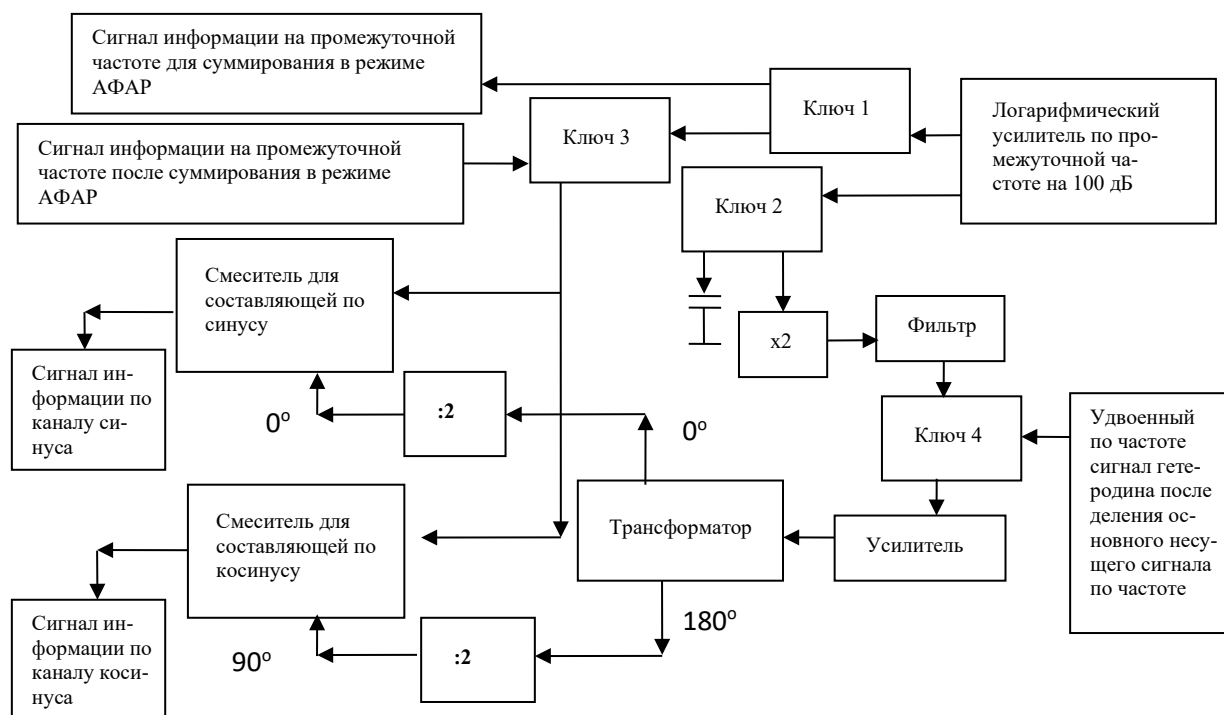


Рис. 19. Функциональная схема удаления сдвига по частоте из принимаемого фазоманипулированного сигнала (BPSK)

Здесь, можно разделить принимаемый сигнал на промежуточной частоте на два, первый сигнал с наличием информации с логарифмического усилителя должен поступать через ключи 1 и 3 на два смесителя дающих выделение сигнала информации на нулевой частоте по синусу и косинусу как это есть в микросхеме

AD9361 (рис. 3). Второй инверсный сигнал с логарифмического усилителя через ключ 2 будет поступать на умножитель частоты на два, с целью исключения изменения фазы по коду информации (например, можно использовать мостовую схему по рисунку 20).

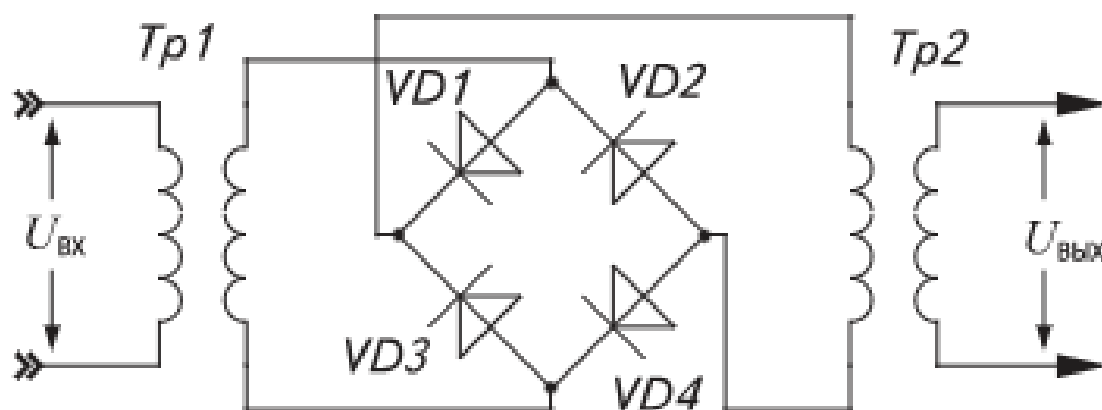


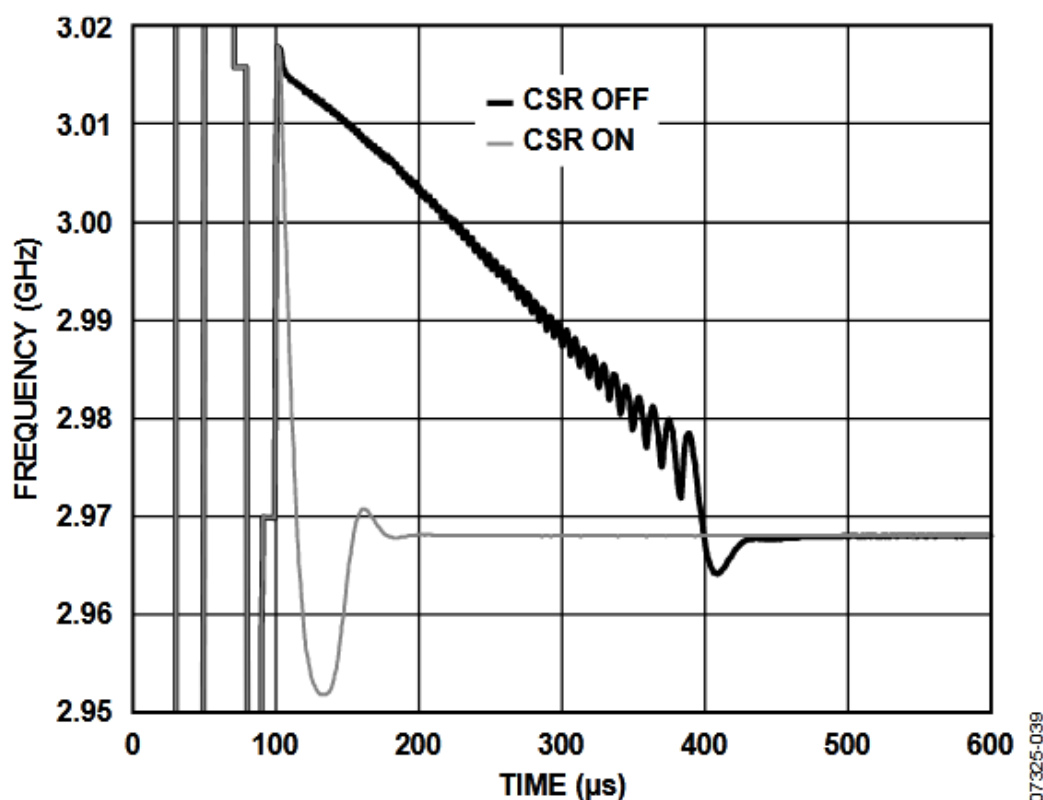
Рис. 20. Схема удвоения частоты

И далее второй сигнал после усиления делится на два с разницей фаз на 180 градусов за счёт использования трансформатора, с последующим поступлением этих сигналов на соответствующие делители частоты на два. Это обеспечивает получение двух гетеродинных сигналов в квадратуре со сдвигом между сигналами на 90 градусов, которые поступают на

соответствующие входы смесителей по промежуточной частоте со сбросом сигнала информации на нулевую частоту от первого сигнала. Так как сдвиг по частоте в сигнале информации при BPSK в этом случае отсутствует, то возможно перейти к быстрой подстройке по априорному коду сигнала. После подстройки по коду на основе корреляционной функции в

каналах по составляющим синуса и косинуса, с помощью изменения фазы через балансный модулятор можно получить приблизительное равенство амплитуд в каналах синуса и косинуса. Далее, возможно использование кодового длительного накопления, с наличием приёма составляющих по синусу и косинусу, что с учётом цифровой дискретизации по переднему и заднему фронту тактового сигнала обеспечивает для навигации повышение точности определения местоположения в 4 раза, по сравнению с вариантом цифровой дискретизации, только по переднему или заднему фронту тактового сигнала. По теореме Котельникова необходимая частота дискретизации составляет двойное значение от максимальной частоты информационного сигнала. Однако это для дискретизации с использованием дельта-функции. В реальности требуется как минимум три такта из-за наличия временного размера самого такта. В этом случае частота дискретизации при скорости передачи информации в 50 Мбит/сек должна быть не менее 150 МГц. С учётом приёма информации по переднему и заднему фронту такта с наличием канала по синусу и косинусу мы имеем эквивалент дискретизации сигнала в 600 МГц. Это уже обеспечивает точность определения местоположения порядка 50 см. Но и это не предел в точности определения местоположения, если учесть сплайны амплитуд корреляционных функций. В этом случае значения амплитуд корреляционных функций от априорного кода по синусу и косинусу, с учётом дискретизации по переднему и заднему фронту сравниваются и масштабируются относительно максимальной амплитуды. Далее на основе сплайнов корреляционных функций и разницы амплитуд между тактами выбирается точка, удовлетворяющая условию получения этих сплайнов исходя из минимальной погрешности, которая и определит местоположение объекта. Понятно, что чем больше накопление, тем выше точность определения амплитуд корреляционных функций и выше точность определения местоположения. Однако далее следует учесть, что сдвиг по частоте Доплера сказывается также на информации, что приводит к разнице длины кодов во времени. Поэтому, чтобы уменьшить влияние такой ошибки, необходимо использовать периодическое добавление или уменьшение такта в бит кода в зависимости от сдвига частоты

Доплера. С этой целью необходимо обеспечить определение частоты сдвига по частоте Доплера, что делается через фазовую подстройку по частоте. На рисунке 19 этот режим выполняется через ключ 4, и используется после подстройки по коду. Таким образом, сочетание методов обеспечивает наилучшие характеристики по определению местоположения объекта. В итоге псевдослучайный код по длине может накапливаться от 0,01 сек до 0,1 секунды, что обеспечит связь на большие расстояния с учётом малой мощности сигнала, например, в режиме передачи коротких SMS-сообщений. В случае принимаемых сигналов с QPSK (ФМ-4) требуется использовать умножитель на четыре (можно использовать два последовательных умножителя частоты на два с учётом фильтрации и усиления). Использование тактов при дискретизации по синусу и косинусу, а также по переднему и заднему фронту обеспечивает наличие 12 тактов на символ информации вместо 3 тактов, а это позволяет снизить требования к отношению сигнал/шум в случае высоких скоростей передачи информации. Надо отметить, что представленное решение в силу отсутствия сдвига по частоте позволяет выявлять кодовые сигналы мешающего сигнала или противника за счёт запоминания выделенного кодового сигнала. При дальнейшем сдвиге на дискретные цифровые такты происходит выявление длительности кода по максимальным пикам корреляционной функции, а затем можно использовать отстройку по частоте и применение кода иной конструкции, например с наличием кода Манчестера. В плане радиоэлектронной борьбы (РЭБ) можно ретранслировать запомненные выборки для постановки помех. Такой метод радиоэлектронной борьбы (РЭБ) получил название ответных помех и более эффективен, чем шумовая помеха. Для примера отстройка по частоте может происходить менее чем за 500 мксек (рис. 21) при использовании одного радио-модуля. Иными словами, современные синтезаторы частот позволяют, например, менять довольно быстро несущую частоту передаваемого сигнала на гетеродинную частоту при приёме. Это естественно позволяет в режиме временного разделения обеспечить широкий диапазон частот для радиосигналов от 0,3 ГГц до 3 ГГц.



Lock Time for 100 MHz Jump from 3070 MHz to 2970 MHz with CSR On and Off, PFD = 25 MHz, $I_{CP} = 313 \mu A$, Loop Filter Bandwidth = 20 kHz

Рис. 21. Перестройка частоты в синтезаторе ADF4350

Отметим, что в конструкции АФАР из радио-модулей за счёт наличия нескольких синтезаторов скорость изменения частоты может достигать десятка наносекунд. Таким образом, функциональная схема двойного преобразования частоты позволяет обеспечивать использование предлагаемого радио-модуля на основе смартфона для ширпотреба с сохранением режимов работы, в качестве элемента АФАР, а также использовать режим частотного

дуплекса, электромагнитную совместимость, защиту от помех и обеспечить максимальную чувствительность и мощность с минимальными энергетическими потерями. Кроме того, есть возможность формировать эффективные ответные помехи противнику. Вариант использования АФАР, состоящей из двух радио-модулей, с охватом углового обзора в пределах 150 градусов на 150 градусов показан на рисунке 22.

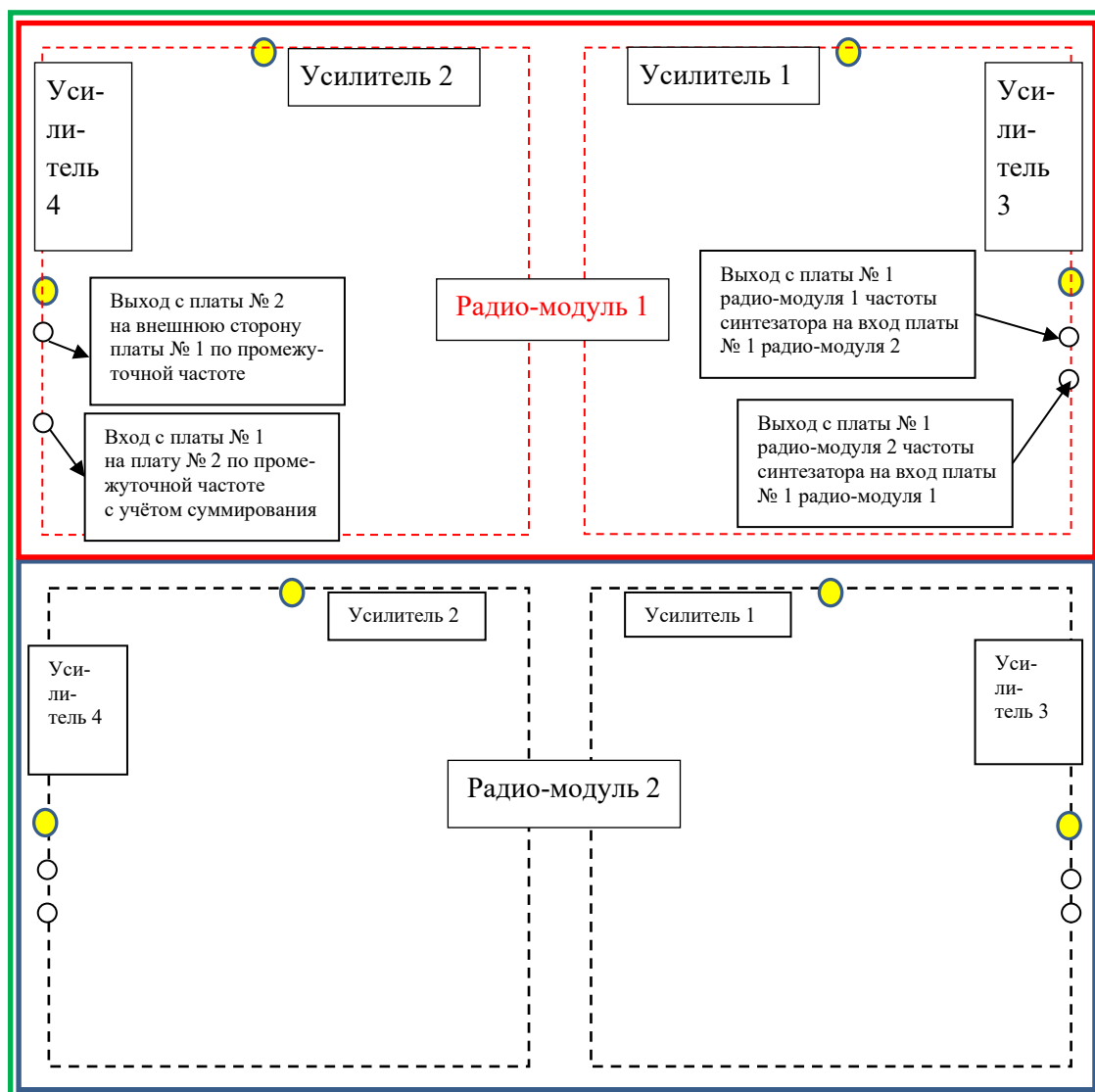


Рис. 22. Пример АФАР из 4-х патч с использованием двух радио-модулей

Для данного случая можно сделать предварительную оценку по характеристикам такой

АФАР с учётом известного аналога [9] на рисунке 23.

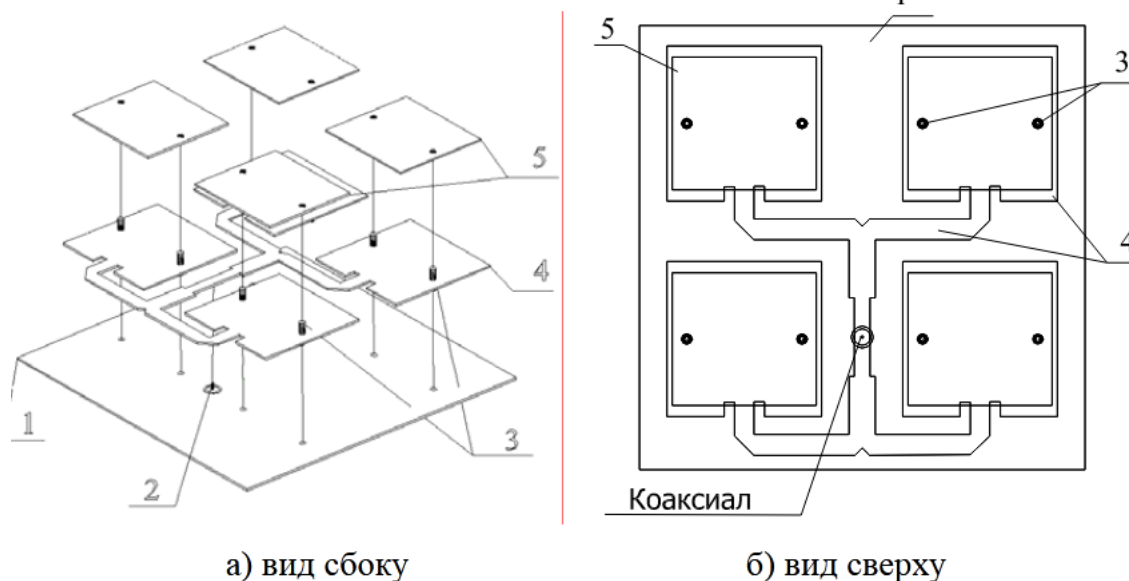


Рис. 23. Антенна АФАР из 4-х элементов с воздушным заполнением

Данная антенна имеет коэффициент усиления не менее 14,5 дБ в полосе частот 2,35–2,55 ГГц с КСВН <1,5. Это аналогично полосе пропускания радио-модуля по рисунку 6. При этом мощность излучаемого сигнала для нашего варианта АФАР из четырёх патч составит 8 Вт, а не 0,3 Вт. Для сравнения мобильное устройство для космической связи «Iridium» имеет мощность в импульсе 7 Вт с учётом потерь в антенне и коэффициент усиления антенны минус 3 дБ. Таким образом, АФАР на основе двух радио-модулей обеспечивает улучшение энергетического потенциала в 50 раз. Если исходить из скорости передачи информации в 50 кбит/сек на канал в «Iridium», то наш АФАР из двух радио-модулей способен передавать сигналы уже до 2,5 Мбит/сек. При этом необходимо напомнить, что высота КА «Iridium» составляет 780 км с обслуживанием подспутниковой зоны на Земле диаметром в 5185,6 км. Надо отметить, что и один предлагаемый радио-модуль при его использовании в смартфоне также обеспечивает космическую связь, но при потоке информации в 600 кбит/сек, что также лучше в 10 раз по сравнению с мобильными устройствами «Iridium». Этого достаточно для режима видеоконференций, что может быть важно при оказании экстренной медицинской помощи. Если предположить использование в общей конструкции АФАР не двух радио-модулей, а восемь радио-модулей, то мы будем иметь мощность излучения 32 Вт и коэффициент усиления антенны 20 дБ, что обеспечит передачу информации в 40 Мбит/сек, с учётом размеров 260 мм × 260 мм × 10 мм. Это сравнимо с параметрами АФАР «Starlink» для

$$F_{\text{прми}} = P_{\text{прди}} \times G_{\text{прди}} \times \lambda_u^2 - \sigma / [(4 \times \pi)^2] \times q \times k \times T_{\text{ш}} \times D_u^4 \\ = 64 \times 223,87 \times 223,87 \times (0,12499)^2 \times 0,01 / [(4 \times \pi)^2 \times 27 \times 1,38 \times 10^{-23} \times 600] \times (6,1 \times 10^3)^4 = 64 \text{кГц} \quad (1)$$

Иными словами, при накоплении радиосигнала в фильтре в полосе 64 кГц, мы получим обнаружение БПЛА противника на дальности в 6 км. В современных условиях ведения СВО такое обнаружение БПЛА противника обеспечит сохранение личного состава.

Понятно, что предлагаемый радио-модуль по габаритным размерам для использования в

Интернета и по размерам сравнимо с ноутбуком. При этом количество спутников для связи требуется в 100 раз меньше («Iridium» имеет 66 спутников, а «Starlink» 12000). Соответственно из-за возможности использования режима частотного дуплекса, управление и связь с абонентом можно разнести от места расположения АФАР. Надо отметить, что мобильные устройства «Iridium», а также современные смартфоны не способны давать улучшение характеристик при объединении. Собственно, возможно и дальнейшее объединение радио-модулей в АФАР с целью использования в качестве радиолокатора. Так при размерах 520 мм × 520 мм × 15 мм мы получим АФАР с мощностью излучения 128 Вт (21 дБ) и коэффициентом усиления антенны 26 дБ (400).

Проведём необходимые расчёты. Считаем коэффициент усиления луча АФАР БПЛА $G_{\text{прди}} = G_{\text{прми}} = 400$ (26 дБ). Мощность от одного усилителя SZA-2044 (2–2,7 ГГц) при питании в 5 В составляет $P_{\text{прди}} = 1$ Вт, а так как у нас 64 таких усилителя, то общая мощность $P_{\text{прди}} = 128$ Вт (21 дБ). Выбираем несущую частоту $f_u = 2,4$ ГГц (длина волны $\lambda_u = 0,12499$ м) в диапазоне работы усилителя SZA-2044 (2,2 ГГц–2,5 ГГц). Соответственно считаем эффективную поверхность рассеяния БПЛА противника порядка $\sigma = 0,01$ м² (это 10 см × 10 см). Выбираем отношение сигнал/шум $q = 27$ (вероятность ошибки для ФКМ сигнала 10^{-7} [10, с. 473]), при шумовой температуре $T_{\text{ш}} = 600$ К, соответственно в формуле k – постоянная Больцмана, при дальности порядка 6 км нам для обнаружения потребуется полоса пропускания, которая вычисляется по формуле:

качестве элемента АФАР имеет жёсткие характеристики 130 мм × 65 мм × 10 мм, и поэтому было проведено предварительное размещение радиоэлементов по топологии на платах для получения рассмотренных характеристик с учётом отладки. Результаты представлены на рисунке 24 и 25.

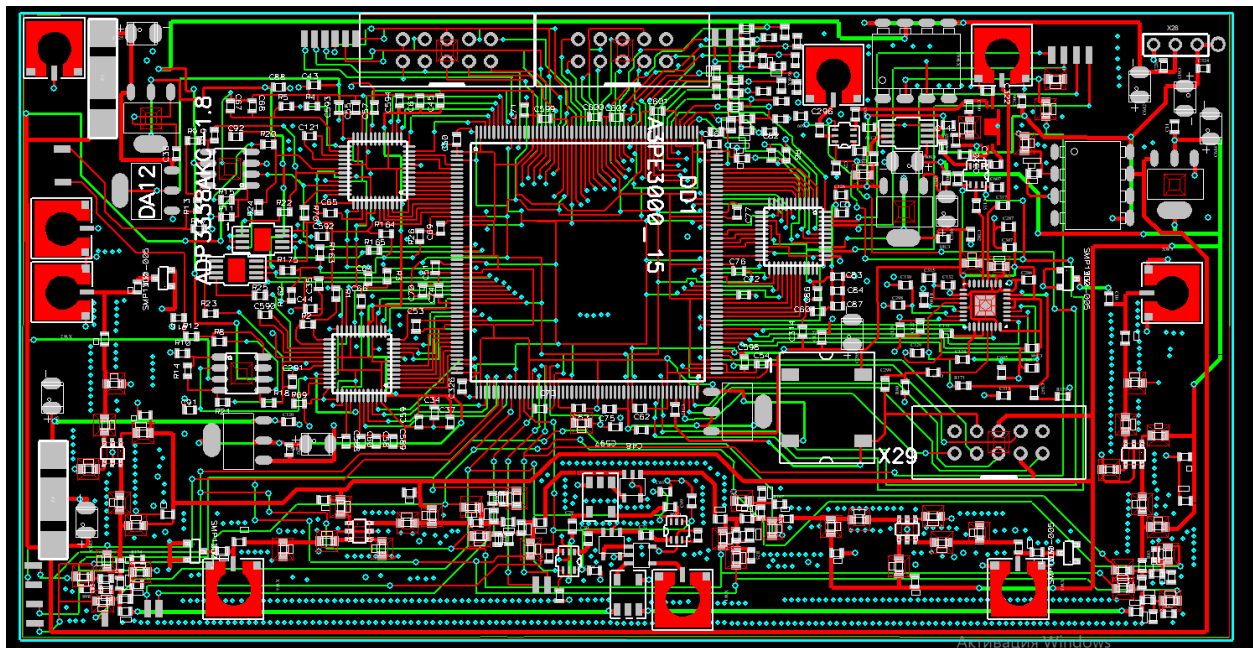


Рис. 24. Нижняя отладочная плата радио-модуля по рисунку 8 (Плата № 1)

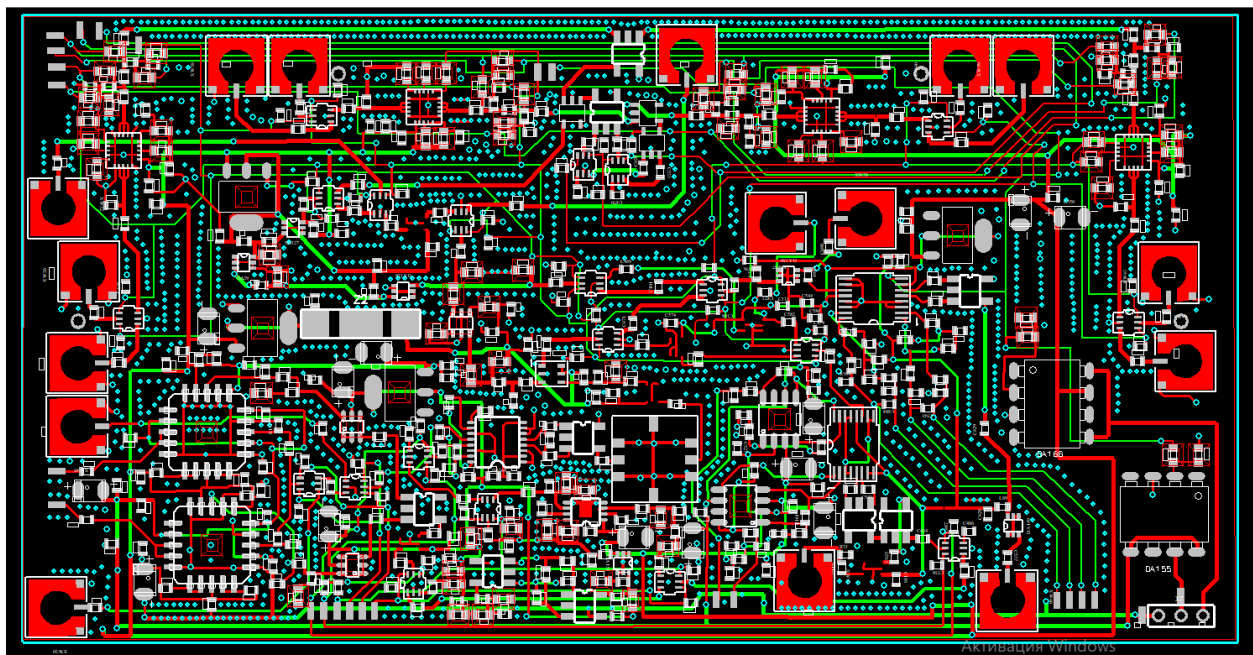


Рис. 25. Верхняя отладочная плата радио-модуля по рисунку 8 (Плата № 2)

На рисунке 26 показан элемент АФАР состоящий из 4-х патч с учётом показа как отладочной платы № 1, так и отладочной платы № 2 с

использованием при этом двух радио-модулей по рисунку 22.

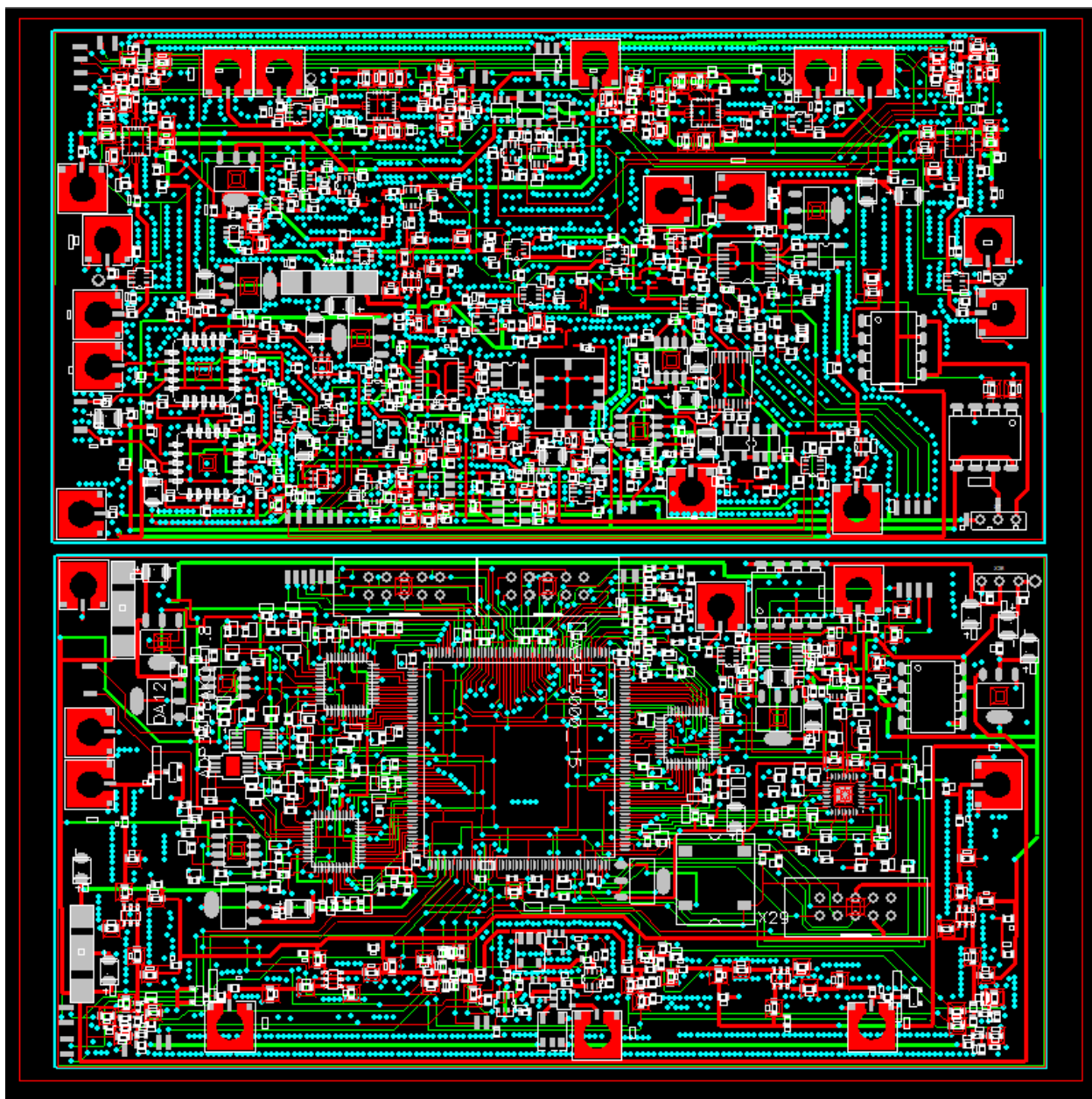


Рис. 26. Топология АФАР из 4-х патч с отображением отладочных плат № 1 и № 2 по рисунку 8

Размеры отладочных плат получились в пределах 140 мм × 73 мм. Соответственно высота конструкции будет определяться высотой

соединения через СВЧ разъёмы, как это показано на рисунке 27.

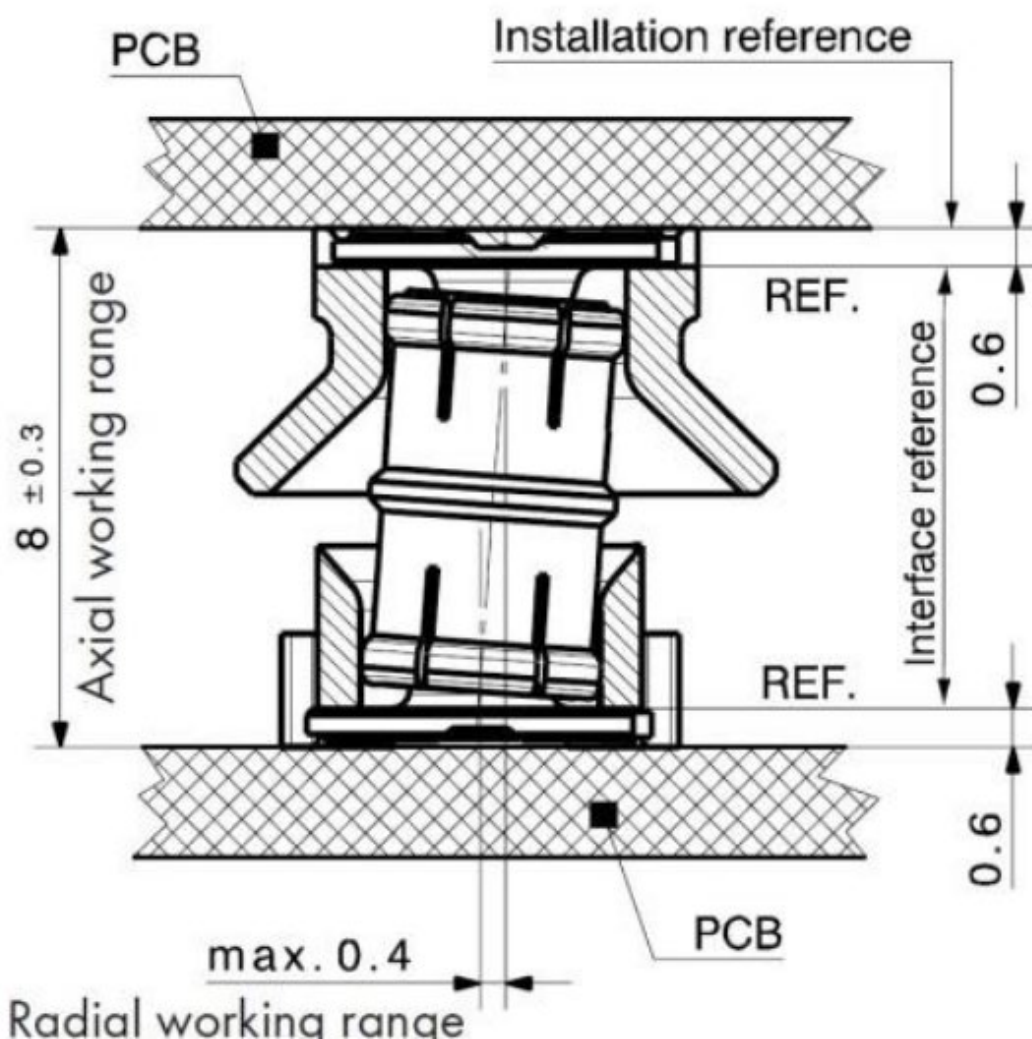


Рис. 27. СВЧ разъём типа «защёлка» с бочонком и с размерами при максимально плохом совпадении осей соединений, что и даёт расстояние между платами в 8,3 мм. При хорошем совпадении будет 6 мм

Однако при этом были использованы не многослойные, а двусторонние печатные платы. С использованием многослойных печатных плат и гибкого кабельного СВЧ соединения в некоторых местах, без СВЧ разъёмов для отладки, указанные размеры предлагаемого радио-модуля могут быть сокращены до приемлемых 130 мм × 65 мм × 10 мм. Соответственно радиодетали выбирались из применения в ширпотребе с учётом дальнейшего импортного замещения и не учитывались возможности по их микроминиатюризации в комплексном исполнении.

Таким образом, подмена приёмо-передающего тракта в смартфоне ширпотребом на предлагаемый радио-модуль позволяет расширить функции по качеству и сфере обслуживания, обеспечивает унификацию и не создаёт неудобств для потребителя из-за сохранения габаритных размеров.

Для более детального рассмотрения принципа работы предлагаемого радио-модуля мы имеем следующую функциональную схему (рис. 28).

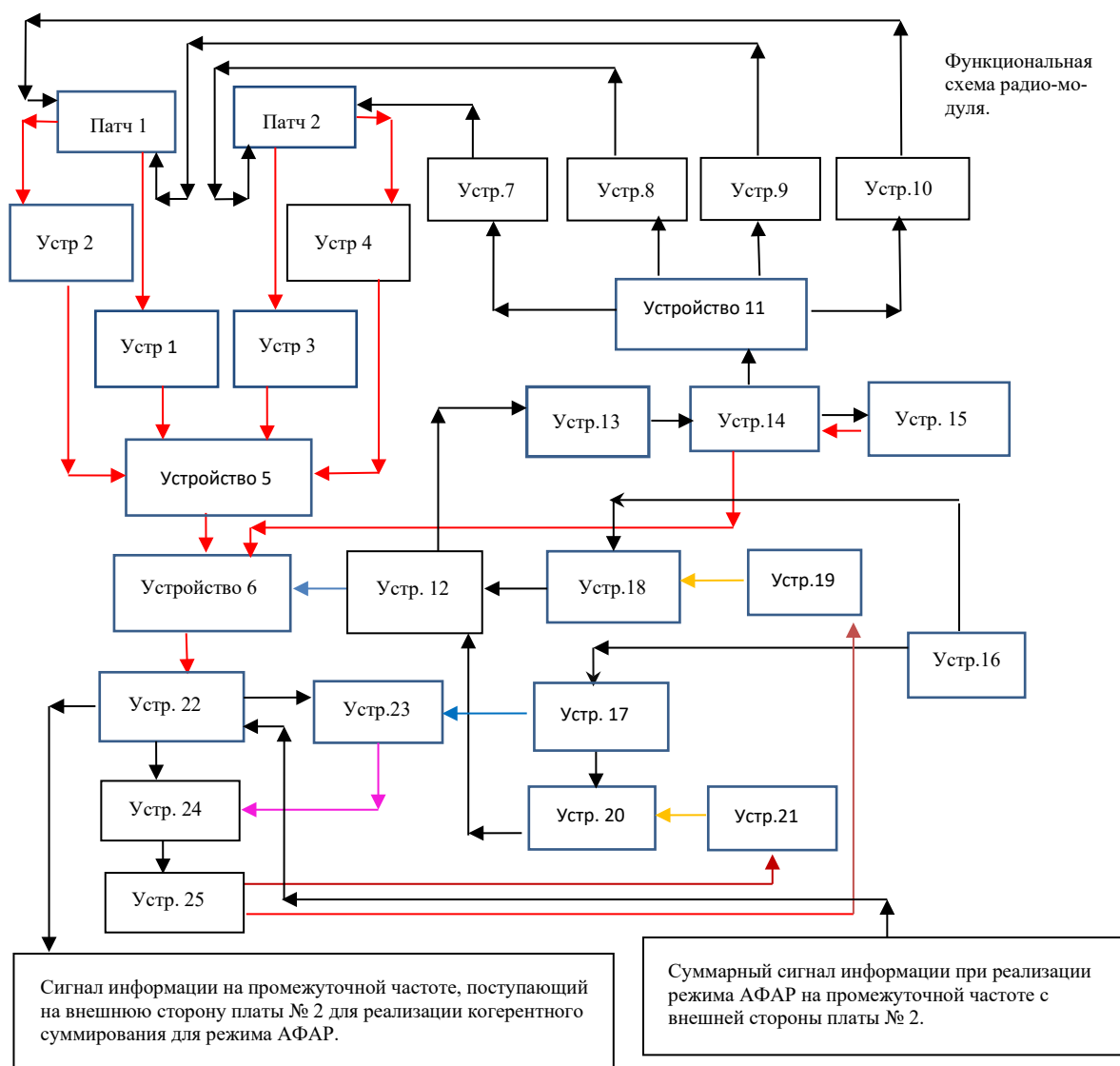


Рис. 28. Функциональная схема предлагаемого радио-модуля

Рассмотрим режимы работы радио-модуля. Патч-антенны с наличием согласующих элементов по коэффициенту стоячей волны (КСВ) и полосковых линий, для достижения оптимальной круговой поляризации, расположены на внешней стороне платы № 2 на соответствующих слоях многослойной печатной платы АФАР с учётом литерного деления по диапазонам частот (рис. 8). Изменение литеры предполагается осуществлять за счёт ключей или замыкающих перемычек. Принимаемые радиосигналы от патч-антенн через СВЧ разъёмы (рис. 8) и ключи переключения на приём и передачу поступают со второй платы на первую плату для усиления. Устройства 1–4 состоят из 4-х малошумящих усилителей (МШУ), расположенных соответствующим образом на многослойной печатной плате № 1 (рис. 8, 12). На выходах МШУ находятся дискретные фазовращатели (ФВ) на 3 позиции (рис. 15), что даёт

угловой обзор в соответствующей плоскости изменение луча в пределах до 150 градусов. Для примера одно полотно АФАР космического аппарата «Iridium» обеспечивает угловой обзор в 120 градусов. Отображение печатной платы № 1 показано на рисунке 24. При приёме сигналы с устройств 1–4 от 4-х МШУ поступают на устройство 5.

Устройство 5 также расположено на плате № 1 и представляет собой сумматоры от 4-х сигналов с устройств 1–4 с учётом обеспечения круговой поляризации как правой, так и левой. При этом используется фазоинвертор на 180 градусов (возможно использование трансформатора) с использованием ключей переключения режимов работы. Далее суммарный сигнал через СВЧ разъём поступает обратно с первой платы на вторую плату в устройство 6. Устройство 6 состоит из ключа определяющего переключение от типа антенны (патч-антенна или

обычный вибратор Герца), МШУ, смесителя, усилителя промежуточной частоты, фильтра промежуточной частоты и логарифмического усилителя, который должен обладать широким динамическим диапазоном от -78 дБм до 22 дБм (AD8309) в полосе диапазона частот до 500 МГц. В устройстве 6 происходит смещение радиосигнала на промежуточную частоту порядка 200 МГц – 300 МГц с фильтрацией и усилением сигнала до уровня порядка $0,1$ Вт (22 дБм). Учитывая, что МШУ является широкополосным от 300 МГц до 3 ГГц, то соответственно надо формировать гетеродинные сигналы соответствующей частоты, а также передаваемые радиосигналы, чтобы обеспечить необходимую промежуточную частоту после устройства 6 с приёмом сигналов радио-модулем от 300 МГц до 3 ГГц. Для этой цели в радио-модуле используется синтезатор частоты (устройство 16), который расположен на плате № 1 и перекрывает указанный диапазон частот. Здесь радиосигнал на несущих частотах порядка 1 ГГц – 3 ГГц с первого выхода синтезатора частоты устройства 16 поступает через СВЧ разъём с платы № 1 на плату № 2, и после усиления на СВЧ вход первого балансного модулятора (устройство 18). На информационных входах по составляющим синуса и косинуса первого балансного модулятора формируются с цифроаналогового преобразователя (ЦАП – устройство 19 находится на плате № 1) либо необходимое изменение частоты сигнала при подстройке по частоте, либо сигналы информации – BPSK, QPSK и QAM. В устройстве 12 в зависимости от режима работы на приём или передачу и типа антенны, помимо усиления сигнала, осуществляется необходимое переключение либо на смеситель в устройстве 6, либо на излучение после соответствующего усиления. Так как используется двойное преобразование частоты, то для формирования второй промежуточной частоты, а также радиосигналов на несущей на более низких частотах (в режиме частотного дуплекса) используются делители частоты на 2, 3 и 4, с соответствующим переключением и фильтрацией. Формирование этих сигналов на соответствующих частотах от 300 МГц до 1 ГГц с переключением происходит в устройстве 17 от сигнала со второго инверсного выхода синтезатора частоты (устр. 16). Полученный сигнал от 300 МГц до 1 ГГц через СВЧ разъём (возможно гибкое соединение) с платы № 1 поступает на плату № 2 где усиливается и происходит его разделение:

1. Для формирования второго гетеродинного сигнала для второй промежуточной частоты;
2. Для использования в режиме передачи как несущей частоты сигнала от $0,3$ ГГц до 1 ГГц или первого гетеродинного сигнала в режиме приёма.

Разделённый сигнал на плате № 2 в режиме использования на приём и передачу поступает на СВЧ вход второго балансного модулятора (устр. 20). На информационных входах второго балансного модулятора формируются с цифроаналогового преобразователя (ЦАП-устройство 21 которое находится на плате № 1) составляющие в квадратуре по синусу и косинусу, что даёт либо необходимое изменение частоты сигнала при подстройке по частоте, либо сигналы информации – BPSK, QPSK и QAM. В устройстве 12 в зависимости от режима работы на приём или передачу и типа антенны, помимо усиления сигнала, осуществляется необходимое переключение. В результате на смеситель устройства 6 поступает гетеродинный сигнал соответствующей частоты для приёма радиосигналов, либо от патч-антенны (патч 1 и 2), либо от антенны вида вибратора Герца (устр. 15) с учётом формирования этого сигнала либо в первом (устр. 18), либо во втором балансном модуляторе (устр. 20). Для обеспечения частотного дуплекса при приёме сигнала в устройстве 6 на одной частоте, излучение радиосигнала с информацией происходит на другой частоте, и излучаемый сигнал от устройства 12 поступает на предварительный усилитель (устройство 13 на плате № 2), который обеспечивает усиление сигнала до 20 дБм ($0,1$ Вт). Мощность такого сигнала соответствует нормам для связи с сотовыми вышками как это видно из таблицы 2. Далее излучаемый радиосигнал через устройство переключения (устройство 14 на плате № 2), поступает либо на вибратор Герца (устр. 15), либо на патч-антенну. При этом устройство 14 для вибратора Герца обеспечивает возможность переключения на режим приёма. При работе устройства 14 на патч - антенны в режиме передачи мы в устройстве 11 (плата № 2) имеем деление сигнала на четыре канала с обеспечением режима переключения круговой поляризации и инверсией сигнала на 180 градусов и поступлением сигналов на устройства 7–10 (плата № 2). Устройства 7–10 имеют на входах дискретные фазовращатели (ФВ) на 3 позиции (рис. 15) для обеспечения углового обзора в 150 градусов и с них сигналы с соответствующей

фазой поступают на усилители мощности (УМ) и далее на патч - антенны. Для формирования второго гетеродинного сигнала второй промежуточной частоты сигнал с устройства 17 поступает на устройство 23, которое находится на плате № 2. Чтобы понять принцип формирования этой гетеродинной частоты, рассмотрим конкретный пример на основе режима частотного дуплекса в режиме ретрансляции. Так, в случае излучения сигнала информации на частоте 2,7 ГГц через патч - антенны, происходит одновременный приём информации на частоте, например 600 МГц. В этом случае подаваемая гетеродинная частота на смеситель в устройстве 6 имеет значение 900 МГц (формируется в устройстве 17 за счёт деления частоты на 3), что обеспечивает промежуточную частоту для второго преобразования в 300 МГц. Понятно, что значение такой частоты требуется для формирования второго гетеродинного сигнала с составляющими по синусу и косинусу. С этой целью в устройстве 23 осуществляется добавочное деление частоты сигнала в 900 МГц на 3. В этом случае мы получаем необходимую гетеродинную частоту в 300 МГц, но без деления на составляющие в квадратуре по синусу и косинусу. Это конечно можно исправить, если сделать деление сигнала на два со смещением одного сигнала гетеродина на плюс 45 градусов, а второго сигнала на минус 45 градусов. Однако здесь следует учесть то, что излучение сигнала на частоте 2,7 ГГц должно приниматься другим пользователем и здесь при приёме требуется первая гетеродинная частота порядка 2,4 ГГц, что, кстати, при передаче информации через антенну вибратора Герца при делении основной частоты на четыре в устройстве 17 даст сигнал на частоте 600 МГц. Далее этот сигнал за счёт трансформатора делится на два со сдвигом на 180 градусов. В результате деления этих сигналов на 2 по частоте можно получить синусоидальную и косинусоидальную составляющие второго гетеродинного сигнала на частоте в 300 МГц (рис. 19). Поэтому с целью получения одинакового преобразования частоты для второго гетеродинного сигнала как от основной частоты в 2,4 ГГц с делением вначале на 4, а затем на 2, так и от частоты сигнала в 2,7 ГГц, с делением вначале на 3, а затем ещё раз на три, мы должны для варианта в 2,7 ГГц предусмотреть после деления частоты на 9 умножение на 2, чтобы потом использовать одинаковый способ получения составляющих по синусу и косинусу за счёт деления на 2 по

частоте. Однако это не единственная причина необходимости использования умножителя частоты на 2. Как мы отмечали выше, умножитель частоты на два необходим для исключения из принимаемого сигнала значения сдвига по частоте, что позволяет приступить сразу к подстройке по коду информации и обеспечивает повышение точности определения местоположения объекта. Помимо этого, устройство 23 при формировании составляющих по синусу и косинусу гетеродинного сигнала для второй промежуточной частоты должно обеспечивать, наряду с делением частоты и переключением значения деления, также необходимую фильтрацию и усиление. Соответственно с устройства 6, усиленный сигнал с информацией на промежуточной частоте поступает на устройство 22, где происходит выбор режима. Для случая режима АФАР сигнал информации на частоте в 300 МГц поступает с платы № 2 на внешнюю поверхность платы № 1 (рис. 19) для дальнейшей обработки после суммирования сигнала от всех радио-модулей, состоящих в сборочной конструкции этой АФАР. В случае использования в качестве отдельного радио-модуля для смартфона информационный сигнал поступает на смесители дающие в квадратуре составляющие по синусу и косинусу в устройстве 24, которые находятся на плате № 2. На выходе устройства 24 мы получаем сигналы информации по синусу и косинусу с наличием модуляции со сдвигом по частоте Доплера, в случае использования режима формирования сигнала гетеродина второй промежуточной частоты от синтезатора частот. Далее эти сигналы информации поступают с платы 2 на плату 1 и после соответствующего усиления на аналого-цифровые преобразователи (АЦП) и программируемую логическую интегральную схему (ПЛИС), что на функциональной схеме отображено как устройство 25. В ПЛИС на основе разработанной оптимальной программы происходит фильтрация, выделение информации и определение сдвига по частоте Доплера. Соответственно в ПЛИС формируются сигналы на ЦАП (устройства 19 и 21), через которые происходит управление режимами работы балансных модуляторов (устройства 18 и 20). Понятно, что микросхема ПЛИС имеет связь с компонентами смартфона, которые расположены на внешней стороне платы № 1 вместе с другими элементами управления для режима АФАР. Соответственно, теперь необходимо определить, каким образом возможно

соединение унифицированных радио-модулей
в единую систему АФАР.

С этой целью рассмотрим конструкцию АФАР, состоящую из радио-модулей. Понятно, что здесь необходимо обеспечить при приёме когерентное суммирование сигнала информации на первой промежуточной частоте с учётом формирования необходимых сдвигов фаз гетеродинного сигнала в радио-модулях, а также когерентное суммирование сигнала на несущей частоте в нужном направлении при передаче сигнала информации за счёт изменения фазы. Это означает, что для этой цели

необходимо использовать один из нескольких синтезаторов частоты как общий для формирования частоты гетеродина для первой промежуточной частоты, так и для радиосигнала информации на несущей частоте. Это можно обеспечить, если сигналы от синтезаторов частот будут поступать через соответствующие металлизированные отверстия с внутренней стороны платы № 1 на внешнюю сторону платы № 1 для управления режимами с учётом добавления соответствующих радиоэлементов и устройств по функциональной схеме на рисунке 29.

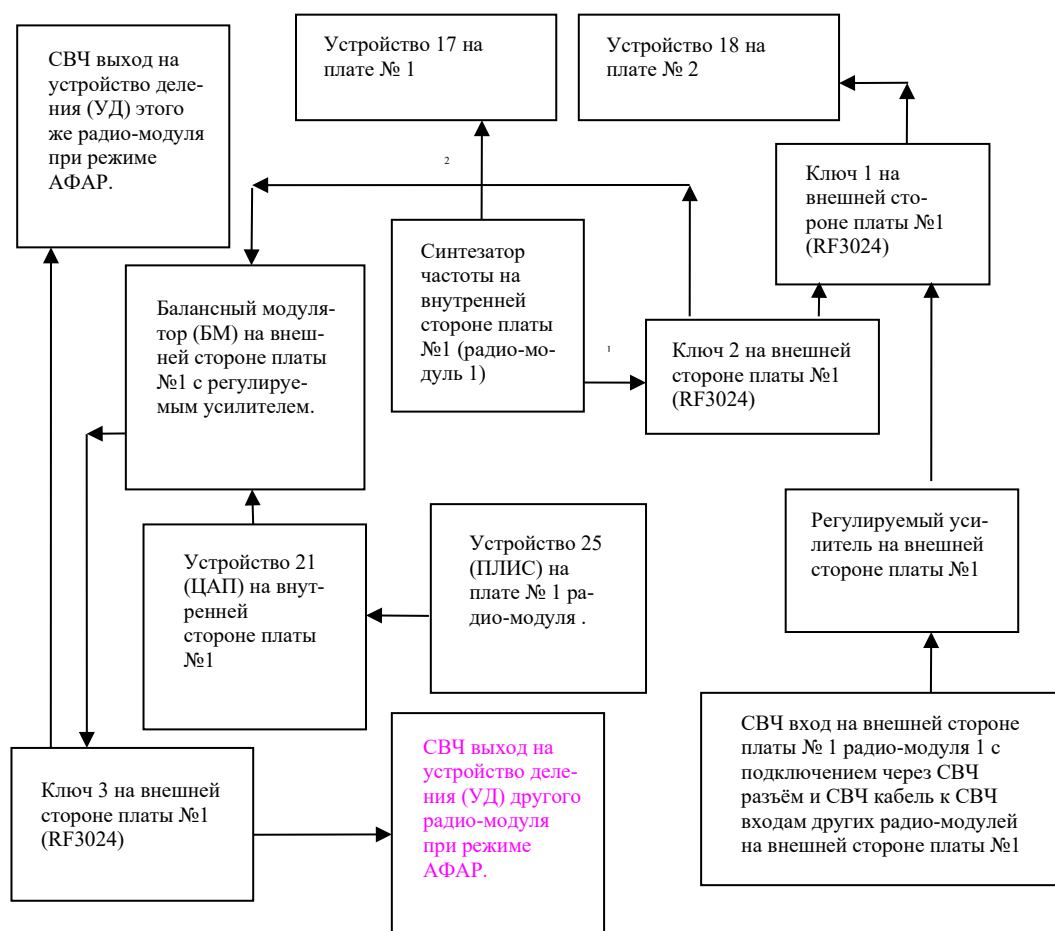


Рис. 29. Функциональная схема управления в режиме АФАР для получения общей частоты гетеродинного сигнала и сигнала информации на несущей частоте

Здесь управление для формирования необходимой частоты сигнала и информации осуществляется от ПЛИС выбранного радио-модуля и далее через ЦАП поступает на квадратные входы составляющих по синусу и косинусу добавочного балансного модулятора с регулируемым усилителем на выходе, который находится на внешней стороне платы № 1 радио-модуля. На СВЧ вход этого балансного модулятора через первый выход ключа 2 (внешняя сторона платы № 1) через

металлизированное отверстие поступает сигнал от синтезатора частоты радио-модуля, который расположен на внутренней стороне платы № 1. Соответственно после усиления полученный сигнал с балансного модулятора через ключ 3 поступает либо на СВЧ выход этого же радио-модуля с дальнейшим делением сигнала по мощности в устройстве деления (УД), либо на СВЧ выход другого радио-модуля также с дальнейшим делением. Этот вариант связан с количеством используемых в АФАР радио-

модулей. Второй выход ключа 2 используется в частном случае использования одного радио-модуля. Для этого он подключён к соответствующему первому входу ключа 1, который также расположен на внешней стороне платы № 1. Далее сигнал поступает на устройство 18 (балансный модулятор, который находится на внутренней стороне платы № 2) и работа происходит по схеме рисунка 28. В случае осуществления режима АФАР необходимый

сигнал гетеродинной частоты или сигнала информации на несущей частоте поступает через СВЧ вход и после усиления идёт на второй вход ключа 1, и далее на устройство 18 за счёт которого осуществляется необходимый сдвиг фаз для реализации режима АФАР.

Соответственно мы также должны иметь и функциональную схему для суммирования сигнала информации по промежуточной частоте (рис. 30).

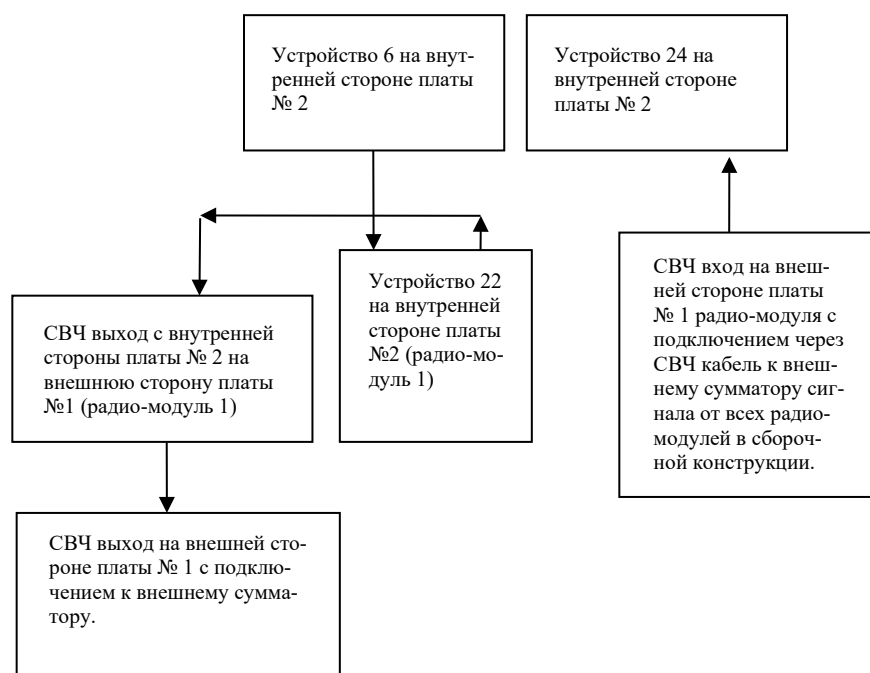


Рис. 30. Функциональная схема для суммирования сигнала информации по промежуточной частоте

При объединении радио-модулей можно получить сборку, например, из 8-ми радио-модулей, с учётом добавления таких внешних аксессуаров как сумматоры, делители мощности и СВЧ кабели. Однако более предпочтителен вариант, когда делители и сумматоры расположены на свободной внешней стороне платы № 1 радио-модулей в сборке АФАР, а СВЧ кабели представлены в виде полосковых

элементов в многослойной печатной плате. В этом случае, возможно, более полно использовать возможности по переключению частоты АФАР и обработки сигналов от абонентов через использование ключевых схем. Пример функциональной топологии по объединению в АФАР из 2-х и 8-ми радио-модулей показан на рисунке 31.

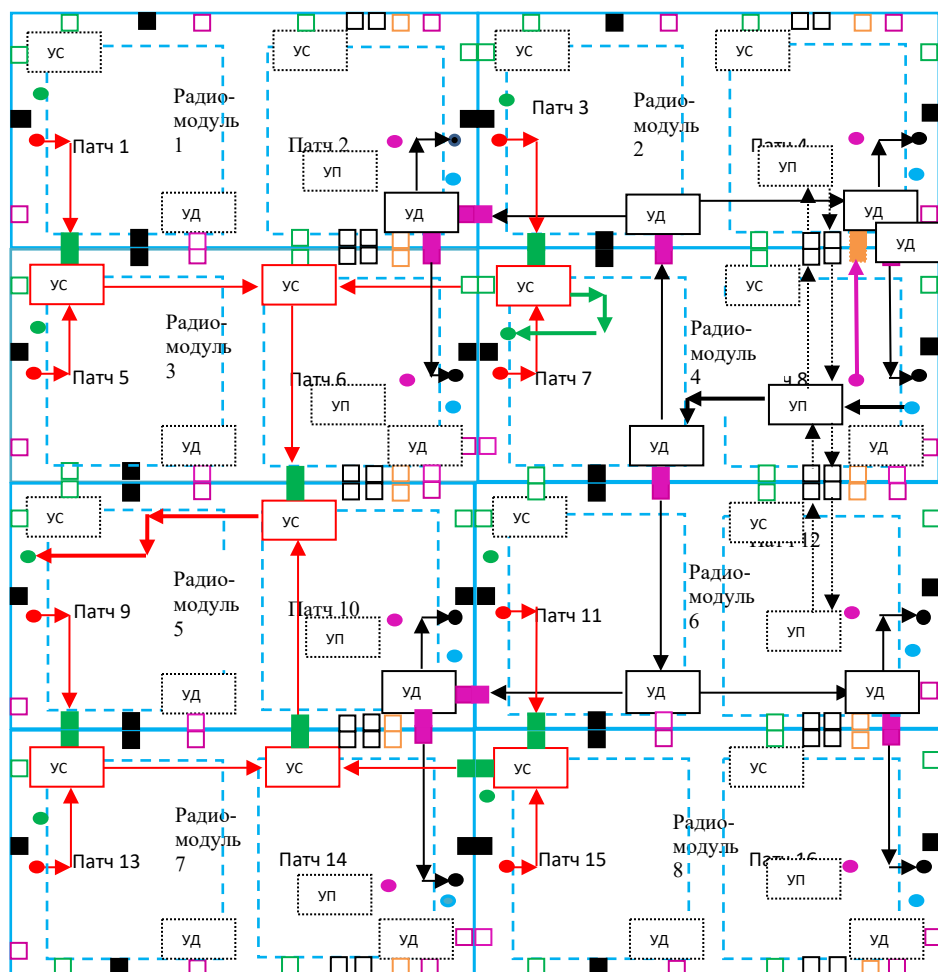


Рис. 31. Пример топологии размещения сумматоров и делителей мощности для АФАР из 8-ми радио-модулей

Вариант взаимодействия из 2-х радио-модулей отображён через радио-модуль 2 и радио-модуль 4, где связь по несущей частоте осуществляется через стрелочку малинового цвета, а суммирование по промежуточной частоте происходит через стрелочку, обозначенную зелёным цветом. Здесь обозначение УС соответствует устройству суммирования сигналов по мощности с учётом схем подсоединения через ключевые устройства. Обозначение УД соответствует устройству деления сигналов по мощности также с учётом необходимых ключей переключения по направлению. Красными стрелками и чёрными стрелками обозначены полосковые линии соединения с учётом направления сигналов. Малиновыми и зелёными квадратиками обозначены СВЧ разъёмы одинакового типа («мама» или «папа»), которые соединяются между собой за счёт переходников с обоих концов тоже одинакового, но противоположного типа («папа» или «мама»). Кружочками красного цвета обозначены места

подсоединения в радио-модулях СВЧ выходов на плате № 1 для последующего суммирования сигнала информации по промежуточной частоте. Кружочками черного цвета обозначены места подсоединения в радио-модулях к СВЧ входам радио-модулей на плате № 1 от одного общего сигнала информации на несущей частоте или гетеродинного сигнала. Кружочками зелёного цвета обозначены СВЧ входы места подсоединения для получения общего суммарного сигнала на промежуточной частоте от всех радио-модулей. Кружочками голубого цвета обозначены СВЧ выходы радио-модулей для дальнейшего деления общего гетеродинного сигнала или сигнала информации на несущей частоте. Квадратиками с заполнением чёрного цвета обозначены разъёмы по питанию, которые имеют аналогичную конструкцию связи через переходники. Соответственно в этом случае необходимо представить необходимые функциональные схемы устройств УС (рис. 32) и УД (рис. 33).

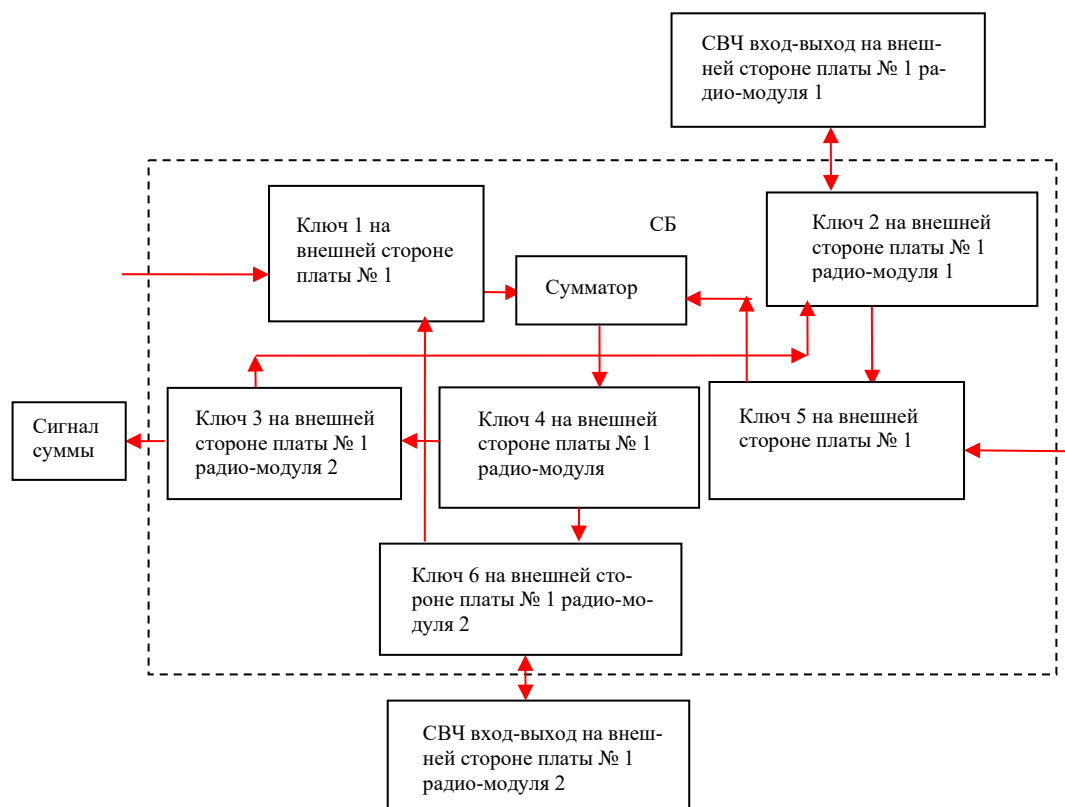


Рис. 32. Устройство суммирования УС

В качестве сумматоров, например, можно выбрать ADP-2-1, а ключи выполнить на RF3024.

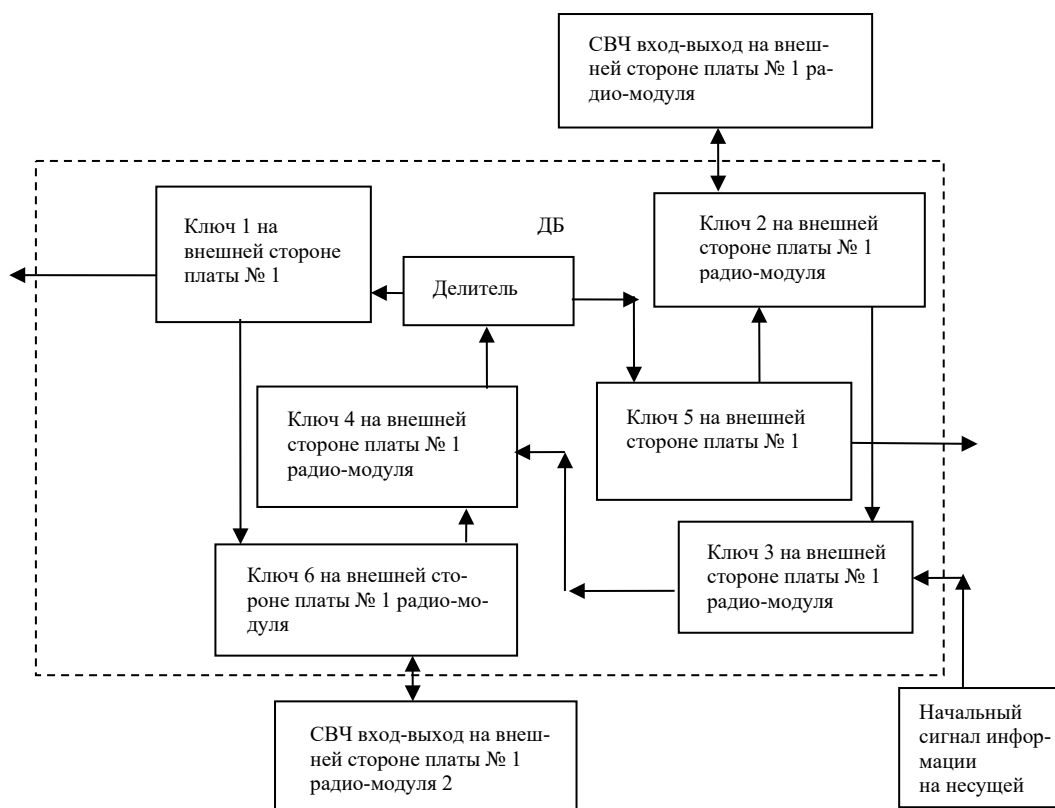


Рис. 33. Устройство деления УД

В качестве делителей напряжения могут использоваться DS52-0007 или трансформаторы ETC1-1-13. Таким образом, учитывая применение многослойных печатных плат, мы можем при числе радио-модулей 2 или 8 заменить СВЧ кабели на полосковые проводники в многослойной печатной плате № 1.

Так как в каждом радио-модуле присутствует синтезатор частоты, то можно

воспользоваться сменой частот благодаря схеме переключения, при которой несущая частота будет меняться со скоростью меньше, чем 0,1 мксек. Это значительно повысит помехозащищённость и условия электромагнитной совместимости. Пример такого устройства переключения (УП) на 3 несущие частоты показан на рисунке 34.

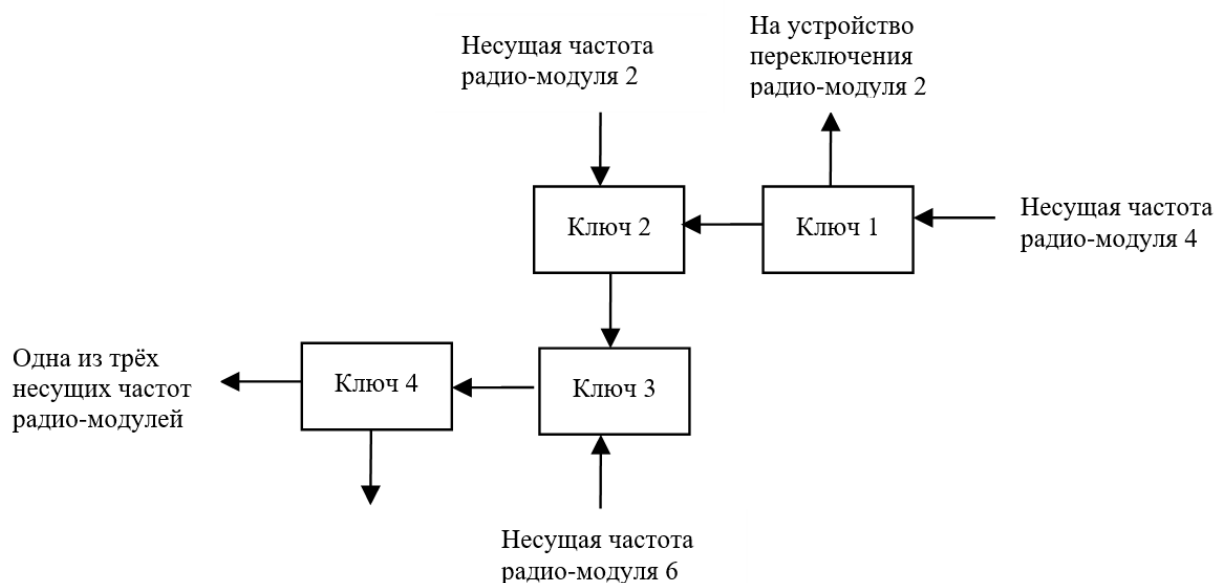


Рис. 34. Устройство переключения (УП) несущих частот

На рисунке 31 пунктирные стрелки от УП показывают направления сигналов от синтезаторов частоты соответствующих радио-модулей.

Соответственно необходимо показать конструкцию соединения через переходники с учётом соединения с торца радио-модулей (рис. 35).

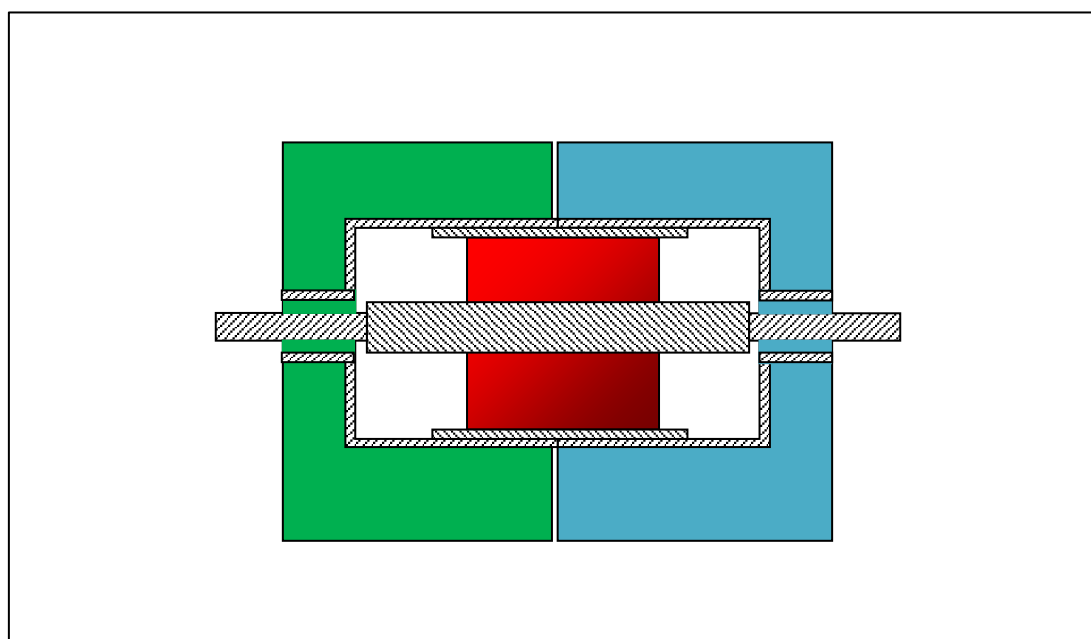


Рис. 35. Упрощённая схема соединения радио-модулей

В результате мы видим, что простым соединением радио-модулей через переходники мы обеспечиваем функции АФАР, состоящих из 2-х и 8-ми радио-модулей. Для увеличения жёсткости конструкции на углах радио-модулей можно предусмотреть соединение через металлические пластины с наличием на концах соединений с внешней стороны платы № 1 в виде пуговиц защёлок. При необходимости конструкции разъемов можно объединить в одну общую конструкцию. В частном случае два соединённых между собой радио-модуля имеют размеры планшета (130 мм × 130 мм) и могут с ним быть объединены. Восемь соединённых радио-модулей по размерам соответствуют пользовательскому терминалу Starlink (260 мм × 260 мм) и одновременно по размерам соответствуют ноутбуку. Необходимо отметить, что в конструкции из восьми радио-модулей мы можем использовать режим для независимой работы по два радио-модуля на разных частотах.

При использовании 32 радио-модулей (520 мм × 520 мм) в конструкции АФАР в целях радиолокации ближнего действия необходимо использовать четыре конструкции полотен АФАР по топологии на рисунке 31, которые соединяются уже СВЧ кабелями с учётом сумматора и делителя на 4 входа и выхода (рис. 36), которые также можно выполнить на основе 3-х ADP-2-1 и 3-х DS52-0007. Для сумматоров и делителей на 4 также можно предусмотреть место на внешней стороне платы № 1. Здесь СВЧ кабели отображены стрелочками и соответственно на внешней стороне платы № 1 необходимо предусмотреть место для СВЧ разъемов, которые будут устанавливаться в случае необходимости. Здесь вполне возможна их установка по принципу пуговиц – защёлок. Данный вариант использования СВЧ кабелей при количестве радио-модулей более 8-ми более предпочтителен по сравнению с полосковыми линиями в силу снижения потерь из-за затухания сигнала в линии передачи.

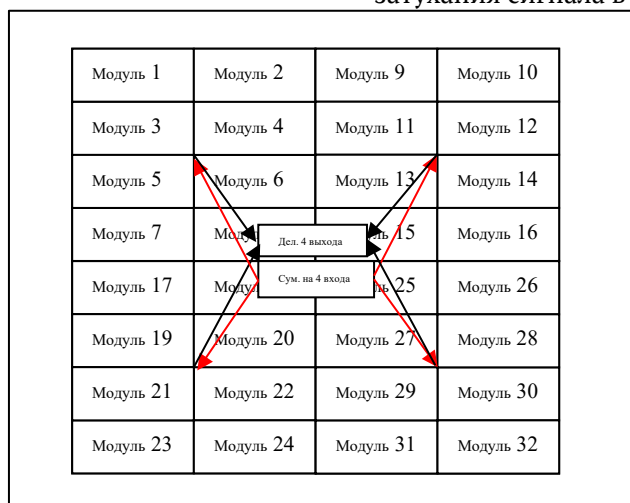


Рис. 36. Схема соединения в АФАР в 32 радио-модуля

Отметим, что в конструкции из 32 радио-модулей мы можем добавочно использовать частные независимые режимы, в виде 2-х радио-модулей и 8-ми радио-модулей.

Таким образом, если для конструкций АФАР из 2-х и 8-ми радио-модулей добавочные аксессуары касались только переходников между радио-модулями, то при АФАР в 32 радио-модуля и более требуются ещё СВЧ кабели соответствующей длины. Однако конструкции не представляют особых трудностей при сборке. В итоге мы видим, что массовое производство оптимизированных радио-модулей по предложенной выше схеме обеспечит более высокие технические характеристики над

существующими аналогами и прототипами даже в случае одного радио-модуля, при этом присутствует унификация, когда из радио-модулей при необходимости собираются устройства с большим энергетическим потенциалом. Так как используются два диапазона частот в режиме дуплекса, то управление АФАР может осуществляться в режиме Wi-Fi из одного радио-модуля по низкой частоте. При этом массовое производство позволит сократить расходы и обеспечит конкурентоспособность именно в том диапазоне частот, в котором сейчас требуется импортное замещение.

Понятно, что теперь необходимо подтвердить работоспособность указанных радио-

модулей реально на эксперименте. И такие первые испытания были проведены с пробным макетом радио-модуля, который показан на

рисунке 37 с приёмом и передачей сигнала только по одному входу.

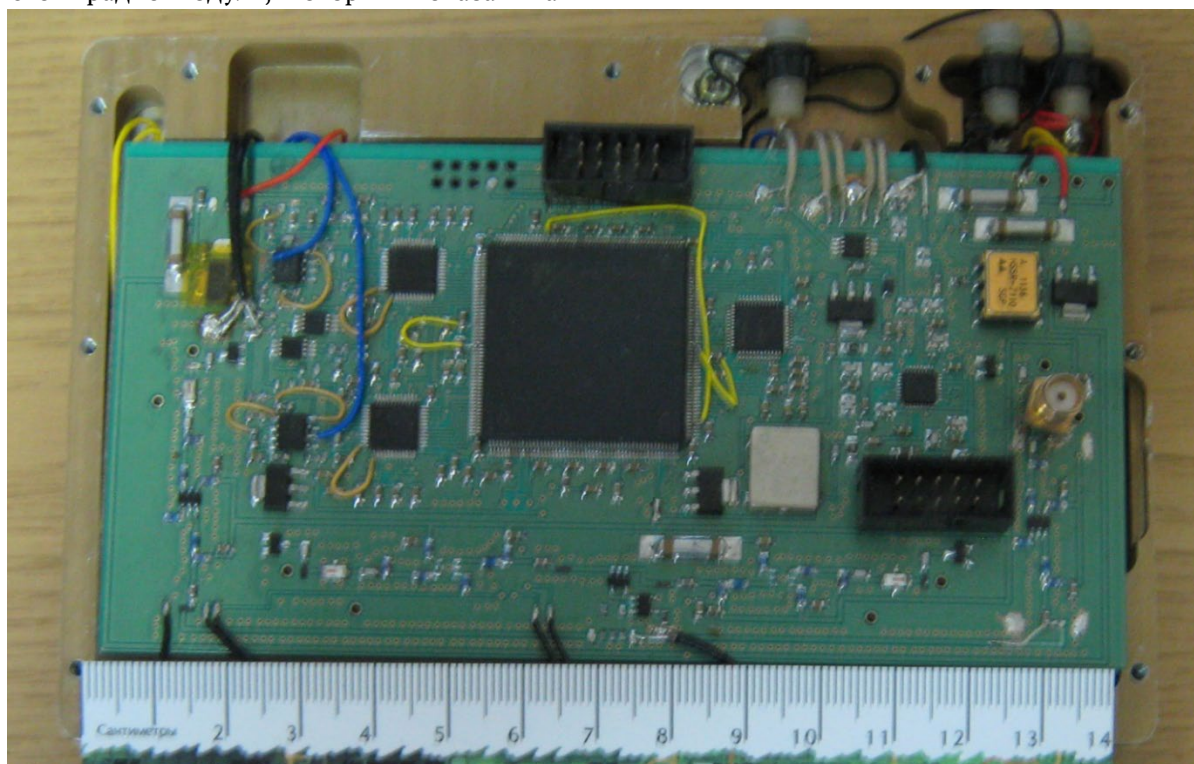


Рис. 37. Первый опытный образец мобильного устройства для абонентов

Кроме того, исходя из практических результатов известно, что при чувствительности минус 67 дБм обеспечивается минимальное значение для всех услуг связи, которые требуют бесперебойного и надежного обмена данными, минус 70 дБм – сигнал достаточный для выхода в интернет, прочтения электронной почты и

новостей. Поэтому, на рисунке 38 и 39 приведено выделение частоты Доплера и сигнала в 38 Мбит/сек при минус 86 дБм для пробного макета радио-модуля, исходя из того, что минус 80 дБм это минимальное значение для подключения.

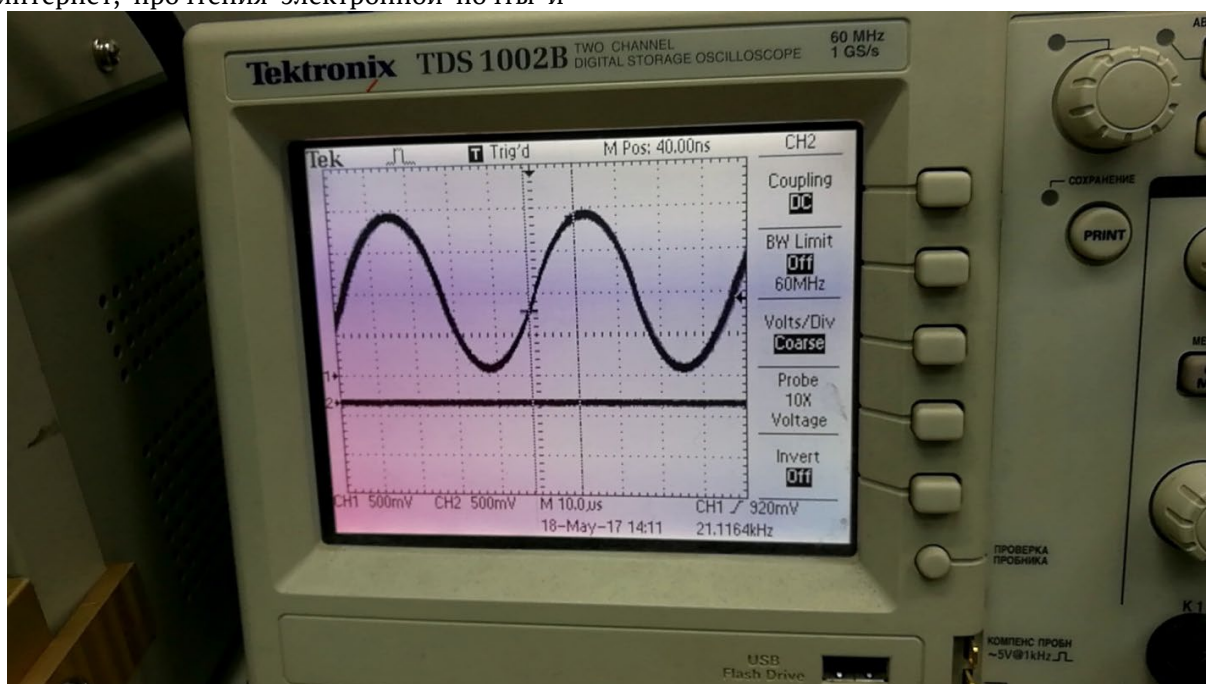


Рис. 38. Выделенная частота доплеровского смещения при приеме на уровне сигнала на входе минус 86 дБм при приёме на один вход

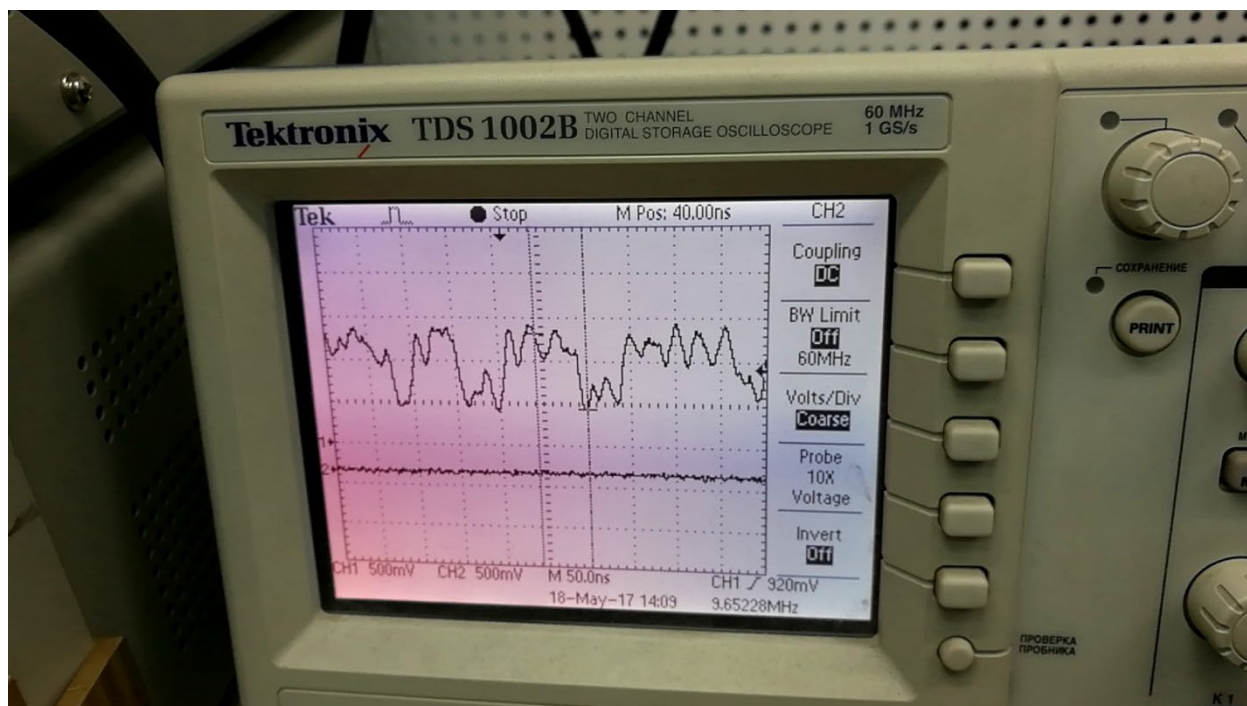


Рис. 39. Вид сигнала на входе АЦП при приеме на один вход из четырёх в 38 Мбит/сек при уровне сигнала на входе минус 86 дБм

Напомним, что логарифмический усилитель имеет чувствительность в минус 78 дБм.

Полученный результат не уступает известным вариантам радио-модулей по

чувствительности при приёме и по мощности при передаче.

Было также получено и видеоизображение, что показано на рисунке 40.

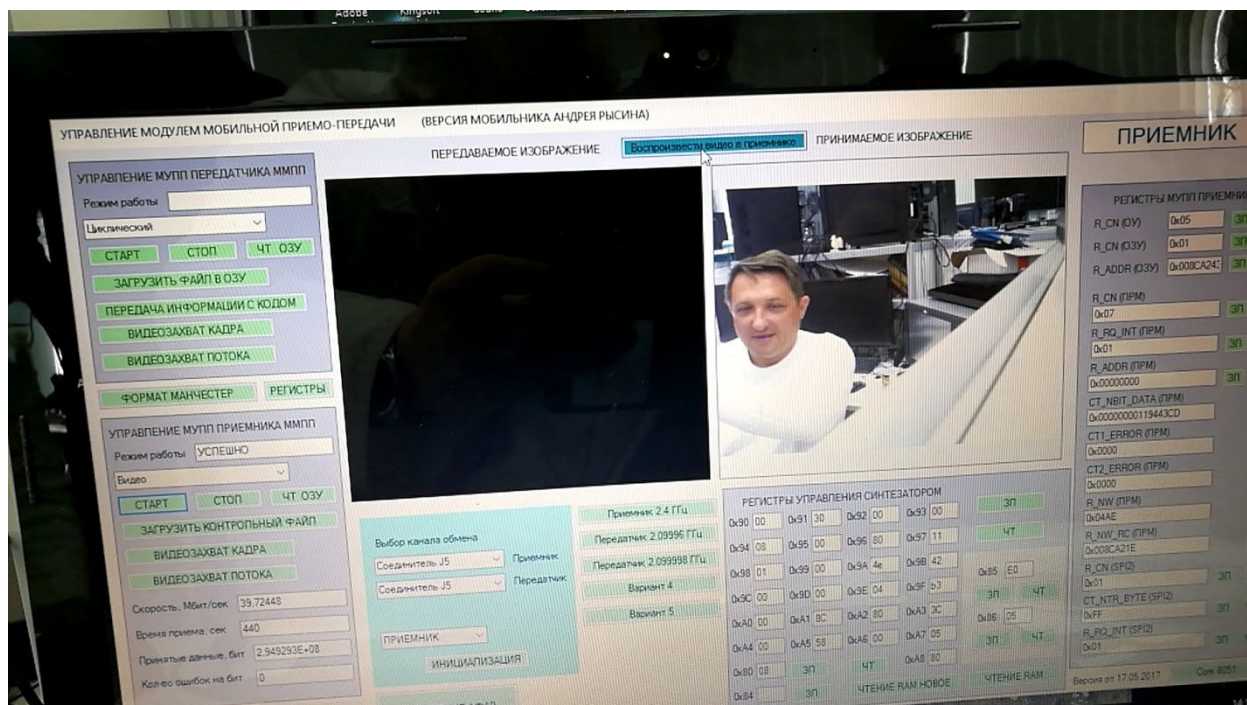


Рис. 40. Результаты принятия видеоизображения

Следует отметить, что используя соединения через СВЧ кабели можно довести размеры стыкуемых радио-модулей до АФАР с размерами 104 см × 104 см с мощностью излучения 512 Вт (27 дБВт) и коэффициентом усиления

антенны 1600 (32 дБ). Нечто подобное мы предлагали для создания группировки КА спутниковой связи с размещением таких полотен антенн по рисунку 41.

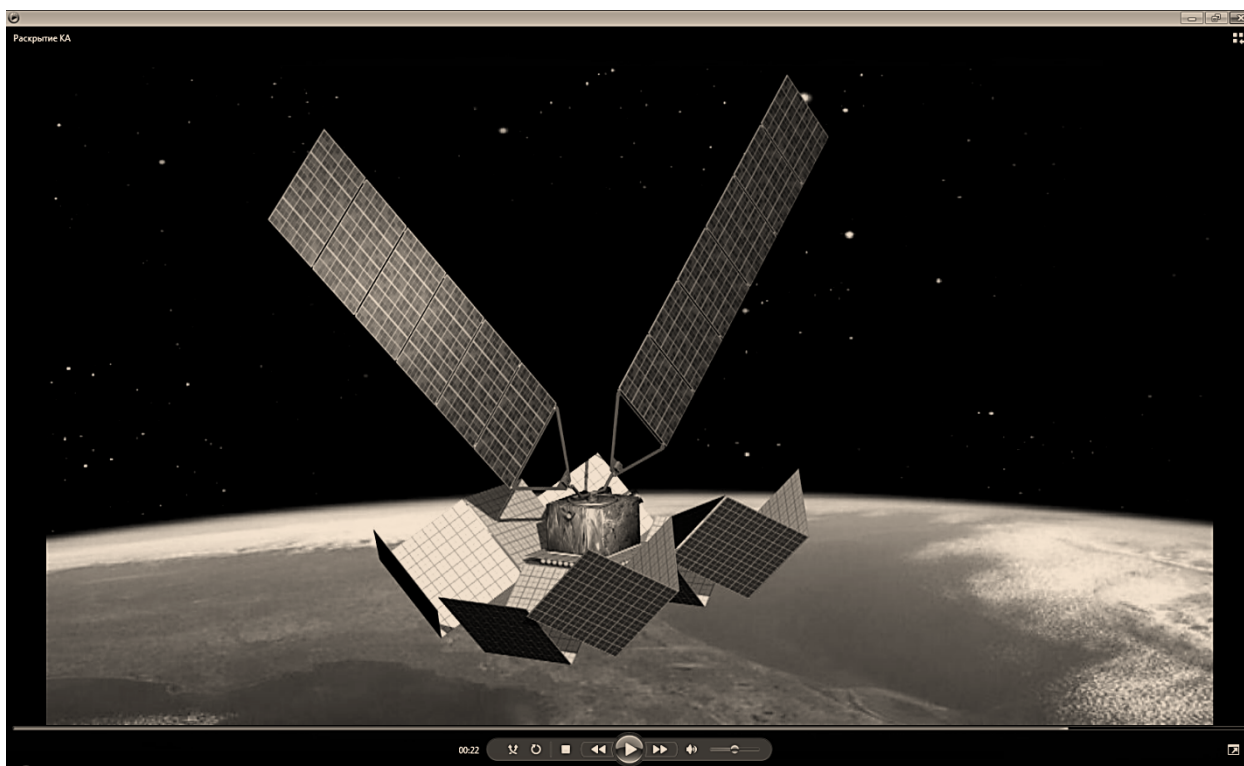



Рис. 41. Пример модели спутника с расположением антенн в виде «гармошки» для обеспечения многофункционального режима на основе унифицированных радио-модулей

Казалось бы, данная разработка просто необходима сейчас в зоне боевых действий, так как позволяет использовать предлагаемые радио-модули как для связи в БПЛА, так и для

навигации и радиолокации, а также и постановки помех. Однако вот какой ответ был получен от министерства обороны.



МИНИСТЕРСТВО ОБОРОНЫ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНОБОРОНЫ РОССИИ)

г. Москва, 119160

А.В.РЫСИНУ
andrei_rysin@mail.ru

«21» февраля 2023г. № 177/22/УР-33531/152


На № УР-33531

Уважаемый Андрей Владимирович!

В соответствии с поручением, Ваше обращение в части реализации проекта «Сфера» рассмотрено и находится вне компетенции Минобороны России.

Информация, изложенная в представленных материалах, принята к сведению.

Врио командира войсковой части 52686



А.Рубис

Рис. 42

Надо отметить, что по результатам наших публикаций, мы не принимаем никакого участия в проекте «Сфера», так как этот проект не имеет научного обоснования с указанием преимуществ перед иностранными аналогами, и он создан на основе предыдущих разработок, которые уже изначально уступали иностранным аналогам. При этом никакого импортного замещения с обеспечением конкурентоспособности этот проект «Сфера» не обеспечивает, так как для этого нужно иметь логику оптимизации, а не просто использовать сборную конструкцию из того, что имеется по старым разработкам. Более того при предполагаемом использовании 800 КА он будет стоить очень больших денег. И если мы не смогли создать аналога группировки «Iridium» в 66 КА в мирное время, так как считалось, что это дорогой проект, то в военное время это просто непосильная задача. В нашем варианте предлагается двигаться поэтапно от простого к сложному, с учётом экспериментальной проверки. Вначале отрабатывается радио-модуль, а потом сборные конструкции на его базе, тем более что первые результаты экспериментальной проверки уже получены. Кроме того, просто не существует иного способа развития конкурентоспособных радио-модулей без внесения новых конструктивных и технических решений с учётом массового их производства и необходимости в унификации. Однако в верхних эшелонах власти не воспринимают даже элементарную логику из-за корыстных интересов и выбирают изначально не конкурентоспособные варианты с отсутствием научного обсуждения проектов. Как мы видим, на театре военных действий преимущество имеет тот, у кого техническое и технологическое превосходство. И не надо думать, что противник не видит наши слабые стороны. Поэтому война будет идти до тех пор, пока мы не обеспечим преимущество и в техническом плане.

Литература

1. Рысин А.В., Бойкачёв В.Н., Наянов А.М. «Способ быстрой фазовой автоподстройки частоты (ФАПЧ) и исключение ошибок, связанных с дискретизацией сигнала по теореме Котельникова». Науч. журнал. «Обществознание и социальная психология» выпуск 2_2(46) 2023. С. 757-778.
2. Рысин А.В., Бойкачёв В.Н., Наянов А.М., Островский Я.Б. «Анализ вариантов блоков радиоуправления для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА)». Научный международный журнал. «Актуальные исследования», № 16(146), 2023, Ч. 1, С. 9-41.
3. Рысин А.В., Бойкачёв В.Н., Наянов А.М., Островский Я.Б. «Обоснование и сравнение функциональных схем радиоуправления для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в широком диапазоне частот на основе оптимизированных радиотехнических параметров». Научный международный журнал. «Актуальные исследования», № 21(151), 2023, Ч. 1, С. 38-81.
4. Рысин А.В., Бойкачёв В.Н., Островский Я.Б. «Оптимизация частотной и символьной синхронизации в режиме когерентного накопления по псевдослучайным кодам с целью улучшения помехозащищённости и получением максимальной чувствительности по принимаемому сигналу для управления беспилотными летательными аппаратами (БПЛА)». Научный международный журнал. «Актуальные исследования», № 33(163), 2023, С. 17-35.
5. Рысин А.В., Бойкачёв В.Н., Наянов А.М., Островский Я.Б. «Оптимизация беспроводного канала связи радио-модуля БПЛА при автономной работе для многофункционального применения при существующей радио элементной базе коммерческого использования». Научный международный журнал. «Актуальные исследования», технические науки, № 40(170), 2023, Ч. 1, С. 6-22.
6. Рысин А.В., Бойкачёв В.Н., Наянов А.М., Островский Я.Б. «Оптимизация и обоснование конструктивного исполнения устройства связи и управления для БПЛА с учётом многофункционального применения при существующей радио элементной базе коммерческого использования». Научный международный журнал. «Актуальные исследования», № 37(167), 2023, Ч. 1, С. 9-40.
7. Рысин А.В., Бойкачёв В.Н., Наянов А.М. Анализ многофункционального использования низкоорбитальных спутниковых систем связи (НССС) с оптимизацией радиотехнических параметров. Евразийский союз учёных. Научный ежемесячный журнал. № 7(100) / 2022. Т. 1, серия: технические и физико-математические науки. С. 22.
8. <https://3dnews.ru/1101215/skorost-zagruzki-so-sputnika-starlink-na-androidtelefon-dostigla-17-mbits>.
9. Дубровка Ф.Ф., Мартынюк С.Е. Полосковая антенная решётка с воздушным заполнением. Вісник Національного технічного

університету України «КПП» Серія-Радіотехніка. Радіоапаратобудування. 2009, № 38.

10. Тихонов В.И. Статистическая радиотехника. – М.: Советское радио. 1966, С. 473.

RYSIN Andrey Vladimirovich

Radio Engineer, ANO "NTIC "Techcom", Russia, Moscow

**OPTIMIZATION OF THE RADIO MODULE
IN TERMS OF DESIGN, FUNCTIONAL AND ELECTRICAL CIRCUIT,
SOFTWARE FOR MULTIFUNCTIONAL USE,
TAKING INTO ACCOUNT THE REQUIREMENTS
OF IMPORT SUBSTITUTION AND COMPETITIVE ABILITY**

Abstract. *At the current stage of development of radio control and communication systems, there is a question of optimizing radio-electronic devices in micro module design. This is necessary in order to reduce economic costs through unification and multifunctional use. At the same time, there is a question of increasing the sensitivity and energy potential for communication at information transfer rates of tens of megabits per second. At the same time, it is important to obtain a competitive solution, taking into account import substitution. In this article, we have analyzed well-known technical solutions for micro modular design and propose our own version without any drawbacks based on a logical approach. Accordingly, based on the analysis, we propose functional schemes and specific technical solutions.*

Keywords: *radio module, communications, radio intelligence, navigation and location determination by enemy radio signal, radar, functional schemes for processing the radio signal in the radio module, layout of radio modules in the AFAR.*

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Vu Van Dinh

Candidate of Physico-Mathematical Sciences, Lecturer,
Electric Power University, Vietnam, Hanoi

Lương Thanh Tâm

Master's Student,
Hanoi University of Natural Resources and Environment, Vietnam, Hanoi

IMPACT AND APPLICATIONS OF LARGE LANGUAGE MODELS (LLMs)

Abstract. The paper provides a comprehensive overview of large language models (LLMs), focusing on their architecture, applications, and societal impacts. It begins with an introduction to LLMs, highlighting the Transformer architecture as their foundation. The authors detail how components like encoder-decoder structures and self-attention mechanisms contribute to the models' efficiency in handling complex language tasks.

Subsequently, the paper explores how LLMs, especially models like GPT, BERT, and Gemini, are being applied across diverse fields such as healthcare, law, finance, and education. The authors raise critical ethical and legal concerns, including misinformation, academic integrity, and copyright issues, due to the increasing reliance on LLM-generated content. A significant section is devoted to the environmental cost of training LLMs, including high energy consumption and CO₂ emissions, emphasizing the need for sustainable AI practices.

Keywords: large language models, Transformer-models, environmental impact.

1. Introduction to Large Language Models (LLMs)

Large language models (LLMs) are a breakthrough in the field of artificial intelligence, especially in natural language processing (NLP). These models are trained on huge text datasets from various sources and use billions of parameters to learn and simulate human language accurately. The underlying architecture of LLMs is the Transformer –

a neural network architecture introduced by Vaswani et al. (2017), which helps process information in parallel and remember long-term relationships in text. Self-attention in the Transformer allows the model to identify related words in a sentence regardless of their position, which helps overcome the shortcomings of sequential models such as RNN or LSTM.

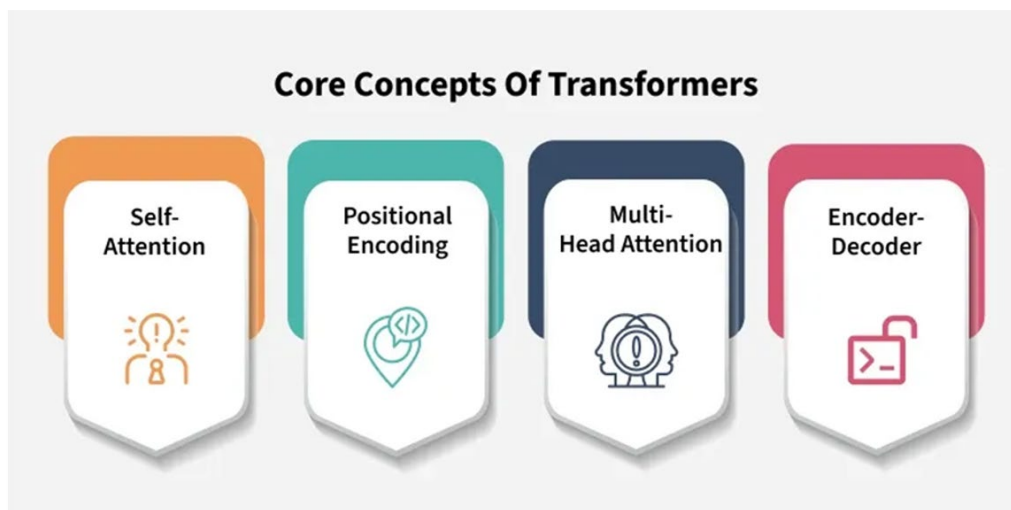


Fig. 1. Core Concepts of Transformers

2. Operating mechanism and improvements in Transformer models

The Transformer architecture is foundational to modern natural language processing (NLP) and underpins the development of most large language models (LLMs). It consists of two primary components: the encoder and the decoder. The encoder is responsible for processing and encoding the input sequence into a series of high-dimensional semantic representations. These representations capture not only the content of the input but also the contextual relationships between its components. The decoder, in turn, takes these encoded representations and generates an output sequence, often in the form of translated text, predicted tokens, or responses to a prompt.

Each encoder and decoder layer is composed of two core subcomponents: a multi-head self-attention mechanism and a position-wise feed-forward neural network. The self-attention mechanism allows the model to weigh the relevance of different tokens in the input sequence relative to one another, regardless of their position, enabling the model to capture long-range dependencies and contextual nuances. Multi-head attention extends this capability by allowing the model to attend to different parts of the input simultaneously from various representation subspaces. Following the attention block, a feed-forward network processes each token independently, applying non-linear transformations to refine the contextualized embeddings. These layers are typically followed by residual connections and layer normalization, which stabilize training and improve performance.

Since the original introduction of the Transformer model by Vaswani et al. (2017), a variety of extensions and adaptations have been proposed to enhance its capabilities. One notable example is BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers) introduced by Devlin et al. (2019),

which modifies the original architecture to utilize only the encoder stack. BERT employs bidirectional attention to understand the context on both sides of a target word, enabling deep language understanding and excelling at tasks such as question answering and sentence classification.

Another prominent model is RoBERTa, a robustly optimized version of BERT that improves performance through training on larger corpora and longer sequences. The T5 (Text-to-Text Transfer Transformer) model by Google takes a unified approach to NLP tasks by treating every problem as a text generation task, whether it be classification, summarization, or translation.

In contrast, the GPT (Generative Pretrained Transformer) series, developed by OpenAI (Brown et al., 2020), builds upon the decoder stack of the Transformer and is designed for unidirectional, autoregressive text generation. GPT models are pretrained on massive datasets using language modeling objectives and then fine-tuned for specific downstream tasks. GPT-3 and GPT-4 represent significant advances in model scale and performance, capable of zero-shot and few-shot learning, where the model can perform tasks with minimal or no task-specific training examples.

Emerging models such as Claude (by Anthropic), LLaMA (by Meta), and Gemini (by Google DeepMind) further push the boundaries of the Transformer framework. These models incorporate innovations such as multi-task learning, which allows them to handle diverse tasks simultaneously; unsupervised learning, which enhances adaptability to new data; and advanced fine-tuning methods, enabling more controlled and safe interactions. Together, these models represent the state-of-the-art in generative AI, demonstrating both the scalability and versatility of the Transformer architecture in addressing a wide array of complex language tasks.

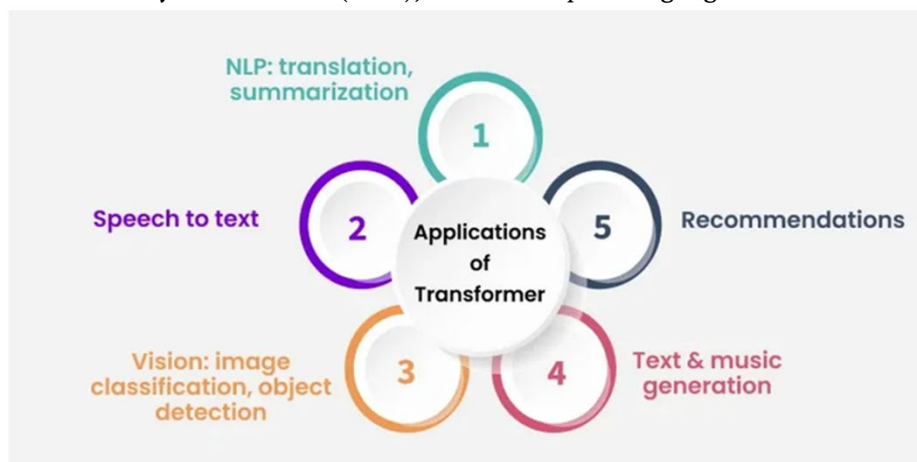


Fig. 2. Most common applications of Transformers

3. Application and Dissemination of LLM Technology

A prominent application of large language models (LLMs) is ChatGPT, introduced by OpenAI in late 2022. It quickly became one of the most widely adopted interactive tools globally, thanks to its ability to engage users in natural, coherent, and contextually relevant dialogue [6]. The emergence of ChatGPT marked a significant milestone in the democratization of artificial intelligence, bringing advanced natural language processing (NLP) capabilities to the general public. Its success catalyzed a technological race, prompting major tech companies such as Google (with Gemini), Microsoft (with Copilot), Meta (with LLaMA), and Amazon to integrate LLMs into their product ecosystems. These integrations span across search engines, virtual assistants, productivity tools, and cloud services, revolutionizing how users interact with digital platforms.

Beyond general-purpose applications like content creation, language translation, and question answering, LLMs are making inroads into specialized and high-stakes fields such as medicine, law, finance, and education [2]. In healthcare, LLMs have demonstrated potential in clinical documentation, patient communication, and even preliminary diagnostic assistance. For example, they can generate patient summaries, simplify medical jargon for laypeople, and provide responses to common queries, thereby reducing administrative burden on healthcare professionals. In the legal domain, LLMs are being explored for tasks like document review, contract analysis, and legal research, enhancing efficiency and reducing time-consuming manual work.

In finance, LLMs assist in automating customer support, generating market reports, and even analyzing trends based on unstructured data. Meanwhile, in education, LLMs serve as virtual tutors, grading assistants, or tools for personalized feedback and curriculum development. These use cases highlight the potential of LLMs to augment human expertise, enhance decision-making, and streamline operations across sectors.

However, the widespread deployment of LLMs also brings forth several challenges. One of the most pressing concerns is ethical: how can we ensure responsible use of AI-generated content? The ability of LLMs to produce plausible-sounding but factually incorrect or biased information raises concerns about misinformation and the erosion of trust in automated systems. Moreover, there is growing debate about intellectual property rights

– particularly when LLMs are trained on copyrighted content without explicit consent. This raises fundamental legal and ethical questions about data provenance, ownership, and fair use in the age of generative AI.

Another critical issue is transparency. Most users interact with LLMs without understanding how the models generate responses or what data they were trained on. This lack of explainability makes it difficult to audit or regulate the outputs of these systems, especially in sensitive contexts such as healthcare or legal advice. Moreover, the potential for algorithmic bias and discrimination, inherited from the training data, underscores the importance of rigorous validation and testing before deployment in real-world scenarios.

To summarize, while LLMs such as ChatGPT offer transformative potential across diverse domains, their deployment must be accompanied by thoughtful governance, ethical oversight, and continuous evaluation. A multidisciplinary approach – involving technologists, domain experts, ethicists, and policymakers – is essential to harness their benefits while mitigating the associated risks.

4. The impact of LLM on research, education and society

The application of large language models (LLMs) in academia raises significant concerns regarding the integrity of research and education. With their ability to generate coherent, contextually appropriate, and content-rich text, LLMs are increasingly blurring the line between human content creators and assistive technologies. When students or researchers use such tools to produce essays, scientific papers, or research proposals without transparency, there is a high risk of plagiarism, misinformation, and copyright violations [4]. This is particularly serious in academic settings, where integrity and transparency are foundational principles of scientific inquiry.

Beyond the issue of research quality, unregulated use of LLMs also complicates educators' ability to assess students' actual capabilities. If assignments, theses, or even dissertations are primarily generated by AI without critical input from the individual, it undermines the core mission of higher education – cultivating critical thinking, creativity, and academic ethics. Current tools for detecting AI-generated content are still not fully reliable, creating a "gray area" in enforcing academic misconduct policies, especially when students blend self-written and AI-generated text.

Beyond academia, professions that rely heavily on language processing – such as editors,

journalists, translators, administrative assistants, and even lawyers - are at risk of being partially replaced by this technology. While LLMs can improve productivity and save time, they also present challenges in maintaining professional standards, objectivity, and the human element in fields that demand contextual judgment, emotional nuance, and ethical responsibility.

To address these risks, educational and research institutions must urgently develop clear legal and ethical frameworks governing the use of LLMs. This includes issuing transparent guidelines on the permissible extent of AI usage in coursework, research, and publication; integrating AI-content detection tools into academic integrity systems; and, crucially, providing training for both students and faculty on how to use LLMs ethically, responsibly, and effectively. Furthermore, interdisciplinary research should be encouraged to investigate the long-term impact of AI on the academic knowledge ecosystem, enabling the formulation of policies that balance technological innovation with the core values of higher education.

5. Environmental Impact: An aspect that has not received due attention

Large language models (LLMs) are powerful but resource-intensive systems that demand significant computational and energy resources. The training of these models involves processing datasets consisting of hundreds of billions of words and optimizing models that may contain hundreds of billions of parameters. This scale of computation requires the use of specialized hardware, such as high-performance GPUs and TPUs, running over extended periods-often weeks or months. As a result, the environmental footprint of LLMs has become a growing concern within the AI research and sustainability communities.

Studies have estimated that training a single large-scale model like GPT-3 can result in the emission of hundreds of metric tons of carbon dioxide (CO₂) equivalents [7, 8]. These emissions arise primarily from the electricity consumption required to power large-scale data centers during training. The magnitude of this impact is influenced by several factors, including the size of the model, the efficiency of the hardware used, the number of training iterations, and the source of the electricity. For example, training a model on fossil fuel-based power grids can substantially increase emissions compared to using data centers powered by renewable energy. Beyond direct emissions, the environmental costs associated with the physical infrastructure of AI are also significant.

The manufacture of high-performance computing hardware depends on the extraction and refinement of rare earth minerals, which often involves environmentally destructive mining practices and significant energy consumption. Furthermore, as hardware becomes obsolete due to rapid technological advancement, electronic waste (e-waste) is accumulating at an unprecedented rate, raising concerns about toxicity and long-term ecological damage.

These combined factors suggest that, if unregulated, the growth of LLMs and other compute-heavy AI systems may contribute disproportionately to global carbon emissions and environmental degradation. This is particularly problematic given the increasing deployment of LLMs in commercial applications, which leads not only to more frequent model retraining but also to high-volume inference workloads that consume substantial energy during day-to-day operation.

To mitigate these environmental challenges, researchers and developers are exploring multiple strategies. One key avenue is the design of more energy-efficient models through the use of model compression techniques such as pruning, quantization, and knowledge distillation. These methods reduce model size and computational requirements without significantly sacrificing performance. Another approach involves optimizing training algorithms to improve convergence speed and reduce redundant computation.

Moreover, the AI community is increasingly advocating for the use of renewable energy sources to power training and inference infrastructures. Cloud service providers such as Google Cloud, Microsoft Azure, and Amazon Web Services have committed to net-zero emissions goals and are investing in green energy. Encouraging transparency in reporting energy use and carbon emissions associated with AI development can also help hold organizations accountable and promote sustainability.

As the capabilities and deployment of LLMs continue to grow, aligning AI advancement with environmental responsibility is not optional-it is imperative. A concerted effort across academia, industry, and policy-making is necessary to ensure that the future of AI is not only intelligent but also sustainable [1].

6. Conclusion

Large language models, especially transformer-based ones, are opening up a new era in human-computer interaction. However, they come with social, academic, and environmental challenges.

Research and application of LLMs must be conducted responsibly, transparently, and in a sustainable manner, in order to maximize the benefits of the technology while minimizing its risks.

Funding

This research is funded by Electric Power University under research 2025.

References

1. Bender E.M., Gebru T., McMillan-Major A., Shmitchell S. (2021). On the Dangers of Stochastic Parrots: Can Language Models Be Too Big? Proceedings of the 2021 ACM Conference on Fairness, Accountability, and Transparency.
2. Bommasani R., Hudson D.A., Adeli E., et al. (2021). On the Opportunities and Risks of Foundation Models. Stanford Institute for Human-Centered AI.
3. Brown T., Mann B., Ryder N., et al. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. Advances in Neural Information Processing Systems, 33, 1877-1901.
4. Chesney T., Watson H., Walsh G. (2023). The ethical dilemmas of AI-generated content in education. AI & Society.
5. Devlin J., Chang M.-W., Lee K., Toutanova K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. NAACL-HLT.
6. OpenAI. (2022). Introducing ChatGPT. <https://openai.com/blog/chatgpt>.
7. Patterson D., Gonzalez J., Le Q., Liang C., Munguia L.M., Rothchild D., Dean, J. (2021). Carbon Emissions and Large Neural Network Training. arXiv preprint arXiv:2104.10350.
8. Strubell E., Ganesh A., McCallum A. (2019). Energy and Policy Considerations for Deep Learning in NLP. Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics.
9. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N., et al. (2017). Attention is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems, 30.

Ву Ван Динь

кандидат физико-математических наук, преподаватель,
Электроэнергетический университет, Вьетнам, г. Ханой

Льонг Тхань Там

магистрант,
Ханойский университет природных ресурсов и окружающей среды,
Вьетнам, г. Ханой

ВЛИЯНИЕ И ПРИМЕНЕНИЕ БОЛЬШИХ ЯЗЫКОВЫХ МОДЕЛЕЙ (LLMs)

Аннотация. В статье представлен всесторонний обзор больших языковых моделей (LLM), с упором на их архитектуру, приложения и общественные воздействия. Она начинается с введения в LLM, выделяя архитектуру Transformer в качестве их основы. Авторы подробно описывают, как такие компоненты, как структуры кодировщика-декодера и механизмы самовосприятия, способствуют эффективности моделей при обработке сложных языковых задач. Затем в статье исследуется, как LLM, особенно такие модели, как GPT, BERT и Gemini, применяются в различных областях, таких как здравоохранение, юриспруденция, финансы и образование. Авторы поднимают важные этические и правовые вопросы, включая дезинформацию, академическую честность и вопросы авторских прав, из-за растущей зависимости от контента, созданного LLM. Значительный раздел посвящен экологическим издержкам обучения LLM, включая высокое потребление энергии и выбросы CO₂, подчеркивая необходимость устойчивых методов ИИ.

Ключевые слова: большие языковые модели, модели Transformer, воздействие на окружающую среду.

БУГРОВ Константин Владимирович

магистрант,

Херсонский государственный педагогический университет, Россия, г. Херсон

ИИ-АССИСТЕНТЫ В РАБОТЕ ПРОГРАММИСТА: ЦЕННЫЙ ПОМОЩНИК ИЛИ СКРЫТАЯ УГРОЗА?

Аннотация. В статье рассматривается трансформация профессиональной среды программистов под влиянием распространения интеллектуальных ассистентов, таких как ChatGPT и GitHub Copilot. Автор проводит детальный анализ преимуществ и рисков, связанных с использованием ИИ-инструментов в повседневной практике разработки.

Ключевые слова: искусственный интеллект, интеллектуальные ассистенты, ChatGPT, GitHub Copilot, программирование, цифровая гигиена, разработка ПО, автоматизация, ошибки ИИ, безопасность кода, профессиональные практики.

Введение

С появлением интеллектуальных помощников вроде ChatGPT и GitHub Copilot профессиональный ландшафт разработчиков претерпел значительные изменения. Эти цифровые коллеги уже перестали быть футуристической концепцией и превратились в повседневных спутников программистов. Но действительно ли они приносят только пользу? Или за кажущейся безграничной помощью скрываются подводные камни?

1. Неоспоримые преимущества ИИ-помощников

Реальный случай: когда старые технологии встречаются с новыми решениями

Ситуация:

Опытный разработчик столкнулся с необходимостью модернизировать фрагмент кода, написанный на устаревшем диалекте Perl. Вместо того чтобы тратить недели на изучение забытого синтаксиса, он воспользовался возможностями ChatGPT. Нейросеть не только объяснила логику работы legacy-кода, но и предложила его современный аналог на Python.

Ключевое наблюдение:

ИИ-инструменты стали своеобразными «машинами времени», позволяющими преодолевать технологические разрывы между эпохами программирования.

Пример из практики: неожиданное решение застарелой проблемы

Ситуация:

Команда разработчиков несколько дней безуспешно пыталась найти причину утечки памяти в мобильном приложении. Решение

пришло неожиданно – Copilot, анализируя историю изменений, указал на забытый вызов `setInterval` без соответствующего очищения.

Важный вывод:

Искусственный интеллект может выступать в роли внимательного и беспристрастного рецензента, замечающего то, что ускользает от человеческого внимания.

2. Обратная сторона медали: потенциальные риски и проблемы

Типичная ошибка: слепая вера в «работающее» решение

Ситуация:

Начинающий программист, доверившись совету ChatGPT, использовал для парсинга веб-страниц несуществующий метод `BeautifulSoup.get_all_links()`. Кажущийся рабочим код успешно прошел статическую проверку, но при реальном запуске оказался полностью нефункциональным.

Последствия: Драгоценное время было потрачено на отладку решения, которое в принципе не могло работать.

Опасная оптимизация: Когда улучшение ухудшает

Ситуация:

Опытный инженер доверил Copilot оптимизацию сложного SQL-запроса. На тестовых данных переработанный запрос действительно работал быстрее. Однако при работе с реальной производственной базой данных сервер не выдержал нагрузки.

Главный урок: ИИ-ассистенты не учитывают важнейший фактор – масштабируемость решений.

3. Стратегии безопасного и эффективного взаимодействия

Золотое правило: принцип трехступенчатой проверки

Перед использованием ИИ-рекомендаций:

1. Сделайте самостоятельную попытку решения.
2. Обратитесь к авторитетным источникам.
3. Обсудите проблему с живыми коллегами.

Практика ведущих компаний:

В таких организациях как Google и JetBrains внедрены внутренние регламенты, ограничивающие использование ИИ на начальных этапах решения задач.

Метод слепой верификации

Для проверки ИИ-решений:

- Требуйте подробных объяснений каждого элемента.
- Тестируйте в изолированной среде.
- Сравнивайте с эталонными решениями.

Принципы цифровой гигиены

Категорически не рекомендуется передавать ИИ:

- Код, содержащий ключи доступа.
- Уникальную бизнес-логику.
- Конфиденциальные пользовательские данные.

Заключение: баланс технологий и человеческого фактора

Современные ИИ-инструменты можно сравнить с мощными протезами для интеллекта – они усиливают наши возможности, но требуют осмысленного применения. Как заметил один из технических лидеров индустрии: «Самый беспомощный разработчик будущего – не тот, кто не знаком с ИИ, а тот, кто разучился мыслить без него».

Вопрос для обсуждения:

Каков ваш опыт взаимодействия с ИИ-ассистентами? Доводилось ли вам сталкиваться с ситуациями, когда искусственный интеллект выдавал ошибочные, но убедительные решения?

BUGROV Konstantin Vladimirovich

Graduate Student,

Kherson State Pedagogical University, Russia, Kherson

AI ASSISTANTS IN THE PROGRAMMER'S WORK: A VALUABLE ASSISTANT OR A HIDDEN THREAT?

Abstract. The article examines the transformation of the professional environment of programmers under the influence of the spread of intelligent assistants such as ChatGPT and GitHub Copilot. The author conducts a detailed analysis of the advantages and risks associated with using AI tools in everyday development practice.

Keywords: artificial intelligence, intelligent assistants, ChatGPT, GitHub Copilot, programming, digital hygiene, software development, automation, AI errors, code safety, professional practices.

ГАЛАНОВ Савва Андреевич

сотрудник, Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации, Россия, г. Орёл

САМУЙЛЕНКО Никита Сергеевич

сотрудник, Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации, Россия, г. Орёл

СТРЕМОУХОВ Юрий Константинович

преподаватель,

Академия Федеральной службы охраны Российской Федерации, Россия, г. Орёл

ВИДЫ ПРОТОКОЛОВ СВЯЗИ УМНОГО ДОМА И ИХ СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые протоколы связи, применяемые в системах умного дома: Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth Low Energy (BLE), Thread и Ethernet. Представлены их технические характеристики, особенности работы, преимущества и недостатки, а также примеры устройств, использующих каждый из протоколов.

Ключевые слова: умный дом, протоколы связи, Zigbee, Z-Wave, Thread, BLE, Wi-Fi, Ethernet, mesh-сети, энергоэффективность, IP-подключение, домашняя автоматизация, IoT, безопасность, совместимость устройств.

Введение

Современные системы умного дома становятся всё более популярными и разнообразными. Они включают в себя множество устройств – от датчиков движения и температуры до камер видеонаблюдения и интеллектуальных замков. Для эффективной работы таких систем крайне важно выбрать подходящий протокол связи, который обеспечит надёжную, быструю и энергоэффективную передачу данных между устройствами и центральным контроллером.

Существует несколько основных протоколов, используемых в умных домах: Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth Low Energy (BLE), Thread и Ethernet. Каждый из них имеет свои особенности, преимущества и ограничения, которые влияют на выбор в зависимости от конкретных задач и условий эксплуатации:

1. Wi-Fi обеспечивает высокую скорость передачи данных и широкую совместимость с существующими сетями, но отличается высоким энергопотреблением.

2. Zigbee и Z-Wave – это энергоэффективные протоколы с поддержкой mesh-сетей, что позволяет создавать масштабируемые и надёжные сети из множества устройств.

3. Bluetooth Low Energy широко используется для локального управления через

смартфоны благодаря низкому энергопотреблению и простоте настройки.

4. Thread – современный протокол с поддержкой IP-сетей и mesh-топологии, который упрощает интеграцию устройств в интернет.

5. Ethernet обеспечивает максимальную стабильность и скорость передачи данных за счёт проводного подключения, но требует физического кабеля.

Выбор протокола зависит от множества факторов: типа устройств, требований к скорости передачи данных, энергопотреблению, радиусу действия сети и совместимости между производителями. В данной сравнительной характеристике мы рассмотрим технические аспекты каждого протокола, приведём примеры популярных устройств и подведём итоги в удобной таблице для облегчения выбора.

Основные виды протоколов связи умного дома

1. Wi-Fi

Технические аспекты:

1. Частоты: 2.4 ГГц и 5 ГГц (в зависимости от стандарта).

2. Скорость передачи данных: до нескольких гигабит в секунду (в современных стандартах Wi-Fi 5/6).

3. Радиус действия: до 50 метров в помещении, зависит от препятствий.

4. Энергопотребление: высокое, требует постоянного питания.

5. Топология сети: звезда (все устройства подключаются к точке доступа).

Примеры устройств:

1. Видеокамеры безопасности (например, Xiaomi Mi Home Security Camera).

2. Умные колонки (Amazon Echo, Google Nest).

3. Смарт-телевизоры и медиаплееры.

4. Роутеры и точки доступа.

Особенности:

Wi-Fi обеспечивает высокую пропускную способность, что позволяет передавать видео высокого разрешения и аудиопотоки. Однако из-за высокого энергопотребления не подходит для автономных датчиков с батарейным питанием.

Преимущества: высокая скорость передачи данных, широкая распространённость, возможность подключения к интернету.

Недостатки: высокая энергозатратность устройств, возможные проблемы с перегрузкой сети при большом количестве подключений.

2. Zigbee

Технические аспекты:

1. Частота: 2.4 ГГц (универсальная), также существуют версии на 868 МГц (Европа) и 915 МГц (США).

2. Скорость передачи данных: до 250 Кбит/с.

3. Радиус действия одного узла: около 10–20 метров в помещении.

4. Топология сети: ячеистая (mesh), устройства могут ретранслировать сигналы друг друга.

5. Энергопотребление: очень низкое, подходит для батарейных устройств.

6. Максимальное количество устройств в сети: до нескольких сотен.

Примеры устройств:

1. Датчики движения и открытия дверей/окон (Philips Hue Motion Sensor).

2. Умные лампы Philips Hue, IKEA TRADFRI.

3. Реле и выключатели Aqara, Samsung SmartThings.

Особенности:

Zigbee позволяет создавать надёжные сети с большим количеством устройств благодаря mesh-топологии. Поддержка стандарта Zigbee Home Automation обеспечивает совместимость между устройствами разных производителей.

Преимущества: низкое энергопотребление, поддержка сетей с большим количеством устройств (до 65000), высокая надёжность за счёт ячеистой топологии.

Недостатки: ограниченная скорость передачи данных (до 250 Кбит/с), меньший радиус действия по сравнению с Wi-Fi.

3. Z-Wave

Технические аспекты:

1. Частота: около 900 МГц (зависит от региона – США, Европа имеют разные частоты).

2. Скорость передачи данных: до 100 Кбит/с.

3. Радиус действия одного узла: около 30 метров в помещении.

4. Топология сети: ячеистая (mesh).

5. Энергопотребление: низкое, оптимально для батарейных датчиков.

6. Максимальное количество устройств в сети: до 232.

Примеры устройств:

1. Умные замки August Smart Lock Pro.

2. Датчики температуры и влажности Fibaro.

3. Реле управления освещением Aeotec Nano Switch.

4. Контроллеры Fibaro Home Center, Vera Edge.

Особенности:

Z-Wave отличается хорошей межпроизводственной совместимостью благодаря строгой сертификации. Частота ниже, чем у Zigbee, что даёт лучшее проникновение сигнала через стены.

Преимущества: низкое энергопотребление, простота настройки, хорошая совместимость.

Недостатки: меньшая скорость передачи данных (до 100 Кбит/с), ограниченный радиус действия (до 30 м в помещении).

4. Bluetooth Low Energy (BLE)

Технические аспекты:

1. Частота: 2.4 ГГц ISM диапазон.

2. Скорость передачи данных: до 1 Мбит/с (BLE 4.x), до 2 Мбит/с (BLE 5.x).

3. Радиус действия: обычно до 10–50 метров в зависимости от версии BLE и условий среды.

4. Топология сети: точка-точка или звезда; mesh-сети поддерживаются в BLE Mesh стандарте.

5. Энергопотребление: очень низкое, оптимально для портативных устройств.

Примеры устройств:

- 1. Фитнес-браслеты Fitbit, Xiaomi Mi Band.
- 2. Умные замки Nuki Smart Lock.
- 3. Сенсоры температуры и влажности BlueMaestro Tempo Disc.
- 4. Управление освещением Nanoleaf Light Panels через смартфон.

Особенности:

BLE широко используется для связи с мобильными устройствами – смартфонами или планшетами. BLE Mesh расширяет возможности для создания сетей умного дома, но пока менее распространён по сравнению с Zigbee/Z-Wave.

Преимущества: низкое энергопотребление, простота интеграции со смартфонами.

Недостатки: ограниченный радиус действия (до 50 м), невысокая скорость передачи данных по сравнению с Wi-Fi.

5. Thread

Технические аспекты:

- 1. Частота: 2.4 ГГц ISM диапазон.
- 2. Скорость передачи данных: около 250 Кбит/с (аналогично Zigbee).
- 3. Топология сети: ячеистая mesh-сеть на базе IPv6 с поддержкой протокола 6LoWPAN.
- 4. Энергопотребление: низкое, подходит для батарейных датчиков и исполнительных механизмов.
- 5. Особенность – нативная IP-поддержка для прямого подключения к интернету без шлюзов.

Примеры устройств:

Thread активно поддерживается Apple HomeKit (например, умные лампы Nanoleaf Essentials), Google Nest Hub Max использует Thread для управления устройствами.

Особенности:

Thread сочетает преимущества mesh-сетей с возможностью прямого IP-соединения – это

упрощает интеграцию с облачными сервисами и повышает безопасность.

Преимущества: высокая надёжность за счёт ячеистой топологии, поддержка IPv6, безопасность.

Недостатки: относительно новая технология с меньшим количеством поддерживаемых устройств.

6. Ethernet

Технические аспекты:

Проводной протокол связи с физическим подключением через кабель витая пара или оптоволокно:

- 1. Скорость передачи данных:
- 2. Fast Ethernet – до 100 Мбит/с,
- 3. Gigabit Ethernet – до 1 Гбит/с,
- 4. Более новые стандарты – до десятков гигабит.
- 5. Надёжность соединения высокая, практически отсутствуют помехи.
- 6. Энергопотребление зависит от устройства; кабельное питание PoE позволяет одновременно передавать питание и данные.
- 7. Топология сети – звезда или дерево.

Примеры устройств:

Серверы домашней автоматизации (например, Home Assistant на Raspberry Pi с Ethernet), медиацентры Nvidia Shield TV Pro, IP-видеокамеры Hikvision с PoE.

Особенности:

Ethernet обеспечивает максимальную скорость и стабильность соединения без задержек. Подходит для стационарных мощных устройств с постоянным питанием.

Преимущества: высокая скорость передачи данных, стабильность соединения.

Недостатки: необходимость прокладки кабелей, ограниченная мобильность устройств.

Таблица

Задача/Требование	Рекомендуемые протоколы	Причина/Особенности	Примеры устройств
Высокоскоростная передача видео	Wi-Fi, Ethernet	Высокая пропускная способность, стабильность соединения	Xiaomi Mi Home Security Camera, Nvidia Shield TV
Энергоэффективные датчики	Zigbee, Z-Wave	Низкое энергопотребление, поддержка mesh-сетей для расширения зоны покрытия	Philips Hue Motion Sensor, Fibaro датчики
Простое локальное управление	Bluetooth Low Energy (BLE)	Лёгкая интеграция со смартфонами, низкое энергопотребление	Nuki Smart Lock, Xiaomi Mi Band
Масштабируемые IP-сети	Thread	Mesh-сеть с нативной поддержкой IPv6, высокая безопасность и простота интеграции с интернетом	Nanoleaf Essentials, Google Nest Hub Max

Задача/ Требование	Рекомендуемые протоколы	Причина/Особенности	Примеры устройств
Надёжность со- единения без по- мех	Ethernet	Проводное подключение исклю- чает помехи и обеспечивает мак- симальную стабильность	Home Assistant на Raspberry Pi с Ethernet
Совместимость между произво- дителями	Z-Wave	Строгая сертификация гаранти- рует совместимость устройств разных производителей	August Smart Lock Pro, Aeotec Nano Switch

Заключение

Выбор протокола связи для системы умного дома зависит от конкретных задач и условий эксплуатации. Для устройств с высоким энергопотреблением и необходимостью быстрой передачи данных лучше подходит Wi-Fi или Ethernet. Для автономных датчиков и исполнительных механизмов оптимальны Zigbee или Z-Wave благодаря низкому энергопотреблению и

надёжности. Новые технологии вроде Thread обещают объединить преимущества существующих решений с улучшенной безопасностью и масштабируемостью.

Таким образом, грамотный выбор протокола позволяет создать эффективную и надёжную систему умного дома, обеспечивающую комфорт и безопасность пользователей.

GALANOV Savva Andreevich
Employee, Academy of the Federal Security Service of the Russian Federation,
Russia, Orel

SAMOYLENKO Nikita Sergeevich
Staff Member, Academy of the Federal Security Service of the Russian Federation,
Russia, Orel

STREMOUKHOV Yuri Konstantinovich
Teacher, Academy of the Federal Security Service of the Russian Federation,
Russia, Orel

**TYPES OF SMART HOME COMMUNICATION PROTOCOLS
AND THEIR COMPARATIVE CHARACTERISTICS**

Abstract. *The article discusses the key communication protocols used in smart home systems: Wi-Fi, Zigbee, Z-Wave, Bluetooth Low Energy (BLE), Thread and Ethernet. Their technical characteristics, operating features, advantages and disadvantages, as well as examples of devices using each of the protocols are presented.*

Keywords: *smart home, communication protocols, Zigbee, Z-Wave, Thread, BLE, Wi-Fi, Ethernet, mesh networks, energy efficiency, IP connectivity, home automation, IoT, security, device compatibility.*

КОМАРДИН Сергей Владимирович

студент, Сочинский государственный университет, Россия, г. Сочи

Научный руководитель – доцент кафедры информационных технологий и математики

Сочинского государственного университета,

доктор педагогических наук Торкунова Юлия Владимировна

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ОБРАБОТКИ ЕСТЕСТВЕННОГО ЯЗЫКА (NLP) И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ОБРАЩЕНИЙ ГРАЖДАН В СИСТЕМЕ МУНИЦИПАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы автоматизации обработки обращений граждан в органы местного самоуправления. Анализируются современные каналы коммуникации и проблемы, связанные с ручной обработкой запросов. Предлагается решение на основе технологий обработки естественного языка (NLP), включая семантическую классификацию обращений и автоматизированный подбор ответов. Рассматриваются методологические аспекты внедрения рекомендательной системы, способной оптимизировать работу муниципальных служащих и повысить качество обратной связи с гражданами.

Ключевые слова: цифровая трансформация, муниципальное управление, NLP, искусственный интеллект, классификация обращений, рекомендательные системы.

Конституция Российской Федерации (ст. 33) гарантирует гражданам право на обращение в государственные и муниципальные органы [1], которые обязаны их рассматривать. В условиях цифровой трансформации возрастает значимость автоматизации обработки таких обращений.

Муниципальные и федеральные органы ежегодно сталкиваются с увеличением количества запросов, что создает нагрузку на специалистов, согласно данным сайта Правительства Российской Федерации [2]. Рассмотрение обращения требует анализа нормативной базы, межведомственного взаимодействия и соблюдения сроков (до 30 дней) [5]. В связи с этим актуальной становится задача внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) для оптимизации процесса.

Актуальность исследования обусловлена стремительным ростом количества обращений граждан в муниципальные органы через различные каналы коммуникации (официальные порталы, электронная почта, госуслуги), параллельно с этим установлены обязательства по обеспечению доступа к информации о деятельности муниципальных органов в социальных сетях [3], где граждане тоже могут оставлять сообщения, указывающие на городские проблемы. Что создает значительную нагрузку на муниципальных служащих, также И. В.

Шевченко выделяет проблемы и с организацией работы управлений по работе с обращениями граждан, компетенциями специалистов [6].

Целью исследования является разработка концептуального методологического подхода к созданию интеллектуальной системы обработки обращений граждан в муниципальных органах власти, сочетающей: технологии глубокого семантического анализа текста (NLP), методы машинного обучения для классификации и кластеризации обращений, механизмы поиска релевантных ответов в нормативно-правовых базах данных.

В статье последовательно рассматриваются: теоретические основы автоматизации обработки обращений, применяемые технологии NLP и ML, предлагаемая архитектура системы, а также практические аспекты ее внедрения в муниципальных органах власти.

Методы автоматизации на основе NLP

Автоматизация обработки обращений граждан в муниципальных органах требует комплексного подхода, сочетающего технологии обработки естественного языка (NLP) с четкой системой классификации. Эффективность такой системы во многом зависит от того, насколько точно она способна определить: нормативный акт, регулирующий рассматриваемый вопрос; сферу компетенции

муниципального органа, ответственного за решение проблемы; источник поступления сообщения, влияющий на формальность ответа.

Классификация по нормативному акту

Каждое обращение граждан, даже если оно выражено в свободной форме, в конечном итоге связано с конкретными нормами права. Например, жалоба на плохое состояние дороги может относиться к Федеральному закону № 131-ФЗ «Об общих принципах организации местного самоуправления», а запрос о порядке начисления коммунальных платежей – к Жилищному кодексу РФ (табл. 1).

Автоматическое определение нормативного акта позволяет: ускорить подготовку ответа, так как система сразу предлагает релевантные правовые выдержки; минимизировать ошибки, исключая ситуации, когда ответ дается на основе устаревших или неверных норм; обеспечить юридическую корректность, что особенно важно при обжаловании решений.

Для обучения модели используются не только тексты законов, но и базы ранее данных ответов, в которых уже установлены соответствия между тематикой вопроса и нормативным актом.

Таблица 1

Пример классификации по нормативно-правовым актам

Тип обращения	Пример формулировки	Нормативный акт
Жалоба на состояние дорог	«На улице Центральной уже месяц ямы не ремонтируют»	ФЗ № 131 «Об общих принципах организации местного самоуправления»
Запрос о ЖКХ	«Почему в квитанции появилась новая строка оплаты?»	Жилищный кодекс РФ
Вопрос о благоустройстве	«Когда установят детскую площадку во дворе?»	ФЗ № 131 (ст. 14.1), муниципальные нормативы

Классификация по сфере муниципального органа

Муниципальное управление охватывает множество направлений – от ЖКХ и транспорта до социальной поддержки и экологии. Ошибка в определении ответственного подразделения приводит к задержкам и недовольству граждан.

Автоматизированная система должна учитывать: Территориальную привязку

(например, вопросы благоустройства конкретного двора относятся к районной администрации); Тематическую принадлежность (жалобы на шумные работы ночью – к отделу контроля за соблюдением тишины, а не к общему отделу ЖКХ); Пересечение компетенций (некоторые вопросы требуют согласованного ответа от нескольких ведомств) (табл. 2).

Таблица 2

Пример классификации по сферам:

Категория	Подкатегория	Ответственный орган
ЖКХ	Управление МКД	Жилищная инспекция
Транспорт	Дорожное покрытие	Управление дорожного хозяйства
Благоустройство	Озеленение	Отдел городского хозяйства

Классификация по источнику направления

Канал поступления сообщения влияет на стиль ответа и скорость его подготовки. Официальное обращение через портал «Госуслуги» требует строгого соблюдения регламентов, тогда как комментарий в социальной сети допускает более свободный тон.

Основные источники и их особенности:

Электронные приемные и порталы – требуют формального ответа со ссылками на законы;

Социальные сети – допускают краткие, но информативные ответы, иногда с элементами визуализации (например, фото выполненного ремонта);

Мессенджеры – предполагают оперативность, но не отменяют необходимости фиксации в CRM-системе.

Автоматическая маркировка источника позволяет: оптимизировать нагрузку на сотрудников (например, выделять отдельную группу модераторов для соцсетей); соблюдать регламенты (ответы на официальные запросы должны быть зарегистрированы и сохранены).

Интеграция классификаторов в NLP-модель

Для эффективной работы системы все три вида классификации должны применяться не последовательно, а в едином аналитическом контуре. Современные NLP-модели, такие, как BERT или GPT, способны одновременно [4]: извлекать ключевые сущности (например, адрес, название организации, тип проблемы); определять интен-ты (жалоба, запрос информации, предложение); сопоставлять их с нормативной базой и компетенциями органов.

При этом важно, чтобы система не просто «навешивала ярлыки», но и оценивала контекст. Например, фраза «Во дворе дома № 5 по ул. Ленина не убирают мусор» должна быть распознана не только как обращение по благоустройству, но и привязана к конкретному району, что автоматически определяет ответ-ственное подразделение.

Архитектура интеллектуальной системы обработки обращений

Реализация системы автоматизированной обработки обращений требует тщательного проектирования архитектуры, которая органично впишется в существующие муниципальные процессы. Основная концепция заключается в создании интеллектуального помощника, который не заменяет муниципальных служащих, а значительно повышает эффективность их работы за счет автоматизации рутинных операций и предоставления контекстно-зависимых подсказок.

Ядром системы становится языковая модель, которая выполняет комплексный анализ входящих сообщений. Она не просто классифицирует обращения по заранее заданным категориям, а понимает их смысловую нагрузку, выявляет скрытые интенции и эмоциональную окраску. Например, сообщение «Когда уже починят эту ужасную дорогу на улице Садовой?» система распознает не только как жалобу на качество дорожного покрытия, но и как выражение явного недовольства, требующее особого внимания.

Интеграция с муниципальными информационными системами

Особое значение имеет механизм взаимодействия языковой модели с существующими муниципальными базами данных. Система не работает изолированно - она становится своеобразным «интеллектуальным интерфейсом» между гражданином и сложной структурой муниципальных информационных ресурсов.

После первичного анализа обращения система формирует серию точных запросов к различным информационным системам муниципалитета. Это требует разработки специальных адаптеров, которые преобразуют естественно-языковой запрос в формализованные поисковые конструкции, понятные существующим системам документооборота и учета.

Важным аспектом является оценка качества работы системы. Для этого предлагается использовать следующие ключевые метрики (табл. 3).

Таблица 3

Ключевые метрики		
Метрика	Формула расчета	Целевое значение
Точность классификации	Количество верно классифицированных обращений / Общее количество обращений	≥90%
Среднее время обработки	Суммарное время обработки / Количество обращений	≤15 минут
Коэффициент автоматизации	Количество обращений, обработанных без участия человека / Общее количество обращений	60–70%
Удовлетворенность граждан	Количество положительных оценок / Общее количество оценок	≥85%

Генерация рекомендаций для операторов

Создаваемая система предлагает операторам не просто шаблонные ответы, а интеллектуальные рекомендации, учитывающие множество факторов. В зависимости от сложности обращения и наличия релевантной информации в муниципальных базах данных, система

может предлагать различные варианты поддержки. Обработка обращения происходит последовательно (рис.).

Для стандартных ситуаций с четкими регламентами система генерирует практически готовые ответы, включающие все необходимые ссылки на нормативные акты и контактные данные ответственных лиц. В более сложных

случаях, когда требуется межведомственное взаимодействие или дополнительная проверка, система предлагает пошаговый

алгоритм действий с возможными вариантами формулировок.

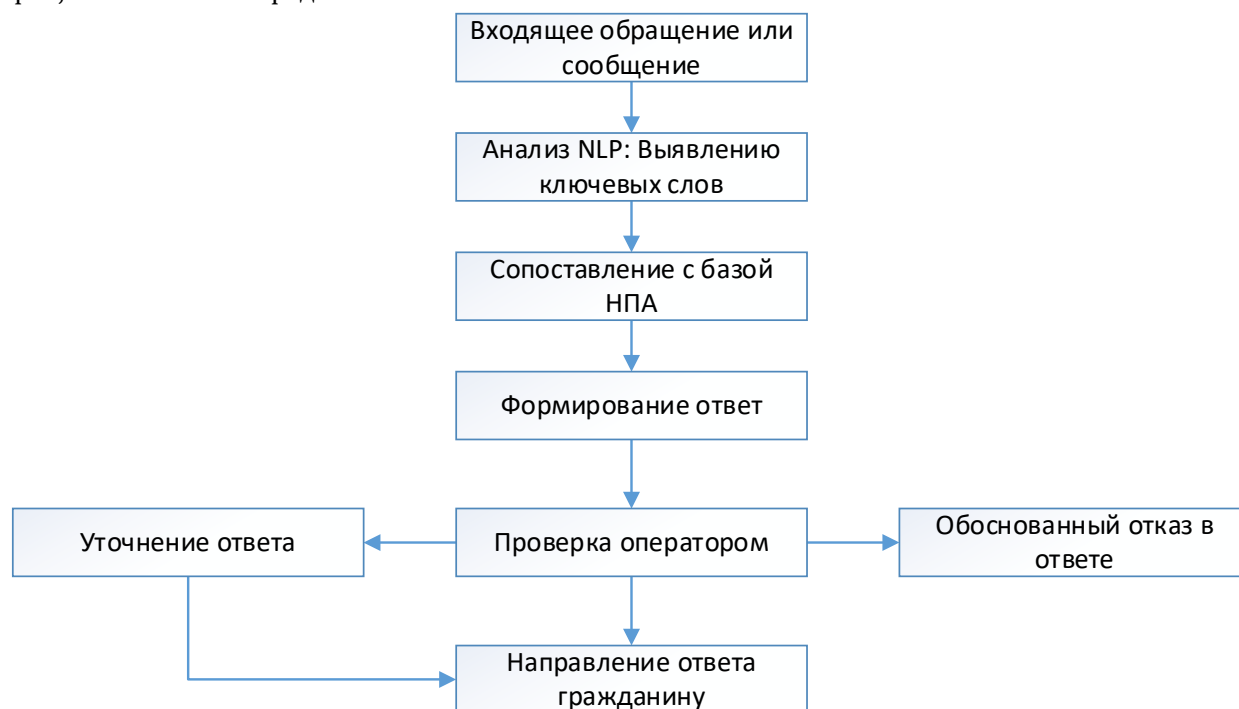


Рис. Принципиальная схема обработки обращения

Особую ценность представляют рекомендации по эскалации сложных вопросов. Система не просто перенаправляет обращение в другой отдел, а объясняет оператору, почему именно это подразделение должно заниматься вопросом, какие полномочия оно имеет, и даже предлагает варианты формулировок для служебной записки.

Перспективы развития и масштабирования системы

Развитие системы видится в нескольких взаимосвязанных направлениях. Во-первых, это постоянное совершенствование алгоритмов классификации за счет обучения на новых данных. Система должна адаптироваться к изменениям в нормативной базе и эволюции языковых практик граждан.

Во-вторых, важным направлением является развитие аналитических возможностей. Система сможет не только обрабатывать отдельные обращения, но и выявлять системные проблемы, анализировать динамику обращений по различным параметрам, прогнозировать всплески активности по определенным темам.

Особое внимание следует уделить персонализации взаимодействия. Со временем система сможет учитывать историю обращений конкретного гражданина, его предпочтительные каналы коммуникации и даже стиль

общения, предлагая оператору соответствующие рекомендации по работе с данным заявителем.

Перспективным направлением является также разработка механизмов автоматического мониторинга исполнения решений по обращениям. Система сможет отслеживать, были ли выполнены обещания, данные гражданину, и своевременно сигнализировать о возможных нарушениях сроков.

Реализация этих возможностей потребует поэтапного внедрения, начиная с пилотных проектов по отдельным направлениям деятельности муниципалитета, с последующим постепенным расширением функционала и интеграцией с другими цифровыми сервисами.

Заключение

Проведенное исследование демонстрирует значительный потенциал применения технологий обработки естественного языка (NLP) и машинного обучения для автоматизации обработки обращений граждан в системе муниципального управления. Разработанная трехуровневая система классификации, учитывающая нормативные акты, сферу компетенции муниципальных органов и источник поступления сообщений, позволяет существенно оптимизировать процесс работы с обращениями граждан.

Литература

1. Официальный сайт Администрация Президента России, Конституция Российской Федерации, раздел первый, глава 2. Статья 33: электронный ресурс. – URL: www.kremlin.ru/acts/constitution (дата обращения: 24.05.2025).

2. Официальный сайт Правительства Российской Федерации, «Обзоры обращений»: электронный ресурс. – URL: www.services.government.ru/overviews/ (дата обращения: 24.05.2025).

3. Официальный интернет-портал правовой информации, Распоряжение Правительства Российской Федерации от 02.09.2022 № 2523-р: электронный ресурс. – URL: www.publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202209050038 (дата обращения: 24.05.2025).

4. Habr Blockchain Publishing LTD «Гайд по работе языковых моделей для начинающих»: электронный ресурс. – URL: www.habr.com/ru/companies/skillfactory/articles/837366/ (дата обращения: 24.05.2025).

5. Официальный сайт Администрация Президента России, Федеральный закон от 02.05.2006 г. № 59-ФЗ «О порядке рассмотрения обращений граждан Российской Федерации»: электронный ресурс. – URL: www.kremlin.ru/acts/bank/23764 (дата обращения: 24.05.2025).

6. Шевченко А.В. проблемы организации работы с обращениями граждан // Политика, экономика и инновации. – 2018 – № 4. – URL: www.cyberleninka.ru/article/n/problemy-v-organizatsii-raboty-s-obrascheniyami-grazhdan/viewer (дата обращения: 24.05.2025).

KOMARDIN Sergey Vladimirovich

Student, Sochi State University, Russia, Sochi

Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Information Technology and Mathematics at Sochi State University, Doctor of Pedagogical Sciences Torkunova Yulia Vladimirovna

APPLICATION OF NATURAL LANGUAGE PROCESSING (NLP) AND MACHINE LEARNING FOR PROCESSING CITIZEN APPEALS IN MUNICIPAL GOVERNANCE SYSTEMS

Abstract. This article examines the automation of citizen appeal processing in local government bodies. It analyzes modern communication channels and challenges associated with manual request handling. A solution based on Natural Language Processing (NLP) technologies is proposed, encompassing semantic classification of appeals and automated response generation. The study explores methodological aspects of implementing a recommender system capable of optimizing municipal employees' workflow and enhancing the quality of citizen-government interactions.

Keywords: digital transformation, municipal governance, NLP, artificial intelligence, appeal classification, recommender systems

КОМАРДИН Сергей Владимирович

студент, Сочинский государственный университет, Россия, г. Сочи

Научный руководитель – доцент кафедры информационных технологий и математики

Сочинского государственного университета,

доктор педагогических наук Торкунова Юлия Владимировна

НЕЙРОЛИНГВИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СОЦМЕДИА КАК ИНСТРУМЕНТ УПРАВЛЕНИЯ ГОРОДСКОЙ СРЕДОЙ В СИСТЕМЕ МУНИЦИПАЛИТЕТА

Аннотация. В статье исследуется инновационный подход к автоматизации муниципального управления через анализ цифровых следов граждан в социальных сетях, мессенджерах и открытых интернет-платформах. Автор предлагает методологию трансформации неструктурированного пользовательского контента в управленческие решения, основанную на трех ключевых этапах: автоматизированном сборе и верификации данных, тематическом картировании с применением NLP-алгоритмов (LDA, BERTopic), и интеграции результатов в системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: коллективный разум, муниципальное управление, NLP-анализ, цифровые следы, тематическое моделирование, системы поддержки решений, smart city, социальные медиа, машинное обучение, городская аналитика.

Управление современным городом относится к категории сверхсложных системных задач. Эта сложность детерминирована не только масштабами урбанизированной среды, но и мультипликативным эффектом взаимодействия сотен факторов. С позиций теории систем город представляет собой открытую неравновесную систему, где увеличение количества элементов (от инфраструктурных объектов до потоков данных) повышает риски энтропии [1, с. 45–67].

К традиционным вызовам – в XXI веке добавился новый фактор: цифровая трансформация коммуникаций. Горожане всё реже обращаются в официальные инстанции через классические каналы (письма через электронные приемные, личный приём граждан, почтовые письма), перемещая дискурс в социальные сети и мессенджеры [2, 3, 4].

Однако именно в этих цифровых следах содержится потенциал для управления сложностью. Самоорганизующиеся потоки пользовательского контента на проверенных временем ресурсах (местные форумы, Telegram-чаты районов, комментарии в соцсетях) формируют устойчивый «коллективный разум» – когерентный массив данных, где: повторяемость тем служит индикатором значимости проблем; эмоциональная окраска коррелирует с

остротой ситуации; указание на локацию позволяет выявлять пространственные кластеры.

Данное исследование предлагает методологический подход к трансформации этого неструктурированного потока в управленческие решения через: автоматизированный сбор и верификацию данных с социальных платформ; применение NLP-алгоритмов для тематического картирования; интеграцию результатов в системы поддержки принятия решений.

Автоматизированный сбор из социальных платформ

Современные социальные платформы представляют собой неисчерпаемый источник данных о городских проблемах, но их сбор требует продуманной методологии. Процесс начинается с выбора стратегии получения информации, которая во многом зависит от технических возможностей платформы и требуемого уровня детализации данных.

Наиболее простой подход – парсинг (веб-скрейпинг) открытых веб-страниц с помощью специализированных скриптов. Написание парсеров на Python с использованием BeautifulSoup или Scrapy позволяет аккуратно «собирать» публично доступную информацию со страниц [5]. Этот метод не требует получения официальных разрешений, но обладает существенными ограничениями. Скрипты последовательно «обходят» страницы, извлекая

тексты, метаданные и временные отметки. Однако такой сбор данных хрупок – любое изменение структуры страницы приводит к необходимости корректировки парсера. Более того, многие платформы активно противодействуют парсингу, вводя капчи и ограничивая количество запросов.

Более надежным решением становится использование официальных API (Application Programming Interface). Платформы типа VK, Telegram и Twitter предоставляют разработчикам структурированные интерфейсы для доступа к данным. API позволяет точно указывать параметры выборки – географические координаты, временные периоды, типы контента. Данные возвращаются в стандартизированном формате (обычно JSON), что значительно упрощает их последующую обработку. Однако и здесь существуют ограничения – предоставление доступа к конкретной части портала, ограничения по количеству запросов.

Верификация данных: от информационного шума к достоверным инсайтам

Собранные из социальных платформ данные напоминают стремительный поток, где ценные сигналы тонут в хаосе бесполезного контента. Типичный пример – обсуждение плохих дорог в городском сообществе ВКонтакте. Среди сотни сообщений о конкретных ямах встретятся:

- «Эти дорожники совсем обнаглели!!!» (эмоциональный всплеск без конкретики);
- «У нас во дворе собаки сдохли от голода» (нерелевантная тема);
- «В 2008 году здесь тоже плохо чистили снег» (устаревшая информация).

Такой шум не просто бесполезен – он искажает аналитику, создавая ложные паттерны. Алгоритмы без предварительной фильтрации могут ошибочно зафиксировать «всплеск обсуждений дорожного покрытия» там, где на самом деле просто разгорелся эмоциональный спор между двумя пользователями.

Гео-валидация: проверка «цифровых следов» на карте

Ключевой этап – привязка сообщений к реальным координатам. Пользователь пишет: «На перекрестке Ленина-Горького невозможно проехать!». Алгоритм проверяет:

- Существует ли такой перекресток в городе?
- Совпадает ли упоминание с геотегом (если он есть)?

- Не противоречит ли это другим сообщениям о данной локации?

Пример отсева: пост «Мосты в Питере разваливаются» в сочинском паблике – географически нерелевантный контент, хотя тематически близок.

Темпоральный фильтр: борьба с «цифровыми призраками»

Соцсети полны анахронизмов. Пользователь может в 2024 году repost-нуть жалобу 2019 года: «Опять эти вечные пробки на Курортном проспекте!». Система верификации должна анализировать:

- Дату первоначальной публикации.
- Наличие маркеров актуальности («сегодня утром», «только что видел»).
- Сезонные паттерны (жалобы на жару в декабре – вероятная ошибка)

Перекрестная проверка: социальный «триангуляционный метод»

Достоверность информации возрастает при многократном подтверждении из разных источников. Сообщение «На пляже «Чайка» нет спасателей» получает статус верифицированного если:

- Появляется в 3+ независимых Telegram-чатах.
- Сопровождается фото/видео-контентом.
- Упоминается в комментариях под постом администрации.

Пример фейка для отсева: «В центре города всех собак отравили!!!» – паническое сообщение без подтверждения от других пользователей или официальных источников.

Репутационный аудит: верификация авторов

Система оценивает «цифровой след» автора по параметрам:

- История предыдущих сообщений (постоянный жалобщик vs новый аккаунт).
- Средняя эмоциональная окраска постов.
- Подтвержденный статус (например, «житель года» в местном паблике).

Пример подозрительного аккаунта: создан неделю назад, публикует только негатив о коммунальных службах одинаковыми формулировками – вероятный фейковый профиль.

Контекстный анализ: между строк цифрового дискурса

Даже технически корректное сообщение требует интерпретации:

- «Дороги как после бомбежки» → гипербол, но требует проверки.
- «Наш депутат – вор» → эмоциональная оценка без factual claims.
- «Яма 50х50 см у дома № 15» → конкретный measurable claim

В этом слое верификации особенно важны NLP-алгоритмы, отличающие факты от мнений, а также выявляющие сарказм («Прекрасная работа дворников – мусор только второй день лежит!»).

Результат верификации: информационный «рафинад»

После всех фильтров из 10,000 raw-сообщений остается 1,500 верифицированных данных: 47 жалоб на конкретные дорожные дефекты с геолокацией; 12 подтвержденных сообщений о перебоях с водой; 8 актуальных предложений по благоустройству парков.

Именно этот «концентрат» городских проблем становится основой для аналитики и автоматизированного принятия решений, исключая риск построения стратегии на цифровом горизонте.

Применение NLP-алгоритмов для тематического картирования городских проблем

Тематическое картирование дискуссий в социальных сетях начинается с подготовки текстовых данных. Собранные сообщения проходят этап предварительной обработки, где очищаются от шума – рекламных вставок, стоп-слов, нерелевантных упоминаний. Особое внимание уделяется нормализации текста: приведению слов к начальной форме, исправлению опечаток, распознаванию местных топонимов и сленговых выражений. Этот этап критически важен, так как качество последующего анализа напрямую зависит от чистоты исходного материала.

На следующем этапе в работу вступают алгоритмы тематического моделирования. В отличие от простого поиска, по ключевым словам, они способны выявлять скрытые смысловые структуры в массиве сообщений. Например, модель LDA (Latent Dirichlet Allocation) анализирует распределение слов в документах и группирует их в тематические кластеры без

предварительного обучения. Это позволяет обнаружить неочевидные связи – скажем, как часто проблемы дорожного покрытия упоминаются вместе с жалобами на общественный транспорт.

Более современные подходы, такие как BERTopic, используют трансформерные модели для учета контекста употребления слов. Они понимают, что фразы «вода не течет» и «нет водоснабжения» относятся к одной категории, даже при полном отсутствии лексического пересечения. Такие алгоритмы особенно эффективны для обработки коротких сообщений из мессенджеров, где контекст часто бывает свернутым.

Интересные результаты дает комбинация разных методов. Например, сначала применяется кластеризация по смыслу, затем каждый кластер анализируется на эмоциональную окраску. Это позволяет не только выявить основные темы обсуждений, но и понять, какие из них вызывают наибольшее недовольство жителей. Полученные данные визуализируются в виде интерактивных карт или тепловых диаграмм, где можно отследить географическое распределение проблем и их интенсивность.

Главная ценность NLP-анализа – в его способности обнаруживать зарождающиеся тренды. Алгоритмы замечают, когда локальная жалоба начинает тиражироваться в разных районах, или когда меняется характер обсуждения привычных тем. Такая информация позволяет муниципальным службам не просто реагировать на уже назревшие проблемы, но и прогнозировать их появление.

Однако важно понимать ограничения этих методов. Алгоритмы могут ошибаться в интерпретации иронии или сарказма, плохо справляются с анализом мультимедийного контента, требуют постоянной корректировки под меняющийся язык соцсетей. Поэтому окончательное решение о приоритетности тех или иных проблем всегда должно оставаться за экспертами, использующими машинный анализ как мощный, но не единственный инструмент поддержки решений.

Таблица

Анализ городских проблем на основе данных из соцсетей

Проблема	Кол-во сообщений (за месяц)	Ответственный орган	Приоритет	Пример решения
Перебои водоснабжения (Центральный район)	543	Управление ЖКХ г. Сочи	Высокий	Проверка трубопроводов, срочный ремонт
Нерегулярность автобуса № 105	412	Департамент транспорта	Высокий	Увеличение количества автобусов в часы пик
Ямы на Курортном проспекте	387	Дорожная служба	Средний	Включение в план ремонта на квартал
Недостаток освещения (набережная)	298	Управление благоустройства	Средний	Установка дополнительных фонарей
Мусор на пляжах (Летний сезон)	265	Экологическая служба	Высокий	Увеличение частоты уборки

Интеграция анализа коллективного разума с системами поддержки принятия решений

Переход от простого сбора данных к их практическому использованию в управлении городом требует глубокой интеграции с существующими системами поддержки принятия решений. Этот процесс напоминает создание нервной системы для городского организма, где каждый сигнал от жителей находит свой путь к ответственным службам.

Современные муниципальные платформы постепенно отходят от ручного ввода и обработки обращений. Вместо этого данные из соцсетей и открытых платформ поступают в единый аналитический центр, где проходят автоматическую обработку. Здесь искусственный интеллект выступает в роли фильтра и переводчика, преобразуя эмоциональные жалобы граждан в структурированные заявки с указанием локации, категории проблемы и степени её срочности.

Особую ценность представляет динамическое обновление информации. В отличие от статических отчетов, которые быстро устаревают, интеграция с системами поддержки решений позволяет видеть проблемы в их развитии. Мэр или глава департамента получает не просто список неисправностей, а живую карту города, где можно наблюдать, как меняется ситуация после принятых мер. Это создает принципиально новую культуру управления, основанную на постоянной обратной связи.

Сложность такой интеграции заключается в необходимости адаптации под существующие бюрократические процессы. Даже самая совершенная система анализа данных бесполезна,

если её выводы не встроены в цепочку принятия решений. Поэтому ключевым становится разработка интерфейсов, которые переводят технические показатели на язык конкретных управленческих действий, понятный муниципальным служащим.

На практике это выглядит как система автоматических рекомендаций. Когда количество жалоб на определенную проблему достигает критического уровня, система не просто сигнализирует об этом, но и предлагает варианты решений, основанные на успешном опыте других городов или предыдущих аналогичных ситуациях. При этом окончательное решение всегда остается за человеком, но принимается на основе полной и актуальной информации.

Постепенно такие системы начинают выполнять и прогностическую функцию. Анализируя накопленные данные, они могут предупреждать о вероятном возникновении проблем еще до того, как они вызовут массовое недовольство. Это переход от реагирования к предупреждению, который кардинально меняет саму философию городского управления.

Литература

1. Kadvany S. Urban Entropy and Digital Overload / S. Kadvany // Journal of Urban Complexity. – 2021. – Vol. 12, № 3. – P. 45-67.
2. Bonson E. et al. (2015). "How Municipal Governments Use Facebook to Engage Citizens" (Public Administration Review).
3. Graham M. et al. (2022) "Digital Urban Governance: WhatsApp, Civic Engagement, and Local Democracy" (Urban Studies).

4. Smart Cities Report (2023) by McKinsey Global Institute – раздел "Digital Citizen Engagement".

5. Mitchell R. (2018). Web Scraping with Python: Collecting More Data from the Modern Web (2nd ed.). O'Reilly.

KOMARDIN Sergey Vladimirovich
Student, Sochi State University, Russia, Sochi

Scientific Advisor – Associate Professor of the Department of Information Technology and Mathematics at Sochi State University, Doctor of Pedagogical Sciences Torkunova Yulia Vladimirovna

NEUROLINGUISTIC ANALYSIS OF SOCIAL MEDIA AS A TOOL FOR MANAGING THE URBAN ENVIRONMENT IN THE MUNICIPAL SYSTEM

Abstract. *This article investigates an innovative approach to automating municipal governance through analysis of citizens' digital footprints across social networks, messaging platforms, and open internet sources. The author proposes a methodology for transforming unstructured user-generated content into actionable governance solutions, structured around three key phases: (1) automated data collection and verification, (2) thematic mapping using NLP algorithms (LDA, BERTopic), and (3) integration of results into decision support systems.*

Keywords: *collective intelligence, municipal governance, NLP analysis, digital footprints, topic modeling, decision support systems, smart city, social media, machine learning, urban analytics.*

ПЕТРОВА Ксения Андреевна

студентка, Алтайский государственный аграрный университет, Россия, г. Барнаул

*Научный руководитель – доцент Алтайского государственного аграрного университета,
доктор технических наук Тиньгаев Анатолий Владимирович*

ЦИФРОВИЗАЦИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы цифровизации экономического образования и ее влияния на эффективность учебного процесса. Целью исследования является эмпирическое подтверждение гипотезы о том, что внедрение цифровых технологий в экономическое образование способствует повышению эффективности обучения, качества знаний, а также развитию навыков и умений самостоятельной работы студентов.

Ключевые слова: цифровизация, экономическое образование, экономика, цифровые технологии, эксперимент.

Цифровизация – это процесс внедрения цифровых технологий во все сферы жизнедеятельности общества, включая экономику, управление, производство и образование. В контексте образования цифровизация представляет собой комплекс мер и процессов, направленных на внедрение в учреждения системы образования информационных средств, основанных на микропроцессорной технике, а также распространение продукции и педагогических технологий, базирующихся на этих средствах. Кроме того, цифровизация касается не только учебных процессов, но и организационных. Например, те же электронные дневники и журналы, а также возможность написать учителю электронное сообщение вместо того, чтобы звонить или приходить в школу лично, – это тоже цифровизация.

Цифровизация образования ведет к серьезным изменениям на рынке труда и ориентирована на реорганизацию образовательного процесса, переосмысление роли педагога. С одной стороны, цифровизация подрывает унаследованную из прошлого методическую основу школы, которая доказала свою эффективность, но с другой, порождает доступность информации в различных ее формах (не только в текстовой, но и звуковой, визуальной). Кроме доступности информации цифровизация образования подразумевает более глубокое изучение получаемой информации: технологии виртуальной реальности, к примеру, создают возможность применения цифровых тренажеров, а технологии мобильного обучения позволяют учиться в любом месте и в любое время.

Экспериментальная часть работы включала три этапа: констатирующий, формирующий и контрольный эксперименты:

1. Констатирующий эксперимент позволил оценить текущее состояние проблемы в образовании и получить исходные данные для дальнейшего исследования.
2. Формирующий эксперимент был направлен на апробацию педагогического новшества и оценку его влияния.
3. Контрольный эксперимент завершил исследование, позволив проверить выводы и обобщить полученные результаты.

В педагогическом эксперименте участвовали две группы: экспериментальная и контрольная. Целью было изучение эффективности применения учебного курса в Tilda в среднем профессиональном образовании.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

1. Оценить начальный уровень знаний студентов о применяемой цифровой технологии.
2. Разработать и провести занятия с использованием цифровизации для студентов экспериментальной группы по дисциплине «Информационные технологии в профессиональной деятельности».
3. Оценить эффективность проведенной работы.

В процессе эксперимента использовались методы наблюдения, анкетирования, сравнения, а также анализ и обобщение данных. Для оценки исходного уровня знаний

использовалась анкета «Уровень знаний студентов о цифровых технологиях».

По результатам анкетирования констатирующего эксперимента были получены следующие показатели (табл. 1).

Таблица 1

Результаты диагностики уровня знаний студентов экспериментальной и контрольной группы о цифровых технологиях в среднем профессиональном образовании (%)

Уровень знаний	ЭГ	КГ
Высокий	25	33
Средний	54	44
Низкий	21	23

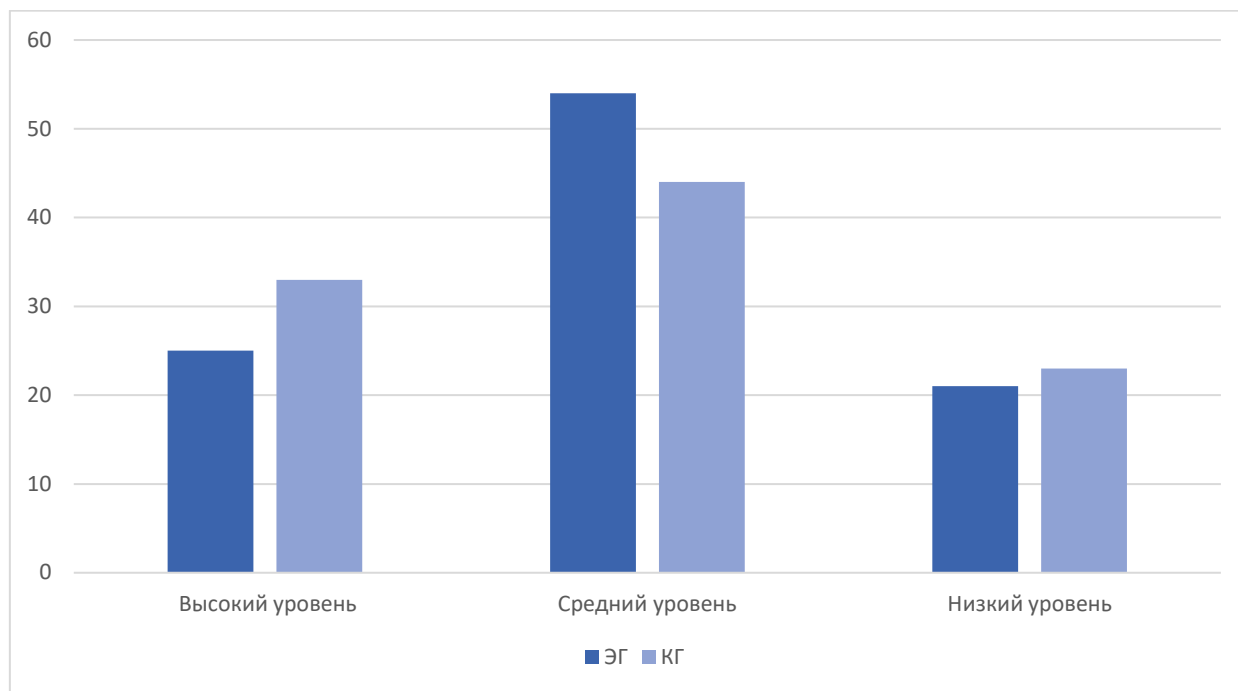


Рис. 1. Диагностика результатов об уровне знаний студентов экспериментальной и контрольной группы о цифровых технологиях в среднем профессиональном образовании

Анализируя данные таблицы, можно сказать, что высокий уровень знаний равен 25% в экспериментальной группе и 33% в контрольной. Это значительно меньше результатов у студентов со средним уровнем знаний – 54% в экспериментальной группе и 44% в контрольной. Низкий уровень знаний показали 21% студентов в экспериментальной группе и 23% в контрольной.

Следовательно, по результатам анкетирования в обеих группах студенты в целом обладают средним уровнем знаний о цифровых технологиях.

Таким образом, на констатирующем этапе исследования мы пришли к выводу о необходимости проведения формирующего эксперимента в среднем профессиональном образовании с целью повышения уровня знаний о цифровых технологиях.

Формирующий эксперимент был проведен для подтверждения гипотезы о положительном

влиянии цифровых технологий на самостоятельное освоение материала и развитие практических навыков в колледже.

В эксперименте участвовали студенты экспериментальной и контрольной групп. В экспериментальной группе занятия по дисциплине «Информационные технологии в профессиональной деятельности» на тему «Цифровые образовательные технологии» проводились с использованием учебного курса в Tilda, а в контрольной группе – традиционно.

Целью занятия было стимулирование интереса студентов к самостоятельной работе и развитие практических знаний, умений и навыков по дисциплине с помощью цифровых технологий.

Для достижения этой цели были поставлены следующие задачи:

1. Развить навыки самостоятельной подготовки и изучения материала.

2. Сформировать навыки работы в дистанционном формате.
3. Повысить уровень практических знаний, умений и навыков.
4. Развить мышление и творческий подход к работе.

Для проведения эксперимента в экспериментальной группе были подготовлены: видеолекция на учебном курсе, чат-бот.

План занятий для студентов колледжа по теме "Цифровые образовательные технологии" представлен в таблице 2.

Таблица 2

План занятий по теме «Цифровые образовательные технологии»

Внеаудиторная работа	Аудиторная работа
1. Просмотр видеолекции по теме	1. Проверка закрепления материала с помощью обсуждения
2. Онлайн тестирование в чат-боте для закрепления темы	2. Обсуждение заданий, объяснение вопросов, вызвавших затруднение
	3. Рефлексия

Анализируя результаты занятия с экспериментальной группой, где применялся новый метод обучения, можно отметить, что студенты успешно справились с заданиями на аудиторных занятиях, опираясь на ранее полученные знания. Они проявили заинтересованность в практической работе. В то же время, после традиционного занятия с контрольной группой, стало очевидно, что студенты испытывали сложности в усвоении нового материала, что затруднило выполнение практических заданий.

На этапе контрольного эксперимента, с целью оценки эффективности исследования, было проведено повторное анкетирование студентов экспериментальной группы. Вопросы анкеты были основаны на данных, полученных в ходе констатирующего эксперимента. Результаты сопоставления данных анкетирования, проведенного на этапах констатирующего и контрольного экспериментов, для студентов экспериментальной группы, представлены в таблице 3.

Таблица 3

Диагностика сравнения уровня знаний студентов ЭГ о цифровых технологиях на констатирующем и контрольном эксперименте

Уровень знаний	Констатирующий эксперимент	Контрольный эксперимент
Высокий	25	56
Средний	54	31
Низкий	21	13

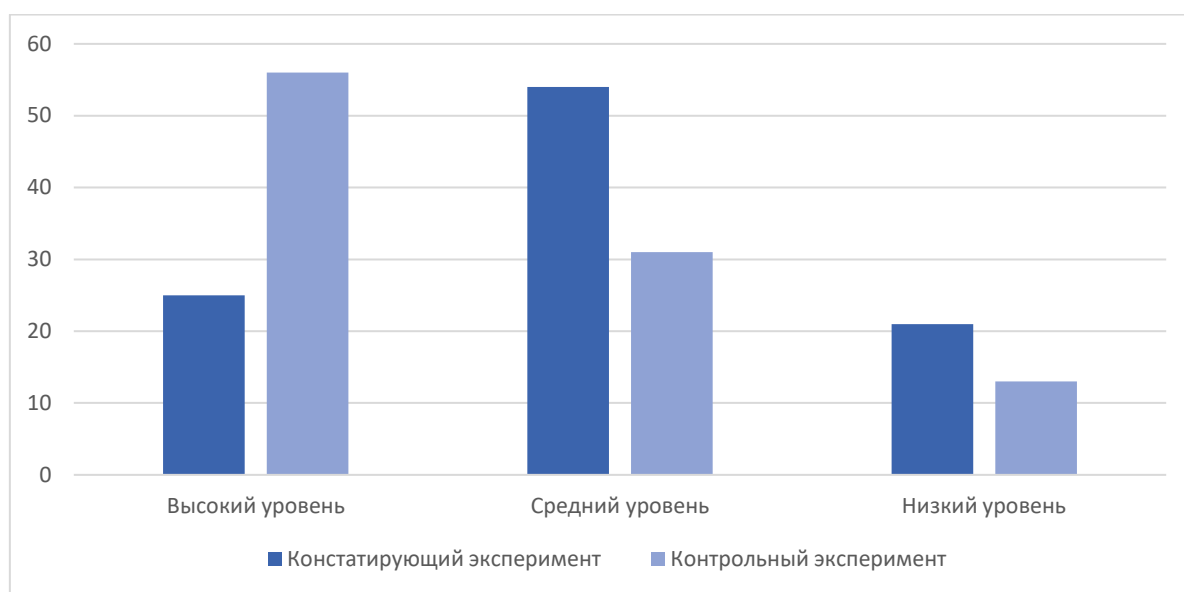


Рис. 2. Результаты сравнения уровня знаний студентов ЭГ о цифровых технологиях на констатирующем и контрольном эксперименте

Анализируя повторные результаты анкетирования, можно сделать вывод, что высокий уровень знаний на контрольном этапе у студентов ЭГ вырос на 31%, а низкий уровень знаний на контрольном этапе у студентов ЭГ снизился на 8%.

Таким образом, при сравнении уровней знаний на констатирующем и контрольном этапе исследования, мы пришли к выводу, что внедрение занятий с использованием цифровых

технологий повысил уровень знаний и интерес к данному методу обучения, а также, что применение цифровых технологий в среднем профессиональном образовании способствует более эффективному освоению материала. Результаты педагогического эксперимента показали, что студентам становится проще и легче усваивать новую информацию, используя разработанные преподавателем учебные курсы, видеолекции.

PETROVA Ksenia Andreevna

Student, Altai State Agrarian University, Russia, Barnaul

*Scientific Advisor – Associate Professor of Altai State Agrarian University,
Doctor of Technical Sciences Tingaev Anatoly Vladimirovich*

DIGITALIZATION OF ECONOMIC EDUCATION

Abstract. *The article examines the issues of digitalization of economic education and its impact on the effectiveness of the educational process. The purpose of the study is to empirically confirm the hypothesis that the introduction of digital technologies in economic education contributes to improving the effectiveness of learning, the quality of knowledge, as well as the development of skills and abilities for independent work of students.*

Keywords: *digitalization, economic education, economics, digital technologies, experiment.*

СИРОТИНИН Даниил Дмитриевич

студент, Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева, Россия, г. Орёл

*Научный руководитель – заведующий кафедрой электроники, радиотехники и систем связи
Орловского государственного университета имени И. С. Тургенева,
кандидат технических наук Мишин Владислав Владимирович*

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ И ЗАРУБЕЖНЫХ АНАЛОГОВ

Аннотация. В статье проведён сравнительный анализ отечественных и зарубежных звуковых усилителей мощности, предназначенных для использования в помещениях площадью 30–50 м². В качестве объектов исследования выбраны усилители различного класса и ценового диапазона.

Ключевые слова: усилитель мощности, сравнительный анализ, отечественные усилители, зарубежные аналоги, УМЗЧ.

Введение

Усилитель мощности звуковой частоты – ключевой компонент любой звуковой системы, призванный обеспечить достаточную громкость и стабильность звучания в помещении. В профессиональных системах озвучивания такие усилители «имеют очень хороший запас мощности, высокую стабильность и отличное качество звучания». В наше время отечественные производители представляют как массовые модели, так и хай-энд усилители, а на рынке всегда присутствуют и зарубежные аналоги – от недорогих массовых до премиальных. Цель данного обзора – сравнить несколько популярных моделей отечественных усилителей и их иностранные аналоги по основным техническим параметрам и характеристикам, важным для пользователей.

Выбор и описание устройств

Для помещений средней площади (30–50 м²) подходят стереофонические усилители мощностью примерно от 50 до 150 Вт на канал. В качестве примеров рассмотрим несколько известных моделей:

Российский усилитель PAS-240 Модель 6 – стационарный стереоусилитель класса АВ, заявленная выходная мощность 110 Вт на канал при 8 Ω, классические полевые транзисторы в выходном каскаде. Диапазон частот 20 Гц – 100 кГц, коэффициент гармонических искажений (THD) менее 0,0018% при 110 Вт, отношение сигнал/шум >112 дБ, демпинг-фактор >800. Масса – 18 кг, размер 445×130×410 мм. Отличительная особенность – усилитель идёт без

собственного предварительного усилителя (входы RCA и XLR) и характеризуется очень низким искажением на высоких уровнях сигнала [1].

Yamaha A-S801 (Япония) – зарубежный интегральный усилитель (8 Ом, стерео). Выходная мощность 100 Вт на канал (0,019% THD), динамический запас мощности до 220–290 Вт при 4–2 Ω. Частотный диапазон 10 Гц–100 кГц ±1 дБ, THD при 50 Вт – 0,019%. Отношение сигнал/шум 99 дБ, демпинг-фактор 240. Устройство имеет цифровые и аналоговые входы, встроенный ЦАП и т. п. Масса ~12 кг [2].

NAD C 298 (Канада) – зарубежный двухканальный блок (класс D). Номинальная мощность 185 Вт на канал при 8 Ω (по спецификации); динамическая мощность до 570 Вт при 2 Ω. Коэффициент нелинейных искажений заявлен <0,0005% при измерении на невысоком уровне, отношение сигнал/шум >120 дБ, частотный диапазон до 20 кГц ±0,1 дБ. Имеются балансные и небалансные входы. Отличается высокоэффективным питанием и малой массой (~8 кг, компактный корпус) [3].

Behringer EP4000 (США) – бюджетный профессиональный усилитель (класс АВ). Номинальная мощность 550 Вт на канал при 8 Ω, 950 Вт при 4 Ω; мостовой режим – до 1750 Вт при 8 Ω. Частотный диапазон 5 Гц–50 кГц (±3 дБ). Коэффициент гармонических искажений >0,02%. Имеет комбинированные XLR/TRS-входы, фильтры НЧ, отдельные лимитеры по каналам, защита и активное охлаждение. Масса – 16,6 кг

(2U). Широко используется для озвучки залов за счёт высокой мощности и доступной цены [4].

Основные параметры усилителей

При выборе усилителя пользователи обращают внимание на совокупность технических характеристик. Ключевые из них включают выходную мощность, частотный диапазон, коэффициент нелинейных искажений (THD), отношение сигнал/шум (S/N) и коэффициент демпфирования. В паспортах также указывают дополнительные параметры (интермодуляционные искажения, скорость нарастания выходного напряжения и т. д.) и эксплуатационные характеристики (питание, потребляемая мощность, габариты, вес). Важно понимать, что сами цифры не всегда передают «характер» звучания усилителя: два устройства с одинаковыми паспортными данными могут звучать совсем по-разному из-за реализации схемы и используемых компонентов.

Основные параметры, на которые опираются пользователи:

- Выходная мощность (RMS, максимальная) – определяет, какую громкость может обеспечить усилитель в пространстве. Пользователи часто выбирают усилитель с запасом мощности относительно требуемой (например, для помещения 30–50 м² обычно достаточно сотни ватт на канал).

- Частотный диапазон – ширина АЧХ, обычно от 20 Гц до 20 кГц (а в современных аппаратах – и выше). Чем ровнее АЧХ по всему диапазону, тем достовернее воспроизводятся высокие и низкие частоты.

- Коэффициент нелинейных искажений (THD) – указывает уровень гармонических искажений. В большинстве современных усилителей в паспорте указывается THD в районе 0,01–0,1%. Однако уже при THD ниже 0,1% отличия по звуку становятся практически неуловимыми.

- Отношение сигнал/шум (S/N) – обычно выражается в децибелах и показывает разницу между сигналом и шумом усилителя. Для высококачественных устройств этот параметр превышает 100 дБ, что на практике означает низкий собственный шум.

- Коэффициент демпфирования – отношение номинального сопротивления нагрузки к выходному сопротивлению усилителя, характеризует способность контролировать движение динамиков. Высокий демпинг (>100) гарантирует лучшую «управляемость» колонок, однако на практике у большинства современных

усилителей значение >200 считается уже достаточным.

- Дополнительные параметры – наличие и тип входов (RCA/XLR), регулировки (тембры, предусилитель), классовость (А, АВ, D, ламповые схемы), а также габариты и вес. Практические характеристики (рассеяние мощности, защита от КЗ и т. д.) тоже влияют на надёжность и удобство использования.

Сравнительный анализ

Сопоставим ключевые характеристики рассмотренных отечественных и зарубежных усилителей:

- Выходная мощность. У модели PAS-240-6 (Россия) – 110 Вт на канал (8 Ω), Yamaha A-S801 – 100 Вт, NAD C298 – 185 Вт, Behringer EP4000 – 550 Вт. Таким образом, зарубежные аналоги варьируются от умеренных 100–185 Вт до очень высоких ~550 Вт (для PA-оборудования). Коэффициент нелинейных искажений (THD). PAS-240 6 демонстрирует очень низкое THD (<0,0018% на 110 Вт) – это результат его хай-энд схемотехники. Для сравнения, у Yamaha A-S801 при 50 Вт указано 0,019%, NAD C298 – менее 0,0005% (при низком уровне тестового сигнала), а у бюджетного Behringer EP4000 – лишь указано «>0,02%», т. е. на порядок выше. Таким образом, отечественный PAS-240 конкурирует с самыми «тихими» иностранными усилителями по уровню искажений.

- Частотный диапазон. PAS-240 6 гарантирует воспроизведение до 100 кГц – превышает пределы слышимости. Yamaha A-S801 – до 100 кГц с отклонением ±1 дБ. NAD C298 – до 20 кГц ±0,1 дБ, что тоже покрывает весь акустический спектр. EP4000 – 5 Гц–50 кГц (±3 дБ). Все усилители охватывают необходимую звуковую полосу (20–20 кГц), некоторые (PAS-240, EP4000) расширяют низы и верха за её пределы для усиления сабвуферной части.

- Коэффициент демпфирования. Наивысшее значение у PAS-240 6 (>800) – он практически полностью «гасит» колебания динамиков. Yamaha A-S801 имеет демпинг фактор ≈240 (это вполне типично для интегральных). У NAD C298 этот параметр в спецификации не приведён, но класс D усилители обычно обеспечивают высокий демпинг благодаря цифровому выходу. EP4000 как профессиональный усилитель также имеет высокую способность управлять динамиками (транзисторная топология, тороидальный трансформатор), хотя точное число не указано. Практически все современные транзисторные и цифровые

усилители имеют демпинг выше 100, что считается достаточным.

- Отношение сигнал/шум. PAS-240 6 – >112 дБ, Yamaha – 99 дБ, NAD – 120 дБ, T.H.E.30 указывает диапазон «–80 дБ» (~хорошо, но ниже транзисторов), EP4000 – частично не указан, но для PA-оборудования обычно 90–100 дБ. Высокие S/N у NAD и PAS-240 свидетельствуют о минимальном фоновом шуме при воспроизведении.

- Прочие особенности. Входы/управление: PAS-240 имеет как RCA-, так и балансные XLR-входы. Yamaha – аналоговые и цифровые входы, NAD – балансные/небалансные аналоговые, EP4000 – XLR/TRS. Все усилители имеют защиту от перегрузки, термозащиту. Важным отличием является наличие встроенных ЦАП/компонентов: Yamaha и NAD имеют цифровые модули, PAS-240 – чисто аналоговые. Класс усиления у зарубежных примеров: класс AB (Yamaha, EP4000), класс D (NAD), у Российского PAS-240 класс AB.

- Пользовательские критерии. Рядовые покупатели часто ориентируются на совокупность «цифр» и субъективное качество. Одни лишь характеристики усилителя не дают полного представления о звуке. Стоит отметить, что на результат влияет тип колонок, их чувствительность и др. (например, для простых широкополосных колонок достаточно небольшого усилителя, а для тяжёлой акустики – мощного с хорошим токовым запасом). Нагрев, надёжность и фирменная поддержка бренда тоже играют роль. В менее формальном (потребительском) подходе часто упрощённо сравнивают цены и «звук по ощущениям» – и здесь отечественные аппараты выстраиваются наравне с именитыми зарубежными по звучанию.

Вывод

Проанализировав популярные модели, можно сделать несколько выводов. Отечественные усилители демонстрируют технический потенциал, позволяющий конкурировать с импортными аналогами. Так, российская PAS-240 Модель 6 выдаёт 110 Вт при очень низких искажениях, сравнимых с высококлассными зарубежными усилителями. Однако доступны они в основном в сегменте hi-end и заметно дороже типовых устройств.

Зарубежные модели охватывают широкий диапазон: от среднеценовых интегральников (Yamaha, NAD) до мощных промышленных усилителей (Behringer). В целом иностранные усилители при сопоставимых мощностях обладают конкурентоспособными параметрами: например, упомянутые Yamaha и NAD имеют высокую выходную мощность и весьма низкие THD. Бюджетные профессиональные усилители (как EP4000) дают очень много мощности за низкую цену, но с более высоким уровнем искажений.

Таким образом, при выборе усилителя для помещения 30–50 м² рядовой пользователь должен сопоставлять технические требования (необходимую мощность, импеданс колонок, акустику помещения) с ценой и наличием сервисной поддержки. Российские усилители могут служить полноценной альтернативой западным (в тех же пределах ценовой категории и требований): они предлагают сопоставимый диапазон частот и уровень мощности, порой даже более высокое демпфирование и S/N. При этом окончательное решение часто сводится к личному опыту и субъективному восприятию звука: у некоторых покупателей российские аппараты могут приглянуться за свою «аутентичность» или цену от производителя, у других – зарубежные брендовые модели вызывают больше доверия.

Литература

1. Технический паспорт усилителя PAS-240 Model 6. // audio-profil.ru: сайт. – URL: <https://audio-profil.ru/pas-240-model6> (дата обращения: 20.06.2025).
2. Интегральный усилитель A-S801 – спецификация // uk.yamaha.com: сайт. – URL https://uk.yamaha.com/en/products/audio_visual/hifi_components/a-s801 (дата обращения: 22.06.2025).
3. C 298 Power Amplifier – Product Data Sheet. nadelectronics.com: сайт. – URL <https://nadelectronics.com/product/c-298> (дата обращения: 23.06.2025).
4. EP4000 Power Amplifier – User Manual // behringer.com: сайт. – URL <https://behringer.com/ep4000> (дата обращения: 21.06.2025).

SIROTININ Daniil Dmitrievich
Student, Orel State University, Russia, Orel

*Scientific Advisor – Head of the Department of Electronics, Radio Engineering
and Communication Systems of Orel State University,
Candidate of Technical Sciences Mishin Vladislav Vladimirovich*

COMPARATIVE ANALYSIS OF DOMESTIC POWER AMPLIFIERS AND FOREIGN ANALOGUES

Abstract. *The article provides a comparative analysis of domestic and foreign sound power amplifiers designed for use in rooms with an area of 30-50 m². Amplifiers of various classes and price ranges have been selected as objects of research.*

Keywords: *power amplifier, comparative analysis, domestic amplifiers, foreign analogues, UHF.*

СИРОТИНИН Даниил Дмитриевич

студент, Орловский государственный университет имени И. С. Тургенева,
Россия, г. Орёл

*Научный руководитель – заведующий кафедрой электроники, радиотехники и систем связи
Орловского государственного университета имени И. С. Тургенева,
кандидат технических наук Мишин Владислав Владимирович*

**ТРЕБОВАНИЯ К ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОМУ УСИЛИТЕЛЮ ЗВУКОВЫХ
ЧАСТОТ С ЭКВАЛАЙЗЕРОМ ДЛЯ СРЕДНЕГАБАРИТНЫХ ПОМЕЩЕНИЙ**

Аннотация. В статье рассматриваются ключевые требования к проектированию и реализации высококачественного усилителя мощности звуковой частоты (УМЗЧ), интегрированного с многополосным эквалайзером, для применения в среднегабаритных помещениях (20–50 м²). Анализируются акустические особенности таких помещений, требования к параметрам усилителя (мощность, коэффициент гармоник, отношение сигнал/шум, демпфирующий фактор), характеристикам эквалайзера (тип, полосы, диапазоны регулировки) и общей конструкции (охлаждение, защита, интерфейсы). Приводятся обоснования выбора компонентов и структурной схемы устройства, удовлетворяющего требованиям Hi-Fi воспроизведения в условиях типичных жилых или офисных пространств. Подчеркивается важность комплексного подхода, учитывающего взаимодействие усилителя, акустических систем и акустики помещения для достижения высокого качества звучания.

Ключевые слова: усилитель мощности звуковой частоты, эквалайзер, качество звука, Hi-Fi, акустика.

Введение

Современные требования к качеству звукопроизведения в домашних и профессиональных условиях постоянно возрастают. Особую значимость этот вопрос приобретает в среднегабаритных помещениях (площадью 20–50 м², объемом 50–150 м³), таких, как гостиные, домашние кинотеатры, конференц-залы, студии звукозаписи малого формата. Эти пространства являются наиболее распространенными для размещения качественных аудиосистем. Однако они обладают специфическими акустическими характеристиками (резонансные частоты, время реверберации, стоячие волны), которые могут существенно влиять на итоговое звучание, часто искажая исходный сигнал.

Для достижения высокого качества звука (Hi-Fi) в таких условиях недостаточно лишь качественных акустических систем (АС). Ключевую роль играет усилитель мощности звуковой частоты (УМЗЧ), выполняющий две основные функции: усиление слабого линейного сигнала до уровня, достаточного для эффективного управления АС, и максимально точная передача этого сигнала без внесения собственных искажений и шумов. Интеграция

многополосного эквалайзера в состав усилителя становится практически обязательной для компенсации акустических проблем помещения и тонкой настройки тембральной сбалансированности под конкретные условия прослушивания и предпочтения пользователя.

Цель данной статьи – сформулировать и обосновать комплекс требований к высококачественному УМЗЧ со встроенным эквалайзером, предназначенному для использования именно в среднегабаритных помещениях. Эти требования охватывают электронные параметры, функциональность, конструктивные особенности и взаимодействие с акустикой помещения. Рассмотрение будет включать описание идеального устройства, ключевые аспекты его разработки и выводы о необходимых характеристиках.

Описание устройства, концепция и функциональные блоки

Высококачественный УМЗЧ с эквалайзером для среднегабаритных помещений представляет собой интегрированное устройство, сочетающее в одном корпусе:

1. Предварительный усилитель – обеспечивает согласование уровней и импедансов от различных источников сигнала (CD-

проигрыватель, потоковые устройства, тюнер, Bluetooth-приемник). Должен иметь низкий уровень шума и искажений. Включает в себя коммутатор входов и регулятор громкости (часто электронный, с дистанционным управлением).

2. Многополосный Эквалайзер. Для среднегабаритных помещений оптимальным является параметрический или полупараметрический [1] эквалайзер с количеством полос не менее 5–7. Параметрический тип позволяет точно регулировать не только уровень в каждой полосе, но и центральную частоту и ширину полосы, что критически важно для эффективной борьбы с резонансами помещения. Диапазон регулировки уровня должен составлять не менее ± 6 дБ, предпочтительно ± 10 –12 дБ для достаточной гибкости. Полосы должны охватывать весь слышимый диапазон (20 Гц – 20 кГц) с акцентом на НЧ/СЧ области где чаще возникают проблемы в помещениях, например: 31 Гц, 63 Гц, 125 Гц, 250 Гц, 500 Гц, 1 кГц, 2 кГц, 4 кГц, 8 кГц, 16 кГц. Реализация – аналоговая на операционных усилителях или цифровая на DSP-процессорах с последующим ЦАП. Цифровая реализация предпочтительна для точности, гибкости и минимизации фазовых искажений при использовании линейно-фазовых фильтров.

3. Усилитель Мощности – обеспечивает необходимую мощность. Для среднегабаритных помещений и аудиосистемы с чувствительностью 86–90 дБ достаточной является номинальная мощность 50–100 Вт на канал (при 8 Ом). Пиковая мощность должна быть выше на 20–50%. Критически важны параметры, определяющие точность над системой:

Коэффициент гармоник (THD+N): должен быть $< 0.05\%$ в полосе 20 Гц – 20 кГц при номинальной мощности. В идеале $< 0.01\%$. Искажения должны быть преимущественно низших порядков (второй, третий гармоники), воспринимаемые слухом как менее резкие.

Отношение сигнал/шум (SNR): не менее 100 дБ. Обеспечивает «черный» фон и детальность на малых громкостях.

Демпфирующий фактор (DF): > 100 (при 8 Ом). Характеризует способность усилителя контролировать движение диффузора динамика после прекращения сигнала.

Амплитудно-частотная характеристика (АЧХ): 20 Гц – 20 кГц (± 0.5 дБ) без нагрузки.

Выходное сопротивление: минимально возможное.

4. Блок питания (БП): основа стабильности и качества. Должен быть мощным (не менее 1.5–2х от суммарной выходной мощности), с большим запасом по току. Используется трансформатор с тороидальным сердечником (низкие наводки, высокий КПД) и конденсаторный банк фильтра емкостью не менее 10000 мкФ на канал. Необходима эффективная фильтрация пульсаций и защита от помех по сети. Для эквалайзера на DSP требуется качественный стабилизированный низковольтный источник.

5. Система охлаждения: мощные выходные транзисторы выделяют значительное тепло. Требуется эффективный пассивный радиатор с развитой поверхностью, рассчитанный на длительную работу на средней мощности без перегрева. Активное охлаждение (вентилятор) в Hi-Fi усилителях нежелательно из-за шума, но должно быть предусмотрено в качестве защиты от перегрева при экстремальных нагрузках.

Обязательны схемы защиты от: короткого замыкания в нагрузке, постоянного напряжения на выходе, перегрева.

6. Интерфейсы и органы управления:

Входы: Несколько пар линейных RCA, USB, возможно балансные XLR для профессиональных применений или длинных линий.

Выходы: Клеммы для АС, линейный выход.

Управление: Фронтальная панель с кнопками/энкодерами для вкл/выкл, выбора входа, регулировки громкости, управления эквалайзером.

7. Конструктив: Прочный металлический корпус (сталь, алюминий), обеспечивающий экранирование от внешних наводок и механическую устойчивость. Компоновка должна минимизировать взаимовлияние блоков (БП и входных цепей).

Разработка устройства, ключевые аспекты и реализация требований

Разработка усилителя, отвечающего требованиям, требует комплексного подхода на всех этапах.

1. Анализ акустики помещения – перед проектированием эквалайзера критически важно понимать типичные проблемы среднегабаритных помещений [1, 3]:

- Стоячие волны: основная проблема в НЧ. Вызывают усиление или провалы звукового давления на определенных частотах в зависимости от расположения слушателя и аудиосистемы. Требуют точной идентификации частот и узкой коррекции параметрическим эквалайзером.

- Резонансы: могут возникать на средних частотах из-за конструктивных элементов (мебель, окна, двери).

- Размещение аудиосистемы и слушателя: оптимальное расположение минимизирует проблемы, но не устраняет их полностью. Эквалайзер – инструмент точной доводки после оптимизации размещения.

- Решение: эквалайзер должен иметь достаточное количество параметрических полос в НЧ/СЧ области для подавления пиков стоячих волн.

2. Выбор размера помещения и выходной мощности:

Исходные данные: Площадь помещения ~30 м², среднее расстояние до слушателя ~3 м, чувствительность АС 88 дБ/Вт/м, пиковые уровни звукового давления ~105 дБ.

Требуемое звуковое давление на расстоянии 3 м ~105 дБ. Потери на расстоянии 1 метра ~10 дБ. Разница с чувствительностью системы: 115 дБ – 88 дБ/Вт = 27 дБ. Следовательно, необходимая пиковая мощность ~500 Вт. Учитывая запас по мощности системы и усилителя, а также тот факт, что музыкальный сигнал имеет высокий пик-фактор, номинальная мощность усилителя 80–100 Вт на канал является адекватной, обеспечивая пиковую мощность порядка 150–200 Вт. Завышение мощности ведет к удорожанию и увеличению габаритов без существенного выигрыша в качестве на средних громкостях [2].

3. Схемотехника оконечного каскада:

- Топология: для достижения низких THD и высокого DF предпочтительна схема с общим коллектором в трехкаскадной структуре (дифференциальный вход > усилитель напряжения > выходной буфер тока).

- Режим работы: Класс АВ. Обеспечивает компромисс между высоким КПД и низкими нелинейными искажениями. Тщательный выбор рабочей точки смещения критичен для минимизации переходных искажений.

- Элементная база: Мощные биполярные транзисторы (BJTs) или полевые транзисторы с изолированным затвором (MOSFETs). BJTs часто обеспечивают более высокий DF и лучшую линейность на ВЧ, MOSFETs – более «мягкое» ограничение и простоту управления. Возможно использование гибридных схем. Высококачественные операционные усилители во входных и драйверных каскадах.

- Обратные связи: Глубокая общая отрицательная обратная связь (ООС) – основной инструмент снижения искажений и расширения

полосы. Однако чрезмерная ООС может ухудшать субъективное звучание. Требуется тщательный баланс.

4. Разработка эквалайзера:

- Аналоговая реализация. На основе операционных усилителей и LC-цепей. Преимущества: простота, отсутствие задержки сигнала. Недостатки: ограниченная точность настройки, фазовые сдвиги, сложность реализации параметрических полос, накопление шумов и искажений в многополосных системах. Для высококачественных устройств аналоговый эквалайзер менее предпочтителен.

- Цифровая реализация (на DSP). Наиболее перспективный путь. АЦП –высококачественный (24 бит / 96–192 кГц), с высоким динамическим диапазоном (>110 дБ) и низким уровнем шума и искажений. Процессор (DSP) мощный процессор для реализации сложных алгоритмов цифровой фильтрации (БИХ- или КИХ-фильтры) в реальном времени. Возможность работы с несколькими полосами параметрического эквалайзера с независимой настройкой F, G, Q.

5. Проектирование блока питания (БП):

- Трансформатор: Тороидальный, с раздельными обмотками для левого/правого каналов для минимизации перекрестных помех. Мощность: (Суммарная RMS мощность каналов *1.5) + Запас на эквалайзер/предусилитель (~50–100 ВА). Например, для 2x100 Вт: (200 * 1.5) + 100 = 400 ВА минимум.

- Выпрямитель: Быстродействующие диоды Шоттки в мостовой схеме для минимизации потерь и шума.

- Фильтр: Конденсаторы большой емкости (не менее 10000–15000 мкФ на плечо питания канала) с низким ESR (Equivalent Series Resistance). Параллельное включение нескольких конденсаторов улучшает частотные характеристики и снижает ESR. Возможно применение активных стабилизаторов напряжения для маломощных цепей (предусилитель, эквалайзер).

- Стабилизация: хотя мощные каскады обычно работают от нестабилизированного напряжения, стабилизация напряжений смещения и питания входных/драйверных каскадов улучшает стабильность и снижает искажения.

- Развязка: Тщательная развязка цепей питания разных каскадов (предусилитель, эквалайзер, выходной каскад) с использованием дросселей и дополнительных RC-фильтров для

подавления пульсаций и высокочастотных помех.

6. Конструирование и монтаж:

- Печатная плата (ПП). Высококачественный материал (FR-4), толстые дорожки для силовых цепей. Минимизация длины проводников, особенно во входных цепях и цепях ООС. Правильное заземление (звезда или гибридная схема) для минимизации контуров заземления и фона. Тщательная разводка аналоговых и цифровых (если есть DSP) земель.

- Экранирование. Корпус – металлический. Критичные входные цепи и трансформатор могут быть дополнительно экранированы.

- Монтаж. Качественная пайка. Надежные клеммы. Минимизация внутренних соединений проводов; там, где они необходимы – экранированные кабели.

Выводы

Усилитель, удовлетворяющий перечисленным требованиям, способен обеспечить подлинно высококачественное

звуковоспроизведение в условиях среднегабаритного помещения, точно передавая музыкальный материал и позволяя адаптировать звучание к акустическим особенностям конкретного пространства и предпочтениям слушателя [3]. Приоритет должен отдаваться точности, низким искажениям, надежности и функциональности эквалайзера, а не исключительно максимальной мощности.

Литература

1. Принципы и задачи эквализации // Canorasound: сайт. – URL: <https://canorasound.ru/princzipy-ekvalizaczii/>.
2. Как рассчитать мощность акустики для помещения? // Pop-Music: сайт. – URL: <https://pop-music.ru/articles/kak-raschitat-moshchnost-akustiki-dlya-pomeshcheniya/>.
3. Как выбрать усилитель звука для дома и студии // FormulaTV: сайт. – URL: <https://lipetsk.formulatv.ru/obzory/audio-video-tekhnika/kak-vybrat-usilitel-zvuka.html>.

SIROTININ Daniil Dmitrievich

Student, Orel State University, Russia, Orel

Scientific Advisor – Head of the Department of Electronics, Radio Engineering and Communication Systems of Orel State University, Candidate of Technical Sciences Mishin Vladislav Vladimirovich

REQUIREMENTS FOR A HIGH-QUALITY AUDIO FREQUENCY AMPLIFIER WITH AN EQUALIZER FOR MEDIUM-SIZED ROOMS

Abstract. The article discusses the key requirements for the design and implementation of a high-quality audio frequency power amplifier integrated with a multipole equalizer for use in medium-sized rooms (20-50 m²). The acoustic features of such rooms, the requirements for the amplifier parameters (power, harmonic ratio, signal-to-noise ratio, damping factor), the characteristics of the equalizer (type, bands, adjustment range) and the overall design (cooling, protection, interfaces) are analyzed. Justifications are given for the choice of components and a structural diagram of a device that meets the requirements of Hi-Fi playback in typical residential or office spaces. The importance of an integrated approach is emphasized, taking into account the interaction of the amplifier, acoustic systems and room acoustics to achieve high sound quality.

Keywords: audio frequency power amplifier, equalizer, sound quality, Hi-Fi, acoustics.

СКОРОБОГАТЫХ Даниил Сергеевич

студент, Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург

ТИМИРОВА Елизавета Андреевна

студентка, Оренбургский государственный университет, Россия, г. Оренбург

NFC-МЕТКИ КАК ИНСТРУМЕНТ ОПЕРАТИВНОГО ДОСТУПА К ТЕХНИЧЕСКОЙ И КЛИНИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ В МЕДИЦИНСКИХ УЧРЕЖДЕНИЯХ: ОБЗОР И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. В статье рассматривается применение технологии Near Field Communication (NFC) меток в медицинских учреждениях для оптимизации доступа к технической и клинической информации. Проведен обзор существующих исследований и практических применений NFC-меток в контексте здравоохранения, включая идентификацию пациентов, управление медицинским оборудованием и лекарственными средствами. Представлена теоретическая база функционирования NFC-меток, а также обсуждаются перспективы развития и потенциальные вызовы, связанные с внедрением данной технологии. В заключение подчеркивается значительный потенциал NFC-меток для повышения эффективности, безопасности и качества медицинского обслуживания.

Ключевые слова: NFC, медицинские учреждения, здравоохранение, идентификация пациентов, управление оборудованием, оптимизация, информационные технологии.

Современные медицинские учреждения сталкиваются с растущей потребностью в оперативном доступе к различным видам информации – от персональных данных пациентов до технических характеристик диагностического оборудования. Традиционные методы работы с информацией, основанные на бумажном документообороте и ручном вводе данных, недостаточно эффективны и приводят к временным задержкам и человеческим ошибкам. В этом ключе технология Near Field Communication (NFC) предлагает решение, позволяющее организовать мгновенный обмен данными на коротких расстояниях (до 10 см) с минимальными затратами на внедрение [2, с. 361].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью цифровизации в медицинских учреждениях, где скорость доступа к информации напрямую влияет на качество оказания медицинской помощи. Новизна работы заключается в комплексном анализе применения NFC-меток для решения трех ключевых задач: управления медицинским оборудованием, идентификации пациентов и интеграции с электронными медицинскими картами (ЭМК). В отличие от широко распространенных RFID-решений, NFC обладает рядом конкурентных преимуществ, включая низкую стоимость

меток, повсеместную совместимость со смартфонами и простоту развертывания инфраструктуры [5, с. 3903].

Технология Near Field Communication, основанная на стандартах ISO/IEC 18092 NFC IP-1, JIS X 6319-4, использует для передачи данных частоту 13,56 МГц. Физической основой NFC является явление электромагнитной индукции, что позволяет осуществлять как пассивное (без собственного источника питания), так и активное взаимодействие между устройствами [1, с. 477]. В медицинской практике нашли применение все три основных режима работы NFC: эмуляция карт (для бесконтактных платежей и идентификации), считывание/запись данных (взаимодействие с пассивными метками) и P2P-обмен (передача данных между активными устройствами).

Внедрение NFC-решений позволяет сократить время доступа к данным пациентов по сравнению с традиционными методами. В работе Bhadoriya et al. (2015) подробно описана система идентификации пациентов с помощью NFC-браслетов, где каждый пациент получает уникальный идентификатор, связанный с его электронной медицинской картой. При этом врач, оснащенный NFC-смартфоном, получает мгновенный доступ ко всей необходимой

информации простым поднесением устройства к браслету пациента [3, с. 1364-1365].

Однако широкому внедрению NFC в медицинскую практику препятствуют проблемы информационной безопасности. Особую озабоченность вызывает потенциальная возможность несанкционированного доступа к конфиденциальной медицинской информации, что требует разработки специальных протоколов защиты [4, с. 156].

Физической основой технологии NFC является явление электромагнитной индукции. Когда активное NFC-устройство генерирует переменное магнитное поле частотой 13,56 МГц, в антенне пассивной метки индуцируется электрический ток, обеспечивающий питание микросхемы и передачу данных. Максимальная скорость передачи информации достигает 424 Кбит/с, что вполне достаточно для работы с текстовыми медицинскими данными, но может быть ограничено для передачи объемных диагностических изображений [1, с. 476-477].

В медицинских учреждениях NFC-метки находят применение в нескольких ключевых направлениях. Наиболее распространенным является идентификация пациентов. В этом случае пациенту выдается NFC-браслет или карта с уникальным идентификатором, который связывается с его электронной медицинской картой в централизованной системе. При поднесении смартфона медицинского работника к такому идентификатору происходит мгновенная загрузка всей необходимой информации: истории болезни, текущих назначений, данных лабораторных исследований и т. д. [2, с. 362].

Другое важное направление – управление медицинским оборудованием. NFC-метки, размещенные на диагностических приборах, могут содержать технические паспорта, инструкции по эксплуатации, графики технического обслуживания и другую сопутствующую информацию. Это особенно актуально для сложного диагностического оборудования, где оперативный доступ к технической документации может существенно сократить время настройки аппаратуры.

Анализ практического опыта внедрения NFC-технологий в медицинских учреждениях позволяет выделить ряд существенных преимуществ. Главным из них является значительное сокращение времени доступа к информации – установление соединения между устройствами занимает менее 0,1 секунды, что на

порядок быстрее, чем при использовании традиционных методов.

Экономическая эффективность NFC-решений также заслуживает внимания. Стоимость пассивных NFC-меток существенно ниже, чем у аналогичных RFID-решений, при этом они не требуют сложной инфраструктуры для внедрения. Важным преимуществом является и то, что NFC может работать без постоянного интернет-соединения, что крайне важно для медицинских учреждений в регионах с нестабильным подключением к сети.

Однако существуют и серьезные ограничения, сдерживающие массовое внедрение NFC в медицинскую практику. Проблемы информационной безопасности остаются наиболее острыми – несмотря на короткий радиус действия, NFC-канал уязвим для атак типа MITM и перехвата данных. Другим существенным ограничением является малая дальность действия (до 10 см), что затрудняет использование технологии для масштабных систем мониторинга.

Таким образом, NFC-метки представляют собой эффективный инструмент для организации оперативного доступа к информации в медицинских учреждениях. Технология доказала свою состоятельность в решении ключевых задач: идентификации пациентов, управлении оборудованием и интеграции с электронными медицинскими картами.

Основными преимуществами NFC-решений являются высокая скорость работы, экономическая эффективность и простота внедрения. Однако для широкого распространения технологии необходимо решить проблемы информационной безопасности и разработать единые стандарты совместимости.

Перспективы развития NFC в медицине связаны с интеграцией технологии в системы интернета медицинских вещей (IoMT) и применением методов искусственного интеллекта для обработки собираемых данных. Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на повышение надежности и расширение функциональных возможностей NFC-решений при сохранении их экономической доступности.

Литература

1. Матвеев Е.А., Золотухин В.В. Перспективы развития технологии NFC // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2019. – Т. 1. – С. 476-478.

2. Мещерова И.Г. Технология NFC и её применение в реальной жизни / И.Г. Мещерова; науч. рук. А.А. Пономарев // Молодежь и современные информационные технологии: сборник трудов XVII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, 17-20 февраля 2020 г., г. Томск. – Томск : Изд-во ТПУ, 2020. – С. 361-362.

3. Bhadoriya K. et al. NFC Based Healthcare System // IJCSIT) International Journal of

Computer Science and Information Technologies. – 2015. – Т. 6. – №. 2. – С. 1364-1366.

4. Eun H., Lee H., Oh H. Conditional privacy preserving security protocol for NFC applications // IEEE Transactions on Consumer Electronics. – 2013. – Т. 59. – №. 1. – С. 153-160.

5. Wankhede D. et al. NFC based patient real time identification system. – 2018. – С. 3902-3905.

SKOROBOGATYKH Daniil Sergeevich

Student, Orenburg State University, Russia, Orenburg

TIMIROVA Elizaveta Andreevna

Student, Orenburg State University, Russia, Orenburg

NFC TAGS AS A TOOL FOR QUICK ACCESS TO TECHNICAL AND CLINICAL INFORMATION IN HEALTHCARE FACILITIES: AN OVERVIEW AND FUTURE PROSPECTS

Abstract. *The article discusses the use of Near Field Communication (NFC) technology for tags in medical institutions in order to optimize access to technical and clinical information. A review of existing research and practical applications of NFC tags in healthcare is conducted. This includes patient identification, management of medical equipment, and medication. The theoretical foundation for the operation of NFC tags is presented, along with discussion of the development potential and possible challenges associated with its implementation. Finally, the significant potential of NFC tags to improve the efficiency, safety, and quality of medical care is highlighted.*

Keywords: *NFC, medical facilities, healthcare, patient identification, equipment management, optimization, information technology.*

ЦХОВРЕБОВ Маирбек Русланович

студент, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия, г. Владикавказ

Научный руководитель – доцент Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), кандидат технических наук Моураов Алан Георгиевич

ИНТЕГРАЦИЯ АНАЛИЗА СЕНТИМЕНТА В АВТОНОМНУЮ ТОРГОВУЮ СИСТЕМУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ FINBERT

Аннотация. В данной статье рассматривается и детально описывается архитектура и методология интеграции анализа рыночного сентимента в существующую автономную торговую систему, предназначенную для работы с фьючерсами на Московской бирже (MOEX). В качестве ключевого инструмента для извлечения сентимента используется предобученная модель FinBERT, специально оптимизированная для анализа финансовых текстов. Предложенный подход включает многоэтапную обработку текстовых данных, в том числе автоматический перевод текстов с русского языка на английский, взвешенную агрегацию сентимент-счетов и последующую интеграцию этих данных как дополнительного признака в существующие модели машинного обучения, такие как Long Short-Term Memory (LSTM). Экспериментальные результаты демонстрируют, что учет общественного мнения, выраженного через сентимент, значительно повышает точность предсказаний торговой системы и способствует улучшению её общей эффективности.

Ключевые слова: машинное обучение, LSTM, FinBERT, срочный рынок, алгоритмическая торговля, сентимент-анализ, парсинг.

Введение

Современные финансовые рынки все более подвержены влиянию не только фундаментальных экономических показателей и технических сигналов, но и общественного мнения, или рыночного сентимента. Информация, распространяемая через новостные агентства, социальные сети, блоги и форумы, может мгновенно формировать ожидания участников рынка и провоцировать значительные ценовые движения. Для инструментов с высокой волатильностью, таких, как фьючерсы Si (доллар/рубль) и Ri (индекс РТС) на Московской бирже, игнорирование этого фактора может существенно снизить предсказательную способность и, как следствие, эффективность автономных торговых систем.

Традиционные подходы к алгоритмической торговле, основанные исключительно на исторических ценовых данных и технических индикаторах, зачастую не могут адекватно реагировать на внезапные информационные выбросы или фундаментальные изменения настроений. В последние годы, с развитием обработки естественного языка (NLP) и глубокого обучения,

анализ сентимента стал мощным дополнением к арсеналу инструментов для финансового прогнозирования. Использование специализированных предобученных языковых моделей позволяет извлекать количественные оценки настроений из неструктурированных текстовых данных, трансформируя их в ценные признаки для моделей машинного обучения.

Настоящая работа описывает разработку комплексного модуля анализа сентимента и его последующую интеграцию в уже существующую автономную торговую систему. Центральным элементом этого модуля является предобученная языковая модель FinBERT, адаптированная для финансовой сферы. Мы подробно рассматриваем процесс сбора и предобработки текстовых данных, методологию перевода с русского языка, технику взвешенного сентимент-анализа и, наконец, интеграцию полученных сентимент-признаков в наши предсказательные модели, стремясь улучшить их прогностические способности и, как следствие, общую производительность торговой системы.

Методология анализа сентимента

Модуль анализа сентимента разработан как независимый компонент, способный собирать, обрабатывать и агрегировать текстовые данные для использования в торговой системе.

Система непрерывно собирает текстовые данные, релевантные фьючерсам Si и Ri. Основными источниками данных являются:

- Социальная сеть Pulse (Т-инвестиции): Была разработана отдельная программа парсинга данной социальной сети по соответствующим хэштегам торгуемых инструментов, а также страниц пользователей с большой аудиторией.
 - NewsAPI: Для сбора новостных статей из различных источников. Используются ключевые слова, связанные с российским рублем, долларом, индексом РТС, а также макроэкономическими показателями России и мира.
 - Twitter/X API: Для сбора твитов и постов, содержащих соответствующие хэштеги (например, #рубль, #доллар, #РТС, #МОЕХ) и упоминания влиятельных финансовых экспертов или инфлюенсеров. Все собранные тексты проходят первичную очистку, включающую удаление дубликатов, рекламного контента, ссылок и специальных символов.
- Большая часть релевантных финансовых новостей и сообщений в русскоязычном сегменте интернета публикуется на русском языке. Однако, предобученные языковые модели, такие как FinBERT, демонстрируют наилучшую производительность на английском языке, поскольку обучались на англоязычных корпусах текстов. Для преодоления этого языкового барьера применяется следующий подход:
- Автоматический перевод: Все собранные тексты на русском языке переводятся на английский язык с использованием высококачественного сервиса, такого как Google Cloud

Translation API. Этот шаг является критически важным для обеспечения адекватного качества ввода для FinBERT.

- Сентимент-анализ с FinBERT: После перевода каждый текст анализируется с помощью FinBERT. FinBERT – это специализированная версия BERT (Bidirectional Encoder Representations from Transformers), которая была дополнительно предобучена на большом корпусе финансовых текстов (например, отчетах о прибылях, пресс-релизах). Это позволяет ей лучше понимать контекст и тональность финансовой лексики по сравнению с общими языковыми моделями. FinBERT присваивает каждому тексту сентимент-счет (sentiment score), обычно в диапазоне от -1 (крайне негативный) до +1 (крайне позитивный). Также могут быть получены вероятности для трех классов: «позитивный», «нейтральный», «негативный».
- Для формирования ежедневного сентимент-признака, пригодного для интеграции с рыночными данными, осуществляется агрегация сентимент-счетов.
- Взвешенная агрегация: Чтобы учесть влияние наиболее значимых сообщений, применяется взвешенное усреднение. Веса определяются на основе показателей вовлеченности: для новостей это может быть количество просмотров или упоминаний, для твитов/постов – количество лайков, ретвитов и размер аудитории автора. Это позволяет придать больший вес сообщениям, которые, предположительно, оказывают большее влияние на общественное мнение.
 - Ежедневная агрегация: Все сентимент-счета, полученные в течение дня, агрегируются в единый средневзвешенный сентимент-счет для этого дня. Это обеспечивает согласованность с дневным таймфреймом рыночных данных.

Таблица 1

Пример агрегации сентимента по дням

Дата	Количество текстов	Средний сентимент-счет (без веса)	Взвешенный сентимент-счет	Общий вес (например, сумма лайков)
15.05.2024	125	0.15	0.28	1560
16.05.2024	98	-0.05	-0.12	890
17.05.2024	180	0.32	0.45	2100
18.05.2024	70	0.02	0.05	450
19.05.2024	150	-0.10	-0.18	1300

Экспериментальные результаты

Для оценки влияния добавления сентимента на производительность торговой системы было проведено сравнительное тестирование на исторических данных за 5 лет (2019–

2024). Сравнивались две конфигурации системы: базовая модель (использующая только OHLCV и технические индикаторы) и модель с интегрированным сентиментом.

Таблица 2

Сравнение точности предсказания LSTM-моделей

Модель	Точность предсказания направления (Si)	Точность предсказания направления (Ri)
Базовая модель (без сентимента)	65.2%	64.8%
Модель с интегрированным сентиментом	70.5%	69.7%

Как видно из таблицы 2, добавление сентимента как признака привело к существенному увеличению точности предсказания направления движения цены на 5–10% по сравнению с базовой моделью. Этот прирост подтверждает гипотезу о том, что рыночный сентимент является ценным дополнительным источником информации.

Обсуждение результатов

Интеграция анализа сентимента с использованием FinBERT в автономную торговую систему оказалась высокоэффективной стратегией для повышения точности прогнозирования. Однако, в процессе реализации были выявлены и определенные аспекты, требующие дальнейшего внимания:

- **Качество перевода:** Точность FinBERT напрямую зависит от качества перевода с русского на английский. Хотя Google Translator показал хорошие результаты, специализированные нейронные переводчики, обученные на финансовой терминологии, могли бы обеспечить ещё большую точность и нюансировку.
- **Выбор источников и фильтрация шума:** Эффективность сбора данных сильно зависит от выбора источников (агрегация новостей, мониторинг хэштегов, отслеживание инфлюенсеров). Возможен «информационный шум» или «вбросы», которые могут исказить реальный сентимент. Развитие более сложных алгоритмов фильтрации и оценки надежности источников является важной задачей.
- **Динамика сентимента:** Рыночный сентимент может меняться очень быстро. Агрегация по дням, хотя и обеспечивает стабильность, может упускать краткосрочные всплески настроений, влияющие на внутридневные движения. Возможно, стоит рассмотреть агрегацию сентимента по более коротким интервалам (например, 4 часа) для соответствующих моделей.

- **Контекст и экспирация фьючерсов:** Влияние сентимента на фьючерсы может меняться в зависимости от их срока экспирации. Сентимент, касающийся краткосрочных контрактов, может быть более волатильным, чем для долгосрочных. Будущие исследования могут включать анализ этого влияния и адаптацию весов сентимента в зависимости от приближения даты экспирации.

Заключение

Предложенный подход к интеграции анализа сентимента в автономную торговую систему демонстрирует значительную ценность и потенциал для повышения эффективности алгоритмической торговли фьючерсами на MOEX. Использование предобученной модели FinBERT, в сочетании с продуманной методологией сбора, перевода и взвешенной агрегации текстовых данных, позволяет успешно включить фактор общественного мнения в процесс прогнозирования цен. Увеличение точности предсказаний на 5–10% подтверждает, что сентимент является важным и ранее недооцененным признаком для финансовых моделей.

Дальнейшая работа направлена на:

- Автоматизацию и масштабирование модуля анализа сентимента для обеспечения его работы в реальном времени с минимальными задержками.
- Исследование методов многоязычного сентимент-анализа, которые могли бы работать напрямую с русским языком без необходимости перевода, чтобы избежать потери нюансов.
- Внедрение адаптивных механизмов для динамического определения значимости различных источников и весов сентимента.
- Проведение реальных тестов системы на демо-счетах для оценки её производительности в условиях живого рынка.

Эта работа является важным шагом к созданию более интеллектуальных, адаптивных и прибыльных автономных торговых систем, способных учитывать весь спектр рыночных факторов.

Литература

1. Hochreiter S., Schmidhuber J. (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Computation*.
2. Documentation of Tinkoff Investments API.
3. Arslangul H., Zehnder E. (2020). FinBERT: A Pre-trained Financial Language Model for Financial Sentiment Analysis. *Proceedings of the 2nd Workshop on Financial Technology and Natural Language Processing (FinNLP)*, P. 28-36.
4. Devlin J., Chang M.W., Lee K., Toutanova K. (2019). BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers for Language Understanding. *Proceedings of the 2019 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies, Volume 1 (Long and Short Papers)*, P. 4171-4186.
5. Pang B., Lee L. (2008). Opinion Mining and Sentiment Analysis. *Foundations and Trends in Information Retrieval*, 2(1-2), P. 1-135.
6. Bollen J., Mao H., Zeng X. (2011). Twitter mood predicts the stock market. *Journal of Computational Science*, 2(1), P. 1-8.
7. Nassirtoussi A.K., Aghabozorgi S., Ying Wah T. (2014). Text mining for stock market prediction. *Decision Support Systems*, 65, P. 1-13.
8. Cartea Á., Jaimungal S., Penalva J. (2015). *Algorithmic Trading: Mathematical Methods and Strategies*. Chapman and Hall/CRC. López de Prado, M. *Advances in Financial Machine Learning*. – Wiley, 2018. – 400 p.
9. Chan E.P. *Algorithmic Trading: Winning Strategies and Their Rationale*. – 2nd Edition. – Wiley, 2013. – 366 p.
10. Mokotoff E. *Algorithmic Trading with Python: Machine Learning strategies for trading algorithms*. Independently published, 2020. – 270 p.
11. Chakraborty A., Joshi M. *Hands-On Algorithmic Trading with Python: A practical guide to using NumPy, pandas, Matplotlib, and QuantConnect for automated trading*. – Packt Publishing, 2020. – 350 p.

TSKHOVREBOV Mairbek Ruslanovich

Student, North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University),
Russia, Vladikavkaz

*Scientific Advisor – Associate Professor North Caucasus Mining and Metallurgical Institute
(State Technological University), Candidate of Technical Sciences Mouraov Alan Georgievich*

INTEGRATION OF SENTIMENT ANALYSIS INTO AN AUTONOMOUS TRADING SYSTEM USING FINBERT

Abstract. This article examines and describes in detail the architecture and methodology for integrating market sentiment analysis into an existing autonomous trading system designed to work with futures on the Moscow Stock Exchange (MOEX). A retrained FinBERT model, specially optimized for financial text analysis, is used as a key tool for sentiment extraction. The proposed approach includes multi-stage processing of text data, including automatic translation of texts from Russian into English, weighted aggregation of sentiment accounts, and subsequent integration of this data as an additional feature into existing machine learning models such as Long Short-Term Memory (LSTM). Experimental results demonstrate that taking into account public opinion expressed through sentiment significantly increases the accuracy of predictions of the trading system and contributes to improving its overall effectiveness.

Keywords: machine learning, LSTM, FinBERT, futures market, algorithmic trading, sentiment-analysis, parsing.

ЦХОВРЕБОВ Маирбек Русланович

студент, Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет), Россия, г. Владикавказ

*Научный руководитель – доцент Северо-Кавказский горно-металлургический институт (государственный технологический университет),
кандидат технических наук Моураов Алан Георгиевич*

РАЗРАБОТКА АРХИТЕКТУРЫ АВТОНОМНОЙ ТОРГОВОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ LSTM ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЦЕН ФЬЮЧЕРСОВ

Аннотация. В статье представлена комплексная архитектура автономной торговой системы, разработанной для автоматической торговли фьючерсами на Московской бирже (MOEX) с использованием передовых методов машинного обучения. Основное внимание уделено ансамблю моделей Long Short-Term Memory (LSTM), применяемых для прогнозирования цен, и их глубокой интеграции с модулями управления рисками и принятия решений. Предложенная система демонстрирует значительный потенциал повышения эффективности торговли за счет адаптации к динамично изменяющимся рыночным данным, снижения субъективных факторов и оперативного реагирования на торговые сигналы. В статье подробно описаны этапы сбора и обработки данных, архитектура нейронных сетей, механизм управления рисками и логика принятия торговых решений, а также представлены результаты симуляций, подтверждающие её эффективность.

Ключевые слова: машинное обучение, LSTM, срочный рынок, алгоритмическая торговля.

Введение

Финансовые рынки сегодня представляют собой высококонкурентную среду, где скорость обработки информации и принятия решений становятся критически важными факторами успеха. Автономные торговые системы (АТС), способные анализировать огромные объемы данных и исполнять сделки в реальном времени, становятся ключевым инструментом для инвесторов и трейдеров. Они позволяют минимизировать влияние человеческого фактора (эмоций, усталости) и использовать сложные алгоритмы, недоступные для ручной торговли.

Особый интерес для алгоритмической торговли представляют фьючерсы, такие как Si (фьючерс на пару доллар/рубль) и Ri (фьючерс на индекс РТС) на Московской бирже. Эти инструменты характеризуются высокой волатильностью и ликвидностью, что предоставляет широкие возможности для извлечения прибыли за счет краткосрочных и среднесрочных ценовых движений. Однако, их динамичность также сопряжена с высокими рисками, что требует применения продвинутых методов для точного прогнозирования и эффективного управления капиталом.

Традиционные методы прогнозирования

финансовых временных рядов, такие как модели ARIMA (Autoregressive Integrated Moving Average) или GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity), часто сталкиваются с ограничениями при работе с нелинейными и нестационарными данными, характерными для финансовых рынков. Классические методы машинного обучения, такие как Support Vector Machines (SVM) или Gradient Boosting, также могут испытывать трудности с эффективным захватом долгосрочных зависимостей во временных рядах. В отличие от них, рекуррентные нейронные сети (RNN), и, в частности, их специализированная архитектура Long Short-Term Memory (LSTM), зарекомендовали себя как мощный инструмент для моделирования последовательных данных. LSTM способны эффективно обрабатывать длинные последовательности, запоминая важную информацию и отфильтровывая несущественные данные, что позволяет им улавливать сложные временные зависимости, свойственные ценам финансовых активов.

Основной гипотезой данной работы является предположение о том, что использование ансамбля из нескольких LSTM-моделей, обученных на разных таймфреймах, в сочетании с

продвинутом модулем управления рисками, позволяет создать робастную и эффективную автономную торговую систему для фьючерсов на MOEX.

Настоящая работа описывает разработку комплексной архитектуры такой системы, включающей модули сбора и предварительной обработки данных, обучение ансамбля моделей LSTM, эффективное управление рисками, логику принятия торговых решений и механизм исполнения операций, а также

представление и анализ результатов её тестирования на исторических данных.

Архитектура системы

Разработанная автономная торговая система представляет собой модульную архитектуру, обеспечивающую гибкость и масштабируемость. Каждый модуль выполняет специфическую функцию, а их взаимодействие формирует полный цикл от сбора данных до исполнения торговых операций. Общая блок-схема архитектуры системы представлена на рисунке.

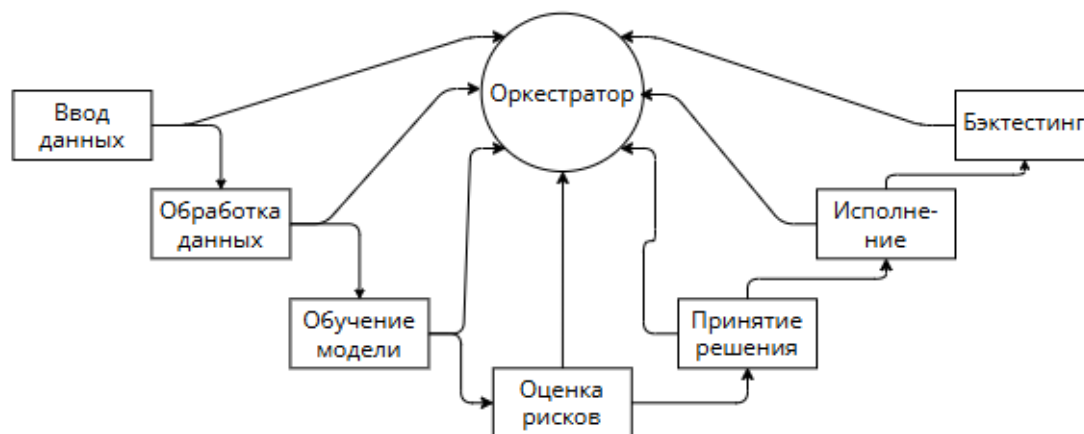


Рис. Схема архитектуры системы с указанием потоков данных между

Описание модулей:

- **Ввод данных:** Сбор исторических данных OHLCV через API Т-Инвестиций с таймфреймами 1 день, 1 неделя и 1 месяц, а также расширение до 4-часового интервала.
- **Обработка данных:** Подготовка данных, включая генерацию технических индикаторов (SMA, RSI).
- **Обучение модели:** Три отдельные модели LSTM, каждая из которых обучается на своем таймфрейме, что позволяет учитывать краткосрочные и долгосрочные тренды.
- **Управление рисками:** Модуль оценки рисков, определяющий параметры позиций и стоп-лоссов на основе предсказаний.
- **Принятие решения:** Логический блок, принимающий решения о покупке или продаже на основе комбинации предсказаний и рисков.
- **Исполнение:** Интеграция с API Т-Инвестиций для автоматического исполнения сделок.
- **Мониторинг:** Система логирования процесса работы системы для анализа эффективности.
- **Бэктестинг:** Тестирование стратегий на исторических данных.

- **Оркестратор:** Центральный компонент, который агрегирует сигналы от аналитических модулей и принимает окончательное торговое решение (купить, продать, держать), учитывая рекомендации от модуля управления рисками.

Методы и реализация

Для прогнозирования цен фьючерсов была выбрана архитектура Long Short-Term Memory (LSTM), как наиболее подходящая для моделирования сложных временных зависимостей в финансовых данных. Модели LSTM способны преодолевать проблему «исчезающего градиента», характерную для классических рекуррентных нейронных сетей, благодаря своей внутренней структуре, включающей ворота (input, forget, output gates) и ячейку состояния памяти.

Каждая из трех моделей LSTM (для дневного, недельного и 4-часового таймфреймов) имеет идентичную внутреннюю структуру для обеспечения единообразия и сравнимости, однако обучается на специфических для своего таймфрейма данных.

В данной работе использовалась двухслойная архитектура LSTM:

- Первый слой LSTM: 128 нейронов.
- Второй слой LSTM: 64 нейрона.

- Выходной слой: Плотный (Dense) слой с 1 нейроном и линейной функцией активации, так как задачей является предсказание конкретной цены (регрессия).

После каждого слоя LSTM применен Dropout-слой (rate=0.25) для предотвращения переобучения, случайным образом отключая часть нейронов во время обучения.

Подготовка данных и обучение

Модели обучаются на исторических данных за 5 лет (с 2019 по 2024 год). Данные разбиваются на обучающую, валидационную и тестовую выборки в хронологическом порядке: 70% для обучения, 15% для валидации и 15% для тестирования. Такой подход исключает «заглядывание в будущее» и обеспечивает реалистичную оценку производительности.

Обучение проводится с использованием пакетов TensorFlow 2.x и Scikit-learn в облачной среде Google Colab Pro с GPU-поддержкой. Использование графических процессоров

значительно оптимизирует вычислительные процессы, сокращая время обучения до нескольких минут для каждой модели.

Система включает механизм повторного обучения (re-training), который осуществляется ежемесячно на основе новых рыночных данных. Это позволяет моделям адаптироваться к изменяющимся рыночным условиям и сохранять свою актуальность и точность прогнозов.

Метрики качества прогнозирования

Предварительные тесты автономной торговой системы проводились на исторических данных фьючерсов Si и Ri за период с 2023 по 2024 год.

Для оценки качества прогнозирования цен моделями LSTM использовались следующие метрики на тестовой выборке: Средняя Абсолютная Ошибка (MAE) и Корень из Среднеквадратичной Ошибки (RMSE), а также Точность предсказания направления движения цены (Accuracy).

Таблица 1

Метрики качества прогнозирования цен моделями LSTM на тестовой выборке

Таймфрейм	Инструмент	MAE (руб.)	RMSE (руб.)	Ассурасу (направление)
1 день	Si	0.35	0.52	65.2%
1 день	Ri	150	220	64.8%
1 неделя	Si	0.82	1.15	68.5%
1 неделя	Ri	380	550	67.9%
4 часа	Si	0.18	0.25	61.1%
4 часа	Ri	75	110	60.5%

Как видно из таблицы 1, модели LSTM на дневных и недельных данных демонстрируют хорошую точность в предсказании направления (около 65–68%), что является значимым результатом для финансовых рынков. Интеграция 4-часового таймфрейма, хотя и показала меньшую точность по направлению (что ожидаемо из-за повышенного шума на коротких таймфреймах), значительно улучшила чувствительность системы к внутридневным движениям, позволяя более точно определять

точки входа и выхода, но при этом увеличила вычислительную нагрузку.

Сравнение прогнозируемых и реальных цен

Симуляции торговой стратегии проводились в Backtesting-среде, имитирующей реальные рыночные условия. Оценивалась производительность всей автономной системы, включая модули прогнозирования, принятия решений и управления рисками.

Таблица 2

Результаты бэкестинга торговой системы на тестовом периоде (2023-2024 гг.)

Метрика	Значение (Ваша Система)	Значение (Стратегия «Купи и держи» для Si)	Значение (Стратегия «Купи и держи» для Ri)
Общая доходность (%)	28.7%	15.1%	10.3%
Максимальная просадка (%)	–8.2%	–18.5%	–25.7%
Коэффициент Шарпа	1.85	0.75	0.42
Процент прибыльных сделок (%)	58.5%	N/A (не применяется)	N/A (не применяется)

Метрика	Значение (Ваша Система)	Значение (Стратегия «Купи и держи» для Si)	Значение (Стратегия «Купи и держи» для Ri)
Средняя прибыль/сделка (руб.)	250	N/A (не применяется)	N/A (не применяется)
Количество сделок	185	1	1

Результаты и обсуждение

Результаты бэктеста, представленные в таблице 2, демонстрируют значительное превосходство разработанной автономной торговой системы над пассивной стратегией «купи и держи» для обоих фьючерсов:

- **Доходность:** Система показала общую доходность 28.7% за тестовый период, что почти в два раза превышает доходность фьючерса Si при стратегии «купи и держи» и почти в три раза – для фьючерса Ri. Это подтверждает эффективность ансамбля LSTM-моделей в генерации прибыльных торговых сигналов.

- **Управление рисками:** Модуль Risk Management успешно ограничил максимальную просадку капитала до 8.2%, что является критически важным показателем стабильности и надежности системы. Для сравнения, «купи и держи» показала значительно более глубокие просадки, особенно для Ri. Это ярко демонстрирует, как активное управление риском защищает капитал от значительных потерь в периоды рыночных коррекций.

- **Коэффициент Шарпа:** Высокий коэффициент Шарпа 1.85 указывает на то, что система генерирует высокую доходность относительно принятого риска, что делает её привлекательной с точки зрения соотношения риск/доходность.

- **Влияние таймфреймов:** Комбинация моделей, обученных на разных таймфреймах, оказалась эффективной. Хотя 4-часовая модель имела меньшую точность предсказания направления, её сигналы позволяли оптимизировать точки входа и выхода, что позитивно сказалось на общей прибыльности и снижении просадок. Дневные и недельные модели обеспечивали понимание глобального тренда, предотвращая ложные сигналы на более коротких интервалах.

- **Ограничения:** Важно отметить, что система может быть чувствительна к резким, непредсказуемым событиям («черные лебеди»), которые невозможно адекватно предсказать на основе исторических данных. Вычислительная нагрузка, особенно при использовании 4-часового таймфрейма и ежемесячного

переобучения, является существенной, хотя и управляемой с помощью GPU.

Заключение

Разработанная архитектура автономной торговой системы демонстрирует высокую эффективность применения ансамбля LSTM-моделей для прогнозирования цен фьючерсов на Московской бирже. Система успешно интегрирует модули сбора данных, их обработки, машинного обучения, принятия решений, управления рисками и исполнения сделок, формируя полный и самодостаточный цикл.

Проведенные симуляции подтверждают, что система способна генерировать положительную доходность (28.7%) при контролируемых рисках (максимальная просадка –8.2%) и высоком коэффициенте Шарпа (1.85) на исторических данных. Интеграция нескольких таймфреймов позволяет системе учитывать как долгосрочные тренды, так и краткосрочные рыночные движения, а эффективный модуль управления рисками значительно повышает её робастность.

Перспективы дальнейшего развития включают:

- **Расширение набора признаков:** Добавление макроэкономических индикаторов (например, ключевая ставка ЦБ, цены на нефть), данных из стакана заявок (глубина рынка) и результатов анализа новостного фона (Sentiment Analysis) для более полного понимания рыночных настроений.

- **Внедрение онлайн-обучения:** Переход от ежемесячного переобучения к более частым, инкрементальным обновлениям моделей (например, раз в неделю или даже ежедневно) с использованием техник transfer learning для повышения адаптивности системы к быстро меняющимся рыночным условиям.

- **Исследование более сложных архитектур:** Изучение применения Transformer-моделей или обучения с подкреплением (Reinforcement Learning) для динамической оптимизации торговых стратегий.

- **Автоматизация подбора гиперпараметров:** Внедрение алгоритмов типа Bayesian Optimization для автоматического и более

эффективного поиска оптимальных параметров моделей.

- Тестирование в реальном времени: Планирование и проведение тестов системы в реальном режиме (на демосчете), что является следующим критическим шагом перед полноценным коммерческим использованием.
- Предложенная система закладывает прочную основу для дальнейших исследований и практического применения в области высокочастотной и алгоритмической торговли на финансовых рынках.

Литература

1. Hochreiter S., Schmidhuber J. (1997). Long Short-Term Memory. Neural Computation.
2. Documentation of Tinkoff Investments API.
3. Янсен С. Машинное обучение для алгоритмической торговли на финансовых рынках. Практикум. – СПб.: BHV, 2020. – 480 с.
4. Donadio S., Ghosh S. Learn Algorithmic Trading: Build and deploy algorithmic trading systems and strategies using Python and advanced data analysis. – 1st Edition. – Packt Publishing, 2019. – 366 p.
5. López de Prado M. Advances in Financial Machine Learning. – Wiley, 2018. – 400 p.
6. Chan E.P. Algorithmic Trading: Winning Strategies and Their Rationale. – 2nd Edition. – Wiley, 2013. – 366 p.
7. Hilpisch Y. Python for Finance: Mastering Data-Driven Finance. – 2nd Edition. – O'Reilly Media, 2018. – 720 p.
8. Mokotoff E. Algorithmic Trading with Python: Machine Learning strategies for trading algorithms. – Independently published, 2020. – 270 p.
9. Chakraborty A., Joshi M. Hands-On Algorithmic Trading with Python: A practical guide to using NumPy, pandas, Matplotlib, and QuantConnect for automated trading. – Packt Publishing, 2020. – 350 p.

TSKHOVREBOV Mairbek Ruslanovich

Student, North Caucasus Mining and Metallurgical Institute (State Technological University),
Russia, Vladikavkaz

*Scientific Advisor – Associate Professor North Caucasus Mining and Metallurgical Institute
(State Technological University), Candidate of Technical Sciences Mouraov Alan Georgievich*

DEVELOPMENT OF AN AUTONOMOUS TRADING SYSTEM ARCHITECTURE USING LSTM TO PREDICT FUTURES PRICES

Abstract. This article presents a comprehensive architecture of an autonomous trading system designed for automatic futures trading on the Moscow Stock Exchange (MOEX) using advanced machine learning methods. The main focus is on the ensemble of Long Short-Term Memory (LSTM) models used for price forecasting and their deep integration with risk management and decision-making modules. The proposed system demonstrates a significant potential for improving trading efficiency by adapting to dynamically changing market data, reducing subjective factors, and responding promptly to trading signals. The article describes in detail the stages of data collection and processing, the architecture of neural networks, the risk management mechanism and the logic of making trading decisions, as well as the results of simulations confirming its effectiveness.

Keywords: machine learning, LSTM, futures market, algorithmic trading.

Актуальные исследования

Международный научный журнал

2025 • № 25 (260)

Часть I

ISSN 2713-1513

Подготовка оригинал-макета: Орлова М.Г.

Подготовка обложки: Ткачева Е.П.

Учредитель и издатель: ООО «Агентство перспективных научных исследований»

Адрес редакции: 308000, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135

Email: info@apni.ru

Сайт: <https://apni.ru/>

Отпечатано в ООО «ЭПИЦЕНТР».

Номер подписан в печать 01.07.2025г. Формат 60×90/8. Тираж 500 экз. Цена свободная.

308010, г. Белгород, пр-т Б. Хмельницкого, 135, офис 40