

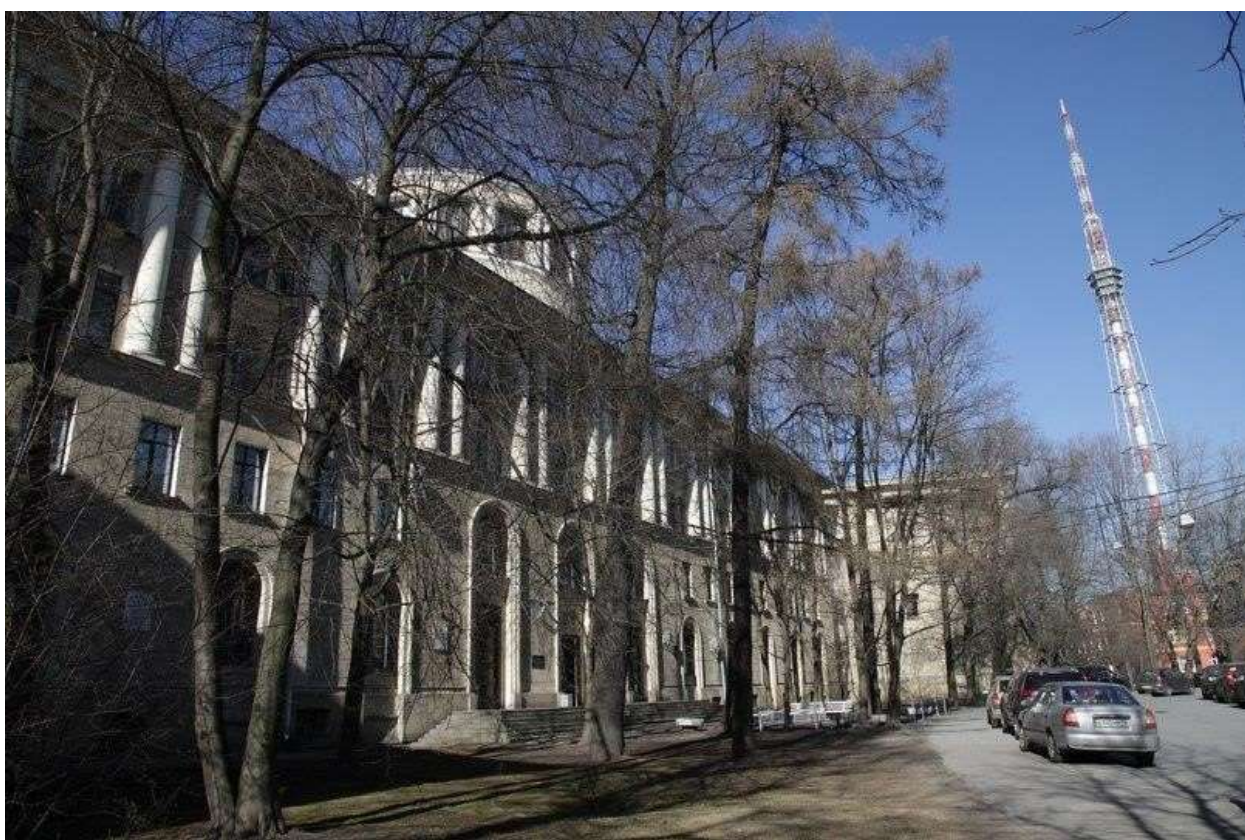
ННБ XIV, Санкт-Петербург, 16 – 18 мая 2026

Министерство образования и науки РФ
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

**XIV ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО- ПРАКТИЧЕСКАЯ
КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ**

«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»

ДЛЯ СТУДЕНТОВ, АСПИРАНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ



Сборник материалов конференции
16 – 18 мая 2026

Том I

Санкт-Петербург
2026

УДК 001.2

**XIV Всероссийская научно-практическая конференция с международным участием «НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО» для студентов, аспирантов и молодых ученых.
Том 1. Сборник материалов конференции. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2026. 120 с.**

Организаторы:

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Тематика конференции включает следующие направления

- *Информационные радиотехнические системы и устройства*
- *Информатика и управление в технических системах и ВТ*
- *Программная инженерия и автономные интеллектуальные системы*
- *Искусственный интеллект в прикладных областях*
- *Алгоритмическая математика*
- *Управление и обработка информации*
- *Приборостроение*
- *Лингвистика*
- *Электроника, нанотехнологии, наноматериалы*
- *Системный анализ и информационная безопасность*
- *Электрические системы, привод, автоматика и электротехнологии*
- *Биотехнические системы и технологии*
- *Техносферная безопасность*
- *Реклама и связи с общественностью*
- *Современные тренды управления качеством и цифровая экономика*
- *Инновационное проектирование: от реальных объектов к цифровым двойникам.*

Основной задачей конференции является развитие творческой активности студентов, привлечение их к решению актуальных задач в области науки и техники.

Сборник материалов содержит доклады, представленные на XIV Научно-практической конференции с международным участием «Наука настоящего и будущего» для студентов, аспирантов и молодых ученых, состоявшейся 16 – 18 мая 2026 года в Санкт-Петербурге, рекомендованные к публикации. Все доклады проходят рецензирование.

Оглавление

СЕКЦИЯ ИННОВАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ: ОТ РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ К ЦИФРОВЫМ ДВОЙНИКАМ	4
ЧАТ-БОТ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ	
Гриневич Е.Д., Маврин Д.И.	4
ЭФФЕКТИВНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ СХЕМНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ АНАЛОГОВЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ	
К.Н. Егоров	7
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛОГИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ПОМОЩЬЮ РОБОТОВ И ДРОНОВ	
Жариков И.С., Гриневич Е.Д., Фомина И.Г.	11
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В IT-КОМПАНИЯХ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА	
Кузьмина М. М., Маврин Д. И.	15
ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ ЗИП КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ ОТГРУЗОЧНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В УСЛОВИЯХ АО «СИЛОВЫЕ МАШИНЫ»	
А.В. Могильников ^{1,2,3} , Я.С. Волобуева ^{1,3} , Д.Л. Ковалев ^{1,4}	19
СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕКИ 3D МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СВЕРХВЫСОКОВАКУУМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ	
Попова С.Е. ¹ , Нечаев М.С. ^{2,3} , Филиппов С.В. ²	22
ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВНЕШНЕЙ МОДЕЛИ ДАННЫХ	
Шевченко А. А.	26
СЕКЦИЯ СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА	31
ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ В ЭПОХУ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО КРИЗИСА И ЦИФРОВИЗАЦИИ	
А.Д. Банахович	31
КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЛОГИСТИЧЕСКИХ РИСКОВ МЕБЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА КРІ	
Белин М.В.	35
ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА В МАШИНОСТРОЕНИИ И ПРИБОРОСТРОЕНИИ	
Бычков В.М.	39
СЕКЦИЯ ЛИНГВИСТИКА	43
ЛИНГВОСТИЛИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛИТИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ (НА МАТЕРИАЛЕ ЗАКОНОВ БАРАКА ОБАМЫ)	
Замыслова Д. А., Степанова Н. В.	43

СЛОЖНОСТИ ПЕРЕВОДА НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ СТАТЕЙ ПО КОСМОЛОГИИ ДЛЯ ДЕТЕЙ НА МАТЕРИАЛЕ КНИГИ Л. ХОКИНГ И С. ХОКИНГА GEORGE AND THE BIG BANG	
Подопригорова А.А., Малышева В.Н.	47
СЕКЦИЯ РЕКЛАМА И СВЯЗИ С ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ	51
ВЛИЯНИЕ UX-ДЕФЕКТОВ НА ВОСПРИЯТИЕ БРЕНДА: НЕГАТИВНЫЕ СЦЕНАРИИ И РЕПУТАЦИОННЫЕ РИСКИ	
Большакова А.В.	51
НЕСТАНДАРТНЫЕ МОДНЫЕ ПОКАЗЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ИМИДЖА БРЕНДА.....	
Бурдина А.М.	55
БУДУЩЕЕ ИИ-ИНФЛЮЕНСЕРОВ В МЕДИА И ИЗМЕНЕНИЕ ДОВЕРИЯ К НИМ	
Зайцев А.Д.,1, Тиханкина К.А.1	57
МОЛОДЁЖЬ В ПОЛИТИКЕ. ПРОБЛЕМА ПРОДВИЖЕНИЯ И САМОРЕАЛИЗАЦИИ. (НА ПРИМЕРЕ ДВИЖЕНИЯ ПЕРВЫХ)	
Набиуллина А. Р.	62
КРЕАТИВНЫЕ ИНДУСТРИИ КАК ИНСТРУМЕНТ НАЦИОНАЛЬНОГО БРЕНДИНГА	
Д.А. Семченко	65
АССАМБЛЯЖ КАК МЕХАНИЗМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ: СБОРКА БУДУЩЕГО ИЗ ФРАГМЕНТОВ НАСТОЯЩЕГО	
СИРКИНА Е.И.1,	69
СЕКЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА	71
3D-ПЕЧАТЬ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С ГРАДИЕНТНОЙ ЯЧЕИСТОЙ СТРУКТУРОЙ НА ОСНОВЕ ABS-ТИО2 КОМПОЗИЦИОННОГО ФИЛАМЕНТА	
Ахматнабиев М.Ф.	71
ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА.....	
ЕФРЕМОВА В.П.	73
МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОЙ ОСВЕЩЁННОСТИ	
Исаев Д.С.	76
РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕЛЕНГАТОРА СИГНАЛОВ СВЯЗИ БПЛА	
С.С. КРАСЮКОВ.....	78
ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ КРЕМНИЯ ЗА СЧЁТ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВА.....	
Малюгин Д.С.	82
АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАДИОЛИНИИ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТЛАДКИ УЗЛОВ КОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ LORA-НАПРАВЛЕНИЯ	
Маркова В.Н.	85
АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ НАЛОЖЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛА ПРИ ЦИФРОВОМ СИНТЕЗЕ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ	

Мерекин Д.В.....	88
ПАНОРАМНАЯ КАМЕРА ВНЕШНЕГО ОБЗОРА РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ	
Минцов В. В.....	91
ОЦЕНКА ОТСЧЕТОВ АППАРАТНОЙ ФУНКЦИИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА.....	
Ремез Д.	95
УСИЛИТЕЛЬ СИГНАЛА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ	
Сокол Ю.П.....	99
РАЗРАБОТКА ДИПЛЕКСЕРА СРЕДНЕГО УРОВНЯ МОЩНОСТИ ДЛЯ УВЧ-ДИАПАЗОНА	
Сопунов Г. В.	101
ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫЙ БАНК ПОЛОСОВЫХ ФИЛЬТРОВ СВЧ.....	
Сливкин И.С., Холодняк Д.В.	105
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УЗКОПОЛОСНОГО ПОЛЯРИЗАТОРА	
ПЕТРОВ А.А. ¹	112
АЛГОРИТМ КЛАССИФИКАЦИИ СИГНАЛОВ СТАНДАРТОВ АНАЛОГОВОГО ВИДЕО.....	
Попова А. А.	116

СЕКЦИЯ ИННОВАЦИОННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ: ОТ РЕАЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ К ЦИФРОВЫМ ДВОЙНИКАМ

ЧАТ-БОТ ДЛЯ ГЕНЕРАЦИИ ЮВЕЛИРНЫХ ИЗДЕЛИЙ КАК ЭЛЕМЕНТ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ

ГРИНЕВИЧ Е.Д., МАВРИН Д.И.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация: Актуальность данного исследования заключается в необходимости создания чат-бота для генерации ювелирных украшений для повышения эффективности взаимодействия с клиентами и оказания поддержки в принятии решений. Технологии ИИ активно внедряются в ювелирную отрасль и позволяют создавать уникальные решения. Поэтому в статье были рассмотрены актуальные проблемы, с которыми сталкиваются клиенты и ювелирные мастера, и их решение.

Ключевые слова: генерация; ювелирный мастер; персонализация; чат-бот; ССПР.

Ювелирная индустрия претерпевает существенные изменения с приходом ИИ-технологий и эволюцией потребительских предпочтений. Различные ювелирные бренды и частные мастерские используют искусственный интеллект для разработки маркетинговой стратегии, генерации изображений для создания эскизов и др.

Одним из ключевых направлений развития искусственного интеллекта в ювелирной отрасли становится персонализация украшений. Этот тренд позволяет покупателям не просто выбирать готовые изделия, а создавать что-то уникальное, отражающее их стиль и

характер. По данным отчета Cognitive Market Research, рынок персонализированных украшений продолжает стабильно расти - в среднем на 8,6% в год до 2031 года. Такой рост объясняется повышенным интересом к персонализированным изделиям, а также влиянием социальных сетей и онлайн-площадок, которые делают процесс выбора и покупки более удобным и доступным. В результате увеличивается число потребителей и их вовлеченность в процесс покупки [1].

Согласно отчёту «The market of luxury goods», доля мирового рынка Азии достигла 38%, где Китай занимает 17%, Япония – 7%, другие азиатские страны - 14%. На втором месте находится Северная и Южная Америка с долей в 32%, а на третьем – Европа (27%). Остальные 3% приходятся на оставшийся мир. Можем заметить, что рынок персональных предметов роскоши демонстрирует положительную динамику, особенно в Китае, который к 2030 г. может занять около 40% мирового рынка [2].

Объем рынка России (Рис. 1.):

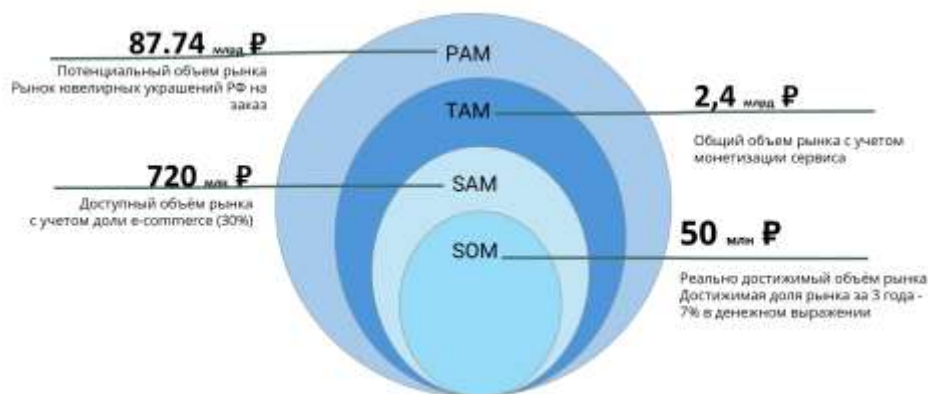


Рис. 1. Объем рынка России

Авторами было проведено интервью и выявлены две проблемы:

- 1) B2B: ювелир тратит около четырех часов на согласование подходящего дизайна ювелирного украшения с клиентом.
- 2) B2C: каждый второй заказчик уникального ювелирного изделия не может сформулировать свой запрос.

Для решения этих проблем был разработан чат-бот GemAI для визуализации ювелирных идей [3]. Он способен значительно ускорить создание дизайна будущих украшений и организовать поток клиентов для мастерской с уже готовыми идеями. То есть бот не просто повышает эффективность взаимодействия с клиентами, но и оказывает поддержку в принятии решений. Заметим, что 64% организаций уверены в том, что AI-боты предоставляют клиентам более персонализированный подход и повышают качество обслуживания. Компании, внедрившие данную технологию, отмечают повышение уровня удержания клиентов на 20-30% [4].

СППР (Системы поддержки принятия решений) – это информационная система, которая обеспечивает пользователям доступ к данным и/или моделям, что позволяет принимать более обоснованные решения [5].

Разработанная система относится к классу ССПР, так как анализирует предпочтения пользователей и формирует различные варианты дизайна, позволяя клиенту и мастеру утвердить реалистичный дизайн. Для улучшения точности генерации модель была дообучена через LoRa с учетом форм, крепления камней, материалов и др.

Данная технология сегодня решает конкретную задачу: она сокращает путь от «хочу уникальное ювелирное изделие быстро» до «получаю именно то, что представлял». Пользователь может пробовать различные идеи, стили, возвращаться к исходным вариантам эскиза неограниченное количество раз. После запуска бота вы вводите базовые параметры (стиль украшения, материал, стоимость, повод покупки, например, свадьба и др.). Далее искусственный интеллект генерирует различные варианты, и вы выбираете наиболее понравившуюся идею. При желании можно доработать какие-либо детали с менеджером или ювелирным мастером. Процесс создания визуализации занимает около 1-2 минут.

Процесс взаимодействия с клиентом при разработке и заказе ювелирного украшения представлен на Рис. 2.

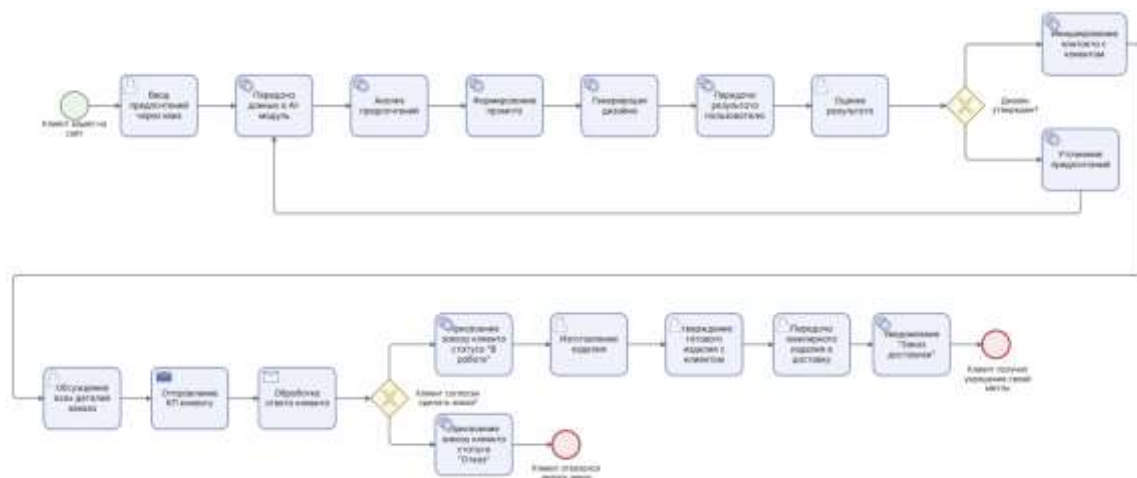


Рис. 2. Процесс взаимодействия с клиентом при разработке и заказе ювелирного украшения

Примеры генераций представлены ниже на Рис. 3:



Рис. 3. Примеры генераций украшений

Кроме того, были проанализированы конкуренты. Одними из самых сильных игроков на рынке являются BLNG AI [6], который привлёк 3 млн долларов инвестиций, и Arcade AI [7]. Платформы могут превратить идею пользователей в реалистичный эскиз. Однако у Arcade AI и BLNG AI не предусмотрена возможность связаться с ювелирами после получения генерации, в отличие от нашего бота.

Искусственный интеллект позволяет ювелирным мастерам сосредоточиться на более творческих аспектах дизайна, в то время как ИИ выполняет более рутинные задачи на ранних этапах проектирования. Хотя искусственный интеллект может быстро создавать дизайн для ювелирных изделий, для воплощения этих идей в реальность по-прежнему требуется человеческий вклад и опыт. Стоит отметить, что в перспективе отсутствуют опасения по замене специалистов. В данном случае мы рассматриваем искусственный интеллект как помощника. Итоговое решение всегда будет принимать ювелирный мастер вместе с заказчиком [8].

Использование ИИ также может создать новые рабочие места для дизайнеров и мастеров. Могут потребоваться новые специалисты для обучения ИИ и создания моделей, которые будут работать с различными новыми материалами [9]. Таким образом, внедрение чат-бота с искусственным интеллектом для визуализации идей ювелирных украшений не только оптимизирует процесс согласования дизайна с ювелирным мастером и оказывает поддержку в принятии решений, но и является примером эффективного применения ИИ. Данное решение подтверждает потенциал использования новых технологий в развитии российского ювелирного бизнеса.

Список литературы

1. Personalized Jewelry Market Analysis 2026 [Электронный ресурс] - URL: <https://www.cognitivemarketresearch.com/personalized-jewelry-market-report> (дата обращения: 01.04.2026).
2. The market of luxury goods, Greece: KPMG, 2024, P. 8. (дата обращения: 10.03.2026).
3. GemAI [Электронный ресурс] - URL: <https://gem-ai.tilda.ws/main> (дата обращения: 16.03.2026)
4. Как AI-боты повышают эффективность клиентской поддержки [Электронный ресурс] - URL: <https://www.sostav.ru/blogs/280641/56240> (дата обращения: 16.03.2026)
5. Tripathi K.P. Decision support system is a tool for making better decisions in the organization // Indian Journal of Computer Science and Engineering. 2017. № 21– С 112-117. (дата обращения: 16.03.2026)
6. BLNG AI [Электронный ресурс] - URL: <https://blng.ai/> (дата обращения: 03.03.2026).
7. Разработка ювелирной торговой площадки на основе искусственного интеллекта [Электронный ресурс] - URL: <https://interexy.com/case/arcade> (дата обращения: 03.03.2026).
8. От эскиза к витрине: как ИИ меняет процесс дизайна ювелирных украшений https://www.vedomosti.ru/press_releases/2026/01/14/ot-eskiza-k-vitrine-kak-ii-menyaet-protsess-dizaina-yuvelirnih-ukrashenij (дата обращения: 06.03.2026).
9. Как искусственный интеллект меняет облик ювелирного дизайна [Электронный ресурс] - URL: https://russianjeweller.ru/2/11/14387?utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 09.03.2026).

ЭФФЕКТИВНАЯ РАЗМЕРНОСТЬ СХЕМНЫХ ОТОБРАЖЕНИЙ АНАЛОГОВЫХ УСТРОЙСТВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ

К.Н. ЕГОРОВ

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им.
В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Представлено пилотное эмпирическое исследование эффективной размерности отображения «параметры элементов $\rightarrow$ характеристики переходного процесса» для двух аналоговых электронных устройств. Эффективная размерность оценивается методом активных подпространств — спектральным анализом матрицы средних внешних произведений градиента. В качестве оператора схемы используется анализ переходных процессов (.TRAN) в симуляторе ngspice; выходными характеристиками служат скалярные величины, извлекаемые из осциллограммы $V(t)$. Исследованы две SPICE-модели из САПР Altium Designer: усилитель ОЭ ($n = 15$) и режекторный фильтр Twin-T ($n = 8$). На обеих схемах получена эффективная размерность $r = 5$. Квадратичная суррогатная модель в r -мерном подпространстве воспроизводит большинство выходов с $R^2 \geq 0,98$. Сформулированы рабочие гипотезы об условиях низкоразмерности схемных отображений при TRAN-анализе.

Ключевые слова: эффективная размерность, активные подпространства, допусковый анализ, аналоговые схемы, анализ переходных процессов, ngspice, область работоспособности.

Введение

Область работоспособности электронного устройства [1, 2] определяется в пространстве первичных параметров $X \in \mathbb{R}^n$ системой неравенств на выходные характеристики. Для реальных печатных плат число варьируемых параметров n обычно превышает 10, что делает прямое построение области методами интервального обращения множества (SIVIA) [3] вычислительно непрактичным: сложность растёт экспоненциально по n .

Идея редукции размерности состоит в предположении, что выходные характеристики зависят преимущественно от $r \ll n$ линейных комбинаций параметров [4]. Метод активных подпространств [4] даёт количественный инструмент оценки эффективной размерности r через спектральный анализ матрицы средних внешних произведений градиента $C_i = E[\nabla g_i(u) \cdot \nabla g_i(u)^T] \in \mathbb{R}^{n \times n}$, $i = 1, \dots, m$. Быстрый спад собственных значений $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_n$ означает, что по направлениям, соответствующим малым собственным значениям, функция меняется слабо в среднеквадратичном смысле.

Для нескольких выходов одновременно используется обобщение Зама и др. [5] — комбинированная матрица $H = \sum_{i=1}^m w_i C_i$, выделяющая «общее» подпространство. Метод применялся в аэродинамике [6], гидрологии [7], химической кинетике [8]. Систематического исследования эффективной размерности схемных отображений электронных устройств при анализе переходных процессов в литературе автору не известно. Настоящая работа носит пилотный характер: исследуются две схемы, что позволяет сформулировать рабочие гипотезы, но не сделать общие выводы.

Методика исследования

Оператор моделирования. Рассматривается операторное отображение $\Phi: \mathbb{R}^n \rightarrow \mathbb{R}^m$, реализуемое цепочкой: $X \xrightarrow{\text{нетлист}} \text{ngspice} \xrightarrow{\text{ngspice.TRAN}} V(t; X) \xrightarrow{\Psi_j} Y_j$, где X — вектор параметров элементов, $V(t; X)$ — осциллограмма, функционал извлекает j -ю скалярную характеристику. Использованы: размах (peak-to-peak), доминирующая частота (через БПФ), время затухания до 37% и установившееся значение.

Нормализация. Для корректного сравнения параметров с разными физическими размерностями применяется двойная нормализация. Параметры нормализуются к

единичному гиперкубу: $u_j = \frac{X_j - X_j^{\min}}{X_j^{\max} - X_j^{\min}} \in [0,1]$. Выходы нормализуются по ширине

допуска: $\tilde{y}_i = \frac{Y_i - \bar{Y}_i}{\Delta Y_i}$. Нормализованное отображение

$$g: [0,1]^n \rightarrow \mathbb{R}^m, \quad g(u) \in [-0,5; 0,5]^m.$$

Оценка активного подпространства. В N точках, сгенерированных методом латинского гиперкуба [9], вычисляются градиенты центральными конечными разностями

$$\left. \frac{\partial g_i}{\partial u_j} \right|_{u_k} \approx \frac{g_i(u_k + h e_j) - g_i(u_k - h e_j)}{2h}, \quad h = 0,01. \quad \text{Выборочная оценка матрицы:}$$

$$\hat{C}_i = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \nabla g_i(u_k) \cdot \nabla g_i(u_k)^T. \quad \text{Агрегированная матрица: } \hat{H} = \sum_{i=1}^m w_i \hat{C}_i, \quad w_i = \frac{1}{m}. \quad \text{SVD-}$$

разложение: $\hat{H} = W \Lambda W^T$, где $W_1 = [w_1, \dots, w_r]$ — базис активного подпространства.

Критерии выбора r . Используются три критерия: (1) спектральный зазор: $\frac{\lambda_r}{\lambda_{r+1}} > 10$;

(2) накопленная энергия: $\frac{\sum_{k=1}^r \lambda_k}{\sum_{k=1}^n \lambda_k} > 0,95$; (3) адаптивная проверка: $\min_i R_i^2 \geq 0,85$.

Итоговое r должно удовлетворять всем трём критериям.

Суррогатная модель. Для каждого выхода строится квадратичная аппроксимация $\hat{g}_i(z) = a_0 + a^T z + z^T A z$ методом наименьших квадратов на проекциях $z_k = W_1^T u_k$. Качество оценивается коэффициентом детерминации R^2 и погрешностью $\varepsilon_{\text{LOO},i} = \max_k |g_i(u_k) - \hat{g}_i^{(-k)}(z_k)|$.

Тестовые схемы

Исследованы две реальные схемы. Первая — усилитель на биполярном транзисторе 2N3904 в схеме ОЭ с LC-входной цепью, количество параметров элементов схемы $n = 15$, количество выходных измеряемых параметров $m = 3$. Варьируемые параметры: емкости 5 конденсаторов (± 10 – 20%), индуктивности 2 катушек индуктивности, сопротивления 3 резисторов, 5 параметров транзисторов. На вход подается следующий сигнал: начинается с уровня 12 В и экспоненциально нарастает до 17 В с постоянной времени 700 нс, начиная с 1 мкс, затем затухает обратно с постоянной времени 300 нс, начиная с 2 мкс. Выходные характеристики: размах функции переходного процесса по напряжению в точке V_{out} , доминирующая частота, время затухания в этой же точке. Вторая схема — режекторный фильтр, $n = 8$, $m = 2$. Варьируемые параметры: 4 резистора (27 кОм, $\pm 5\%$), 4 конденсатора (110 нФ, $\pm 10\%$). Входной сигнал — синусоидальный, амплитудой 1 В, и частотой 1 МГц. Выходные характеристики: частота режекции, коэффициент передачи. Обе схемы представлены на стенде.

Результаты

Спектры собственных значений. На обеих схемах наблюдается характерный спад собственных значений агрегированной матрицы $\hat{H}$ после пятой компоненты. Для схемы 1 отношение $\lambda_5 / \lambda_6 > 50$, для схемы 2 — $\lambda_5 / \lambda_6 \approx 20$. Накопленная энергия по первым пяти собственным значениям составляет 99,7% для схемы 1 и 99,3% для схемы 2.

Таблица 1

Эффективная размерность и качество суррогата

Параметр	Схема 1 (n=15)	Схема 2 (n=8)
Число точек N	60	50
Число вызовов ngspice	1860	850
Эфф. размерность r	5	6
r/n	0,33	0,75
Накопл. энергия	99,7%	99,3%
R^2 для Y_1	0,9996	0,9993
R^2 для Y_2	0,9994	0,9849
R^2 для Y_3	0,9961	-
ϵ_{LOO} для Y_3 (норм.)	0,019	0,110

Для схемы 1 все три выхода имеют $R^2 > 0,996$ — квадратичный суррогат точно воспроизводит зависимости в 5-мерном подпространстве. Для схемы 2 оба выхода имеют $R^2 > 0,98$.

Физическая интерпретация. Метод активных подпространств не только снижает размерность, но и позволяет понять, какие именно элементы схемы наиболее критичны. Каждая найденная «значимая комбинация» $w_1 \approx 0,58 \cdot e_{C_1} + 0,51 \cdot e_{L_1} + 0,31 \cdot e_{BF} + 0,25 \cdot e_{V_{cc}} + \dots$, показывает вклад каждого элемента.

Для схемы 1 самая важная комбинация — это направление, в котором доминируют ёмкость C_1 (коэффициент 0,58) и индуктивность L_1 (коэффициент 0,51). Физически это ожидаемо: именно эти два элемента образуют входной LC-контур, и их произведение

определяет резонансную частоту $f_{\text{res}} \approx \frac{1}{2\pi\sqrt{L_1 C_1}}$. Иными словами, если оба элемента

одновременно отклонятся от номинала в одну сторону, переходный процесс изменится сильнее всего. Остальные 13 параметров (резисторы, параметры транзистора и т.д.) влияют значительно слабее.

Для фильтра, представленного на схеме 2 картина иная: первая значимая комбинация содержит примерно равные вклады всех 8 элементов. Это отражает конструктивную особенность режекторного фильтра — его работа основана на точном балансе (симметрии) между тремя парами резисторов и конденсаторов. Отклонение любого из них нарушает баланс, поэтому ни один элемент не может быть выделен как «главный».

Обсуждение

Полученные результаты можно объяснить следующим образом. Всякая электрическая схема состоит из множества элементов, каждый из которых обладает своими собственными характеристиками. Однако на практике поведение схемы определяется не каждым

элементом и его характеристиками по отдельности, а небольшим числом их комбинаций. Например, в усилителе с LC-контуром частота колебаний зависит главным образом от произведения ёмкости и индуктивности — и как бы ни менялись остальные 13 параметров, частота останется почти прежней. Именно это и означает низкая эффективная размерность: например, для схемы 1 из 15 параметров элементов на выходные характеристики реально влияют лишь 5.

На основе наблюдений сформулирована рабочая гипотеза: чем яснее выражен в схеме доминирующий физический механизм (резонанс, обратная связь, фильтрация), тем меньше значимых комбинаций — и тем ниже эффективная размерность.

Заключение

Проведено пробное исследование эффективной размерности схемных отображений двух SPICE-моделей реальных электронных устройств при анализе переходных процессов. Выявленные комбинации параметров имеют понятный физический смысл: в усилителе доминирует пара «ёмкость–индуктивность» входного контура, что соответствует его резонансной природе. Это позволяет инженеру не только ускорить расчёт, но и лучше понять, какие элементы наиболее критичны для работоспособности изделия.

Список литературы

1. Саушев А.В. Аналитическое описание областей работоспособности электротехнических систем // Журнал университета водных коммуникаций. С. 34–41.
2. Саушев А.В. Метод построения границы области работоспособности электротехнических объектов // Электричество. 1990. № 4. С. 14–19.
3. Jaulin L., Walter E. Set Inversion Via Interval Analysis for Nonlinear Bounded-Error Estimation // Automatica. 1993. Vol. 29, No. 4. P. 1053–1064.
4. Constantine P.G. Active Subspaces: Emerging Ideas for Dimension Reduction in Parameter Studies. Philadelphia: SIAM, 2015. 100 p.
5. Zahm O., Constantine P.G., Prieur C., Marzouk Y.M. Gradient-Based Dimension Reduction of Multivariate Vector-Valued Functions // SIAM J. Sci. Comput. 2020. Vol. 42, No. 1. P. A929–A956.
6. Constantine P.G. et al. Exploiting Active Subspaces to Quantify Uncertainty in the HyShot II Scramjet // J. Comput. Phys. 2015. Vol. 302. P. 1–20.
7. Jefferson J.L. et al. Active Subspaces for Sensitivity Analysis of an Integrated Hydrologic Model // Computers & Geosciences. 2015. Vol. 83. P. 127–138.
8. Ji W., Wang J., Zahm O., Marzouk Y.M., Yang B., Ren Z., Law C.K. Shared Low-Dimensional Subspaces for Propagating Kinetic Uncertainty to Multiple Outputs // Combustion and Flame. 2018. Vol. 190. P. 146–157.
9. McKay M.D., Beckman R.J., Conover W.J. A Comparison of Three Methods for Selecting Values of Input Variables // Technometrics. 1979. Vol. 21, No. 2. P. 239–245.
10. Сольницев Р.И., Коршунов Г.И., Егоров К.Н., Поляков С.Л. Об оценке несоответствий при производстве радиоэлектронной аппаратуры.
11. Сольницев Р.И., Егоров К.Н. Применение средств САПР к решению проблем импортозамещения элементов РЭА.
12. Graeb H.E. Analog Design Centering and Sizing. Dordrecht: Springer, 2007. 210 p.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ЛОГИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА С ПОМОЩЬЮ РОБОТОВ И ДРОНОВ

ЖАРИКОВ И.С., ГРИНЕВИЧ Е.Д., ФОМИНА И.Г.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» Россия, г. Санкт-Петербург

Аннотация. Актуальность данного исследования обусловлена тем, что в условиях глобализации и увеличения требований потребителей к скорости доставки заказов и качеству обслуживания, компании начинают внедрять в свою работу роботов и дронов для повышения эффективности работы логистического комплекса. Внимание уделено анализу ситуации на рынке логистических роботов. В статье описываются преимущества, недостатки и перспективы использования роботов и дронов, а также рассмотрены примеры реализации данных технологий в реальных условиях.

Ключевые слова: робот, дрон, склад, доставка, производительность, товар.

Стремительное развитие роботов и дронов меняет сферу логистики. Пробки на дорогах, нехватка персонала, некачественно продуманные маршруты, ошибки, возникающие во время ручных операций, тоже могут повлиять на затраты и время обработки и доставки заказов. Синергия данных технологий помогает оптимизировать операции, сократить время, расходы и упростить системы доставки.

По данным Research and Markets, объем рынка логистических роботов оценивается в 2026 г. в 17,42 млрд долларов США, при этом к 2032 г. прогнозируется увеличение до 114,75 млрд долларов США (рис 1) [1]. Рост рынка обусловлен быстрым расширением электронной коммерции, нехваткой рабочей силы, конкуренцией маркетплейсов и магазинов, которые борются за внимание покупателей, улучшая сервис и предлагая, в том числе доставку в тот же день.

По данным Росстата, в России в 2023 г. использовались 3009 складских и логистических роботов, а в 2024 – 5243 ед. При этом с каждым годом наблюдается положительная динамика [2].

Особенно важно отметить, что одним из самых технологически развитых регионов России по эксплуатации роботов в сфере логистики является Калужская область, в которой на 10000 работников приходится 173 роботов [2].



Рис 1 – Рынок логистических роботов

Далее рассмотрим примеры использования роботов и дронов в логистике:

В Якутии создали первый сервис доставки малогабаритных грузов за 15 минут с помощью дронов. Вес посылки, который могут доставлять беспилотные летательные аппараты (БПЛА), составляет до 10 кг [4].

ГК «Восток-Сервис» автоматизировала работу склада с помощью отечественных роботов и ПО 1С:WMS (система управления складом) и RMS (система управления роботами)

для улучшения операционной эффективности, ускорения обработки и минимизации ошибок.

Управление роботами в ГК «Восток-Сервис» происходит следующим образом:

- 1) Система 1С:WMS формирует задание;
- 2) Далее это задание передается в RMS, которое управляет роем роботов;
- 3) Робот подъезжает к стеллажу, поднимает, транспортирует и доставляет стеллаж до станции комплектации;
- 4) Оператор сканирует нужные товары на стеллаже, ориентируясь на подсвечивающиеся ячейки;
- 5) Стеллаж возвращается обратно в зону хранения;
- 6) При завершении задания происходит обратная связь: RMS передает данные о выполненной работе 1С:WMS.

Эти действия помогли увеличить среднюю скорость комплектации и упаковки заказов почти в 3 раза за счет того, что стеллаж сам подъезжает к сотруднику. Также это повлияло на ускорение обработки заказов на 20% и производительность труда, которая повысилась до 400% [3].

Роботы справляются с доставкой «последней мили»: со склада или магазина до адреса клиента. Так, компания «Яндекс» разработала умных роботов, которые впервые появились на улицах Москвы в 2019 г. В 2024 г. роботы-доставщики принесли компании 124 млрд руб. Сейчас они работают в 21 районе Москвы, а также в Мурино и Иннополисе. Яндекс хочет наделить их статусом полноценных участников дорожного движения с возможностью передвигаться по велодорожкам и тротуарам со скоростью до 25 км/ч. Кроме того, к 2027 г. компания планирует выпустить около 20000 роботов, что поможет решить вопрос нехватки курьеров и снизить стоимость доставки.

Стоит также отметить, что проект экспериментального правового режима (ЭПР) станет первым в России системным регулированием деятельности роботов-доставщиков. При этом, согласно ГОСТ Р 60.6.1.1-2023 «при внезапном появлении (например, падении) препятствия на пути ТЛР в зоне действия датчика обнаружения ТЛР должен начать торможение, но без гарантии предотвращения столкновения. В опасных зонах должна активироваться функция ограничения максимальной скорости движения ТЛР 1,2 м/с. Экстренное торможение должно быть предусмотрено для всех видов и типов транспортных логистических роботов. Аварийный тормоз должен приводиться в действие механически, и для его срабатывания требуется приложение усилия от внешнего по отношению к тормозу источника. В режиме автоматической работы робота этот тормоз может автоматически включаться и отключаться.» [5]. Также приказ Минтруда России от 14.09.2022 №526н касается требований к квалификации специалистов, уровню подготовки, обязанностям и др [6]. Комиссия Таможенного союза ввела «ТР ТС 010/2011. О безопасности машин и оборудования», в котором закреплены требования к безопасности «в целях защиты жизни или здоровья человека, имущества, охраны окружающей среды, жизни и здоровья животных, предупреждения действий, вводящих в заблуждение потребителей» [7]. Аналитики отмечают, что создание четких правил для таких роботов повлияет на развитие целого сегмента логистических технологий.

Основные преимущества автоматизации логистических процессов:

- 1) Повышение производительности. Роботы и дроны способны выполнять рутинные задачи быстрее, минимизировать человеческий фактор, проводить инвентаризацию и обрабатывать заказы практически круглосуточно, чередуя выполнение операций с подзарядкой на специальных станциях. К типовым

задачам относят паллетирование, упаковку, перемещение грузов, сортировку товаров и др.

- 2) Снижение затрат. Использование роботов и дронов позволяет сократить затраты на оплату труда.
- 3) Улучшение обслуживания. Быстрая доставка повышает удовлетворенность клиентов.

Однако нужно понимать, что использование роботов и дронов в сфере логистики не всегда является целесообразным. Компании могут не внедрять в свою работу данные технологии, если они взаимодействуют с небольшим объемом грузов, которые эффективнее обработать вручную. Также необходимо оценить стоимость внедрения и обслуживания. Она не должна превышать экономическую выгоду от использования. Отметим, что при выявлении сложностей с интеграцией данных технологий в действующую инфраструктуру склада, тоже возможно обойтись без использования роботов и дронов.

Перспективы:

- Создание специальных зон с датчиками и разметкой для роботов и воздушных коридоров для дронов.
- Расширение географии доставки. Дроны могут доставлять товары в труднодоступные регионы, где отсутствуют дороги и есть горная местность.
- Создание сети зарядных станций для роботов и дронов, а также посадочных площадок для БПЛА.
- Разработка образовательных программ для компаний, которые хотят внедрить в свою работу данные технологии.
- Обеспечение доверия населения к роботам и дронам.

Таким образом, роботы и дроны могут способствовать повышению эффективности логистического комплекса. Данные технологии позволяют компаниям адаптироваться в быстро меняющихся условиях рынка, оптимизировать логистические процессы, сократить время операций и потребность в рабочей силе, снизить издержки и улучшить клиентское обслуживание. Однако нужно понимать, что не всем компаниям необходимо внедрять роботов и дронов свою работу.

Список литературы

- 1) Рынок логистических роботов — глобальный прогноз на 2026-2032 годы [Электронный ресурс] - URL: <https://www.researchandmarkets.com/reports/4896740/logistics-robots-market-global-forecast-2026> (дата обращения: 10.02.2026).
- 2) Роботы для логистики: текущее состояние российского рынка [Электронный ресурс] - URL: https://www.megaresearch.ru/new_reality/roboty-dlya-logistiki-tekuschee-sostoyanie-rossiyskogo-rynka?utm_source=chatgpt.com (дата обращения: 15.02.2026).
- 3) Роботизация склада — будущее логистики [Электронный ресурс] - URL: <https://st.sitec-it.ru/roboty> (дата обращения: 16.02.2026).
- 4) В Якутии запустили первый сервис доставки грузов беспилотниками [Электронный ресурс] - URL: https://www.vedomosti.ru/strana/far_eastern/news/2025/07/14/1124263-dostavki-gruzov-bespilotnikami (дата обращения: 25.02.2026).
- 5) ГОСТ Р 60.6.1.1—2023 ТРАНСПОРТНЫЕ ЛОГИСТИЧЕСКИЕ РО-БОТЫ Функциональные требования – М.: Российский институт стандартизации, 2024. – 7-9 с.
- 6) Приказ от 14 сентября 2022 г. N 526н об утверждении профессио-нального стандарта "Специалист по эксплуатации беспилотных авиационных систем, включающих в себя одно или несколько бес-пилотных воздушных судов с максимальной взлетной массой 30 кг и менее" [Электронный ресурс] - URL: <http://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=435524&ysclid=mnaik4hg7u705932868> (дата обращения: 01.03.2026).
- 3) Роботизация склада — будущее логистики [Электронный ресурс] - URL: <https://st.sitec-it.ru/roboty> (дата обращения: 16.02.2026).

7) Решение от 18 октября 2011 г. N 823 о принятии технического регламента таможенного союза "О безопасности машин и оборудования" [Электронный ресурс] - URL: <https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=9&documentId=500063> (дата обращения: 01.03.2026).

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В IT-КОМПАНИЯХ МАЛОГО И СРЕДНЕГО БИЗНЕСА

Кузьмина М. М., Маврин Д. И.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И.
Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Статья посвящена исследованию реального уровня применения инструментов искусственного интеллекта для поддержки управленческих решений в IT-компаниях малого и среднего бизнеса. В качестве теоретической рамки используются архитектура систем поддержки принятия решений (СППР) и концепция цифрового двойника организации (DTO). Эмпирическую базу составляют количественный онлайн-опрос и интервью, обработанные методом текстуального анализа с использованием языковых моделей. Установлено, что ИИ-инструменты используются преимущественно для автоматизации операционных задач и не применяются на прескриптивном уровне СППР; основными барьерами выступают недоверие к качеству ИИ-выводов, отсутствие методологии управленческого применения и дефицит структурированных данных. Выявлено системное отсутствие формализации ИИ-практик в исследованных компаниях, что ограничивает реализацию DTO-ориентированных решений.

Ключевые слова: искусственный интеллект, управленческие решения, малый и средний бизнес, IT-компании, системы поддержки принятия решений, цифровой двойник организации, языковые модели, барьеры внедрения ИИ, информационная безопасность.

Искусственный интеллект все активнее проникает в деловую среду: по данным совместного исследования «Яндекса» и «Яков и партнеры» (2023), 94% компаний, внедривших ИИ, зафиксировали сокращение затрат, а 68% - улучшение финансовых показателей, включая рост EBITDA до 5% [4]. Однако реальная картина в сегменте МСП разительно расходится с этим потенциалом: реально используют ИИ лишь 5,8% российских компаний [1], а МСП применяют его преимущественно для генерации контента и клиентского сервиса [5], но не для управления.

Это противоречие стало отправной точкой исследования. Оценить реальный уровень применения ИИ-инструментов (ChatGPT, GigaChat, YandexGPT и др.) для поддержки принятия управленческих решений в IT-МСП и выявить ключевые барьеры их использования на прескриптивном уровне СППР - и есть цель настоящей работы.

Традиционная архитектура систем поддержки принятия решений (СППР) включает четыре уровня: дескриптивный, диагностический, предиктивный и прескриптивный. Именно прескриптивный уровень несет наибольшую управленческую ценность, формируя конкретные рекомендации на основе данных, однако исторически оставался недоступным. Однако генеративные языковые модели (LLM) существенно снижают этот барьер. Концепция цифрового двойника организации (DTO) [3] обеспечивает связующее звено между данными компании и ИИ-инструментами. DTO агрегирует информацию о процессах, ресурсах и показателях бизнеса, формируя структурированный контекст, необходимый модели для выработки осмысленных управленческих рекомендаций. Развитие генеративного ИИ и цифровых двойников в России находится на начальной

стадии [6], что и определяет актуальность и новизну настоящего исследования и представляет как научный, так и практический интерес.

Задачами данного исследования являются проведение количественного опроса сотрудников российских ИТ-МСП для оценки общего уровня и характера использования ИИ и углубленного интервью для получения детализированных данных о барьерах управленческого применения; формулирование гипотез.

На основе анализа литературы и предварительного наблюдения сформулированы две гипотезы:

1. ИИ-инструменты в российских ИТ-МСП применяются преимущественно для автоматизации операционных задач (генерация кода, текстов, документации), но не используются для поддержки управленческих решений, несмотря на техническую возможность. Основным барьером является не стоимость инструментов, а отсутствие понимания методологии управленческого применения.

2. Внедрение ИИ в российских ИТ-МСП чаще продиктовано следованием тренду, а не управленческой необходимостью; компании, заменившие персонал ИИ-инструментами, сталкиваются с ухудшением качества решений или восстанавливают штат.

Для сбора и анализа данных в работе использован смешанный метод, сочетающий количественный и качественный подходы. На первом этапе проведен онлайн-опрос на основе стандартизированной анкеты из 10 закрытых вопросов; респонденты отбирались методом целевой выборки - сотрудники ИТ-компаний с численностью до 250 человек, осведомленные об использовании ИИ. На втором этапе проведены интервью, состоящие из 19 вопросов; участники отбирались по принципу максимальной вариативности ролей, отраслей и размеров компаний, что позволило получить разнородный качественный материал. На третьем этапе данные опроса и углубленного интервью были структурированы в табличном формате (Excel) и обработаны языковой моделью Claude Sonnet методом текстуального анализа для выявления четырех категорий: типы задач, барьеры управленческого применения, отношение команды к ИИ и признаки тренд-ориентированного внедрения. Все результаты кодирования были дополнительно проверены исследователями вручную с целью исключения возможных искажений автоматической обработки.

Таблица 1

Профиль участников углубленных интервью

Параметр	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
Должность	Инженер-программист	Вед. Web-разработчик	Ген. директор	Инженер ML	Разработчик	Junior DevOps	СТО	Project менеджер
Сфера/размер	Связь/сети (~3500)	Таможня (~50)	Таможня	Телеком (>10 000)	Судовые комплексы (~40)	Нефтегаз	E-commerce (онлайн-ритейл) (~75)	IT (~40)
ИИ для упр. решений	Нет	Нет	Нет	Нет	Частично	Нет	Нет	Частично
Основной барьер	Искажение, галлюцинации, недоверие	Непонимание применения	Специфика отрасли	Нет упр. задач	Сложность контекста	Недоверие	Недоверие, нет структурированных	«Поддакивание» пользователю

							данных о процессах	
Сокращение персонала	Нет	Нет	Нет	Нет	Нет (наняли новых)	Нет	Нет	Нет

Таблица 2

Сводная таблица результатов по обоим методам

Показатель	Опрос (n = 40)	Интервью (n = 8)
ИИ для управленческих решений	Косвенно – крайне ограничено	6 из 8 – «нет»; 2 - частично
Доверие к ИИ (шкала от 1 до 5)	Среднее: 3,0; оценку «5» выбрали только 10% респондентов	Все требуют проверки выводов
Рациональность решений о внедрении	55% - «не согласен» / «скорее не согласен»	Нет КРП и политик ни в одной компании
Мотив – тренд или эксперимент	~45% (18 из 40)	Большинство – конкретные практические задачи
Замена персонала ИИ	Вопрос не включен в анкету	Ни одна компания. P5-расширили штат

Примечание к таблице 2: расхождение по строке «Мотив - тренд или эксперимент» обусловлено различиями методов сбора данных. Закрытый формат анкеты мог стимулировать выбор социально ожидаемых ответов, тогда как интервью выявило практические мотивы. Данное несоответствие рассматривается как методологическое и будет учтено при расширении выборки и доработки исследования.

Гипотеза 1 подтверждается. Средний балл доверия к ИИ по опросу составил 3,0 из 5. 56% не считают решения о внедрении ИИ рациональными. В интервью 6 из 8 участников ответили категорическим «нет» на вопрос о применении ИИ для управленческих задач; только 2 участника (P5 и P8) описали частичное использование - предварительную оценку сложности заказов, которая «напрямую на решение не влияет» и оценку сроков, рисков проекта. Стоимость инструментов не упомянул ни один участник ни в опросе, ни в интервью.

Тематическое кодирование позволило структурировать барьеры в три группы: (1) рациональное недоверие к качеству выводов - «ИИ слишком часто галлюцинирует» (P1), «ИИ поддакивает пользователю» (P5 и P8); (2) отсутствие понимания методологии управленческого применения (P2, P6); (3) дефицит структурированных данных и отраслевая специфика (P3, P6, P7). Помимо ожидаемых барьеров, тематический анализ выявил незапланированный барьер: в компаниях с конфиденциальными данными (нефтегаз, таможня) использование зарубежных ИИ-инструментов ограничено соображениями информационной безопасности (P1, P6) - это согласуется с данными «Яков и партнеры», где 68% компаний называют кибербезопасность ключевым риском внедрения ИИ [4].

Гипотеза 2 подтверждается частично. По данным опроса, 45% (18 из 40) связывают внедрение ИИ с трендом или экспериментом без четкой цели. Данные интервью эту тенденцию не воспроизводят: большинство участников называют конкретные практические мотивы - автоматизацию рутины (P1, P6), работу с текстами (P3), нехватку ресурсов (P5), личную инициативу сотрудников (P2). Вторая часть гипотезы, о замене персонала и последствиях, не нашла эмпирической поддержки: ни одна из восьми компаний не проводила сокращений в связи с ИИ; P5 описал обратный эффект - расширение штата.

Значимым незапланированным результатом стало выявление системного отсутствия формализации ИИ-практик. Внедрение носит исключительно стихийный, инициативный характер, снизу вверх, без управленческого обоснования. Это системно блокирует реализацию DTO-ориентированной СППР, так как без структурированных данных о компании ИИ не способен давать осмысленные управленческие рекомендации.

Гипотеза 1 подтвердилась. ИИ в исследованных IT-МСП используется для операционных задач и не достигает прескриптивного уровня СППР. Барьер носит комплексный характер (недоверие к качеству выводов, отсутствие методологии применения, дефицит данных) и не связан со стоимостью инструментов. Гипотеза 2 подтвердилась частично. Ориентированность на тренд фиксируется в количественных данных, но не воспроизводится качественными; тезис о замене персонала опровергается.

В исследовании выявлен ранее не учтенный регуляторный барьер: в регулируемых отраслях использование зарубежных ИИ-инструментов ограничено требованиями информационной безопасности, что делает управленческое применение ИИ вторичным и указывает на недооценку отраслевой специфики в анализе внедрения ИИ в МСП. Главным препятствием для применения ИИ как прескриптивного уровня СППР в IT-МСП является не технология и не бюджет, а отсутствие управленческой культуры работы с ИИ - стратегии, формализации и понимания методологии. Без этого фундамента концепция DTO остается недостижимой вне зависимости от доступности инструментов.

Потенциал развития: Полученные результаты открывают несколько направлений для дальнейших исследований. Во-первых, необходимо расширить выборку до 100+ респондентов с обязательным включением руководителей и собственников IT-МСП. Управленческая перспектива в данном исследовании представлена и исследована недостаточно. Во-вторых, анкету следует дополнить прямыми вопросами о типах задач (операционные vs управленческие) и кадровых изменениях - без этого прямая верификация обеих гипотез остается неполной. В-третьих, перспективным направлением является разработка и пилотное тестирование минималистичной DTO-ориентированной СППР на базе доступных LLM в конкретной IT-МСП: проверить, способна ли структурированная база знаний о компании, переданная в контекст языковой модели, обеспечить качественные управленческие рекомендации.

Отдельного внимания заслуживает выявленный барьер информационной безопасности в регулируемых отраслях. В условиях ограничений на использование зарубежных ИИ-инструментов отечественные LLM (GigaChat, YandexGPT) могут занять значимую нишу именно в управленческих сценариях, если преодолеют порог доверия, зафиксированный в данном исследовании.

Список литературы

1. Индикаторы цифровой экономики: 2024 / НИУ ВШЭ. — Москва : НИУ ВШЭ, 2024. — URL: <https://issek.hse.ru/news/1022068478.html> (дата обращения: 20.03.2026).
2. Анализ уровня цифровизации российских предприятий / SBS Consulting. — Москва, 2024. — URL: https://udpm.ru/wp-content/uploads/2024/11/SBS_Consulting_Анализ_уровня_цифровизации_российских_предприят.pdf (дата обращения: 20.03.2026).
3. Grieves M. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication : white paper / M. Grieves. - Florida Institute of Technology, 2014. — 7 с. (дата обращения: 04.03.2026).
4. Исследование применения ИИ в российских компаниях / Яков и партнеры, Яндекс. — Москва, 2023. — URL: <https://secrets.tbank.ru/blogi-kompanij/ai-dlya-malogo-biznesa/>

5. Умные технологии: как МСП используют искусственный интеллект / НАФИ. — Москва, 2023. – URL: <https://nafi.ru/polls/kazhdyy-tretiy-predstavitel-msp-ispolzuet-iskusstvennyy-intellekt-v-rabote/> (дата обращения: 20.03.2026)
6. Аналитический обзор: развитие генеративного ИИ и цифровых двойников в РФ. — 2024. – URL: <https://vk.com/away.php?to=https%3A%2F%2Fvademec.ru%2Fnews%2F2025%2F11%2F11%2Fanalitiki-razvitiye-generativnogo-ii-i-tsifrovyykh-dvoynikov-v-rf-nakhoditsya-na-nachalnoy-stadii%2F&utf=1>
7. Keen P. G. W., Scott Morton M. S. Decision Support Systems. — Reading : Addison-Wesley, 1978.
8. Морозова Л. Цифровая трансформация принятия управленческих решений: роль ИИ // Проблемы современной экономики. — URL: <https://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=7663> (дата обращения: 20.04.2026).
9. Цифровые двойники в высокотехнологичной промышленности : монография / СПбПУ, ПИШ. — Санкт-Петербург, 2023. – URL: <https://pish.spbstu.ru/news/8700>

ЦИФРОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОГИСТИЧЕСКИХ ЕДИНИЦ ЗИП КАК ИНСТРУМЕНТ ОПТИМИЗАЦИИ ОТГРУЗОЧНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ В УСЛОВИЯХ АО «СИЛОВЫЕ МАШИНЫ»

А.В. Могильников^{1,2,3}, Я.С. Волобуева^{1,3}, Д.Л. КОВАЛЕВ^{1,4}

¹АО «Силовые машины»,

²ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»,

³ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»,

⁴ФГБОУ ВО «Ивановский государственный энергетический университет имени В.И. Ленина»

Аннотация. В данной статье описан процесс оптимизации пространства для комплектов запасных частей, инструментов и принадлежностей при разработке конструкторской документации (формировании ведомости отправки) с помощью методики цифрового моделирования на базе ведущей российской энергомашиностроительной компании. Рассматривается связанная с отсутствием автоматизированного учета габаритов многокомпонентных узлов проблема информационного разрыва между конструкторским отделом систем возбуждения энергетических машин и отделом проектирования упаковки, что, в свою очередь, препятствует подбору оптимальной тары на ранних этапах проектирования. Представлены результаты моделирования грузового пространства с использованием специализированного онлайн-сервиса «Планировщик грузового пространства» на основе данных, выгружаемых из системы автоматизированного проектирования акционерного общества «Силовые машины». Получены точные значения массогабаритных характеристик для критических позиций и агрегированной группы «Остальное», что позволило автоматизировать заполнение ведомостей отправки и исключить выполнение ручных расчетов. Рассчитаны оптимальные параметры упаковки, обеспечивающие минимизацию транспортных расходов и нивелирование рисков повреждения оборудования при транспортировке за счет возможности предиктивного моделирования и верифицированного штабелирования в цифровой модели.

Ключевые слова: комплекты ЗИП, ведомость отправки, оптимизация грузового пространства, цифровое моделирование, цифровой двойник груза, логистические процессы, информационная интеграция, энергетическое машиностроение, САПР, автоматизация документооборота.

Актуальность исследования

Технологический процесс подготовки конструкторского документа — ведомости отправки (ВО) в АО «Силовые машины» строго регламентирован стандартом предприятия СТП БС-1-556-2003 «Документация на консервацию, упаковку и транспортирование продукции завода «Электросила», согласно которому конструктор-разработчик обязан заполнять массогабаритные характеристики грузов [1, п. 4.2.5]. Формирование документации на системы возбуждения становится критически трудоемким из-за широкой номенклатуры комплектов запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП),

которые включают в себя порядка 100 наименований покупных изделий несобственного производства. В системе САПР КТИ отсутствует функционал автоматического агрегирования размеров таких комплектов, что вынуждает разработчиков использовать ручной расчет или передавать данные в отдел проектирования упаковки (ОПУ) в виде сторонних Excel-таблиц. Отказ ОПУ от приема неформализованных данных создает информационный разрыв и блокирует процесс отгрузки. Для устранения инфоразрыва предлагается внедрение цифровых двойников логистических единиц [2].

Методика цифрового моделирования

Для решения производственной задачи по оптимизации логистики в АО «Силовые машины» внедряется методика цифрового моделирования на базе облачного онлайн-сервиса «Планировщик грузового пространства» [3]. Данное программное решение позволяет выполнять прецизионный расчет укладки и оптимизацию загрузки транспортных средств в облачной среде. Алгоритм данной методики был детально представлен автором ранее в работе [3]. Практическую реализацию, предложенную специалистами конструкторского отдела систем возбуждения энергетических машин (КОСВЭМ), можно описать в три последовательных этапа:

— Первый этап — дифференциация состава комплекта. Из общего перечня ЗИП, извлекаемого напрямую из базы данных САПР КТИ [4, табл. 1], конструктором-разработчиком выделяются позиции с наибольшей массой, которые вносятся в ВО отдельными строками. Оставшаяся номенклатура объединяется в сборную позицию под названием «Остальное» [4, рис. 2].

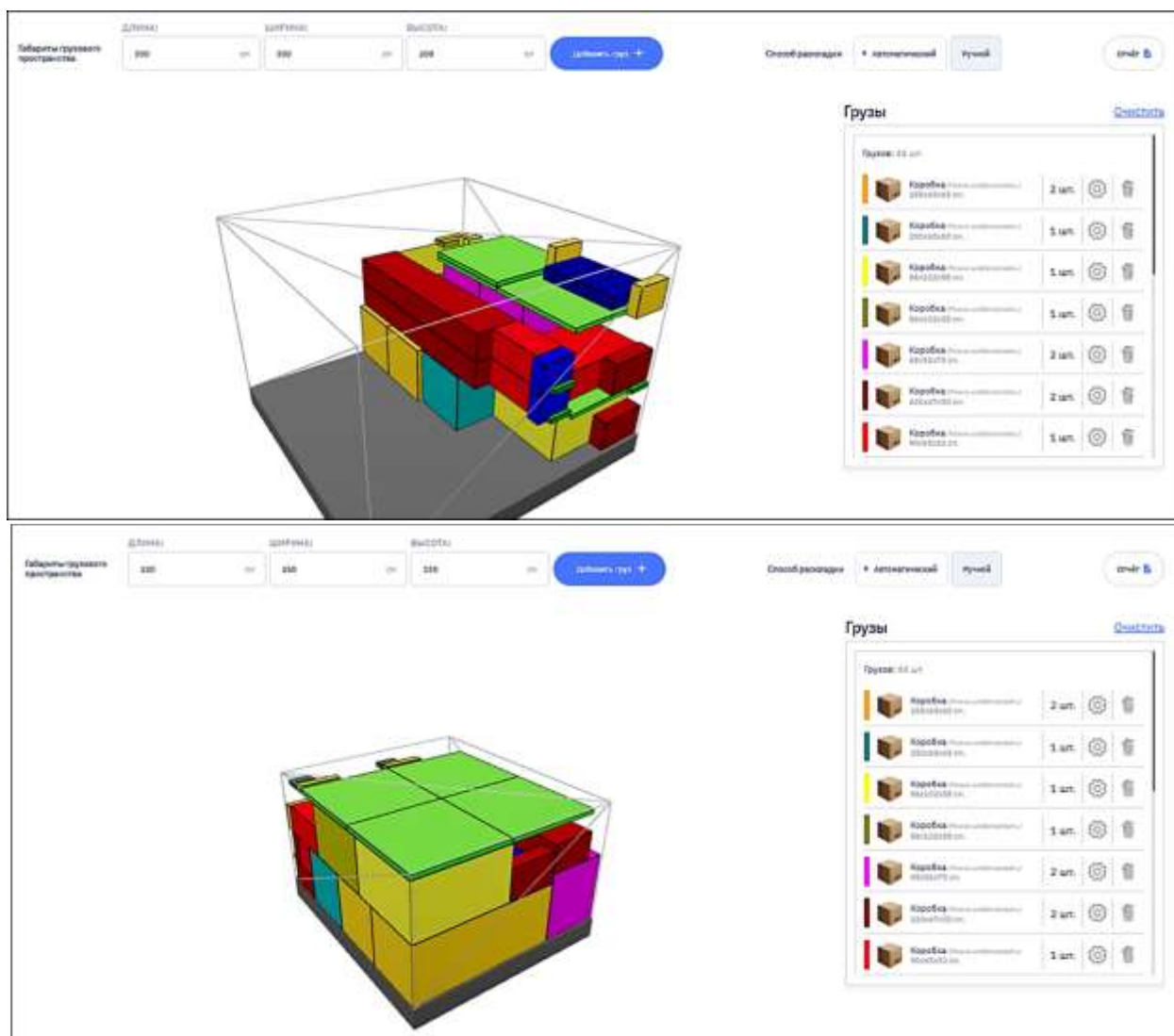


Рис. 1. Сравнительный анализ вариантов размещения комплекта ЗИП в онлайн-сервисе «Планировщик грузового пространства»: гипотетическая нерациональная укладка в упаковке на основе экспертного (ручного) расчета, габариты 300×300×200 мм (вверху); верифицированный результат оптимизации и прецизионный подбор упаковки на основе цифровой модели, габариты 220×250×130 мм (внизу)

— Второй этап — имитационное моделирование. Все необходимые массогабаритные характеристики комплектующих вручную переносятся из САПР КТИ в планировщик. Внутри 3D-интерфейса производится виртуальная укладка с применением функции штабелирования, которая предусмотрена самим сервисом (рисунок 1). Это позволяет не только рассчитать габариты будущего ящика, но и надежно зафиксировать безопасное расположение наиболее хрупких элементов. Применение специализированных алгоритмов оптимизации укладки позволяет достичь максимальной плотности размещения при сохранении целостности оборудования [5].

— Третий этап — итоговая верификация документации. На основе построенной модели автоматически рассчитываются итоговые размеры (Длина x Ширина x Высота) для сформированной позиции «Остальное». Полученные данные (например, 220 x 250 x 130 мм) вносятся конструктором-разработчиком в автоматизированную систему «Отгрузка», обеспечивая таким образом полное соответствие документации всем требованиям СТП.

Как показала практическая апробация, данный метод позволил существенно сократить трудозатраты разработчиков КОСВЭМ и исключить ошибки при подборе тары (объем упаковки сократился с 18,0 дм³ до 7,15 дм³, что составляет более 60% экономии полезного пространства). Благодаря точному прецизионному планированию объема ОПУ теперь может подбирать оптимальные типоразмеры ящиков, минимизируя транспортные издержки предприятия и нивелируя риски повреждения товароматериальных ценностей при логистических операциях.

Научные результаты исследования

Использование современных методов 3D-моделирования логистических единиц дало возможность трансформировать рутинную операцию по заполнению ведомостей в разряд высокотехнологичных инструментов оптимизации. Достигнутый эффект апробированного метода выражается в сокращении трудозатрат конструкторов КОСВЭМ на 25–30% и возможности подбора ОПУ оптимальной тары. Отсутствие «избыточного объема» в упаковке и учет схем штабелирования в цифровом двойнике груза минимизируют транспортные издержки предприятия и гарантируют высокую сохранность оборудования при доставке конечному заказчику.

Список литературы

1. СТП БС-1-556-2003. Документация на консервацию, упаковку и транспортирование продукции завода «Электросила»: стандарт предприятия. — Санкт-Петербург: АО «Силовые машины», 2003. — 21 с.
2. Трегубов, В. Н. Использование технологии генеративного искусственного интеллекта для проектирования цифровых двойников в логистике / В. Н. Трегубов, М. А. Матушкин // Цифровая экономика. — 2025. — № 1(31). — С. 5–13.
3. Планировщик пространства: [интерактивный модуль размещения грузов] // KV Logistics: официальный сайт / ООО «КЕЙВИ ЛОГИСТИКА». — Москва, 2026. — URL: <https://kv-log.ru> (дата обращения: 01.05.2026). — Режим доступа: свободный.
4. Могильников, А. В. Оптимизация грузового пространства для комплектов ЗИП при разработке ведомости отправки с помощью информационных технологий / А. В. Могильников // Энергия молодости: Сборник трудов XIV научно-технической конференции молодых инженеров, Санкт-Петербург, 19–20 февраля 2026 года. — Москва: Издательство «Перо», 2026. — С. 90–94.
5. Нужнов, Е. В. Трехмерная упаковка на основе эвристических процедур / Е. В. Нужнов, А. В. Барлит // Известия ТРТУ. — 2002. — № 3(26). — С. 95–101.

СОЗДАНИЕ БИБЛИОТЕКИ 3D МОДЕЛЕЙ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ СВЕРХВЫСОКОВАКУУМНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

ПОПОВА С.Е.¹, НЕЧАЕВ М.С.^{2,3}, ФИЛИППОВ С.В.²

¹СПбГБПОУ Электромашиностроительный колледж, ул. Варшавская, 7А, 196128

²Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН, СПб, ул. Политехническая, 26, 194021

³СПбГЭТУ «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), ул. Проф. Попова, 5Ф, 197022

Аннотация. Рассмотрены вопросы создания цифровых двойников вакуумной научной аппаратуры в виде библиотек трехмерного моделирования для САПР «КОМПАС». Были созданы модели наиболее востребованных частей вакуумной арматуры – фланцевых соединений для всего диапазона стандартов проходных отверстий Ду20–Ду630. Особенностью данной разработки является создание 3D моделей фланцев, которые изготавливаются из нержавеющей стали с использованием уплотнения из мягкого металла (меди). Такие соединения выдерживают высокотемпературный нагрев (отжиг) и нужны для создания высоковакуумных и сверхвысоковакуумных условий в экспериментальных научных вакуумных установках. Впервые такие цифровые двойники реальных изделий были сделаны для

вакуумных уплотнений типа «зуб-канавка», позволяющие эффективно использовать соединения большого диаметра для систем откачки магниторазрядными насосами, для подключения вакуумметров, а также для модификации и ремонта существующих вакуумных установок.

Ключевые слова: моделирование вакуумных соединений, 3D библиотеки, высоковакуумные фланцы, сверхвысоковакуумные условия, соединение клин-канавка, ОСТ 11 868.007-74, вакуумметры, магниторазрядные насосы, НОРД

Введение

Проектирование, изготовление и модернизация научно-исследовательских вакуумных установок сейчас трудно представить без современных методов 3D моделирования узлов и аппаратуры вакуумной техники. Создание библиотеки цифровых двойников вакуумной арматуры позволяет на порядок уменьшить время, которое необходимо затратить на создание чертежей установки, но также, при наличии сборочного чертежа, избежать ошибок при изготовлении и монтаже деталей. Таким образом, цифровые двойники позволяют создавать реальные детали наиболее оптимальным способом.

В настоящее время оказалось, что при проектировании научного вакуумного оборудования, далеко не все детали (модели) можно найти и скачать. Особую сложность приобретает процесс модернизации и подключения нестандартного вакуумного оборудования. Многие чертежи отсутствуют даже в виде растровых картинок – копий бумажных чертежей.

Наиболее популярным и распространённым стандартом для сочленения компонентов высоковакуумных и сверхвысоковакуумных установок является симметричное клиновидное соединение типа CF (ConFlat, Conflat Flange). Это соединение имеет существенное преимущество при создании сверхвысоковакуумных условий в откачиваемом объеме. Достигается оно использованием достаточно толстых (2-2.5 мм) круглых медных прокладок, выдерживающих прогрев соединительных фланцев для обезгаживания сверхвысоковакуумной установки. Медные вакуумные прокладки типа CF являются одноразовыми и их стоимость достаточно высока, особенно для проходных вакуумных отверстий (Ду) большого диаметра.

Однако существует и более дешевое, но не менее надежное решение в виде соединения фланцев типа «зуб-канавка» или «клин-канавка». Данное соединение допускает использование медных фольг в диапазоне толщин 0.4 ÷ 0.5 мм. Таким соединением является отечественный ОСТ 11 868.007-74, разработанный еще в середине 70-х годов.

Большое количество изготовленных соединительных фланцев, измерительных датчиков низкого и высокого вакуума, магниторазрядных насосов, запорных вентилей определяют актуальность использования данного стандарта. Так, например, современный цифровой вакуумметр Мерадат-ВИТ19ИТ2 (г. Пермь) работает с тепловыми преобразователями семейства ПМТ-6-З, в которое входит ПМТ-6-ЗФ на фланце зуб-канавка (Рис.1а). Высокопроизводительные магниторазрядные вакуумные насосы для получения глубокого и сверхглубокого вакуума НМД, НМДИ, НМДО (всего более двух десятков модификаций) выпускаются ООО «Призма» (г. Искитим) в двух типах присоединительного фланца корпуса насоса, в том числе по ОСТ 11 868.007 (Рис.1б).



Рис.1. Примеры вакуумного оборудования по ОСТ 11 868.007: а) вакуумметр типа Пирани PMT-6-3Ф; б) магниторазрядный насос НОРД-250

В Интернете отсутствуют не только компьютерные модели соединительных фланцев, но даже внятные копии бумажных чертежей. В данной работе проведена работа по поиску исходных документов, а также созданы модели соединений (прямые и ответные), необходимые для создания конструкторской документации (чертежей) и изготовления переходных соединений.

Диапазоны давлений и вакуумное оборудование

Универсальный стандарт типа СФ, а также вопросы его сопряжения с похожим соединением «клин-клин» («зуб-зуб»), разработанного в СКБ ИРЭ (г. Фрязино), был рассмотрен ранее в работе [1]. Здесь мы опишем лишь небольшую, но существенную часть вакуумного оборудования, связанную с соединением типа «зуб-канавка».

Вакуумные датчики или манометрические преобразователи (лампы) устанавливаются в виде тандема: одна вакуумная лампа для измерения низкого вакуума, а вторая для измерения высокого (сверхвысокого вакуума). Эти лампы должны измерять один и тот же объем. Требование содержится во всех инструкциях и обусловлено защитой от перегорания высоковакуумных ламп.

Для измерений от атмосферы до форвакуума (низкого вакуума) используют термопарные манометры: ПМТ-2, ПМТ-4М и др. Для высокого вакуума используют ионизационные манометры: ПМИ-2, ПМИ-10-2 и др. В более широком диапазоне работают манометры типа Пирани (ПМТ-6-3) и магниторазрядные типа ПММ-46. Термопарный преобразователь представляет собой стеклянный или металлический баллон, в котором на вводах смонтированы подогреватель и приваренная к нему термопара. Подогреватель нагревается током (~110-120 мА), который регулируется переменным сопротивлением. Температура нагреваемой нити измеряется термопарой. При изменении давления в объеме преобразователя, присоединенного к вакуумной системе, изменяется температура нити и, соответственно, его термо-ЭДС. Таким образом, в преобразователе используется зависимость сопротивления нити от температуры в диапазоне давлений от 0.2 до $\sim 10^{-3}$ Торр (мм рт. ст.).

Накаленный катод электронных ионизационных вакуумметров эмитирует электроны, которые ускоряются электрическим полем положительно заряженной сетки. Поскольку витки сетки относительно редки, большинство электронов пролетает ее и отталкивается отрицательно заряженным коллектором. Положительно заряженные ионы собираются отрицательно заряженным коллектором, выполненным в виде цилиндра. Диапазон измерений ПМИ-2 составляет $10^{-5} \div 10^{-1}$ Па ($10^{-7} \div 10^{-3}$ Торр), а ПМИ-10 с иридиевым катодом $10^{-3} \div 100$ Па ($10^{-5} \div 1$ Торр). Преобразователь ПМИ-27 (Рис.2а) открытого типа относится к классу ионизационных вакуумных датчиков и имеет конструкцию,

характерную для манометра Байярда-Альперта [2]. К вакуумному объёму присоединяется посредством фланцевого соединения с медной прокладкой (тип уплотнения "клин-канавка").



Рис.2. Внешний вид манометров для глубокого и сверхглубокого вакуума, и их диапазоны значений: (а) ПММ-27 $10 \div 2 \times 10^{-8}$ Па ($7.5 \times 10^{-2} \div 1.5 \times 10^{-10}$ Торр); (б) ПММ-32 $10^{-1} \div 10^{-7}$ Па ($10^{-2} \div 10^{-9}$ Торр); (в) ПММ-46 $10^{-1} \div 10^{-11}$ Па ($10^{-3} \div 10^{-13}$ Торр)

Более высокую надежность в работе по сравнению с ионизационными преобразователями имеют магниторазрядные преобразователи, у которых нет накаливаемого катода [3,4] (Рис.2б,в). Принцип действия магниторазрядных вакуумметров основан на зависимости тока разряда от давления газа, который возникает в разреженном газе в скрещенных магнитном и электрическом полях. ПММ-46 имеет съемный магнит и позволяет прогревать манометр до 400°C .

Для получения глубокого вакуума (с возможностью предварительного отжига вакуумных соединений) применяют магниторазрядные насосы. Принцип работы диодного магниторазрядного насоса заключается в следующем. В вакууме в полости насоса всегда присутствуют электроны. В электрическом и магнитном поле электроны двигаются по спиралевидным траекториям в направлении от катода к аноду до тех пор, пока не произойдет столкновение электрона с атомами газовой среды (ячейка Пеннинга). К моменту столкновения с катодом ионы приобретают энергию, достаточную для выбивания атомов титана с поверхности катода - поверхность катодов постоянно распыляется при работе насоса. Атомы титана, выбитые с поверхности катодов, осаждаются на аноде и корпусе насоса. Формирующиеся таким способом пленки способны поглощать молекулы остаточной атмосферы.

Разработка 3D библиотек соединительных фланцев

Основная сложность была связана с поиском чертежей сверхвысоковакуумных подсоединительных и ответных фланцев типа зуб-канавка с тонкими уплотнительными медными прокладками. Некоторая информация по конструкции ответных фланцев Ду50 содержалась в описаниях к приборам ПММ-32 [3], ПММ-46 [4], а также в описаниях к насосу НОРД-250 [5]. Описание и допуски уплотнительных соединений Ду200 были обнаружены в документации к турбомолекулярному насосу ТМН-500 [6].

Однако полная таблица проходных отверстий всей линейки Ду содержится в Сборнике стандартов ОСТ 11 868.007-74 [7]. В Сборнике приводятся таблицы, необходимые для создания моделей и последующего изготовления деталей из нержавеющей стали. Надо отметить, что наибольший интерес представляет младшая модель соединительных фланцев Ду20, показанная на Рис.3.

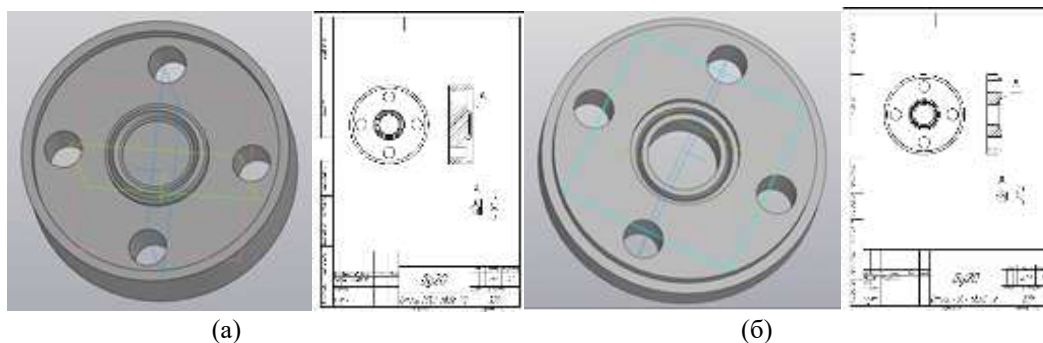


Рис.3. Пример 3D моделей и чертежей из библиотеки фланцев на КОМПАС-3D: (а) ответный фланец («зуб»); (б) соединительный фланец («канавка»)

Это наиболее распространенное фланцевое соединения для тандемного подключения ламп ПМТ-2 и ПМИ-2, размещенных на специальном сплаве, имеющем одинаковый коэффициент линейного расширения, что и стекло (ковар). Как было отмечено выше, данный стандарт, позволяет легко подключать датчик Пирани, типа ПМТ-6-3Ф. По данным [6,7] фланцевое соединение Ду50 ионизационных и магниторазрядных датчиков выполняется по нормали Н ОТО.868.054. Так как уплотнительное соединение, очевидно, полностью совпадает с ОСТ 11 868.007, данные модели также удалось сделать исходя из натурных измерений.

Разработанная полная библиотека 3D моделей содержит весь ряд проходных отверстий, в том числе для наиболее актуальных соединений для магниторазрядных насосов Ду100, Ду160 и Ду200. В результате выполненной работы был проведен анализ принципов работы и диапазонов измерения вакуумных датчиков, а также наиболее надежных устройств для получения высокого и сверхвысокого вакуума.

Список литературы

1. Попова С.Е. Разработка библиотеки чертежей вакуумных фланцев для САПР КОМПАС-3D. «Наука настоящего и будущего» Санкт-Петербург, 2025, С. 97-101.
2. Преобразователь манометрический ионизационный ПМИ-27. ЮР 2.832.000.ТО, 7 с.
3. Преобразователь манометрический ПММ-32-1. ОТЗ.399.442 ТО, 1981, 18 с.
4. Преобразователи манометрические ПММ-46, ПММ-46а. 3.472.008 ТО, 12 с.
5. Насос магниторазрядный диодный охлаждаемый НМДО-025-1 НОРД-250, 28 с.
6. Насос турбомолекулярный ТМН-500, 1978, 51 с.
7. ОСТ 11 868.003-74 и др. Соединительные элементы вакуумных систем / В сборнике ОСТ 11 868.003-74 - 11.868.010-74, 119 с.

ПРОЦЕССНЫЙ ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ВНЕШНЕЙ МОДЕЛИ ДАННЫХ

ШЕВЧЕНКО А. А.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
имени В. И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье рассматриваются существующие функциональный и предметный подходы к проектированию базы данных и предлагается процессный подход, заключающийся в поэтапном преобразовании схемы процессов во внешнюю, концептуальную, логическую и физическую модели данных. Рассматривается первый этап преобразования. Подняты вопросы динамичности и статичности

объектов, кардинальности связей между объектами, а также темпоральности. Утверждения сопровождаются примерами.

Ключевые слова: база данных, проектирование, процессный подход, модель процессов, внешняя модель данных

1. Подходы к проектированию баз данных

При разработке базы данных важной проблемой является выбор подхода к проектированию структуры информационных объектов. В теории системного анализа получили известность два подхода: функциональный и предметный, определяющие соответственно будет ли информационная архитектура подстраиваться под текущие задачи или ориентироваться на структуру предметной области.

Функциональный подход, проработанный в работах Тома ДеМарко [1] и Эдварда Йордана, доминировал на ранних этапах развития информационных технологий, когда данные рассматривались как приложение к алгоритмам, а проектирование их структуры велось от текущих функций программного обеспечения. Преимуществом такого метода является скорость реализации системы под требования заказчика. Однако, существенным недостатком функционального проектирования становится его низкая адаптивность – жёсткая привязка структуры данных к логике процессов приводит к тому, что любое их изменение требует глубокой переработки базы данных.

Предметный подход оформился под влиянием работы Эдгара Кодда о независимости данных благодаря Питеру Чену, который в 1976 году представил модель «сущность-связь» [2]. Он доказал, что объекты реального мира и их отношения образуют более стабильный фундамент системы, чем изменчивые функции. Эту идею развил Джеймс Мартин в рамках «информационной инженерии» [3], закрепив, что данные должны проектироваться единожды для широкого круга задач. Этот подход ориентирован на выявление и фиксацию всех значимых атрибутов предметной области независимо от текущих задач. Достоинство предметного подхода заключается в его фундаментальности: качественная модель сущностей позволяет внедрять новые функции без радикального изменения структуры базы данных. Недостатком же является некоторая избыточность создаваемых моделей.

Дж. Мартин [3] ввёл понятие информационной архитектуры, отражающей использование и порождение данных процессами, т. е. потоки данных в системе, однако, из этого не следует построение моделей данных.

Формализацией подходов стали стандарты серии IDEF, основанные на методологии структурного анализа (методологии SADT). Введённое Дж. Мартином рассмотрение процессов детализировало стандарт IDEF0. Согласно ему процесс представляется «чёрным ящиком», преобразующим входные объекты в выходные при определенных условиях управления и применении механизмов. Объекты могут быть как материальными, так и информационными. Входы и выходы в контексте интегрированных систем управления производством представлены информационными объектами, из их отношений следуют связи между этими объектами.

При проектировании баз данных часто разделяют функциональное моделирование и информационное моделирование, однако такой разрыв создает риски несоответствия между логикой процессов и схемой данных. В рассмотренных подходах связи между объектами устанавливаются в ходе проектирования внешней модели данных, это приводит к тому, что получившаяся модель не объективна и зависит от точки зрения разработчика.

Для автоматизации разработки базы данных были попытки разработать подход выделения объектов как результатов создающих их процессов. При таком подходе исключается

влияние на схему данных со стороны разработчика, а также преобразование моделей может производиться автоматически. Данный подход рассматривался ранее в нескольких работах [4, 5], авторы которых считают, что процесс преобразования неавтоматизируем, поскольку необходимо вмешательство разработчика для определения того, является ли элемент сущностью или атрибутом. В рассмотренных работах отмечается, что стандартная процедура такого преобразования пока не определена. Также в этих работах не раскрыт вопрос определения кардинальности связей.

2. Преобразование модели процессов во внешнюю модель базы данных

При анализе модели процессов входы можно разделить на динамические, которые могут меняться при выполнении процесса, и статические, остающиеся постоянными. К статическим объектам относятся управление и механизмы, которые неизменны при каждом повторении процесса, к динамическим – входы, поскольку они для каждой итерации процесса могут принимать различные значения. Например, рассмотрим процесс получения заказа и внешнюю модель данных для этого процесса (рис. 1). Исходя из статичности и динамичности объектов можно рассматривать их связи.

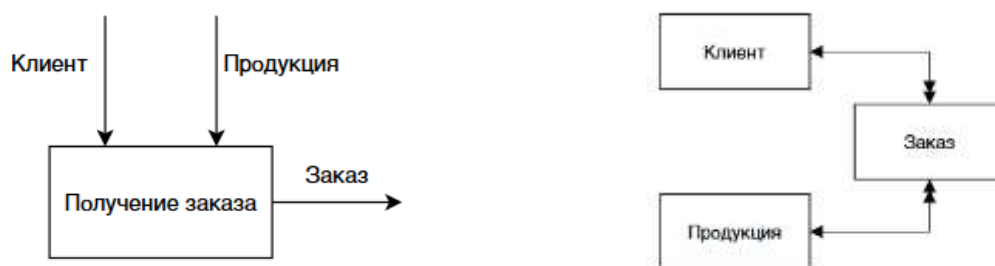


Рис. 1. Процесс с управлением и выходом и внешняя модель его данных

Рассмотрим статические объекты. Можно утверждать, что между управлением и выходом однозначно устанавливается связь 1:M, поскольку многократно повторяющийся процесс каждый раз порождает объект на выходе, а управление при этом не меняется. Аналогичным образом получается связь механизма и выхода с кардинальностью 1:M.

Динамические объекты могут изменяться во время процесса следующим образом: объект может изменить своё состояние (рис. 2), может быть преобразован в другой, а также разделён на несколько объектов или являться составной частью другого объекта (рис. 3). Также множество объектов на входе может быть преобразовано во множество объектов на выходе (рис. 4). Следовательно, отношения входа и выхода могут быть 1:1 (рис. 2), 1:M (рис. 3) или M:M (рис. 4). Также тип изменений динамических объектов может меняться от процесса к процессу (рис. 5).

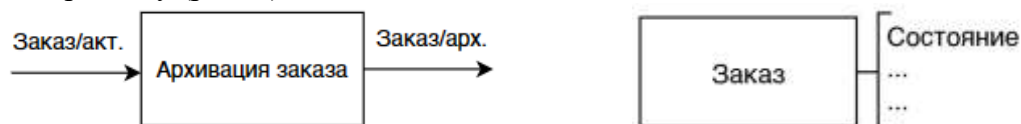


Рис. 2. Процесс с изменяющимся объектом и внешняя модель его данных

При изменении состояния объекта сам объект остаётся тем же, но его состояние меняется. Следовательно, во внешней модели данных такой случай выражается одной сущностью с атрибутом. В примере на рисунке 2 объект «заказ» не преобразуется в другой, но его состояние, выраженное атрибутом «состояние», меняется с «активное» на «архив».

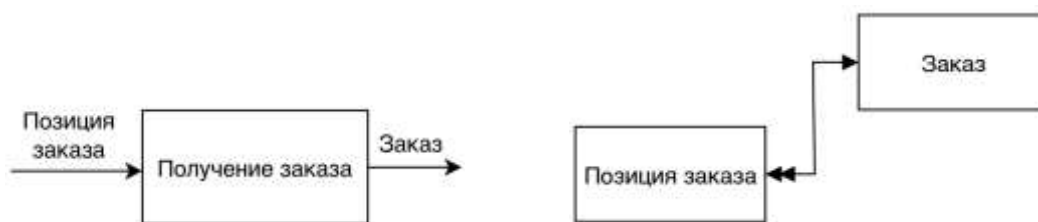


Рис. 3. Процесс с объектом, преобразующимся в другой, и внешняя модель его данных

В процессах с преобразованием объекта в другой, разделением объекта на несколько других объектов или, наоборот, с формированием объекта из нескольких других они будут связаны соответственно, как 1:М или М:1. В примере на рисунке 3 показан третий случай: множество позиций заказа составляют заказ, следовательно, они связаны М:1.



Рис. 4. Процесс с объектом, являющимся частью другого, и внешняя модель его данных

В процессах, где множество объектов на входе преобразуются во множество объектов на выходе, между ними образовывается связь М:М. В примере на рисунке 4 «потребность» и «заказ на закупку» однозначно ставятся в соответствие через вспомогательную сущность «потребность/заказ».

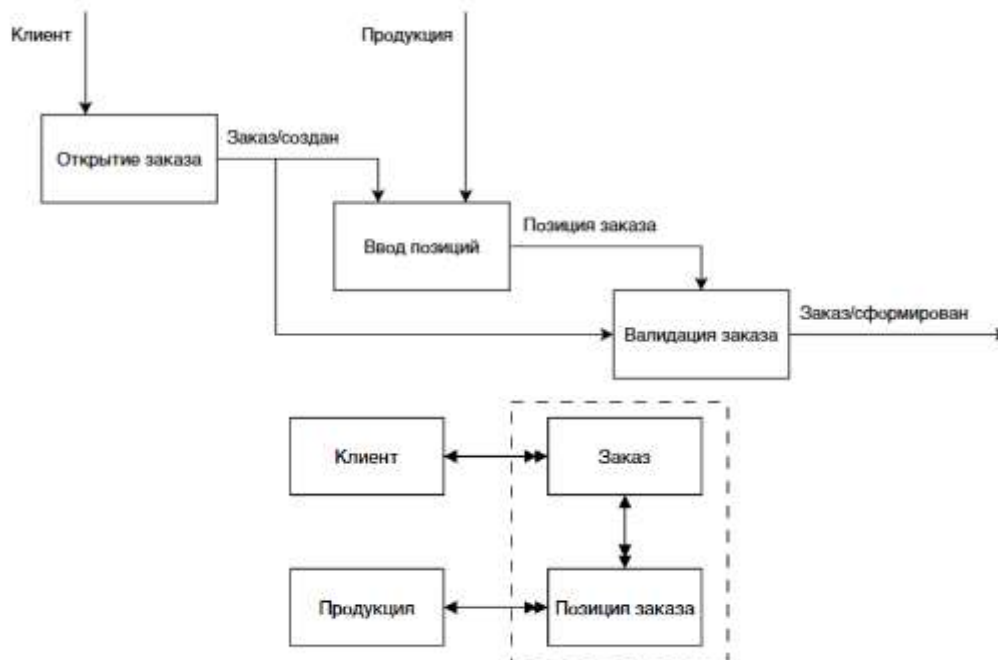


Рис. 5. Процесс с различными типами динамических объектов и внешняя модель его данных

Предложенный подход также позволяет решить проблему темпоральности. Сам объект может не меняться в процессе, но он может быть другим на момент последующих

выполнений процесса, например, конфигурация продукции может меняться от заказа к заказу (рис. 6).

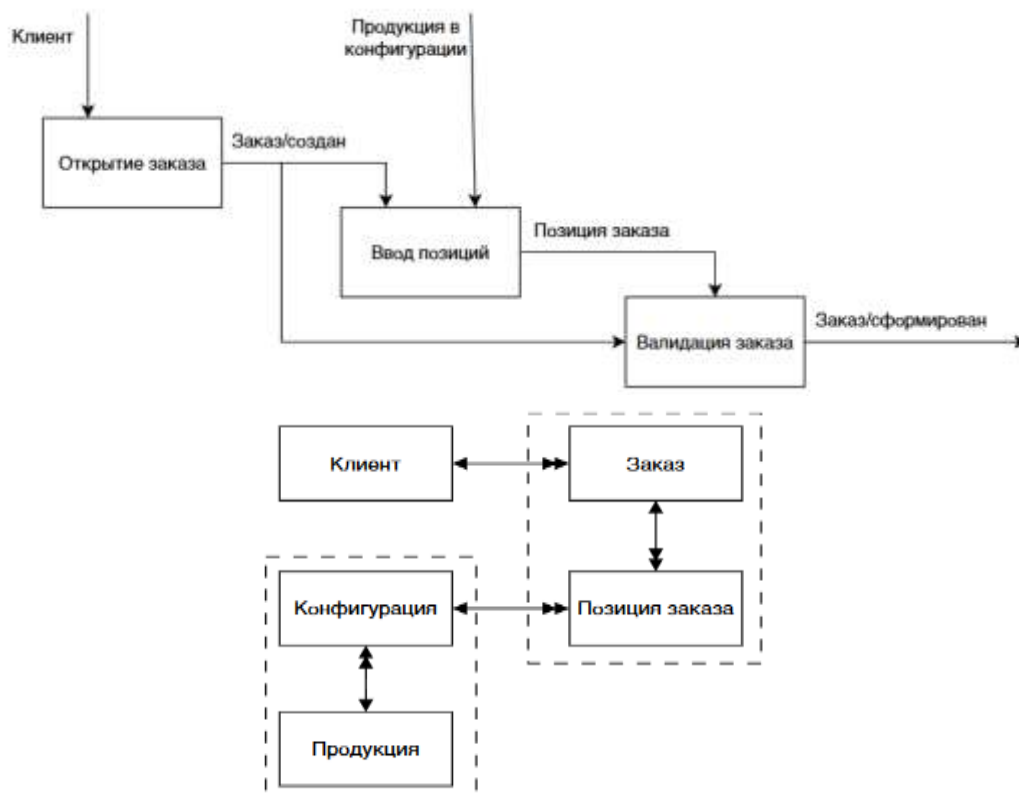


Рис. 6. Процесс с темпоральным объектом и внешняя модель его данных

В данном примере управляющий вход «продукция в конфигурации» образует связь с позицией заказа – такой образом фиксируется состояние темпорального объекта в момент выполнения процесса.

Заключение

В предложенном процессном подходе, при котором внешняя модель данных строится на основе схемы процессов, решается проблема несоответствия между логикой процессов и схемой данных, вызванная разделением функционального и информационного моделирования. Такой подход позволит автоматизировать построение внешней модели данных, а также решить задачу обратного инжиниринга – построение модели процессов по имеющейся внешней модели данных.

Список литературы

1. DeMarco T. Structured Analysis and System Specification // Software Pioneers. Springer Berlin Heidelberg, 2002. С. 529-560.
2. Chen P. P.-S. The entity-relationship model—toward a unified view of data // ACM Transactions on Database Systems. 1976. Т. 1. № 1. С. 9-36.
3. Мартин, Джеймс. Планирование развития автоматизированных систем / Москва: Финансы и статистика, 1984. — 196 с.
4. Kamimura M., Kumagai S., Itoh K. Extracting E-R models from IDEF0 diagrams // Advances in Concurrent Engineering. 2000. С. 8.
5. Austin K. A. и др. An entity-relationship modeling approach to IDEF0 syntax // IEEE Conference on Aerospace and Electronics: IEEE. С. 641-645.

СЕКЦИЯ СОВРЕМЕННЫЕ ТРЕНДЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ И ЦИФРОВАЯ ЭКОНОМИКА

ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ КАПИТАЛ В ЭПОХУ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО КРИЗИСА И ЦИФРОВИЗАЦИИ

А.Д. БАНАХОВИЧ

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Аннотация. В статье рассматривается демографический кризис как ключевой макроэкономический вызов, влияющий на формирование и использование человеческого капитала. Особое внимание уделено сокращению трудоспособного населения и его последствиям для конкурентоспособности экономик. На основе анализа демографических и социально-экономических тенденций в России, странах СНГ и Казахстане выявлены основные риски и управленческие ограничения, а также оценен потенциал адаптационных инструментов — миграционной политики, цифровизации и роста производительности труда. Использован междисциплинарный подход. Результаты могут быть применены при разработке стратегий социально-экономического развития в условиях демографических изменений.

Ключевые слова: демографический кризис, миграция, международный менеджмент, рынок труда, человеческий капитал.

Введение

В научной литературе последних десятилетий демографические изменения рассматриваются как один из ключевых факторов долгосрочного социально-экономического развития. Исследования в области демографии, экономики труда и теории человеческого капитала сходятся в том, что снижение рождаемости, рост продолжительности жизни и старение населения оказывают комплексное воздействие на структуру рынков труда, динамику экономического роста и устойчивость социальных систем. [1] В работах, посвящённых человеческому капиталу, подчёркивается смещение акцента с количественных характеристик рабочей силы на её качественные параметры, включая уровень образования, профессиональные компетенции и адаптивность к технологическим изменениям.

Для большинства стран с переходной и развитой экономикой, включая Россию, государства СНГ и Республику Казахстан, характерно формирование феномена демографического кризиса, выражающегося в сокращении численности населения трудоспособного возраста и изменении его возрастной структуры. Несмотря на наличие значительного массива исследований, остаётся недостаточно изученным вопрос о том, в какой мере демографический кризис трансформирует экономические риски и какие управленческие решения в сфере международного менеджмента позволяют смягчить его негативные последствия для конкурентоспособности национальных экономик.

Целью настоящего исследования является анализ влияния демографического кризиса на формирование и использование человеческого капитала, а также оценка эффективности управленческих инструментов, применяемых в международной практике для адаптации экономик к сокращению трудовых ресурсов. В качестве рабочей гипотезы выдвигается предположение о том, что негативное воздействие демографического кризиса на экономическое развитие может быть частично компенсировано за счёт комплексного использования миграционной политики, цифровизации и мер по повышению

производительности труда при условии институциональной согласованности и эффективного управления.

Логика исследования основана на сочетании теоретического анализа концепций человеческого капитала и демографического перехода с эмпирическим рассмотрением демографических и социально-экономических тенденций в России, странах СНГ и Казахстане. Ожидаемые результаты исследования заключаются в выявлении ключевых экономических рисков, связанных с сокращением трудоспособного населения, а также в формировании практических рекомендаций по совершенствованию управленческих решений в сфере человеческого капитала в условиях демографических изменений.

Основная часть

Обзор литературы

Проблематика демографического кризиса и его влияния на экономическое развитие широко представлена в трудах зарубежных и отечественных исследователей. В рамках теории человеческого капитала (Г. Беккер, Т. Шульц) население рассматривается как стратегический экономический ресурс, а инвестиции в образование, здравоохранение и профессиональные навыки – как ключевой фактор долгосрочного роста и конкурентоспособности. [2; 3] Современные исследования дополняют данный подход, указывая на ограниченность экстенсивных моделей развития в условиях сокращения трудоспособного населения и возрастающую роль институциональных и управленческих факторов.

В работах, посвящённых демографическому переходу и старению населения, подчёркивается, что сокращение численности рабочей силы приводит к снижению потенциального темпа роста ВВП, росту нагрузки на системы социальной защиты и изменению структуры спроса на рынке труда [4]. Отдельное направление исследований сосредоточено на роли миграции как инструмента компенсации демографических дисбалансов, а также на влиянии цифровизации и автоматизации на трансформацию занятости.

Для стран СНГ и России в научной литературе выделяются такие проблемы, как демографические волны, неравномерность регионального развития, несоответствие структуры подготовки кадров требованиям экономики и утечка человеческого капитала. В отношении Казахстана исследования фиксируют относительно благоприятную демографическую динамику, однако указывают на риски, связанные с качеством человеческого капитала и его включённостью в процессы технологического развития. В целом, несмотря на значительный объём исследований, остаётся недостаточно систематизированным анализ управленческих решений в контексте международного менеджмента, ориентированных на адаптацию экономик к демографическому кризису.

Материалы и методы

Методологической основой исследования выступает междисциплинарный подход, сочетающий элементы экономической теории, демографии и институционального анализа. В рамках работы использованы как количественные, так и качественные методы исследования.

Эмпирическую базу составляют вторичные демографические и социально-экономические данные национальных статистических органов России, стран СНГ и Республики Казахстан, а также материалы международных организаций. Применяется сравнительный анализ демографических трендов и их влияния на рынки труда и

экономическую динамику. Для оценки управленческих решений используется структурно-функциональный анализ, позволяющий выявить институциональные ограничения и потенциал адаптационных механизмов. Прогностический компонент исследования основан на экстраполяции текущих демографических и экономических тенденций.

Выбранная методология позволяет определить теоретические границы исследования и обеспечить обоснованность полученных выводов.

Для сопоставительного анализа демографических и трудовых тенденций в России, странах СНГ и Республике Казахстан были использованы ключевые показатели, отражающие динамику численности населения трудоспособного возраста, уровень занятости и производительность труда. Их сравнительный анализ позволяет выявить структурные различия и оценить потенциальные экономические риски, связанные с демографическим сжатием.

Таблица 1

Основные демографические и трудовые показатели России, стран СНГ и Республики Казахстан (сравнительный анализ)

Показатель	Россия	Страны СНГ (в среднем)	Казахстан
Численность населения, млн чел. (2022 г.)	146,4	284,0	19,6
Доля населения трудоспособного возраста, %	56,8	55,2	59,4
Изменение численности трудоспособного населения, % (2010–2022 гг.)	–8,7	–6,3	+1,2
Суммарный коэффициент рождаемости (детей на женщину)	1,42	1,67	2,96
Средняя ожидаемая продолжительность жизни, лет	72,6	71,4	74,4
Коэффициент демографической нагрузки (иждивенцев на 100 занятых)	67	64	52
Уровень занятости населения 15–64 лет, %	65,1	61,8	66,3
Уровень безработицы, %	3,9	6,5	4,9
Производительность труда, тыс. долл. ВВП на занятого (ППС)	52	34	49
Среднегодовой рост производительности труда, %	1,1	0,8	2,3
Миграционный баланс, тыс. чел. в год	+180	–420	+35
Доля работников с высшим образованием, %	35,6	27,4	39,1
Доля занятых в высокотехнологичных секторах, %	7,2	4,9	6,8
Ключевые структурные риски	Старение, дефицит кадров	Отток рабочей силы, низкая производительность	Качество человеческого капитала, региональные диспропорции

Источник: составлено автором на основе данных Росстата, национальных статистических органов стран СНГ, Бюро национальной статистики Республики Казахстан, ООН, Всемирного банка, МОТ.

Результаты анализа показывают, что сокращение численности населения трудоспособного возраста является устойчивым трендом для России и большинства стран СНГ. Данный процесс обусловлен сочетанием низкой рождаемости в предыдущие периоды, демографических волн и увеличения продолжительности жизни. В Казахстане демографическая ситуация в целом более благоприятна, однако сохраняются структурные

диспропорции на рынке труда, связанные с региональной дифференциацией и качественными характеристиками человеческого капитала.

Установлено, что демографический кризис приводит к следующим экономическим последствиям:

- формированию дефицита трудовых ресурсов в отдельных секторах экономики;
- снижению потенциала экстенсивного экономического роста;
- росту фискальной нагрузки на занятое население;
- усилению конкуренции за квалифицированные кадры как на национальном, так и на международном уровне.

Анализ показал, что конкурентоспособность национальных экономик в условиях демографического кризиса всё в большей степени зависит от эффективности управления человеческим капиталом. Для России и стран СНГ характерны проблемы несоответствия системы образования потребностям экономики, ограниченной мобильности рабочей силы и оттока квалифицированных специалистов. В Казахстане выявлен значительный потенциал демографического роста, однако его реализация сдерживается недостаточным уровнем производительности труда и цифровых компетенций.

Практические выводы и рекомендации

1. Демографическая и экономическая политика должна быть ориентирована преимущественно на повышение качества человеческого капитала, а не на количественные показатели.

2. Необходимо развитие международного сотрудничества в сфере управления трудовой миграцией и заимствования лучших управленческих практик.

3. Инвестиции в цифровизацию и рост производительности труда должны сопровождаться институциональными преобразованиями в сфере образования и управления.

4. Для стран СНГ и Республики Казахстан актуальной является разработка согласованных региональных стратегий управления человеческим капиталом в условиях демографических изменений.

Полученные результаты подтверждают выдвинутые гипотезы о том, что демографический кризис усиливает макроэкономические риски и требует перехода к новым управленческим моделям. Международная практика демонстрирует, что наиболее эффективные стратегии адаптации основаны на сочетании нескольких инструментов.

Во-первых, миграционная политика позволяет частично компенсировать дефицит трудовых ресурсов при условии селективного подхода и эффективной интеграции мигрантов в рынок труда.

Во-вторых, цифровизация экономики снижает зависимость от численности рабочей силы за счёт автоматизации и внедрения новых форм занятости, однако её эффект определяется институциональной средой и уровнем человеческого капитала.

В-третьих, повышение производительности труда выступает ключевым фактором устойчивого развития, особенно в условиях ограниченного демографического ресурса.

Анализ свидетельствует о сохранении демографического кризиса в России и ряде стран СНГ в среднесрочной перспективе, что будет усиливать значение качественных характеристик человеческого капитала. Для Казахстана прогнозируется относительная демографическая стабильность, однако без структурных реформ её экономический эффект может оказаться ограниченным.

Список литературы:

1. Блинов В. И., Фрумин И. Д. Человеческий капитал как фактор экономического развития // Вопросы экономики. – 2019. – № 3
2. Беккер Г.С. Человеческий капитал: теоретический и эмпирический анализ. – М.: ГУ ВШЭ, 2003
3. Шульц Т.У. Инвестиции в человеческий капитал // Американский экономический обзор. – 1961. – № 51(1)
4. Рязанцев С. В. Миграция населения и демографическое развитие России и стран СНГ. – М.: Экономическое образование, 2020
5. Использовался инструмент искусственного интеллекта ChatGPT для структурирования текста и логической организации материала.

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ЛОГИСТИЧЕСКИХ РИСКОВ МЕБЕЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА KPI

БЕЛИН М.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация. В статье рассматривается количественная оценка логистических рисков мебельного предприятия с использованием цифровых систем мониторинга KPI. На примере компании «Вента Мебель» проведена апробация подхода, включающего расчёт математического ожидания ущерба, коэффициента вариации и построение матрицы рисков. Результаты позволяют обосновать приоритетные направления цифровизации управления рисками.

Ключевые слова: управление рисками, логистические процессы, мебельное производство, количественная оценка рисков, цифровая экономика, KPI, цифровые системы мониторинга.

Логистические риски мебельного предприятия представляют собой вероятность возникновения неблагоприятных событий в процессе планирования, организации и контроля материальных, информационных и финансовых потоков, приводящих к финансовым потерям, снижению качества продукции и ухудшению сервиса. [1]

Эффективная количественная оценка логистических рисков невозможна без качественной информационной базы. Цифровые системы мониторинга выполняют ключевую роль в автоматизации сбора, обработки и визуализации данных, необходимых для расчёта вероятностей и ущербов. Именно благодаря цифровым системам мониторинга становится возможным переход от экспертных оценок к расчётным показателям вероятностей и ущербов. Внедрение таких систем позволяет снизить влияние человеческого фактора, повысить точность прогнозирования рисков и сократить время реакции на наступление рискового события. [2]

На мебельном предприятии «Вента Мебель» внедрена интегрированная система цифрового мониторинга, включающая следующие компоненты:

1. ERP-система «1С:Управление производственным предприятием». Обеспечивает учёт движения материальных запасов, формирование отчётности по исполнению заказов, контроль дебиторской задолженности. Позволяет получать данные о сроках выполнения заказов, уровне запасов, оборачиваемости.

2. WMS-система (Warehouse Management System). Осуществляет управление складскими операциями, включая приёмку, размещение, комплектацию и отгрузку товаров. Фиксирует точность комплектации, время обработки заказов, количество ошибок персонала.

3. Система телематики и GPS-мониторинга. Устанавливается на транспортные средства, осуществляющие доставку готовой продукции. Позволяет отслеживать маршруты движения, соблюдение скоростного режима, время в пути, факты отклонения от маршрута.

4. Система управления качеством (QMS). Фиксирует количество рекламаций, возвратов продукции, повреждений при транспортировке. [3]

На основе анализа деятельности мебельных предприятий и специфики их логистических процессов автором выделены следующие основные группы рисков:

Таблица 1

Систематизация логистических рисков мебельного производства

Группа рисков	Виды рисков	Причины возникновения
Снабженческие риски	Срыв сроков поставки сырья; поставка некачественного сырья; изменение цен поставщиками	Зависимость от импортного сырья (ДСП, ЛДСП, фурнитура); логистические ограничения
Транспортные риски	Повреждение груза при транспортировке; утрата груза; нарушение сроков доставки	Крупногабаритность и хрупкость мебели; человеческий фактор; дорожные условия
Складские риски	Потеря качества при хранении; ошибки комплектации; дефицит складских площадей	Несоблюдение условий хранения; ошибки персонала; сезонные колебания
Информационные риски	Искажение данных в учетных системах; несвоевременное предоставление информации	Сбои в ERP/WMS; человеческий фактор; недостаточная интеграция систем
Финансовые риски	Рост логистических издержек; колебания валютных курсов; штрафные санкции	Инфляция; изменение таможенных пошлин; нарушение договорных обязательств

В основе предлагаемого подхода лежит положение о том, что логистический риск может быть количественно выражен через произведение вероятности наступления неблагоприятного события и величины потенциального ущерба.

Математическое ожидание ущерба рассчитывается по формуле:

$$R_i = P_i \times U_i$$

где:

R_i - величина риска по i-му виду логистических операций (руб./период); P_i - вероятность наступления неблагоприятного события (от 0 до 1); U_i - средний ущерб от одного случая реализации риска (руб.).

Коэффициенты вариации рассчитываются по формуле:

$$CV = \frac{\sigma}{\mu} \times 100\%$$

где

σ - среднеквадратическое отклонение показателя (время выполнения заказа, стоимость доставки и т.д.); μ - среднее значение показателя.

Интегральная оценка уровня риска производится на основе индекса риска:

$$IR = \sum_{i=1}^n (R_i \times w_i)$$

где:

IR - интегральный индекс риска (руб./период); w_i - весовой коэффициент значимости i -го вида риска

На основе данных, собираемых цифровыми системами, формируется система KPI логистической деятельности (таблица 2). [4]

Таблица 2

Система KPI логистической деятельности и источники цифровых данных

KPI	Формула расчета	Источник данных	Периодичность
Точность выполнения заказов	$(\text{Кол-во выполненных без ошибок заказов} / \text{Общее кол-во заказов}) \times 100\%$	WMS, ERP	Ежемесячно
Своевременность доставки	$(\text{Кол-во доставленных в срок заказов} / \text{Общее кол-во заказов}) \times 100\%$	GPS-мониторинг, ERP	Ежемесячно
Доля поврежденной продукции	$(\text{Объем поврежденной продукции} / \text{Общий объем отгрузки}) \times 100\%$	QMS, WMS	Еженедельно
Коэффициент оборачиваемости запасов	$\text{Себестоимость реализованной продукции} / \text{Средний остаток запасов}$	ERP	Ежеквартально
Затраты на логистику	Суммарные затраты на транспортировку, хранение, управление	ERP, бухгалтерия	Ежемесячно

Апробация количественной оценки проведена на базе мебельной компании «Вента Мебель».

Основные характеристики логистической системы «Вента мебель»:

- Объем отгрузки готовой продукции: 1 200–1 500 единиц в месяц;
- Количество активных поставщиков: 27;
- Складские площади: 15.000 м²
- Парк транспортных средств: 4 единиц (собственные), 2 - привлеченные перевозчики;
- География поставок: 5 регионов РФ.

На основе выполненной количественной оценки предложены следующие улучшения, направленные на снижение логистических рисков:

1. Внедрение системы видеофиксации погрузочно-разгрузочных работ и датчиков ударов на транспортных средствах для снижения ущерба при транспортировке.

2. Разработка цифровой платформы управления поставками с функцией автоматического мониторинга статусов отгрузок и прогнозирования срывов.

3. Автоматизация складских операций с использованием адресного хранения и терминалов сбора данных (ТСД) для стабилизации времени выполнения заказов.

4. Интеграция ERP, WMS и QMS в единое информационное пространство для оперативного выявления отклонений и запуска корректирующих мероприятий. [5]

Таблица 3

Результаты количественной оценки логистических рисков компании "Вента мебель"

Группа рисков	Вероятность, %	Годовой ущерб, тыс. руб.	Коэффициент вариации процесса, %
Снабженческие риски	5,56	125,1	-
Транспортные риски	0,22	202,0	-
Складские риски	0,16	76,7	-
Информационные риски	2,50	32,5	-
Финансовые риски	3,80	45,0	-
Время выполнения заказа	-	-	46,88
Стоимость доставки единицы продукции	-	-	28,11

На основе количественной оценки определены три приоритетных направления цифровизации.

Цифровизация контроля транспортировки. Величина транспортного риска (202,0 тыс. руб./год) при низкой вероятности требует снижения ущерба от каждого случая повреждения. Рекомендуются внедрение системы видеофиксации погрузки/разгрузки, датчиков ударов (акселерометров) на транспортных средствах, GPS-мониторинга с функцией контроля стиля вождения. Ожидаемый эффект - снижение ущерба на 40-50% (80-100 тыс. руб./год).

Цифровая платформа управления поставками. Вероятность срыва поставок (5,56%) при ограниченном количестве поставщиков (27) обосновывает внедрение модуля автоматического мониторинга статусов отгрузок и прогнозирования рисков на основе исторических данных. Ожидаемое снижение вероятности - на 30-35%, уменьшение годового ущерба - на 37-44 тыс. руб.

Автоматизация складских операций. Высокий коэффициент вариации времени выполнения заказа (46,88%) и рост числа ошибок комплектации (24 случая в год) требуют внедрения адресного хранения, терминалов сбора данных (ТСД) и оптимизации маршрутов комплектации. Цель - снижение коэффициента вариации до 20-25% и уменьшение ошибок комплектации не менее чем на 50%.

Список литературы:

1. Александрова С. А. Анализ состояния систем управления качеством в мебельной промышленности // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. 2011. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-sostoyaniya-sistem-upravleniya-kachestvom-v-mebelnoy-promyshlennosti>
2. Сирина Н.Ф., Герус В.Л., Анализ взаимодействия ключевых показателей эффективности с целевыми результатами деятельности компании // Вестник РГУПС. 2023. №3 (91). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-vzaimodeystviya-klyuchevykh-pokazateley-effektivnosti-s-tselevymi-rezultatami-deyatelnosti-kompanii>
3. Толмачёв Н. А., Жаншарипов Ж. Т., Рустем Т. С. Оценка эффективности erp-системы в организации и координации автомобильных грузоперевозок // Вестник науки. 2025. №5 (86). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-effektivnosti-erp-sistemy-v-organizatsii-i-koordinatsii-avtomobilnyh-gruzoperevozok>

4. Сесина Ю. Н. Показатели и методы оценки логистических рисков для предприятий внешней торговли // Мировая наука. 2025. №2 (95). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pokazateli-i-metody-otsenki-logisticheskikh-riskov-dlya-predpriyatiy-vneshney-torgovli>

5. Е.С. Пономарева. Разработка эффективных методов управления рисками в логистике на предприятии // Молодой исследователь Дона. 2024. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-effektivnyh-metodov-upravleniya-riskami-v-logistike-na-predpriyatii>

ПРИМЕНЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА В МАШИНОСТРОЕНИИ И ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Бычков В.М.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация. В статье рассматриваются особенности внедрения цифровых технологий в процессы контроля качества на предприятиях машиностроения и приборостроения. Анализируется специфика отраслей, определяющая требования к измерительному оборудованию, представлены примеры использования компьютерного зрения, координатно-измерительных машин и промышленного интернета вещей. Особое внимание уделяется проблемам импортозамещения и путям их преодоления в современных условиях.

Ключевые слова: цифровые технологии, контроль качества, машиностроение, приборостроение, компьютерное зрение, координатно-измерительные машины, импортозамещение.

Annotation. The article examines the features of digital technologies implementation in quality control processes at mechanical engineering and instrument-making enterprises. The specifics of industries that determine requirements for measuring equipment are analyzed, examples of using computer vision, coordinate measuring machines and industrial Internet of Things are presented. Special attention is paid to the problems of import substitution and ways to overcome them in modern conditions.

Keywords: digital technologies, quality control, mechanical engineering, instrument-making, computer vision, coordinate measuring machines, import substitution.

Машиностроение и приборостроение традиционно предъявляют наиболее высокие требования к точности изготовления изделий. Допуски в микроэлектронике достигают единиц нанометров, в авиадвигателестроении – микрон, в общем машиностроении – сотых долей миллиметра. Обеспечение такой точности традиционными методами контроля становится все более трудоёмким и дорогостоящим, поэтому цифровая трансформация этих отраслей приобретает особое значение. Однако внедрение цифровых решений здесь имеет свою специфику, обусловленную многообразием типов производства, сложностью геометрии деталей и необходимостью интеграции с уже существующим парком оборудования.

В условиях санкционного давления и ухода западных производителей контрольно-измерительной техники российские предприятия столкнулись с необходимостью не только сохранить достигнутый уровень качества, но и найти новые пути обеспечения точности измерений с использованием отечественных разработок. При этом важно понимать, что цифровизация контроля качества – это не замена ручного труда машинным, а принципиально иной подход к управлению производственными процессами [1].

Одним из наиболее востребованных направлений цифровизации в машиностроении стало применение координатно-измерительных машин (КИМ) с числовым программным управлением. Современные КИМ оснащаются лазерными и оптическими датчиками, позволяющими за считанные минуты сканировать деталь и сравнивать полученную трехмерную модель с эталонной. Если раньше контроль сложной корпусной детали мог

занимать целую смену, то теперь эта процедура выполняется менее чем за час. Например, на заводе «Авиадвигатель» в Перми внедрение порталных КИМ с лазерным сканированием позволило сократить время контроля деталей сложной формы с 8 часов до 40 минут, при этом точность измерений повысилась на 30% благодаря исключению субъективного фактора оператора [2]. Программное обеспечение автоматически строит карты отклонений, выделяет зоны несоответствий и формирует протоколы контроля, что существенно облегчает работу технологов и конструкторов.

Другим важным направлением стали системы технического зрения на базе машинного обучения. Они активно применяются для контроля поверхности деталей, выявления царапин, сколов, раковин и заусенцев. В приборостроении компьютерное зрение используется для контроля качества монтажа печатных плат, пайки и установки компонентов. Нейросети обучаются на тысячах изображений качественных и бракованных изделий, после чего способны классифицировать дефекты в реальном времени с точностью, недоступной человеку. На заводе «Микрон» в Зеленограде внедрили систему оптического контроля пластин на базе нейросети, которая выявляет дефекты топологии размером до 0,1 микронметра с точностью 99,97%. Это позволило на четверть снизить процент выхода брака на поздних этапах производства, где исправление дефектов уже невозможно или чрезмерно дорого [3].

Однако цифровая трансформация контроля качества невозможна без соответствующего программного обеспечения (ПО) для сбора и анализа данных. Современные отечественные QMS-платформы, такие как «1С: Управление качеством» или «ТЕССО: QMS», интегрируют информацию со всех средств контроля, формируют единую базу данных и автоматически рассчитывают показатели качества. Индексы воспроизводимости процессов Срк, уровень дефектности, тренды изменения параметров – все это становится доступным для анализа в режиме реального времени. Руководители производств могут видеть актуальную картину качества на дашбордах и своевременно принимать управленческие решения.

Внедрение цифровых технологий контроля качества требует значительных инвестиций, однако практика показывает их быструю окупаемость за счет сокращения потерь от брака и повышения производительности контрольных операций. Интерес представляет анализ конкретных результатов, полученных на российских предприятиях в 2024–2025 годах.

На Чепецком механическом заводе (ЧМЗ) внедрение автоматизированной системы контроля геометрии трубной продукции на базе лазерных сканеров позволило снизить долю ручных измерений с 80% до 15%. Если раньше контроль одной партии труб занимал у двух контролеров около 4 часов, то теперь автоматическая установка выполняет те же измерения за 25 минут без участия человека. Годовой экономический эффект от снижения трудоёмкости и уменьшения количества пропущенных дефектов составил 8,7 млн. рублей при стоимости внедрения 14 млн. рублей. Срок окупаемости проекта – 20 месяцев [4].

Ещё более впечатляющие результаты получены на приборостроительном заводе «Ресурс» (г. Пенза), где внедрили систему технического зрения для контроля качества печатных плат. До автоматизации визуальный контроль осуществляли 12 операторов, вооруженных микроскопами, при этом до 15% дефектов оставались незамеченными и выявлялись только на финальных испытаниях, что приводило к удорожанию переделок. Нейросетевая система, обученная на 50 тысячах изображений, заменила ручной труд на самых утомительных операциях. Результаты первого года эксплуатации показали:

1. количество дефектов, дошедших до финальных испытаний, снизилось на 67%;

2. производительность контрольных операций выросла в 3,2 раза;
3. высвобождено 8 операторов, которые были переобучены и переведены на более квалифицированную работу;
4. экономия фонда оплаты труда с учетом налогов составила 6,2 млн. рублей в год [5].

Важно отметить, что прямой экономический эффект от снижения трудоемкости и брака – это верхушка айсберга. Не менее значимы стратегические выгоды: повышение точности измерений позволяет ужесточать допуски и улучшать эксплуатационные характеристики изделий, а накопление данных о качестве в цифровом виде создает основу для дальнейшего совершенствования технологических процессов.

Особого внимания заслуживает проблема импортозамещения в сфере контрольно-измерительного оборудования. Уход с российского рынка таких гигантов как Zeiss, Hexagon и Mitutoyo, поставил российские предприятия в сложное положение, поскольку просто заменить высокоточные приборы отечественными аналогами зачастую невозможно из-за отсутствия необходимой точности. Компания «Линтек» освоила производство КИМ с точностью до 1,5 микронметра, что позволяет заместить средний ценовой сегмент [6]. Разработчик «Топ Системы» создал CAD/CAM/CAQ-платформу «T-FLEX», включающую модули для анализа геометрических отклонений, сопоставимые по функционалу с западными аналогами [7].

Динамика импортозамещения в этой сфере представлена на рисунке 1, где показано изменение доли отечественного контрольно-измерительного оборудования на российских предприятиях за последние пять лет [8].

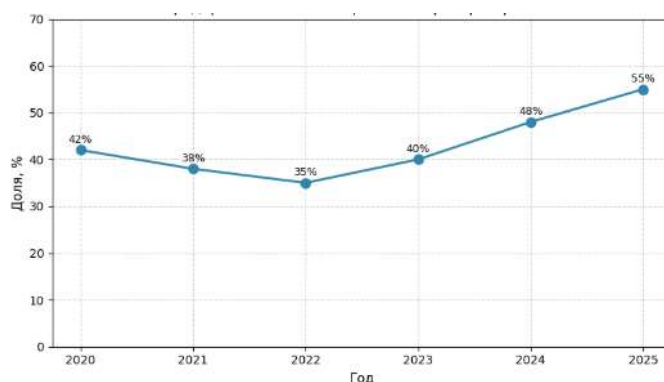


Рис. 1. Доля отечественного контрольно-измерительного оборудования на предприятиях машиностроения и приборостроения РФ

Внедрение цифровых технологий сталкивается с рядом барьеров, которые необходимо учитывать. Прежде всего, это высокая стоимость оборудования и программного обеспечения (ПО). Комплексные решения, включающие КИМ с лазерным сканированием и ПО для анализа, могут стоить десятки миллионов рублей, что для средних и малых предприятий часто неподъемно. Кроме того, существует проблема дефицита квалифицированных кадров – контролеры, привыкшие работать ручным инструментом, не всегда готовы осваивать сложное ПО и трёхмерное моделирование.

Ещё одним серьёзным вызовом становится метрологическая аттестация цифровых средств измерений. Для многих новых типов датчиков и алгоритмов обработки данных пока не разработаны утвержденные методики поверки, что затрудняет их официальное применение в производстве продукции, подлежащей обязательной сертификации.

Опыт передовых компаний показывает, что успешная цифровая трансформация требует поэтапного подхода. Начинать следует с наиболее критичных участков, где контроль наиболее трудоемок или где велик риск пропуска дефектов.

Для оценки уровня цифровой зрелости предприятия предлагается модель (рис. 3), базирующаяся на пунктах разделов ГОСТ Р ИСО 9001-2015 [9], представленных на рис. 2.

Раздел ГОСТ Р ИСО 9001-2015	Параметр
8.3. Проектирование и разработка продукции и услуг	Уровень развития: электронный чертеж → 3D-модель → цифровой двойник
8.5.1 Управление производством продукции и предоставлением услуг	Степень автоматизации, наличие MES-систем
7.1.5 Ресурсы для мониторинга и измерения	Цифровизация КИП, автоматический сбор данных
7.5.3 Управление документированной информацией	Доля документооборота в электронном виде
9.1 Мониторинг, измерение, анализ и оценка	Использование Big Data, предиктивная аналитика
10.2.2 Организация должна регистрировать и сохранять документированную информацию как свидетельство	Автоматизация регистрации и разбора рекламаций

Рис. 2. Параметры оценочной модели на основе ГОСТ Р ИСО 9001-2015

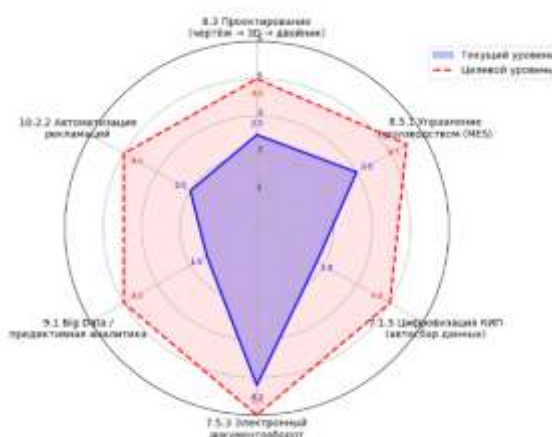


Рис. 3. Пример информационной модели уровня цифровой зрелости предприятия

Предложенная модель позволяет системно увязать уровень цифровизации с ключевыми аспектами менеджмента качества. Её применение способствует выявлению зон развития и обоснованию приоритетных направлений цифровой трансформации в рамках действующей системы управления организацией.

Список литературы:

1. Братухин, А. Г. Цифровые технологии в авиастроении: управление качеством / А. Г. Братухин, Ю. В. Илюхин. – М.: Машиностроение, 2024. – 288 с.
2. Цифровизация контроля качества в авиадвигателестроении: практика ПАО «ОДК-Авиадвигатель» / Иванов П.И., Петров С.В. // Авиационная промышленность. — 2025. — № 1. — С. 15–20.
3. Внедрение систем технического зрения на предприятиях микроэлектроники: опыт АО «Микрон» [Электронный ресурс]. — URL: <https://mikron.ru/press-center/news/vnedrenie-sistem-tekhnicheskogo-zreniya/> (дата обращения: 10.03.2026).
4. Внедрение автоматизированной системы контроля геометрии трубной продукции на АО «ЧМЗ»: итоги 2024 года // Вестник атомной промышленности. — 2025. — № 2. — С. 34–38.
5. Применение систем технического зрения для контроля печатных плат: опыт АО «Ресурс» // Электроника: наука, технология, бизнес. — 2025. — № 4. — С. 52–57.
6. Координатно-измерительные машины высокой точности: опыт компании «Линтек» [Электронный ресурс]. — URL: <https://lintek.ru/catalog/cmm/> (дата обращения: 15.03.2026).

7. Платформа T-FLEX для анализа геометрических отклонений: разработка АО «Топ Системы» [Электронный ресурс]. – URL: https://www.tflex.ru/products/tflex_analysis/ (дата обращения: 15.03.2026).
8. Динамика импортозамещения в сфере контрольно-измерительного оборудования: аналитический обзор / Национальный союз поставщиков измерительного оборудования. — М., 2026. — 46 с.
9. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. — М.: Стандартинформ, 2015. — 32 с.

СЕКЦИЯ ЛИНГВИСТИКА

ЛИНГВОСТИЛИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОЛИТИЧЕСКИХ ДОКУМЕНТОВ (НА МАТЕРИАЛЕ ЗАКОНОВ БАРАКА ОБАМЫ)

ЗАМЫСЛОВА Д. А., СТЕПАНОВА Н. В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет ЛЭТИ им. В. И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. В статье рассматриваются особенности политических документов, как жанра медиаполитического дискурса. В качестве материала исследования используются политические документы 44-го президента США Барака Обамы. Согласно результатам исследования, в проанализированных текстах преобладают гипербола, антитеза, градация и эллипсис. Комплекс дискурсивных стратегий (универсализация моральных категорий, превентивное оправдание и перформативная классификация) превращает субъективные политические решения в риторику объективной неизбежности, маскируя волю законодателя и представляя национальные интересы как универсальные ценности.

Ключевые слова: дискурс, стилистические фигуры, тропы, медиаполитический дискурс, политические документы, законы.

С развитием информационной политической среды существенно увеличивается властный потенциал медиадискурса. Обладая силой виртуализации политической реальности, медиадискурс превращает политику в символический идеологический инструмент. [\[Русакова, 2019, с. 28\].](#)

В рамках медиаполитического дискурса политические документы представляют собой гибридный жанр, микротекстуальные признаки которого формируются под воздействием двух дискурсивных сфер: собственно политической и журналистской [Орлова, с. 61-62].

Определяющим признаком выступает двойственность цели. С одной стороны, документ наследует политическую интенцию, будучи ориентированным на распределение и удержание власти, воздействие на политическую ситуацию и побуждение граждан к действиям. С другой стороны, будучи включенным в медиасреду, он обретает журналистскую составляющую цели - информирование аудитории, анализ событий и прогнозирование, что лишает его жесткой формальной политической ангажированности, свойственной закрытым политическим текстам [Чудинов, с. 27-28].

Актуальность темы исследования обусловлена тем, что медиаполитический дискурс, а также политические документы как один из его жанров, образуют особую коммуникативную сферу. В этой сфере язык выполняет не просто информативную функцию, но выступает инструментом конструирования общественного мнения и механизмом реализации власти.

Выбор документа эпохи Барака Обамы не случаен: законодательные инициативы этого периода отличаются риторической выверенностью и стремлением к балансу между

юридической точностью и доступностью изложения. В ходе анализа были рассмотрены как вербальные средства создания убедительности, так и лингвистические механизмы, обеспечивающие выполнение политическим документом его основной функции - воздействия на сознание адресата и формирования необходимой интерпретации политической реальности.

Исследование проводилось на основе двух законов Барака Обамы Public Law 111-195 (60 страниц, приблизительно 180 000 знаков), с особым вниманием к ключевому разделу SEC. 2. FINDINGS (2 страницы, приблизительно 4 800 знаков) и Public Law 111-383 (311 страниц, приблизительно 770 000 знаков). Для систематизации материала использовались метод сплошной выборки, позволивший выделить наиболее релевантные фрагменты, контент-анализ, направленный на выявление основных тематических блоков и концептов документа, а также метод стилистического и прагматистического анализов.

Анализируемые тексты представляют собой официальные документы, образцы политической коммуникации, где каждое слово выполняет стратегическую функцию. Оба текста построены по принципу нарастающей аргументации, где стилистические приемы служат инструментами формирования конкретного восприятия.

Гипербола через квантитативное преувеличение, то есть намеренное использование числовых показателей, выходящих за рамки обыденного восприятия, предстает как один из ключевых риторических инструментов конструирования «экзистенциальной угрозы». Так, среди фактов, призванных доказать нежелание Ирана идти на дипломатический компромисс, приводится утверждение: *Iran's announcement that it would build 10 new uranium enrichment facilities*. Само по себе число 10, особенно в контексте уже существовавших на тот момент объектов в Натанзе и Куме, не является статистически невозможным, однако его риторическая функция заключается именно в гиперболизации: читателю внушается мысль не просто о наращивании, а о многократном расширении ядерной программы, которое по определению не может иметь мирного объяснения и требует адекватных сдерживающих мер. Так же упоминается *Iran's July 31, 2009, arrest of 3 young citizens of the United States on spying charges*. Число 3 само по себе незначительно, однако в контексте межгосударственных отношений оно функционирует как мощная гипербола, поскольку сам факт ареста даже одного гражданина США иностранным государством, особенно на сомнительных основаниях, традиционно трактуется как акт враждебности. Гиперболический потенциал данного высказывания раскрывается не через количественную составляющую как таковую, а через резкий семантический контраст между определением «три молодых гражданина» (что имплицитно подразумевает их неопытность, возможную непричастность к разведывательной деятельности и, следовательно, уязвимость) и обвинением в «шпионаже» - одном из самых тяжких преступлений в международном праве.

Градация как стилистическая фигура, основанная на последовательном нагнетании или ослаблении однородных смысловых единиц, реализуется в рассматриваемых документах преимущественно в кумулятивной функции - для демонстрации прогрессии угрозы, масштаба принимаемых мер или безальтернативности политического курса. Градация наиболее отчетливо прослеживается в разделе, где Конгресс перечисляет действия Ирана, свидетельствующие о его неготовности к дипломатическому решению: *Iran's apparent rejection of the Tehran Research Reactor plan... Iran's ongoing clandestine nuclear program, as evidenced by its work on the secret uranium enrichment facility at Qom, its subsequent refusal to cooperate fully with inspectors... and its announcement that it would build 10 new uranium*

enrichment facilities. Синтаксическая конструкция выстроена таким образом, что каждое последующее звено усиливает предшествующее: от отказа от конкретной сделки к тайной программе, затем к отказу от сотрудничества с инспекторами и, наконец, к декларации о многократном наращивании мощностей. Такое нарастание создает у реципиента текста ощущение не просто изолированных нарушений, а системной эскалации, требующей адекватного ответа. Градация нередко проявляется в бюджетных положениях, где последовательное перечисление статей расходов *For the Army... For the Navy... For the Marine Corps... For the Air Force... For Defense-wide activities... For the Army Reserve...* выполняет не столько эмфатическую, сколько таксономическую функцию, однако само перечисление, особенно когда оно завершается итоговой суммой, имплицитно создает эффект кумулятивности, подчеркивая масштаб федеральных обязательств.

Антитеза как троп, строящийся на резком противопоставлении понятий, образов или суждений, в законодательном дискурсе служит инструментом легитимации избирательного подхода — разделения субъектов на «дружественных» и «враждебных», действий на «допустимые» и «недопустимые». Наиболее яркий пример антитезы содержится в разделе, где Конгресс проводит демаркационную линию между иранским народом и иранским правительством: *the people of the United States (A) have feelings of friendship for the people of Iran; (B) regret that developments in recent decades have created impediments to that friendship; and (C) hold the people of Iran, their culture, and their ancient and rich history in the highest esteem*. Противопоставление «дружбы» с народом Ирана и «препятствий», созданных его правительством, служит риторической цели - обосновать, что санкции направлены не против иранской нации, а против политического режима, что является распространенным приемом легитимации ограничительных мер в международном праве. Антитеза так же устанавливает императив: *Small arms ammunition... which are not otherwise prohibited from commercial sale or certified... as unserviceable or unsafe, may not be demilitarized or destroyed and shall be made available for commercial sale*. Здесь противопоставляются два возможных сценария обращения с излишками боеприпасов - уничтожение (негативный исход) и коммерческая продажа (позитивный исход), причем законодатель посредством антитетической конструкции *may not... shall* отдает приоритет второму, что отражает политику поддержки национальной промышленности и гражданского рынка.

Эллипсис является доминирующей стилистической чертой законодательных актов, особенно в их табличных и перечневых частях. Эллиптические конструкции позволяют достичь максимальной информационной плотности при сохранении формальной точности. В обоих документах эллипсис регулярно встречается в бюджетных разделах. Например: *For aircraft, \$5,908,384,000*. Полная синтаксическая конструкция, восстанавливаемая из предшествующего текста, звучала бы как *Funds are hereby authorized to be appropriated for fiscal year 2011 for procurement for the Army for aircraft in the amount of \$5,908,384,000*. Пропуск повторяющихся элементов (*funds, authorized to be appropriated, for procurement for the Army*) не нарушает понимания, поскольку они уже были введены в заголовке раздела и в предшествующих абзацах, но существенно повышает компактность и наглядность таблиц. Эллипсис так же прослеживается в перечислении действий иностранных финансовых институтов, влекущих санкции: *facilitates the efforts of the Government of Iran... to acquire or develop weapons of mass destruction... or to provide support for organizations designated as foreign terrorist organizations... facilitates the activities of a person subject to financial sanctions pursuant to United Nations Security Council Resolution... engages in money laundering to carry out an activity described in subparagraph (A) or (B)*. Во всех этих

конструкциях опущено подразумеваемое подлежащее *the foreign financial institution*, которое было названо в вводной части параграфа, а глаголы (*facilitates, engages*) употреблены в форме, предполагающей восполнение субъекта действия из контекста.

В проанализированных законах доминируют дискурсивные стратегии, выделенные согласно классификациям Т. А. ван Дейка [1981], Н. Фэрклаффа [1995] и Рут Водак [2003]. Стратегия универсализации моральных категорий проявляется в навязывании универсального статуса ценностям и оценкам США. В качестве объективной данности утверждается, что Иран поддерживает *international terrorism*, а его действия представляют угрозу не только США, но и *strong ally Israel and other allies of the United States around the world*. Здесь американское определение терроризма и круг союзников подаются как не требующие доказательств и общезначимые, а любые альтернативные интерпретации (например, действия Ирана как ответ на внешнее давление) просто исключаются из дискурсивного поля. Стратегия превентивного оправдания, напротив, направлена на нейтрализацию будущей критики в адрес самого закона. Она реализуется через включение оговорок и исключений, которые создают видимость сбалансированности и умеренности. Так, руководство Пентагона наделяется правом ограничивать конкуренцию по соображениям *supply chain risk*, законодатель тут же вводит сложную процедуру согласований и уведомлений. Это позволяет представить даже самое жесткое вмешательство в рыночные механизмы как вынужденную, строго контролируемую и временную меру. Стратегия перформативной классификации работает через присвоение объектам и явлениям юридически значимых ярлыков, которые автоматически запускают определенные последствия. Сам факт обозначения иностранного финансового института как *a foreign financial institution that the Secretary finds knowingly engages* в перечисленных действиях является перформативным актом, поскольку это обозначение влечет за собой запрет на открытие корреспондентских счетов в США. Классификация здесь не описывает, а творит новую реальность - субъект становится «санкционированным» в момент вынесения вердикта.

Таким образом, можно заключить, что в исследуемых текстах гипербола, градация, антитеза и эллипсис выполняют прагматическую функцию. Гипербола через количественное преувеличение (как завышенных, так и заниженных показателей) служит инструментом конструирования «экзистенциальной угрозы», формируя у адресата необходимое эмоционально-политическое отношение. Градация, реализуемая в кумулятивном нагнетании фактов, создаёт впечатление системной эскалации и безальтернативности жёсткого курса. Антитеза легитимирует избирательный подход, разделяя субъектов на «дружественных» и «враждебных», а эллипсис, напротив, обеспечивает максимальную информационную плотность и формальную точность нормативного текста. В совокупности эти приёмы направлены на достижение главной цели законодательных актов - обоснование и узаконивание предлагаемых мер при сохранении внешней рациональности и документальной строгости.

Дискурсивные стратегии, использованные в проанализированных законах образуют взаимодополняющий механизм легитимации принуждения: стратегия универсализации моральных категорий выдает ценности США за единственную универсальную норму и исключает альтернативные интерпретации, стратегия превентивного оправдания через оговорки и процедуры создает видимость сбалансированности и нейтрализует будущую критику, а стратегия перформативной классификации превращает сам факт юридического обозначения в действие, порождающее санкционные последствия. В совокупности эти

стратегии превращают политически мотивированное одностороннее принуждение в самоочевидную и юридически неопровержимую меру, не оставляя оппонентам внутри дискурса легитимной позиции для возражения.

Проведённый анализ показывает, что эффективность исследуемых законодательных текстов достигается за счёт синтеза стилистических приёмов и глубинных дискурсивных стратегий. Риторические средства служат инструментами конструирования угрозы, нагнетания неизбежности и морального разделения мира, в то время как дискурсивные стратегии превращают эти приёмы в юридически неопровержимый механизм легитимации принуждения. В совокупности они создают замкнутую систему обоснования, где односторонние санкции выглядят единственно возможной, рациональной и морально безальтернативной мерой, блокируя саму возможность легитимного возражения

Список литературы

1. Dijk T. A. van. *Studies in the Pragmatics of Discourse* // *Janua Linguarum. Series Maior*; 101. The Hague, Paris, New York: Mouton Publishers 1981. 331 p.
2. Fairclough N. *Media Discourse* / N. Fairclough. New York : Edward Arnold, 1995. 214 p.
3. Weiss G., Wodak R. *Critical discourse analysis: Theory and interdisciplinary*. Basing-stoke: Palgrave Macmillan, 2003. 321 p.
4. Орлова О. Г. Жанры политического медиадискурса // *Вопросы журналистики*. 2020. № 7. С. 56–73. DOI: 10.17223/26188422/7/4.
5. Русакова О.Ф., Курильченко С.С. Политический медиадискурс: вопросы теоретико-методологического и регионального анализа // *Научный журнал Дискурс-Пи*. 2019. № 4 (37). С. 28–48. doi: 10.24411/1817-9568-2019-10402
6. Современная политическая коммуникация: учеб. пособие / отв. ред. А. П. Чудинов. Екатеринбург, 2009. 292 с.

СЛОЖНОСТИ ПЕРЕВОДА НАУЧНО-ПОПУЛЯРНЫХ СТАТЕЙ ПО КОСМОЛОГИИ ДЛЯ ДЕТЕЙ НА МАТЕРИАЛЕ КНИГИ Л. ХОКИНГ И С. ХОКИНГА *GEORGE AND THE BIG BANG*

ПОДОПРИГОРОВА А.А., МАЛЫШЕВА В.Н.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Доклад посвящен исследованию трудностей, возникающих при переводе научно-популярных статей по космологии для детей. Рассматриваются подходы к передаче фоновых знаний, терминологии, эмоциональности текста с точки зрения прагматики и его логичность. Кроме того, уделяется внимание работе с некорректными данными в исходном языке.

Ключевые слова: переводческие трансформации, научно-популярный текст, Хокинг, космология

Серия научно-популярных книг о мальчике Джордже, написанная С. Хокингом в соавторстве с его дочерью Л. Хокинг занимает особое место в современной литературе, так как она направлена на популяризацию науки среди детей. Была выбрана книга *George and the Big Bang* («Джордж и большой взрыв»), так как в ней представлены сложные для детского восприятия темы, например, теория суперструн и квантовый мир. Особенность структуры книги заключается в том, что наряду с художественным нарративом представлены научно-популярные статьи и очерки о космологии, которые являются материалом исследования.

Цель работы заключается в исследовании основных переводческих трудностей, возникающих при передаче на русский язык научно-популярных статей по космологии для детской аудитории. Материал отобран **методом** сплошной выборки из 16 статей. Отобранные примеры репрезентируют трансформации, использованные для перевода фоновых знаний, терминов и передачи логичности текста.

Переводческие трансформации для передачи фоновых знаний

Л. Бархударов разделяет трансформации на: 1) перестановки; 2) замены 3) добавления 4) опущения [1, с. 190], но в анализе будут рассмотрены только добавление и опущение, так как они наиболее частотны в статьях анализируемой книги.

Добавление – расширение текста перевода для более точной передачи содержания [1, с. 221]. Так, имплицитная информация текста оригинала выражается путем добавления лексических единиц в переводе. Оригинальное предложение *in 1687 Isaac Newton published his Laws of Motion* переведено как «В 1687 году Исаак Ньютон **в своей книге «Математические начала натуральной философии» впервые сформулировал три закона классической механики**». Здесь добавление используется для передачи фоновой информации о названии научного труда и уточнение понятия *Law of Motions* путем перевода согласно русской языковой традиции. Добавление также используется для пояснения особенностей явления, например: *these computers, together with the computers at CERN, form the worldwide LHC Computing Grid* – «Все эти компьютеры вместе с компьютерами в ЦЕРНе образуют вычислительную сеть Большого адронного коллайдера (LHC Computing Grid), **основанную на грид-технологии и называемую просто «Грид»**».

Опущение – прием обратный добавлению, и ему «подвергаются чаще всего слова, являющиеся семантически избыточными» [1, с. 226]. Так, в предложении *all still orbiting the star — our Sun — at the center* – «обращающиеся вокруг нашего Солнца» уточнение *the star* было опущено, чтобы избежать языковой избыточности. В русском языке имя собственное Солнце семантически включает в себя значение «звезда». В примере *LHCb (Large Hadron Collider-beauty) — the “beauty” in the name of this experiment refers to the beauty, or b quark, which it is designed to study* – «Детектор LHCb создан для исследования b-кварков» были опущены расшифровка аббревиатуры и ее этимология, поскольку название детектора основано на игре слов, которую невозможно передать на русский язык, и эта информация не влияет на понимание принципа работы прибора.

Таким образом, одна из трудностей перевода заключается в необходимости поддержания баланса между точной передачей смысла термина, адаптацией материала и языковой экономией, которая помогает избежать семантическую избыточность.

Сохранение эмоциональной окраски в связи с прагматической задачей текста

Эмоциональность – важный аспект для произведений, ориентированных на детскую аудиторию. Она может достигаться за счет приема добавления, чтобы поддержать или усилить образность текста. Во фрагменте *could the Moon have been visited before human civilization even began on Earth by extraterrestrials* – «возможно ли, что ещё до появления на Земле человеческой цивилизации Луну, **нашу ближайшую соседку**, навести инопланетяне» переводчик не только вносит важный научный факт в текст, но и наделяет Луну человеческим свойством, что придает тексту большую эмоциональность. Похожий пример встречается в объяснении модели Большого взрыва *temperatures and pressures inside this Big Bang soup are so tremendously high* – «температура и давление в этом бульоне Большого взрыва – **немыслимо, невероятно высоки**». Эмоциональность достигается путем

добавления синонима, что позволяет передать интенсивность явления. Так, проблема передачи абстрактных понятий решается посредством добавления эмоциональности тексту.

Компенсация различий в полноте понятий и терминологии ИЯ и ПЯ

В. Комиссаров выделяет лексико-семантические трансформации: *генерализация*, *конкретизация* и *модуляция* [2, с. 167]. *Конкретизация* требует подбора слова с более конкретным значением. В анализируемых статьях она используется чаще других приемов в этой группе. Так, во фрагменте, который описывает полеты астронавтов на Луну, родовое понятие выражения *the nearest celestial object* заменяется на видовое «Луна». Во фрагменте *more than two hundred billion solar systems* – «20 миллиардов **планетных систем**» конкретизация помогает установить контекстуально подходящий термин. Для термина планетная система эквивалентом является *planetary system*. Однако в примере автор использовал выражение *solar systems*, вероятно, подразумевая планетные системы, подобные Солнечной. Пример сужения термина можно встретить во фрагменте про квантовый мир, где объясняется основа теории о суперсимметрии *supersymmetry would mean more **fundamental particles*** – «Суперсимметрия подразумевает, что у известных частиц есть **частицы-суперпартнеры**». Понятие частицы-суперпартнеры относится непосредственно к теории о суперсимметрии и означает гипотетические частицы-двойники известных элементарные частицы, тогда как *fundamental particle* – более общий термин, обозначающий элементарные частицы.

Генерализация «подразумевает замену единицы ИЯ, имеющей более узкое значение, единицей ПЯ с более широким значением» [2, с. 168]. Во фрагменте, объясняющим сингулярности, генерализация помогает избежать языковой избыточности: *a theory with **very different math** is needed to understand what is really going on, and to get sensible results at such places in the Universe* – «Чтобы понять, что происходит на самом деле, нужна **совершенно другая математика**». В следующем примере прослеживается контекстуальная генерализация *an asteroid is a rocky fragment* – «Астероиды – каменные **небесные тела**». Переведенный вариант считается нейтральным научным термином. Это позволяет избежать неточностей восприятия, потому что астероид не всегда является обломком.

Модуляция – замена слова, значение которого логически выводится из значения исходного языка [2, с. 168]. В примере *the **corpse** of a massive star* – «**умершей** массивной звезды» произошло смещение от результата (труп) к процессу (умерший). Так за счет трансформации текст становится стилистически более приемлемым для детской аудитории. Аналогично во фрагменте описываются основные положения теории суперструн *by vibrating in different ways—like different notes on a guitar string—strings behave like different types of particle* – «вибрируя по разному – **как при игре на гитаре**, эти струны ведут себя как элементарные частицы разного вида». Замена абстрактного понятия на конкретный процесс лучше адаптирует текст для восприятия детьми.

Кроме того, наблюдается использование приема *антонимического перевода*, который, по классификации В. Комиссарова, относится к лексико-грамматическим трансформациям [2, с. 171]. В приведенном примере *however, the first exoplanet **was not confirmed** until 1992* – «Однако догадка о существовании экзопланет **подтвердилась** лишь в 1992 году» – трансформация помогает передать значение конструкции *not...until*. Антонимический перевод передает грамматическое значение того, что действие произошло не ранее конкретного момента. Другой пример демонстрирует решение лексической проблемы *we **are stuck** to the Earth's surface* – «Мы **не падаем** с поверхности Земли». Антонимический

перевод помогает адаптировать метафору *we are stuck* «мы застряли» к языковому регистру детей.

Проблема несоответствий терминологии может решаться при помощи замены на синоним с более узким или широким значением в зависимости от контекста. Абстрактные понятия и сравнения адаптируются под языковой регистр детей путем модуляции или антонимического перевода.

Связность текста на ПЯ

К грамматическим трансформациям В. Комиссаров относит *дословный перевод, членение предложений, объединение предложений и грамматические замены* [2, с. 169]. Рассмотрим наиболее частотные трансформации.

Членение предложения these are the first stars to be born, and the Dark Ages are over – «Так рождаются первые звёзды. Это конец Тёмных веков» можно рассмотреть со стилистической точки зрения. Разделение на два небольших предложения создает эмоциональное усиление за счет интонационной паузы. Это подчеркивает важность момента завершения одного из периода Вселенной.

Среди грамматических замен в анализируемых статьях чаще других встречаются замены части речи и замена члена предложения.

Замена части речи. Сложность для перевода представляют составные определения в английском языке. В предложении *special force-carrying particles called gauge bosons* – «Особых частиц – калибровочных бозонов, действующих как переносчики фундаментальных взаимодействий» определение переведено причастным оборотом, что позволяет сохранить семантику исходного выражения.

Замена члена предложения. Во фрагменте *so distant galaxies should have similar types of stars, planets, asteroids, and comets to those that we can see in our own Milky Way* – «Следовательно, звёзды, планеты, астероиды, кометы в дальних галактиках должны быть похожи на звёзды, планеты, астероиды и кометы нашего Млечного Пути» английское подлежащее при переводе трансформировалось в обстоятельство места. Повтор ряда существительных, которые в переводе выступают в качестве подлежащего, подчеркивает важность этих объектов. В предложении подлежащее *the room* стало дополнением, а на его место переводчик добавил местоимение «мы», чтобы избежать языковой избыточности и упростить восприятие для детей *we may think that the room has been completely emptied when we pumped the air molecules out* – «нам может показаться, что, выкачав из комнаты молекулы воздуха, мы полностью её опустошили».

Соответственно, связность текста достигается за счет использования членения предложения, которое делает текст синтаксически естественным для ПЯ. Грамматические замены помогают облегчить восприятие информации и избавиться от языковой избыточности.

Работа с некорректными данными текста ИЯ

К трудностям перевода можно отнести работу с некорректными данными и *эмендацию* текста – метод устранения ошибочной информации [3, с. 655]. В тексте были выявлены неточности, связанные с цифрами *the nearest celestial object to us has been visited twelve times by astronauts from Earth* – «земляне посещали Луну 6 раз». Согласно официальным данным, было совершено 6 успешных высадок астронавтов на Луну, что отражено в переводе. Аналогичный пример встречается при объяснении объема данных с Большого адронного коллайдера *the data from collisions at the LHC in one year is expected to be fifteen million*

*gigabytes which would fill **seventeen thousand** PCs with a two-hundred-gigabyte hard drive each* – «данные с Большого адронного коллайдера составят около 15 миллионов гигабайт информации в год достаточно, чтобы под завязку забить **75 000** персональных компьютеров с двухсотгигабайтными жёсткими дисками». В оригинальном тексте была допущена ошибка в вычислениях количества персональных компьютеров, но в переводе данные корректируются.

Таким образом, в число сложностей перевода статей для детей входит работа с некорректными числовыми данными, которые в анализируемых статьях успешно исправляются.

Заключение

При переводе научно-популярных текстов, таких как книги по космологии для детей, перед переводчиком встают сложные задачи, связанные в целом с передачей текста на ПЯ и с сохранением стиля, понятного для детей. К ним относится передача фоновых знаний, где добавление и опущение помогают сохранить баланс между включением необходимой для детей дополнительной информации и избеганием языковой избыточности. Доступность понимания терминологии реализуется за счет расширения или сужения значения исходной единицы. Передача точного грамматического значения или семантики может осуществляться посредством антонимического перевода, а логичность и связность текста достигается путем использования грамматических трансформаций: членения предложения и грамматических замен. К сложным вопросам перевода научно-популярного текста для детей также относится эмендация текста.

Список литературы

1. Бархударов Л. С. Язык и перевод (Вопросы общей и частной теории перевода). М.: Междунар. отношения, 1975. 240 с.
2. Комиссаров В. Н. Современное переводоведение. Курс лекций. М.: ЭТС, 1999. 192 с.
3. Словарь античности / Сост. Й. Ирмшер, Ренате Йоне; Редкол.: В. И. Кузищин и др. М: Прогресс, 1989, 704 с.
4. Хокинг Л., Хокинг С. Джордж и Большой взрыв. М.: Розовый жираф, 2014. 328 с.
5. Hawking L. Hawking S. George and the Big Bang. NY: Simon & Schuster Books for Young Readers, 2012. 304 p.

СЕКЦИЯ РЕКЛАМА И СВЯЗИ С ОБЩЕСТВЕННОСТЬЮ

ВЛИЯНИЕ UX-ДЕФЕКТОВ НА ВОСПРИЯТИЕ БРЕНДА: НЕГАТИВНЫЕ СЦЕНАРИИ И РЕПУТАЦИОННЫЕ РИСКИ

БОЛЬШАКОВА А.В.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.
Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В докладе рассматривается связь UX-дефектов и репутационных рисков для бренда. Предлагается типология негативных сценариев взаимодействия с интерфейсом, выделяющая три категории: дефекты с прямым ущербом для пользователя, дефекты с высокой виральностью и дефекты накопленного дискомфорта. Анализируется разрыв между технической и репутационной оценкой критичности дефектов, а также обосновывается необходимость для тестировщиков учитывать пользовательский опыт для грамотной приоритизации ошибок.

Ключевые слова: UX-дефекты, репутационные риски, пользовательский опыт, тестирование интерфейсов, негативные сценарии, восприятие бренда, приоритизация дефектов

В современном цифровом мире интерфейс — главная точка контакта бренда и его аудитории. Пользователь не задумывается о том, кто стоит за приложением или сайтом — он взаимодействует непосредственно с кнопками, формами и страницами [1]. Именно через эти элементы он формирует свое впечатление о компании: ее надежности, заботе о клиентах и профессионализме. При этом традиционно недочеты в работе интерфейса рассматриваются исключительно как техническая проблема.

UX-дефекты — свойства интерфейса или его поведение, которые приводят к негативному пользовательскому опыту [2]. Тестировщики фиксируют такие дефекты, а разработчики назначают приоритет их исправления. В большинстве случаев эта работа остается внутри IT-отдела, а главным критерием принятия решений служит техническая стабильность продукта. Однако при таком подходе остается открытым вопрос о том, как тот или иной дефект повлияет на восприятие бренда самим пользователем. А ведь именно пользовательский опыт определяет, останется ли клиент с компанией или закроет вкладку и уйдет к конкуренту (не говоря уже о возможности негативных отзывов и критике в соцсетях).

Как показывает практика, некоторые UX-дефекты, даже не являясь критичными с технической точки зрения, тем не менее способны наносить прямой репутационный ущерб бренду. Неудачная кнопка на странице оплаты или потеря введенных данных могут спровоцировать публичные жалобы и отток аудитории. Цель данной работы — теоретическое осмысление переходов UX-дефектов в плоскость репутационных угроз. Предлагается типология негативных сценариев взаимодействия с интерфейсом для диагностирования рисков заранее, на этапе проектирования и тестирования, а не постфактум, когда репутация бренда уже пострадала.

Для инженера UX-дефект — это отклонение от спецификации с определенным уровнем технической критичности. С точки зрения бренда значим не сам дефект, а контекст, в котором он проявляется, и эмоции, которые он порождает у пользователя. Один и тот же дефект может оказаться незаметным в одном сценарии и разрушительным в другом [3]. Например, кнопка, которая срабатывает не с первого нажатия, во время просмотра ленты новостей вызовет лишь легкое раздражение. Та же самая кнопка, использованная для оформления платежа, заставляет пользователя несколько раз нажимает на экран — он не понимает, списались деньги или нет. Это порождает тревогу, злость и желание публично пожаловаться. Именно здесь возникает ключевая проблема: техническая оценка критичности дефекта (частота воспроизведения, влияние на системные функции) и его репутационная оценка (как пользователь воспримет эту ситуацию) систематически не совпадают. Разрыв между этими двумя системами оценки и является главной зоной риска.

Исходя из того, какой именно ущерб — материальный, эмоциональный или временной — причиняет пользователю UX-дефект, а также из того, как этот ущерб влияет на репутацию бренда, можно выделить три основных типа негативных сценариев. Каждый из них имеет свои триггеры, характерные эмоциональные реакции пользователей и специфические репутационные последствия. Предлагаемая классификация не претендует на абсолютную полноту, однако позволяет системно подойти к анализу рисков. Ниже последовательно рассматриваются сценарии с прямым ущербом для пользователя, сценарии с высокой виральностью и сценарии накопленного дискомфорта.

К первой категории относятся UX-дефекты, которые приводят к измеримым и однозначно негативным последствиям для пользователя: финансовым потерям, утечке личных данных или безвозвратному удалению информации. Главная особенность данного типа сценариев — пользователь воспринимает случившееся как прямой обман. Интерфейс работает не так, как пользователь ожидает, и работает при этом в ущерб пользователю. Типичными примерами таких дефектов могут служить ситуации, когда приложение списывает сумму, отличную от подтвержденной пользователем, или, когда система безвозвратно удаляет файлы без предварительного подтверждения [4].

Эмоциональный отклик в данном сценарии — самый тяжелый среди всех трех категорий. Пользователь чувствует, что его обманули и что бренд действует против него. Такой опыт запоминается надолго. Он сопровождается желанием прекратить использование сервиса и предупредить других. Репутационный ущерб от данного типа дефектов наиболее серьезен, поскольку затрагивает базовое ожидание пользователя: система должна делать то, что обещает, и не наносить вреда. Восстановление доверия после такого инцидента требует развернутой публичной коммуникации и часто — компенсации пострадавшим пользователям.

Ко второй категории относятся UX-дефекты, которые сами по себе не причиняют пользователю прямого материального ущерба и даже не блокируют выполнение ключевой задачи, однако провоцируют яркую эмоциональную реакцию, которой пользователь хочет поделиться. Главная особенность данного типа сценариев заключается в том, что дефект легко демонстрируется, понятен стороннему наблюдателю и вызывает у него сопереживание и/или возмущение.

Пользователь в данном случае превращается из пострадавшего в транслятор проблемы: он делает скриншот, записывает видео экрана или пересказывает ситуацию в социальных сетях, мессенджерах и в разговоре с коллегами. Типичными примерами таких дефектов служат бесконечная загрузка без какого-либо индикатора прогресса, неуместно абсурдное сообщение об ошибке («Что-то пошло не так, ха-ха, когда-нибудь починим»), циклический переход между страницами, из которого невозможно выйти — любое поведение интерфейса, которое выглядит нелепо, нелогично и при этом вызывает раздражение.

Эмоциональный отклик в данном сценарии — это смесь возмущения и желания получить поддержку от сообщества. Пользователь ищет подтверждение, что не он один столкнулся с проблемой. Именно это стремление и порождает виральность, то есть способность пользовательской жалобы быстро распространяться по сети, обрастая комментариями, репостами и мемами. Репутационный ущерб от данного типа дефектов тем выше, чем легче проблему высмеять или драматизировать.

Неудачный UX-элемент может создать устойчивую ассоциацию бренда с чем-то недоделанным или несерьезным. При этом парадокс заключается в том, что с технической точки зрения такие дефекты часто имеют очень низкий приоритет: они не ломают систему, не приводят к потерям и воспроизводятся не у всех пользователей, некоторые можно не считать дефектами вовсе. Однако именно они формируют публичный образ бренда в долгосрочной перспективе. Именно о них пишут в отзывах и рассказывают друзьям.

К третьей категории относятся UX-дефекты, каждый из которых в отдельности может показаться незначительным и не заслуживающим внимания, однако их систематическое повторение или совместное действие приводит к устойчивому негативному восприятию бренда [5]. Главная особенность данного типа сценариев заключается в том, что пользователь, как правило, не может указать на одну конкретную проблему и сказать: «вот

здесь кнопка не работает». Вместо этого он испытывает смутное чувство усталости от чрезмерной сложности и запутанности, которое накапливается с каждым новым взаимодействием.

Типичными примерами таких дефектов служат излишне длинная форма регистрации, отсутствие функции автозаполнения, неочевидное расположение часто используемых функций. Каждая из этих проблем по отдельности может быть признана тестировщиком косметическим недочетом или предложением по улучшению с низким приоритетом [6]. Эмоциональный отклик в данном сценарии — это постепенное угасание лояльности. Пользователь не жалуется публично, не пишет гневных постов, он просто однажды замечает, что предпочитает другой сервис, потому что «с ним как-то проще и удобнее работать».

Именно в этом заключается главная репутационная опасность сценариев накопленного дискомфорта: бренд может не получить ни одной жалобы, но при этом потерять значительную долю аудитории, даже не поняв причин [7]. Стандартные метрики вроде количества обращений в поддержку или явных негативных упоминаний в социальных сетях здесь не работают — проблема остается невидимой для стандартных инструментов мониторинга, но продолжает разрушать репутацию изнутри.

Обнаруженный тестировщиками или замеченный пользователями UX-дефект не становится репутационной угрозой автоматически. Первый этап — дефект может быть зафиксирован еще на стадии тестирования и даже признан критичным, но по тем или иным причинам не исправлен до релиза. Или может быть пропущен тестированием, поскольку воспроизводится только в специфических условиях или на определенных устройствах.

Второй этап — столкновение пользователя с дефектом в реальном сценарии. Здесь ключевую роль играет контекст. Если пользователь просто листает ленту новостей и замечает, что анимация чуть подтормаживает, он скорее всего не придаст этому значения. Но если тот же самый дефект возникает в момент оформления дорогой покупки или отправки важного сообщения, он мгновенно переходит из разряда «мелочь» в разряд «проблема». Именно на этом этапе формируется первичная эмоция: раздражение, тревога или обида.

Третий этап — пользовательская реакция. Здесь происходит ветвление: часть пользователей, столкнувшись с дефектом из третьей категории (накопленный дискомфорт), просто молча покидает сервис, не удостоив бренд даже жалобой. Другая часть пишет в службу поддержки, и здесь многое зависит от качества ответа. Роботизированная отписка или ответ по шаблону могут превратить нейтральный запрос в гневный пост в социальных сетях. Третья же часть, особенно при столкновении с дефектами из первой и второй категорий, сразу выносит проблему в публичное поле.

Четвертый этап — виральное распространение или затухание. Если бренд быстро реагирует на публичную жалобу, признает ошибку и сообщает сроки исправления, история часто заканчивается с минимальным ущербом. Более того, грамотная коммуникация в такой ситуации способна даже укрепить репутацию — пользователи запоминают не саму проблему, а то, как быстро и честно компания ее решила. Однако если ответа нет, если ответ формален или — что еще хуже — если компания пытается переложить вину на пользователя («вы неправильно нажали»), то дефект окончательно закрепляется как часть образа бренда [8].

Ключевой вывод — управление репутационными рисками, связанными с UX-дефектами, невозможно без преодоления разрыва между техническими и

коммуникационными подразделениями. Пока тестировщики оценивают критичность дефекта только по вероятности воспроизведения и влиянию на системные функции, а PR-специалисты узнают о проблеме постфактум из мониторинга соцсетей, бренд будет регулярно сталкиваться с проблемами, которых можно было бы избежать на ранних этапах. Для современного тестировщика это означает, что профессиональная компетенция больше не ограничивается знанием баг-трекинга и техник тест-дизайна. Тестировщику необходимо понимать, как тот или иной дефект отражается на пользовательском опыте и, через него, на репутации бренда, и именно из этого понимания исходить при расстановке приоритетов.

Кроме того, владельцам брендов стоит проводить регулярное тестирование интерфейсов с привлечением фокус-групп. Это позволяет заметить неочевидные сценарии, где дефект проявляет себя наиболее болезненно для пользователя. Также необходим более глубокий анализ обратной связи пользователей, выходящий за рамки формальных жалоб в поддержку: часто именно в пространственных отзывах скрыты указания на зоны накопленного дискомфорта, которые не фиксируются стандартными баг-трекинговыми системами.

Список литературы

1. Норман, Д. Дизайн привычных вещей: практическое пособие / Д. Норман. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2018. – 384 с.
2. Круг, С. Не заставляйте меня думать! Веб-юзабилити и здравый смысл: практическое руководство / С. Круг. – М.: Эксмо, 2021. – 256 с.
3. Лидвелл, У. Универсальные принципы дизайна: справочник / У. Лидвелл, К. Холден, Дж. Батлер. – СПб.: Питер, 2019. – 272 с.
4. Купер, А. Интерфейс. Основы проектирования взаимодействия: учебное пособие / А. Купер, Р. Рейман, Д. Кронин. – СПб.: Питер, 2017. – 688 с.
5. Унгер, Р. UX-дизайн. Практическое руководство по проектированию опыта взаимодействия: практическое пособие / Р. Унгер, К. Чендлер. – СПб.: Питер, 2019. – 336 с.
6. Уолтер, А. Эмоциональный веб-дизайн: практическое руководство / А. Уолтер. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2014. – 200 с.
7. Вайншенк, С. 100 главных принципов дизайна: как удержать внимание / С. Вайншенк. – СПб.: Питер, 2019. – 272 с.
8. Шуваев, Я. UX/UI-дизайн. Создание идеального продукта: учебное пособие / Я. Шуваев. – М.: Бомбора, 2022. – 304 с.

НЕСТАНДАРТНЫЕ МОДНЫЕ ПОКАЗЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ФОРМИРОВАНИЯ ИМИДЖА БРЕНДА

Бурдина А.М.

Нижегородский государственный университет имени Н. И. Лобачевского

Аннотация. В статье анализируются нестандартные модные показы как стратегический инструмент формирования имиджа бренда. На примерах Alexander McQueen, Chanel и Balenciaga показана эволюция показов от утилитарной демонстрации к иммерсивным шоу и арт-объектам. Выделены ключевые механизмы влияния: дифференциация, эмоциональное вовлечение, виральность и ценностное позиционирование через визуальный нарратив. Делается вывод, что нестандартный показ — инструмент интегрированных маркетинговых коммуникаций, формирующий устойчивый капитал бренда за счёт символической и эмоциональной ценности.

Ключевые слова: нестандартные модные показы, имидж бренда, стратегический инструмент маркетинга, индустрия моды.

Введение.

В условиях современной экономики, характеризующейся высокой конкуренцией и насыщенностью рынков, формирование уникального имиджа бренда становится одной из ключевых задач маркетинговой стратегии компаний, работающих в индустрии моды. Традиционные инструменты продвижения, такие как реклама в СМИ и стандартные показы коллекций, постепенно утрачивают эффективность, уступая место креативным и нестандартным форматам коммуникации с целевой аудиторией. В этом контексте организации нестандартных модных показов выступают не просто элементом продвижения, а стратегическим инструментом, позволяющим бренду выделиться, создать яркий информационный повод и сформировать устойчивые ассоциации у потребителей.

Теоретические основы имиджа бренда.

Имидж бренда — это совокупность представлений, ассоциаций, ожиданий и эмоциональных откликов, которые формируются у потребителей в процессе взаимодействия с брендом. В современной маркетинговой теории имидж рассматривается как важнейший нематериальный актив, оказывающий прямое влияние на конкурентоспособность компании. Он включает в себя как рациональные (качество, цена, функциональность), так эмоциональные (эстетика, статус, ценности) компоненты.

Анализ современной практики показывает успешное использование нестандартных показов для формирования имиджа:

- Alexander McQueen: Театрализованные шоу с элементами перформанса (например, голограмма Кейт Мосс или «платформенный» подиум) создавали мистический, драматический и провокационный образ бренда.
- Chanel: Иммерсивные показы в воссозданных декорациях (супермаркет, аэропорт, казино) демонстрируют внимание к деталям, масштабность мышления и инновационный подход к презентации продукта.
- Balenciaga: Цифровые показы в формате видеоигр или коллаборации с популярными игровыми платформами подчеркивают технологичность бренда и его связь с молодежной культурой.

Формирование имиджа осуществляется через комплексную систему коммуникации, где особую роль играют мероприятия, создающие уникальный опыт для аудитории и позволяющие транслировать ключевые ценности бренда на невербальном уровне.

Механизмы влияния стандартных модных показов на имидж-бренда.

1. Дифференциация и формирование уникальности. Нестандартный формат показа является эффективным средством выделения брендов в насыщенном информационном потоке. Использование необычных локаций (промышленные зоны, исторические музеи, природные ландшафты), инновационных технологий, а также нестандартных сценариев (театрализованные постановки, интерактивные инсталляции) формирует у аудитории устойчивые ассоциации с креативностью, инновационностью и смелостью бренда. Это способствует формированию уникального торгового предложения не только на уровне продукта, но и на уровне коммуникации [1].
2. Эмоциональное вовлечение и создание опыта. Иммерсивный и интерактивные форматы показов позволяют аудитории перейти из роли пассивного наблюдателя в позицию активного участника события. Такой подход способствует формированию глубокой эмоциональной привязанности к бренду [2]. Пережитый уникальный опыт запоминается гораздо лучше, чем визуальный ряд или рекламные сообщения, что

положительно сказывается на лояльности потребителей, их вовлеченностью в жизнь бренда и готовности к повторным покупкам.

3. Виральность, медийная активность и расширение охвата. Нестандартные показы обладают высоким вирусным потенциалом за счёт генерации ярких визуальных образов, неординарных концептуальных решений и создания событийной ценности. Активное участие в мероприятиях лидеров мнений, представителей прессы и селебрити катализирует активное распространение контента в медиапространстве и социальных сетях, что обеспечивает потенциальный рост охвата, многократно превышающий аудиторию непосредственных участников события, и способствует формированию имиджа бренда как создателя модных тенденций.
4. Средство повествования и ценностное позиционирование. Сценарная организация показа реализует функцию визуального нарратива, посредством которого бренд транслирует свою миссию, философию и ценностные коды [3]. Использование системы метафор, семиотических знаков и художественных приемов позволяет создать целостный, аутентичный образ, который находит когнитивный и эмоциональный отклик у целевой аудитории. В отличие от прямой рекламы, данный метод обеспечивает более глубокое донесение ключевых сообщений, способствуя формированию устойчивого ценностно-ориентированного имиджа бренда.

Заключение.

Таким образом, нестандартный модный показ представляет собой не просто рекламную акцию, а стратегический инструмент интегрированных маркетинговых коммуникаций. Его эффективность обусловлена способностью трансформировать восприятие бренда в сознании целевой аудитории, смещая фокус с утилитарных характеристик продукта на его символическую и эмоциональную ценность. В долгосрочной перспективе такой подход способствует формированию устойчивого капитала бренда и обеспечивает его релевантность в условиях постоянно меняющегося культурного и технологического ландшафта.

Список литературы:

1. Котлер, Ф. Маркетинг менеджмент : учебник / Ф. Котлер, К. Л. Келлер. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербург, 2020. — 1152 с.
2. Шмитт, Б. Эмпирический маркетинг: Как заставить клиента чувствовать, думать, действовать / Б. Шмитт. — Москва : ФАИР-ПРЕСС, 2001. — 400 с.
3. Шульц, Д. Е. Новая парадигма маркетинга: Интегрированные маркетинговые коммуникации / Д. Е. Шульц, С. Танненбаум, Р. Лаутерборн. — Москва : ИНФРА-М, 2004. — 320 с.

БУДУЩЕЕ ИИ-ИНФЛЮЕНСЕРОВ В МЕДИА И ИЗМЕНЕНИЕ ДОВЕРИЯ К НИМ

ЗАЙЦЕВ А.Д.,¹ ТИХАНКИНА К.А.¹

¹Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина), кафедра «Связи с общественностью»

Аннотация. Статья посвящена исследованию восприятия ИИ-инфлюенсеров поколением Z и перспективам изменения доверия к ним. Эмпирическая база представляет собой анкетирование студентов бакалавриата ИСГЭО СПбГЭТУ «ЛЭТИ» (N=100). Результаты показывают, что уровень доверия к ИИ-инфлюенсерам крайне низок. Причины недоверия носят этический характер: отсутствие подлинной биографии, ощущение манипуляции, страх замены человека алгоритмами. При этом

большинство респондентов прогнозируют рост числа таких персонажей и ожидают их нормализации в ближайшие 3–5 лет. В статье предлагаются стратегии преодоления доверительного дефицита.

Ключевые слова: ИИ-инфлюенсеры, виртуальные инфлюенсеры, поколение Z, доверие, инфлюенс-маркетинг, цифровые коммуникации.

Введение

Цифровая трансформация медиасреды привела к изменениям в структуре коммуникаций. Как отмечает профессор медиа и коммуникаций, руководитель Центра исследований медиа, коммуникаций и информации в Бременском университете, доктор Андреас Хепп, в условиях глубокой медиатизации цифровые медиа становятся внутренними элементами социальных процессов, которые формируют саму реальность социального взаимодействия [1]. Вдобавок, согласно практикующим российским специалистам по коммуникациям, традиционные модели инфлюенс-маркетинга, построенные на доверии к лидерам мнений, находятся в стадии кризиса, включая перенасыщение рынка блогеров, регулярные скандалы, а также усталость аудитории от коммерциализации контента [2]. Развитие технологий искусственного интеллекта способствовало появлению нарратива о виртуальных инфлюенсерах.

ИИ-инфлюенсеры – это формирующиеся коммуникационные субъекты, цифровые антропоморфные сущности, созданные с помощью технологий искусственного интеллекта и компьютерной графики [3]. Среди уже большого числа виртуальных персонажей наиболее известными являются Lil Miquela, Noonoori, Imma и, созданная розничной сетью «Магнит», Мира [4]. Помимо этого, активно развиваются и другие российские ИИ-инфлюенсеры, к примеру, Кукла МашАИ, а социальные сети уже заполнены сериалами, созданными с помощью технологий искусственного интеллекта. Что касается обсуждаемых в статье виртуальных персонажей, они все обладают чертами, схожими с реальными людьми, имитируют общение, а также сотрудничают с крупными брендами [5]. В отличие от реальных людей, ИИ-инфлюенсеры представляют собой полностью управляемые медиаактивы: они не стареют, могут находиться в нескольких местах одновременно, а главное экономически эффективны и выгодны для бизнеса [6]. В данной работе автор не разделяет понятия «ИИ-инфлюенсер» и «виртуальный инфлюенсер», так как формально сложившегося термина не существует.

Однако ключевой вопрос заключается не в технологических возможностях, а в том, насколько аудитория действительно доверяет таким персонажам. Автор анализирует поколение Z (зумеров), так как именно они представляют наибольший интерес для исследования. Зумеры являются активными потребителями цифрового контента и демонстрируют высокий уровень принятия новых медиаформатов, однако именно представители поколения Z наиболее чувствительны к вопросам искренности, этики коммуникаций и доверия [7; 8].

Исследование

Чтобы изучить особенности восприятия ИИ-инфлюенсеров и степень доверия к ним у зумеров, автор работы провел [зондажное](#) исследование. Эмпирические данные были собраны методом онлайн-анкетирования среди студентов бакалавриата Института социально-гуманитарного и экономического образования (ИСГЭО) СПбГЭТУ «ЛЭТИ», включая студентов направлений «Инноватика», «Управление качеством», «Лингвистика» и «Реклама и связи с общественностью». Выборочная совокупность составила 100 респондентов. Автор исследования выдвинул перед собой ряд гипотез. Во-первых, главными факторами привлекательности виртуальных инфлюенсеров выступают эстетика

и развлекательность, а не степень схожести с человеком. Во-вторых, антропоморфизм персонажа способствует повышению вовлеченности аудитории более чем у 50% респондентов. В-третьих, уровень доверия к ИИ-инфлюенсерам не превышает 20% от числа опрошенных. В-четвертых, большинство представителей поколения Z ожидают нормализации феномена виртуальных инфлюенсеров в ближайшие 3-5 лет.

Опираясь на результаты исследования, гипотеза №1 подтвердилась, эстетическая привлекательность важна для 70% респондентов, а 67% отметили ключевым фактором развлекательность образа. Гипотеза №2 подтвердилась частично, более 50% респондентов отметили, что человечность образа влияет на их вовлеченность в контент и увеличивает интерес к публикациям. Однако фактические показатели вовлеченности оказались минимальными: 83% опрошенных практически никак не взаимодействуют с публикациями виртуальных инфлюенсеров, то есть не ставят лайки, не пишут комментарии и не делают репосты. Исходя из этого, автор сделал вывод о том, что антропоморфность способна заинтересовать представителей поколения Z, но это не конвертируется в реальные действия. В данном контексте, наиболее интересными являются гипотезы №3 и №4. Рассмотрим результаты исследования более подробно.

Наиболее релевантные результаты связаны с измерением доверия к ИИ-инфлюенсерам. Респонденты отметили крайне низкий уровень доверия: 2% опрошенных доверяют информации от виртуальных персонажей, 66% выражают недоверие, а 32% воздержались от ответа (Рис. 1). Практически аналогичные данные были получены и в отношении рекламных рекомендаций. 74% опрошенных не доверяет рекламе от виртуальных инфлюенсеров, лишь 2% доверяют информации от ИИ-персонажей (Рис. 2).

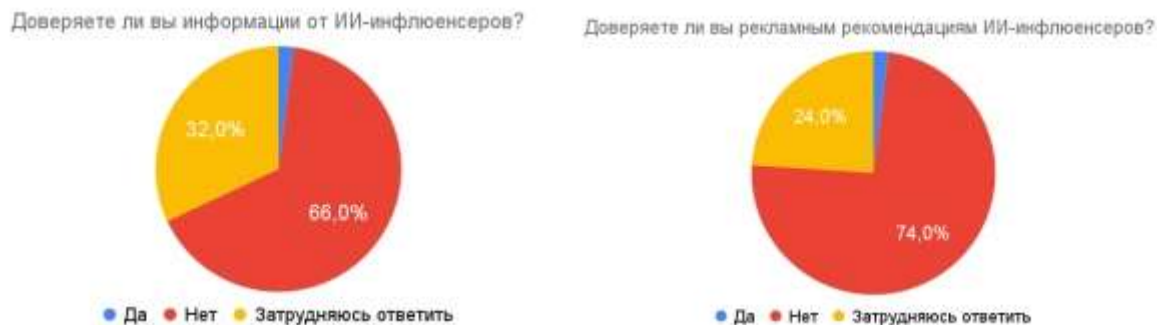


Рис. 1, 2. Сводная диаграмма ответов респондентов на вопросы «Доверяете ли вы информации от ИИ-инфлюенсеров?» и «Доверяете ли вы рекламным рекомендациям от ИИ-инфлюенсеров?»

Также показательными являются результаты следующего вопроса: 94% участников исследования отметили, что доверяют ИИ-персонажу в меньшей степени, чем традиционной рекламе (Рис. 3).

Помимо этого, респонденты писали, что конкретно мешает им доверять инфлюенсерам, созданных искусственным интеллектом. Большинство отметили отсутствие подлинной субъектности, а именно собственной биографии, личного опыта и внутреннего мира. Один из респондентов развернуто формулирует эту позицию: «Невозможно доверять мнимой иллюзии, за которой не стоит какой-то личной истории, опыта, внутреннего мира. Это лишь красивая картинка, созданная с единственной целью – продать образ». Другие участники лаконично указывают на «отсутствие души при создании контента», «нереальность персонажа». Некоторые респонденты отметили, что сталкивались с непониманием таких образов. Они подчеркивают, что за ИИ-инфлюенсером стоит анонимная команда реальных людей, использующая цифровой образ исключительно в коммерческих целях. Также

формулируют опасения вроде: «ощущение, что это мошенники», «это заложенный алгоритм». То есть виртуальный инфлюенсер воспринимается не как самостоятельный коммуникатор, а как манипулятивный инструмент. Далее часть ответов выходит за рамки рациональной критики и фиксирует более глубокое, ценностное отторжение самого феномена. Участники указывают на «страх замены людей», «ощущение, что это ИИ». Встречается даже экологический аргумент: «из-за ИИ страдает природа». Таким образом, гипотеза №3 не подтвердилась, уровень доверия оказался сильно ниже ожидаемого, а именно 2%.

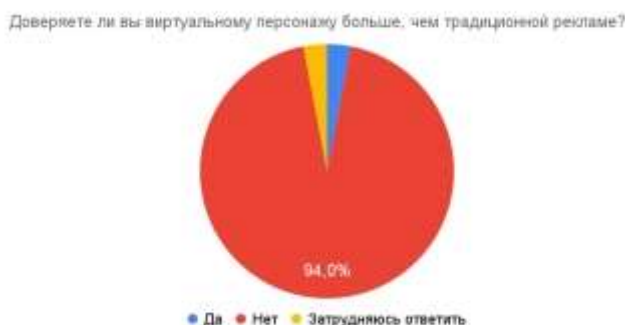


Рис. 3. Сводная диаграмма ответов респондентов на вопрос «Доверяете ли вы виртуальному персонажу больше, чем традиционной рекламе?»

Что касается гипотезы №4, согласно которой большинство зумеров ожидают нормализации ИИ-инфлюенсеров в течение 3–5 лет, то она полностью подтвердилась. Почти все участники исследования, а именно 97%, уверены, что количество виртуальных инфлюенсеров будет расти (Рис. 4). 71% опрошенных считают, что ИИ-персонажи станут частью повседневной жизни в ближайшие 5 лет, причем 21% из них думает, что нормализация феномена произойдет уже в течение года (Рис. 5).

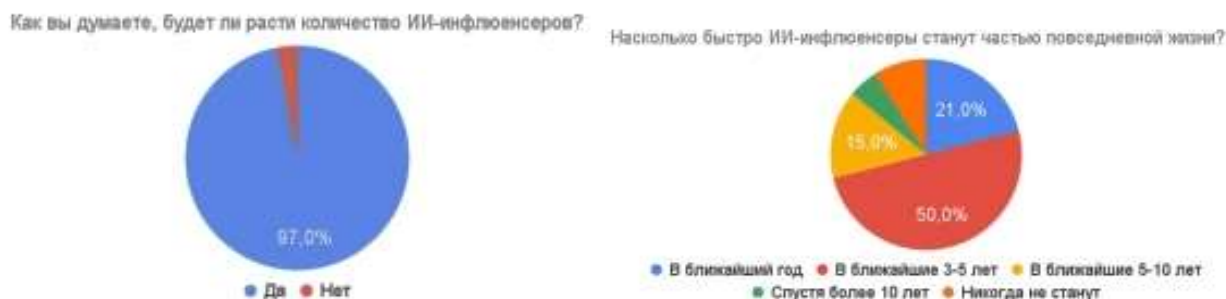


Рис. 4, 5. Сводные диаграмма ответов респондентов на вопросы «Как вы думаете, будет ли расти количество ИИ-инфлюенсеров?» и «Насколько быстро ИИ-инфлюенсеры станут частью повседневной жизни?»

Выводы

При крайне низком уровне доверия аудитория почти единогласно прогнозирует рост числа ИИ-инфлюенсеров, а большинство ожидает их полной нормализации в ближайшие 3–5 лет. Наиболее реалистичным вариантом развития виртуальных инфлюенсеров автор считает не погоню за реализмом и максимальной схожестью с человеком, а изменение правил игры. Если бренды и платформы введут обязательную маркировку ИИ-персонажей, а сами персонажи получают конкретные биографии, в которых они будут признавать свою искусственной природы, доверие может начать расти. К тому же, согласно данным

исследования, многие респонденты связывают недоверие именно с непрозрачностью. Ключевой задачей развития ИИ-инфлюенсеров является преодоление недоверия аудитории.

Также на основе исследования автор выделяет три группы факторов, определяющих доверие к ИИ-инфлюенсерам:

1. Прозрачность и раскрытие происхождения. Обязательное информирование о том, что инфлюенсер создан ИИ, а также раскрытие команды разработчиков или студии снизит ощущение обмана. Маркировка в перспективе может даже стать конкурентным преимуществом.

2. Формирование субъектности. Поскольку ИИ-инфлюенсер не может обладать человеческой биографией, ему необходима иная форма субъектности. Это может быть последовательная сюжетная линия, развитие персонажа во времени, его реакция на события.

3. Ограничение зон ответственности. Исследование показывает, что аудитория категорически не готова доверять ИИ-персонажам в вопросах, требующих экспертизы и личного опыта. ИИ-инфлюенсерам можно делегировать только те зоны, где низкое доверие не критично: мода, развлечения, эстетика, лайфстайл. В сферах здоровья, финансов, политики, психологии использование ИИ-инфлюенсеров должно быть минимальным или сопровождаться оговорками.

Таким образом, виртуальные инфлюенсеры занимают промежуточный статус в медиапространстве: они эстетически привлекательны, развлекательны и признаются частью цифрового ландшафта, однако не воспринимаются как заслуживающие доверия субъекты коммуникации. Ключевым вызовом для их будущего является формирование доверия аудитории.

Список литературы

1. Hepp, A., Breiter, A., Hasebrink, U. (2018). Erratum to: Communicative Figurations. In: Hepp, A., Breiter, A., Hasebrink, U. (eds) Communicative Figurations. Transforming Communications – Studies in Cross-Media Research. Palgrave Macmillan, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-65584-0_19
2. ИИ-инфлюенсеры: конец доверия или новая искренность // РБК Компании. 23.06.2025. URL: <https://companies.rbc.ru/news/YmS4Xc4ENt/ii-inflyuenseryi-konets-doveriya-ili-novaya-iskrennost/> (дата обращения: 01.05.2026).
3. Arsenyan J., Mirowska A. Almost human? A comparative case study on the social media presence of virtual influencers // International Journal of Human-Computer Studies. 2021. Vol. 155. P. 102694. DOI: 10.1016/j.ijhcs.2021.102694
4. Парфун А. В. Виртуальный инфлюенсер как новый медиаактив: анализ бизнес-модели и стратегии продвижения (на примере кейса «Мира» для ритейл-сети «Магнит») // Коммуникативные исследования. 2025.
5. J.-P. Stein, P. Linda Breves, and N. Anders, “Parasocial interactions with real and virtual influencers: The role of perceived similarity and human-likeness,” New Media Soc., vol. 26, no. 6, pp. 3433–3453, 2024. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/virtualnyy-inflyuenser-kak-novyy-mediaaktiv-analiz-biznes-modeli-i-strategii-prodvizheniya-na-primere-keysa-mira-dlya-riteyl-seti> (дата обращения: 01.05.2026).
6. M. H. Shin and W. J. Lee, “The Impact of Virtual Influencer’s Characteristics on Brand Attitude: The Mediating Effect of Parasocial Interaction,” The Journal of Economics, Marketing and Management, vol. 12, no. 5, pp. 41–51, 2024.
7. Croes E., Bartels J. (2021). Young adults’ motivations for following social influencers and their relationship to identification and buying behavior. *Computers in Human Behavior*, 124, 106910.
8. Shahid, T., & Ikram, M. (2024). Navigating the Digital Landscape: Impact of Instagram Influencers' Credibility on Consumer Behaviour Among Gen Z and Millennials. *Media Literacy and Academic Research*, 7(1), 95–113. <https://doi.org/10.34135/mlar-24-01-05>

МОЛОДЁЖЬ В ПОЛИТИКЕ. ПРОБЛЕМА ПРОДВИЖЕНИЯ И САМОРЕАЛИЗАЦИИ. (НА ПРИМЕРЕ ДВИЖЕНИЯ ПЕРВЫХ)

АВТОР НАБИУЛЛИНА А. Р.

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И.
Лобачевского»*

Аннотация. Возрастающая роль молодежи в общественно-политической жизни России определяет актуальность исследования форм продвижения и механизмов самореализации молодого поколения в публичном пространстве. Исследование рассматривает специфику взаимодействия молодежи с политическими и общественными институтами на примере деятельности «Движение Первых». Проанализированы барьеры политического участия молодых людей. Раскрыты форматы вовлечения молодежи в социальные проекты, волонтерские практики и патриотические инициативы. Установлено, что построение персонализированных траекторий участия и создание конкурентной среды для молодежных объединений способствует усилению социального интереса и повышению уровня гражданской идентичности. Выявлена роль информационно-коммуникационных технологий и цифровых платформ в консолидации молодежного сообщества.

Ключевые слова: молодежная политика, политическое участие, самореализация молодежи, Движение Первых, молодежные организации, гражданская идентичность, социальная активность

Молодежь как субъект политического процесса.

Парадокс современной молодежной политики заключается в следующем: при декларируемом стремлении к самовыражению и признании значимости личного участия молодые люди демонстрируют крайне низкий уровень организационной активности. Эта тенденция к «атомизации» молодежного сообщества связана с выдвиганием на первый план ценностей индивидуалистического характера, ориентированных на практический успех и достижение личного благополучия.

Политическая социализация молодежи осуществляется через систему институтов и практик, среди которых молодежные политические организации занимают особое место. В российской практике их создание связано с осознанием политическими силами возможности использования молодежного ресурса в электоральных кампаниях и формировании лояльного электората.

Современный этап развития молодежной политики в России характеризуется стремлением к созданию единой системы воспитания детей и молодежи на основе традиционных ценностей. Федеральный закон от 14 июля 2022 года № 261-ФЗ «О российском движении детей и молодежи» закрепил правовые основы деятельности Общероссийского общественно-государственного движения детей и молодежи «Движение Первых», которое позиционируется как добровольное и самоуправляемое объединение, основанное на принципах добровольности, равенства прав участников, систематичности и преемственности [1].

Движение Первых: направления деятельности

«Движение Первых» создано в 2022 году при непосредственной поддержке Президента Российской Федерации с целью формирования равной, доступной, интересной среды для развития и самореализации молодежи по различным направлениям [2].

Программная деятельность строится по нескольким ключевым направлениям: патриотизм, волонтерство, образование и знания, культура, экология и охрана природы, спорт и здоровый образ жизни.

Принципиальное отличие Движения Первых от предшествующих молодежных организаций заключается в попытке построения персонализированных траекторий участия. Цифровая платформа проекта предоставляет возможность выбора мероприятий и активностей на основе личных интересов, состояния здоровья и индивидуальных целей развития. Такой подход призван преодолеть главную проблему российских молодежных объединений – мобилизованный характер участия, когда вовлечение инициируется руководством учебных заведений или государственными структурами, а не является результатом внутренней мотивации самих молодых людей [3].

Механизмы продвижения и формы самореализации молодежи в Движении Первых

Система продвижения молодых людей в структуре Движения Первых строится на сочетании нескольких механизмов, которые можно классифицировать по степени их институционализации и направленности.

Первый механизм – образовательный. Движение реализует программы развития различных компетенций: от лидерских и организаторских до специализированных профессиональных навыков. Образовательные форматы включают интенсивы, мастер-классы, онлайн-курсы.

Второй механизм – проектный. Центральное место в деятельности Движения занимают социальные проекты – планомерная работа по разработке и реализации инициатив, направленных на решение конкретных общественных проблем. Молодые люди получают возможность не только участвовать в готовых проектах, но и становиться их авторами, получая поддержку для реализации своих идей. [4].

Третий механизм – волонтерский. Добровольческая деятельность рассматривается как один из ключевых инструментов развития социальной ответственности. В рамках Движения реализуются волонтерские проекты различной направленности: социальное волонтерство, экологическое волонтерство, культурное волонтерство.

Четвертый механизм – соревновательный. Конкурсы, фестивали, турниры и игры создают здоровую конкурентную среду, стимулирующую развитие участников. Соревновательный формат позволяет объективно оценить достижения, получить признание со стороны сверстников и экспертного сообщества, что особенно важно для молодежи, находящейся в процессе формирования идентичности. [5].

Пятый механизм – медийно-коммуникационный. Цифровая платформа Движения Первых не просто агрегирует информацию о проектах и мероприятиях, но и создает единое коммуникационное пространство для участников. Социальные сети Движения становятся площадкой для обмена опытом и инициирования совместных проектов.

Самореализация молодежи в рамках Движения Первых осуществляется по различным векторам. Для одних участников приоритетным является развитие профессиональных компетенций и построение карьеры. Для других на первый план выходит социальная миссия – возможность приносить пользу обществу, помогать нуждающимся, вносить вклад в развитие своего города или региона. Третья группа участников ценит прежде всего возможность творческой самореализации – участие в культурных проектах, фестивалях, конкурсах. Наконец, для части молодых людей главным мотивом участия становится расширение круга общения, обретение друзей и единомышленников.

Проблемы и барьеры политического участия молодежи

Молодежное политическое участие в России сталкивается с рядом ключевых проблем, несмотря на масштаб и разнообразие форм деятельности Движения Первых.

Низкий уровень внутренней мотивации к политической активности остается главным барьером. Исследования показывают, что для большей части молодежи участие в общественных организациях носит инструментальный характер – рассматривается как способ получения определенных привилегий, а не как ценность [6].

Когнитивно-ценностный диссонанс проявляется в противоречии между заявленными ценностями и реальными практиками. С одной стороны, молодые люди демонстрируют позитивный настрой на участие в коллективной деятельности, с другой - низкую готовность к реальному сотрудничеству и долгосрочным обязательствам.

Дефицит критического мышления и медиаграмотности создает опасность манипулирования общественным мнением молодежи. В условиях информационного общества, когда главным источником информации для молодых людей становятся мессенджеры и социальные сети. Однако, это справедливо не для всех случаев – исследования Движения Первых показывают, что систематическое участие в образовательных проектах помогает развитию критического мышления и медиакомпетентности [7].

Региональная неоднородность молодежной активности проявляется в существенных различиях между столичными регионами и провинцией. Крупные региональные центры обладают большими ресурсами для реализации молодежных проектов: квалифицированными кадрами, развитой инфраструктурой, финансированием. В малых городах и сельской местности возможности для самореализации молодежи ограничены, что приводит к переселению активных и талантливых молодых людей в крупные города, что дополнительно усугубляет проблему.

Конфликт между индивидуальными и коллективными интересами проявляется в условиях, когда молодежь воспитывается в духе конкуренции и индивидуального успеха.

Перспективы развития молодежного политического участия

Анализ деятельности Движения Первых даёт возможность выделить несколько направлений развития системы молодежного политического участия в России.

Создание единой цифровой экосистемы молодежных проектов может стать ключевым фактором повышения доступности и эффективности молодежной политики. Технологии виртуальной и дополненной реальности открывают новые возможности для образовательных и культурных проектов, что делает их более захватывающими и эффективными.

Развитие межрегионального сотрудничества молодежных объединений помогает расширению горизонтов участников. Взаимодействие представителей разных регионов формирует устойчивые связи, разрушает стереотипы, создает основу для долгосрочного сотрудничества.

Развитие института наставничества в молодежных организациях требует повышенного внимания. Эффективное наставничество строится на добровольности и взаимном интересе, предусматривает не только передачу знаний и навыков, но и эмоциональную поддержку, формирование ценностных ориентиров. Подготовка квалифицированных наставников – это важная задача развития молодежной политики.

Заключение

Проблема продвижения и самореализации молодежи в политике остается одной из ключевых для современного российского общества. Молодое поколение обладает большим

потенциалом, но реализовать этот потенциал возможно только при создании соответствующих условий и механизмов.

Опыт Движения Первых показывает возможность построения масштабной системы вовлечения молодежи в общественно-политическую деятельность на основе объединения государственной поддержки и общественной инициативы.

Главным достижением Движения является попытка преодоления мобилизованного характера молодежного участия через создание персонализированных траекторий развития, использование цифровых технологий, формирование конкурентной среды для молодежных инициатив. Объединение образовательного, проектного, волонтерского, соревновательного и медийно-коммуникационного механизмов создает разнообразные возможности для самореализации молодых людей с различными интересами и потребностями.

В то же время сохраняются системные проблемы: когнитивно-ценностный диссонанс, низкий уровень внутренней мотивации к политической активности, дефицит критического мышления, региональная неоднородность. Решение этих проблем требует комплексного подхода, который включает развитие цифровой инфраструктуры, усиление межрегионального сотрудничества, развитие института наставничества.

Перспективы молодежного политического участия в России связаны с формированием целостной экосистемы, в которой каждый молодой человек сможет найти возможности для развития и самореализации, соответствующие его интересам и способностям. Движение Первых реализует ключевые инициативы в этом направлении, создавая прецедент эффективного взаимодействия государства и общества в сфере работы с молодежью.

Список литературы

1. Федеральный закон от 14.07.2022 № 261-ФЗ «О российском движении детей и молодежи». URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_421798/
2. Движение Первых. Официальный сайт. URL: <https://будьвдвижении.рф>
3. Кротов Д.В. Социальный капитал российской молодежи: монография. Ростов-на-Дону: ЮФУ, 2009. 226 с.
4. Лагуткина А.М. Анализ деятельности молодежных общественных объединений: НБП и «Наши» – конкуренция и синтез // Наука и современность. 2011. № 8-2. С. 138-143.
5. Отроков О.Ю., Пупыкин Р.А. Молодежное самоуправление в России на современном этапе: основные признаки, функции и уровни деятельности // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 129. С. 38-52.
6. Скорнякова Э.Р., Шимко Д.С. Повышение качества реализации молодежной политики Горного университета через эффективное взаимодействие педагогического наставника с учебными группами // Реализация государственной молодежной политики в России: проблемы и пути их решения, перспективы развития: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Ярославль, 2025. С. 170-172.
7. Убушаева Б.Г. Опыт реализации молодежных социальных проектов в городе Москве // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Государственное и муниципальное управление. 2024. Т. 11. № 2. С. 203-211.

КРЕАТИВНЫЕ ИНДУСТРИИ КАК ИНСТРУМЕНТ НАЦИОНАЛЬНОГО БРЕНДИНГА

Д.А. СЕМЧЕНКО

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И.
Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В статье исследуется механизм использования креативных индустрий в системе PR-коммуникаций государства, направленных на формирование национального бренда. Показано, что кинематограф, музыка, мода и дизайн функционируют как инструменты стратегического позиционирования страны на международной арене, воздействуя на целевые аудитории по принципу нативного контента. Рассмотрены конкретные модели институциональной организации национального брендинга - британская и японская. Приведены данные о масштабах и динамике национальных креативных секторов. Обосновано, что эффективность таких стратегий определяется интеграцией государственных PR-механизмов с рыночными и измеряется посредством Anholt Nation Brands Index.

Ключевые слова: национальный брендинг, креативные индустрии, PR-коммуникации, мягкая сила, имидж государства, стратегические коммуникации.

Репутация государства на международной арене - это в значительной мере результат коммуникационной работы, а не только дипломатической. Страна конкурирует сразу за несколько видов внимания - инвесторов, туристов, зарубежных студентов, медиа, партнёрских правительств. Выстраивание этой конкуренции через управление образом страны принято называть национальным брендингом (nation branding). С. Анхолт ввел термин в широкий оборот и определил его как систему намеренных действий по формированию образа государства посредством маркетинга и коммуникаций [1]. С позиции рекламы и PR здесь открывается вполне конкретный предмет: те же инструменты позиционирования и продвижения, что используются в корпоративных коммуникациях, но примененные к объекту принципиально иного масштаба.

Прямые правительственные PR-кампании зарубежная аудитория воспринимает с настороженностью - это давно зафиксированная особенность публичной дипломатии. Культурный продукт работает иначе: фильм, музыкальный альбом, архитектурный проект или выставка моды потребляются добровольно. Ассоциации с конкретной страной складываются не через декларативное сообщение, а через повторяющийся личный опыт контакта с её культурой. Именно этим объясняется растущий интерес государств к включению творческих отраслей в стратегию национального брендинга - по сути, это перевод логики нативного контента на государственный уровень.

Коммуникационный механизм здесь принципиально отличается от прямой рекламы. Д.Ю. Джин, анализируя роль цифровых платформ в продвижении национального культурного контента, показывает: глобальные стриминговые сервисы сегодня выступают первичным каналом дистрибуции творческого продукта - они устраняют барьеры выхода на зарубежный рынок, которые прежде требовали значительных бюджетов [2]. Присутствие на платформе с аудиторией в 190 стран фактически эквивалентно международному PR-охвату без затрат на традиционную медиазакупку. Именно через этот механизм, как показывает А.С. Скалдина на примере южнокорейских дорам, культурный контент формирует устойчивый интерес к языку, традициям и образу жизни производящей его страны [3].

Одним из системных примеров государственной стратегии через творческие индустрии остаётся британская инициатива «Cool Britannia», запущенная в 1997 году. Её ключевым инструментом был Creative Industries Task Force - межведомственная структура, объединившая правительство с представителями рекламы, дизайна, кино, музыки и моды. Design Council получил функцию долгосрочной поддержки творческих профессий, а посольства и торговые офисы - задачу продвигать британский креативный экспорт за рубежом [4]. Принципиально, что вся конструкция строилась не как разовая имиджевая акция, а как планомерная коммуникационная политика с понятным институциональным контуром. Долгосрочный результат фиксируется официальной статистикой: с 1997 по 2013 год ВДС британских креативных индустрий росла в среднем на 5,8% в год против 4,2% по

экономике в целом; доля сектора в ВВП увеличилась с 4,0% до 5,0%, а абсолютный показатель достиг £76,9 млрд [5]. К 2023 году вклад сектора вырос до £124,0 млрд, а в 2024-м составил уже £145,8 млрд - рост 4,6% за год, тогда как британская экономика в целом прибавила лишь 1,0% [6].

Японская модель устроена иначе, хотя цель та же. Стратегия «Cool Japan» реализуется совместно Министерством иностранных дел и Министерством экономики, торговли и промышленности: первое отвечает за нарратив и публичную дипломатию, второе - за коммерческую конвертацию образа в экспорт [7]. Аниме, манга, традиционный дизайн и современная поп-культура складываются в образ технологически развитой и одновременно самобытной страны. Это не стихийный культурный экспорт, а управляемое позиционирование, в котором разграничение функций между ведомствами воспроизводит логику интегрированных коммуникаций: PR и маркетинг действуют согласованно, но в разных зонах ответственности. Итог фиксируется в рейтинге Anholt-Ipsos Nation Brands Index (NBI): в 2023 году Япония впервые за всю историю исследования заняла первое место, сместив Германию с позиции, которую та удерживала шесть лет подряд; наиболее высокими оказались оценки по параметру «страна как творческое пространство» [8].

NBI - наиболее авторитетный инструмент количественного измерения репутации государства. Ежегодно опрашивается свыше 60 000 респондентов в 20 странах; восприятие оценивается по шести параметрам: экспорт, управление, культура, люди, туризм, инвестиции [1]. Важна прямая корреляция: государства с сильным культурным образом стабильно показывают более высокие значения по коммерчески значимым параметрам - экспорту и инвестиционной привлекательности. П. Темпорал, специализирующийся на архитектуре национального брендинга, констатирует: большинство государств не располагают ни комплексной стратегией, ни соответствующими управленческими структурами, и именно это ограничивает конвертацию культурного потенциала в репутационный капитал [9]. Культурный ресурс и коммуникационный результат - не одно и то же.

Этот разрыв хорошо виден на конкретном материале. Л.К. Салиева и М.В. Луканина, исследуя потенциал русского театра как компонента национального бренда, приходят к выводу: при весомом концептуальном содержании бренда у него отсутствуют сформированные внешние характеристики - именно та коммуникационная оболочка, создание которой и является задачей PR и рекламы [10]. Богатая культура не транслируется в узнаваемый международный образ автоматически - для этого нужны профессиональные инструменты: фреймирование нарратива, выбор каналов, работа с целевыми аудиториями, последовательное присутствие в медиапространстве.

Показательно, что реклама занимает в этой системе двойственное положение. С одной стороны, она выступает инструментом продвижения других секторов творческой экономики. С другой - сама является экспортным продуктом, формирующим образ страны как центра коммуникационных компетенций.

Что важно для понимания логики PR в данном контексте: культурный продукт способен конвертироваться в спрос на товары. Каждые 100 млн долл. экспорта культурного контента стимулируют экспорт потребительских товаров на 180 млн долл. [6]. Это прямая иллюстрация принципа «branded content» в масштабах государства: нарратив, транслируемый через кино или музыку, формирует ассоциации, которые затем переносятся на всё, что производит страна.

Проведённый анализ позволяет сформулировать несколько выводов, значимых для теории и практики рекламы и PR. Национальный брендинг в креативных индустриях - это прикладная коммуникационная стратегия с измеримыми показателями и институциональной структурой. Культурный продукт действует как нативный контент государственного масштаба: его PR-эффект устойчивее прямой политической рекламы именно потому, что строится через добровольный потребительский контакт. Конвертация культурного потенциала в репутационный капитал требует не наличия самого ресурса, а выстроенной коммуникационной архитектуры - государственно-частного партнёрства, экспортной инфраструктуры и управляемого присутствия на международных медиаплатформах. Прикладная задача специалистов в области рекламы и PR состоит не в конструировании образа государства с нуля, а в его точной, последовательной и аудиторно-ориентированной трансляции, что отличает стихийный культурный экспорт от управляемого национального брендинга.

Список литературы

1. Anholt S. Competitive Identity: The New Brand Management for Nations, Cities and Regions. Palgrave Macmillan, 2007. 147 p. URL: <https://scispace.com/pdf/competitive-identity-the-new-brand-management-for-nations-4e349njvny.pdf> (дата обращения: 25.04.2026).
2. Jin D.Y. The rise of digital platforms as a soft power apparatus in the New Korean Wave era // Global Media and Communication. 2024. URL <https://journals.sagepub.com/doi/10.1177/20570473241234204> (дата обращения: 25.04.2026).
3. Скалдина, А. С. Дорама как инструмент южнокорейской культурной экспансии // Молодой ученый. — 2023. — № 17 (464). — С. 476-479. URL: <https://moluch.ru/archive/464/102114> (дата обращения: 25.04.2026).
4. Харитонов Е. М. Имиджевые кампании во внешней политике лейбористов и консерваторов в Великобритании в конце 1990–2010 гг. // Южно-российский журнал социальных наук. 2016. – Т. 17. – №4. – С. 83-97. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/imidzhevye-kampanii-vo-vneshney-politike-leyboristov-i-konservatorov-v-velikobritanii-v-kontse-1990-2010-gg> (дата обращения: 25.04.2026).
5. Department for Culture, Media and Sport (DCMS). Creative Industries Economic Estimates: January 2015. Key Findings. London: DCMS, 2015 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gov.uk/government/statistics/creative-industries-economic-estimates-january-2015/creative-industries-economic-estimates-january-2015-key-findings> (дата обращения: 15.04.2026).
6. Department for Culture, Media and Sport (DCMS). DCMS Sectors Economic Estimates: Gross Value Added 2024 (provisional). London: DCMS, 2026 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.gov.uk/government/statistics/dcms-economic-estimates-gva-2024-provisional/dcms-sectors-economic-estimates-gross-value-added-2024-provisional> (дата обращения: 15.04.2026).
7. Матосян А.Э. Мягкая сила и Cool Japan: формирование национального имиджа Японии // Международные отношения. 2025. №1. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/myagkaya-sila-i-cool-japan-formirovanie-natsionalnogo-imidzha-yaponii> (дата обращения: 26.04.2026).
8. Ipsos. Anholt-Ipsos Nation Brands Index 2023: Japan takes the lead for the first time in NBI history. New York: Ipsos, 2023 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.ipsos.com/en/nation-brands-index-2023> (дата обращения: 15.04.2026).
9. Temporal P. Soft Power and Nation Branding: Strategy & Structure // Global Soft Power Index 2022. London: Brand Finance, 2022 [Электронный ресурс]. URL: <https://brandfinance.com/insights/2022-soft-power-paul-temporal> (дата обращения: 23.04.2026).
10. Салиева Л.К., Луканина М.В. Русский театр как компонент культурного бренда России // Вестник Томского государственного университета. 2025. № 511. С. 84-93. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/russkiy-teatr-kak-komponent-kulturnogo-brenda-rossii> (дата обращения: 23.04.2026).

АССАМБЛЯЖ КАК МЕХАНИЗМ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ: СБОРКА БУДУЩЕГО ИЗ ФРАГМЕНТОВ НАСТОЯЩЕГО

СИРКИНА Е.И.1,

1 Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» имени В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»)

Аннотация. В статье теория ассамбляжа рассматривается как методология прогнозирования будущего в контексте связей с общественностью. На основе работ М. Деланда, Б. Латура и концепций когнитивного ассамбляжа авторы показывают, как PR-инструменты (коммуникационные каналы, нарративы, тренинги) участвуют в сборке будущего из фрагментов настоящего. Прогноз в PR выступает медиатором, трансформирующим ожидания стейкхолдеров и формирующим доверие через материальные артефакты (отчёты, стандарты, семинары). Кейс компании «Балтех» демонстрирует, как «технология надежности», ПО, видеоканалы и учебный центр создают когнитивный ассамбляж, предвосхищающий поломки. PR-коммуникация здесь становится совместным производством будущего, где отсутствие поломок превращается в репутационную реальность.

Ключевые слова: ассамбляж, прогнозирование, связи с общественностью, когнитивный ассамбляж, предвосхищающие практики, управление ожиданиями, репутация, нарратив надежности, коммуникация, «Балтех».

Традиционные методы прогнозирования (трендовые модели, экспертные оценки) часто опираются на линейную логику и не учитывают, что будущее собирается из гетерогенных элементов настоящего – событий, артефактов, коммуникаций. Для связей с общественностью это критически важно, поскольку PR-кампании и стратегии работают не с жесткими предсказаниями, а с ожиданиями стейкхолдеров, которые динамически пересобираются. Теория ассамбляжей (М. Деланда, Б. Латур) предлагает перспективный инструмент: она позволяет анализировать, как прогнозы становятся медиаторами, создавая новые связи между людьми, технологиями и институтами. Цель исследования – представить методологию анализа процесса прогнозирования на основе ассамбляжа и показать её применимость в связях с общественностью на примере коммуникаций компании «Балтех».

В основе исследования лежит теория ассамбляжей, разработанная М. Деланда на базе философских концепций Ж. Делеза и Ф. Гваттари. Согласно ей, ассамбляж – это гетерогенная совокупность элементов, связанных отношениями экстерииорности: элемент может быть отделен от целого и включен в другой ассамбляж без утраты собственной идентичности. Ключевые свойства: эмерджентность (новые системные свойства) и динамика территориализации/детерриториализации (стабилизация и распад связей) [1: 29, 86]. Б. Латур предлагает рассматривать ассамбляж как процесс пересборки связей между гетерогенными элементами (люди, институты). Социальный мир становится «плоским», вместо понятий микро-макро появляются олигоптиконы (локальные места, где создаются глобальные эффекты, но видят узкую, хорошо прослеживаемую часть) и панорамы (локальные места, где создаются целостные связи, но без связи с внешним миром).

Плазма – это не отформатированный и не исследованный фон, который определяет стабильность и долговременность любой стабилизированной структуры (в том числе настоящего и будущего). Плазма не схвачена сетями, но из нее возникают все формализованные связи. В контексте прогнозов плазма – неисследованные элементы настоящего, которые могут пересобрать ассамбляж будущего.

Исследователь разделяет понятия «интермедиар» (проводник) и «медиатор». Первые (работающий телефон) переносят полученные данные, а вторые (сломанный телефон) –

трансформируют и переводят то, что получили и производят новые связи в сети взаимодействий. Прогноз является медиатором, так как он материализован (программа, данные) и трансформирует поступающие данные, так как прогноз – это постоянно собирающийся ассамбляж.

В онтологии Латура время свернуто: один ассамбляж включает в себя элементы из разных эпох и времен [2: 200]. Будущее не известно и не линейно, а собирается из элементов из разных времен, которые находятся в настоящем. Концепция стабилизации объясняет, как настоящее переносится в будущее: центры калькуляции предвосхищают возможные риски, а способность проходить испытания (опыты, эксперименты) определяют действенность ассамбляжа.

Будущее – это не череда совпадений, которые произошли. Будущее – это результат практических опытов с элементами разных времен в настоящем, которые доказали свою эффективность для будущего.

Темпоральная динамика ожиданий К. Альвиаль-Палависино предполагает, что будущее является объектом знания и экспертизы с помощью прогнозов и сценариев. «Предвосхищающие практики» (придают содержание будущему через материальные артефакты: стандарты, карта пути клиента, отчет) и «предвосхищающая логика» (условия возможности практик: конкуренция, рефлексия) становятся основой предвосхищающего ассамбляжа – динамического процесса, который разворачивается во времени, где микро-факторы ведут к образованию глобальных эффектов [3: 24].

Ассамбляж приобретает две характеристики: гетерогенность (разнородные элементы: акторы, институты, материальные артефакты), перформативность (реальность подстраивается под ожидания через нормативы, стандарты) и локальность + глобальность одновременно (перемещение и трансформация ассамбляжа в разных пространствах). Пространство обретает конкретную форму: пространство науки, промышленности, рынка, инженеров, покупателей.

Когнитивная логика В. Кроссета и Б. Дюпонта порождает понятие когнитивного ассамбляжа – нестабильного множества когниторов, которые преобразуют информационные потоки [4: 2]. Ключевой идеей авторов становится гибридное управление действительностью человеком (модератором, институтом) и алгоритмами, где превентивное устранение угроз является результатом вероятностных предсказаний машин и интерпретации данных человеком. Алгоритмы не являются единственным источником власти, человек их контролирует.

Когнитивный ассамбляж происходит из запутанностей с модераторами, сообществами и экспертами, где время становится асинхронным: алгоритмы работают сверхбыстро, а человек – медленнее. Это создает эффект «реалма автономии», где человек не успевает контролировать рациональную информацию из-за корреляционной логики алгоритмов (поиск шаблонов, а не причин). Таким образом, когнитивный ассамбляж производит новые знания и решения, ориентированные на будущее, и становится способом «упреждающего расчета» с помощью когнитивных операций (интерпретация, выбор, решение), в котором люди и машины совместно предвосхищают угрозы.

Разберем кейс компании измерительного оборудования «Балтех».

Компания материализует прогноз и «предсказывает» отказ и поломку оборудования с помощью ключевых пространств. *Пространство разработки*: «предвосхищающая практика» – концепция «Технологии надежности», включающая интеллектуальную систему диагностики, предвосхищает возможность поломки приборов и переносит ее в

предсказуемое контролируемое прошлое. *Пространство приборов*: «программное обеспечение позволяет прогнозировать остаточный ресурс по измеренной величине», сворачивая неопределенное будущее в числовой отчет. *Пространство экспертизы*: сайт, продвигающий нарратив надежности, видеоканалы, переводящие сложные технические знания в доступные образы и тренинговые семинары в рамках Учебного Центра, на которых ученики учатся предвосхищать поломки приборов. *Пространство пользователя*: технический специалист, который научился предвидеть угрозы.

«Балтех» создал ассамбляж из ПО, технических специалистов, «технологии надежности», в которой будущее (отсутствие поломок оборудования) – это результат расчета алгоритмами (ПО) под руководством технических специалистов, который транслируется через прибор. Каналы коммуникации через пространства сайта, тренингов, пользователей распространяют предвосхищающую логику о том, что расчет и прогнозирование – это повседневность. Они являются когниторами, которые преобразовывают сложную техническую информацию в наглядные инструкции. Ассамбляж стал локальным и глобальным одновременно: «технология надежности» больше не принадлежит только компании, она создала новое пространство – пространство пользователей, которые научились предотвращать поломки до их появления. Перформативность проявляется в том, что стандарты надежности формируют новую реальность: ожидания об отсутствии поломок воплощаются в жизнь.

Таким образом, методология ассамбляжа как механизма прогнозирования объясняет, что будущее перестало быть линейным, оно превратилось в результат динамической сборки элементов в настоящем. Кейс «Балтех» показывает: безопасность и надежность оборудования – это точный расчет команды профессионалов с помощью материальных объектов.

Список литературы

1. Деланда М. Новая философия общества: Теория ассамбляжей и социальная сложность. Пермь: Гиле Пресс, 2018. 190 с.
2. Latour B. Reassembling the Social. An Introduction to Actor-Network-Theory. Oxford University Press, 2005. 311 p.
3. Alvial-Palavicino C. The Future as Practice. A Framework to Understand Anticipation in Science and Technology. *Tecnoscienza, Italian Journal of Science & Technology Studies* 6 (2), 2015. 135-172 pp.
4. Crosset V., Dupond B. Cognitive assemblages: The entangled nature of algorithmic content moderation. *Big Data & Society*, July–December: 1–13, 2022. 1-13 pp.

СЕКЦИЯ ИНФОРМАЦИОННЫЕ РАДИОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И УСТРОЙСТВА

3D-ПЕЧАТЬ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ С ГРАДИЕНТНОЙ ЯЧЕЙСТОЙ СТРУКТУРОЙ НА ОСНОВЕ ABS-TIO2 КОМПОЗИЦИОННОГО ФИЛАМЕНТА

АХМАТНАБИЕВ М.Ф.

*Филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Петербургский институт
ядерной физики им. Б.П. Константинова Национального исследовательского центра —
Институт химии силикатов им. И.В. Гребеникова*

Аннотация. Рассматривается разработка линзы Люнеберга для СВЧ-диапазона на основе градиентных ячеистых структур, полученных методом аддитивного производства. Цель работы - снижение массы изделия при сохранении требуемых электрофизических характеристик. Использован композиционный материал на основе ABS, наполненный диоксидом титана, обеспечивающий повышение диэлектрической проницаемости (ϵ). Формирование распределения ϵ реализовано за счёт управления пористостью структуры. Показано, что применение наполненного материала позволяет достигать требуемых значений ϵ при меньшей плотности. Это обеспечивает снижение массы и улучшение эксплуатационных свойств линзы. Полученные результаты подтверждают эффективность предложенного подхода для создания градиентных диэлектрических устройств.

Ключевые слова: диэлектрическая проницаемость, линза Люнеберга, ячеистые материалы, композитный материал, 3D-печать

В радиотехнических системах СВЧ-диапазона существенное значение имеют диэлектрические устройства формирования диаграммы направленности, среди которых особое место занимают линзовые структуры с радиально варьируемыми электрофизическими характеристиками. К числу классических решений данного типа относится линза Люнеберга.

Ранее [1] был разработан и изготовлен прототип линзы Люнеберга на основе градиентных ячеистых структур, полученных методом FDM-печати с использованием ненаполненного ABS-пластика. Требуемое распределение диэлектрической проницаемости $\epsilon(r)$ достигалось посредством изменения степени заполнения элементарных ячеек. Установлено, что подобный подход обеспечивает реализацию дискретного приближения к теоретическому профилю распределения параметра ϵ и позволяет обеспечить функционирование устройства в заданном частотном диапазоне. В то же время применение ненаполненного полимера приводит к необходимости увеличения плотности материала в центральных областях линзы для достижения требуемых значений диэлектрической проницаемости, что сопровождается ростом массы конструкции и ухудшением эксплуатационных характеристик.

В работе [2] предложен композиционный материал на основе ABS с добавлением диоксида титана (TiO_2), обеспечивающий повышение диэлектрической проницаемости при сохранении приемлемого уровня механических свойств.

В рамках настоящего исследования указанный композиционный материал впервые применен для аддитивного формирования градиентной линзы Люнеберга с ячеистой архитектурой. В отличие от ранее реализованных конструкций на основе ненаполненного полимера, предложенное решение позволяет достигать требуемых значений ϵ при более высокой пористости структуры, что обеспечивает снижение массы изделия и улучшение его эксплуатационных параметров.

Работа выполнена в рамках ГЗ 1024030700040-3-1.4.3.

Список литературы

1. Akhmatnabiev, M.; Petrov, A.; Timoshenko, M.; Sychoy, M.; Diachenko, S.; Arsentev, M.; Bakulin, A.; Skorb, E.; Nosonovsky, M. Biomimetic Design and Extrusion-Based 3D Printing of TiO_2 Filled Composite Sphere Scaffolds: Energy-Absorbing and Electromagnetic Properties // *Biomimetics*. 2025. №. 10. № 12
2. Ахматнабиев М. Ф. , Тимошенко М. В. , Сычев М. М. , Петров А. А. , Дьяченко С. В. Перспектива применения градиентных ячеистых структур с управляемой диэлектрической проницаемостью для 3D-печати линзы Люнеберга // *ЖТФ*. 2025. Т.95. №7. С. 1328–1334.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И СОЗДАНИЕ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА ЛАЗЕРНОГО ДАЛЬНОМЕРА

ЕФРЕМОВА В.П.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И
Ульянова (Ленина)*

Аннотация. В докладе представлены результаты проектирования и создания опытного образца многофункционального лазерного дальномера на базе микроконтроллера ESP32. Проведён анализ рынка, в качестве референсного выбран прибор Bosch GLM 50-27 CG. Разработаны принципиальная электрическая схема, система питания с защитой и алгоритмы работы устройства.

Ключевые слова: лазерный дальномер, опытный образец, микроконтроллер, вычислительная техника

Современные измерительные технологии и вычислительная техника уже давно стали неотъемлемой частью повседневной деятельности человека. Они помогают в строительстве, геодезии, промышленности и быту. Сегодня на рынке представлен широкий ассортимент измерительных приборов под любые задачи и бюджет, поэтому приобрести подходящее устройство не составляет труда. Однако во многих случаях - например, при ремонте помещения, геодезической съёмке или оценке расстояния до объекта на охоте - необходимо быстро и точно измерить дальность. Один из приборов, который успешно справляется с этой задачей - лазерный дальномер.

Принцип работы большинства современных лазерных дальномеров основан на времяпролётном (Time-of-Flight, ToF) методе. Устройство излучает чередующиеся короткие лазерные импульсы, которые отражаются от цели и возвращаются обратно.

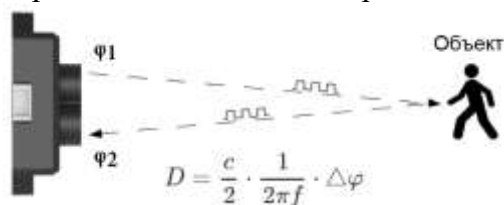


Рис. 1. Принцип работы ToF. Обозначения: D — измеренное расстояние; c — скорость света в оптической среде; f — частота сканирующих импульсов; $\Delta\varphi$ — фазовый сдвиг.

Такая методика обеспечивает высокую точность, малую погрешность и устойчивость к внешним помехам.

В качестве референсного устройства был выбран лазерный дальномер Bosch GLM 50-27 CG. Этот прибор обладает следующими характеристиками:

- диапазон измерения — до 50 метров,
- погрешность — $\pm 1,5$ мм,
- зелёный лазерный луч для прицела,
- наличие Bluetooth для передачи данных в мобильное приложение,
- измерения расстояний, углов, расчёта площадей и объёмов.

Несмотря на отличные параметры, такой прибор имеет стоимость в среднем 23 000 рублей, фиксированный набор функций и закрытую архитектуру, что не позволяет пользователю самостоятельно его модернизировать или расширять.

Благодаря обилию готовых решений и доступной элементной базе, создание многофункционального устройства обходится в разы дешевле, чем покупка промышленного аналога. Для проектирования и программирования использованы САПР Altium Designer и Arduino IDE.

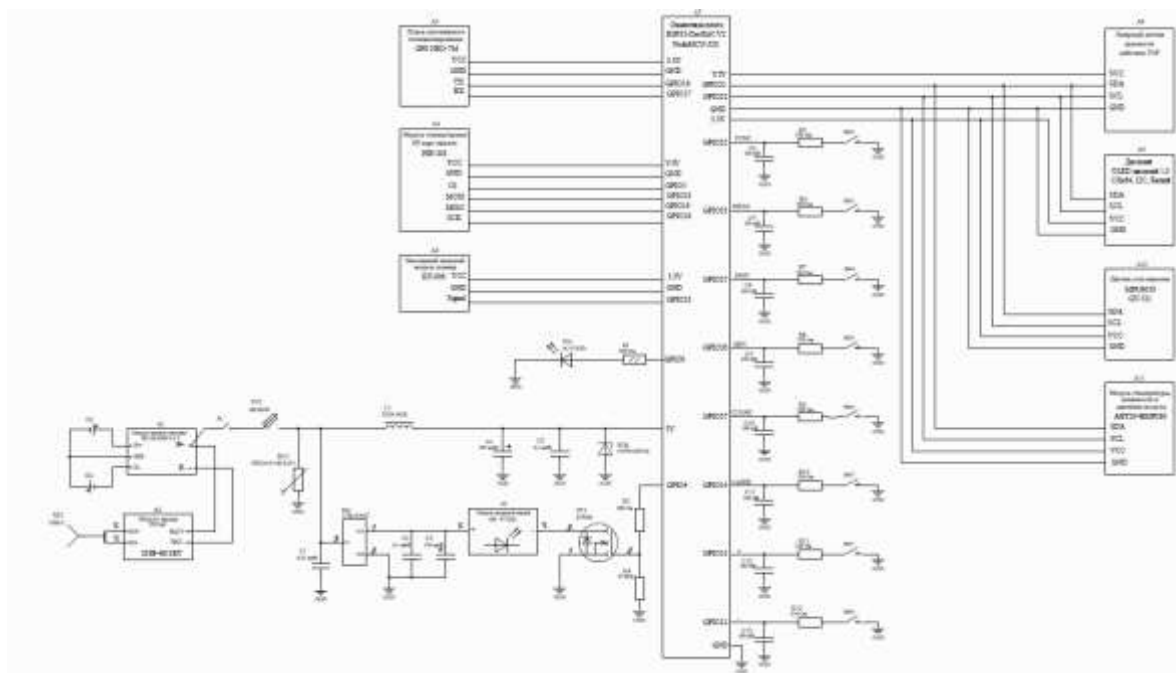


Рис. 2. Схема электрическая принципиальная разработанного дальномера

В открытом доступе имеется вся необходимая справочная информация, что позволило провести полный цикл разработки - от выбора компонентов до создания рабочего прототипа.

Питание построено на двух последовательно соединённых аккумуляторах типа 18650 с номинальным напряжением 3,7 В и ёмкостью 3000 мА·ч. Для защиты батарей и организации зарядки используется плата-модуль BMS HX-2S-JH20 V1.0 и зарядный модуль TP5100 с розеткой USB Type-C. Защитный каскад включает в себя PTC-предохранитель, варистор, дроссель и фильтрующие конденсаторы. Отдельный линейный стабилизатор выдаёт стабильные 3,3 В для питания лазерной указки. На оценочной плате с ESP32 предусмотрен линейный стабилизатор, что позволяет подключать питание контроллеру от 5 до 9 В.

Основные периферийные узлы и модули:

- Оценочная плата с ESP32 - центральный контроллер.
 - OLED-дисплей - отображение расстояния, углов, метеоданных и статуса GPS/SD.
 - 8 тактовых кнопок - управление режимами (FUNC, MEAS, MAX, MIN, CLEAR, +, -, LASER).
 - Модуль MPU6050 - измерение углов наклона по двум осям.
 - Модуль АНТ20 + BMP280 - измерение температуры, влажности, атмосферного давления.
 - GPS NEO-7M - прием координат и точного времени.
 - SD-карта HW-203 - логирование данных в формате CSV.
 - Активный зуммер KY-006 - звуковая индикация нажатий.
 - Зелёный лазер QS-0712BL - прицеливание в зону.
 - Модуль VL53L1X – бюджетный аналог дальностью до 4 м.
- Модули подключаются по цифровым интерфейсам к контроллеру для обмена данными:

- I²C - для связи с датчиками VL53L1X, MPU6050, АНТ20+BMP280 и дисплеем;
- SPI - для взаимодействия с SD-картой;
- UART - для приёма данных от GPS-приёмника NEO-7M;

- GPIO - для опроса кнопок и управления лазером и зуммером.

Такое разделение интерфейсов позволяет гибко обмениваться данными и исключает конфликты на шинах.

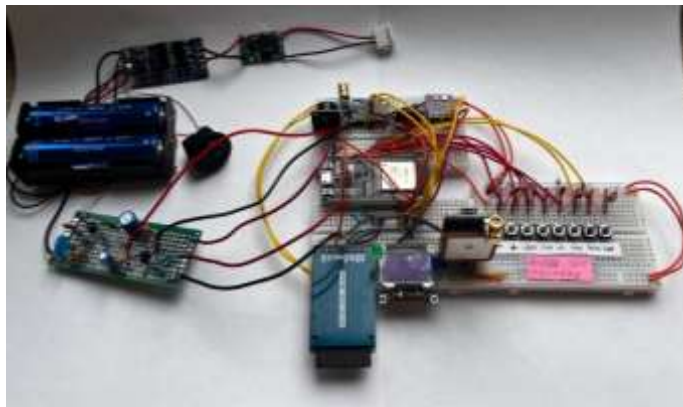


Рис. 3. Опытный образец разработанного дальномера

В результате спроектирован и собран опытный образец, который обеспечивает:

- измерение расстояния в диапазоне 0,04–4 м с точностью ± 5 мм;
- расчёт площадей/объёмов;
- измерение углов наклона по осям X и Y;
- сбор метеоданных (температура, влажность, давление);
- GPS - координатную привязку каждого измерения;
- логирование всех результатов на SD-карту для резервного сохранения и обработки;
- удалённое управление и мониторинг через веб-интерфейс.

Разработанный дальномер может использоваться в: строительстве и ремонте, геодезии и картографии, охотничьем и туристическом снаряжении, образовательных проектах.

Наличие в ESP32 встроенных беспроводных интерфейсов Wi-Fi и Bluetooth даёт важные преимущества: удалённое управление через веб-интерфейс, возможность интеграции в системы, а также конкурентоспособность.

В ходе данной работы был спроектирован и успешно протестирован опытный образец многофункционального лазерного дальномера. Устройство объединяет в себе лазерную дальнометрию, измерение углов, метеостанцию, GPS-привязку, беспроводное управление через Wi-Fi или Bluetooth.

При грамотном управлении питанием реальное время работы устройства может достигать 25–30 часов в смешанном режиме

Разработанный прибор не уступает по функциональности многим промышленным образцам, а по возможностям управления и открытой архитектуре превосходит их.

Список литературы

1. Technical Reference Manual [Электронный ресурс] URL: <https://docs.espressif.com/projects/esp-idf/en/v3.3/get-started/get-started-devkitc-v2.html>/Дата обращения (04.05.2026)
2. Лазерный дальномер Bosch GLM 50-27 CG professional [Электронный ресурс] URL: https://b-tools.ru/product/bosch-glm-50-27-cg-lazernyj-dalnomer-0601072u00/?srsltid=AfmBOoqqb0Q-Np_IoCgCJD5A62w9GLgaJIITdUvtEgq7Res-RJ9mLy3v/Дата обращения (04.05.2026)
3. Официальный сайт Arduino [Электронный ресурс] URL: <https://www.arduino.cc/en/software>/Дата обращения (04.05.2026)

МЕТОД ОБНАРУЖЕНИЯ ПЕШЕХОДОВ В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОЙ ОСВЕЩЁННОСТИ

ИСАЕВ Д.С.

*Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им.
В.И. Ульянова (Ленина)*

Аннотация. Рассматривается задача автоматического обнаружения пешеходов в условиях недостаточной освещённости. Предложен метод, основанный на совместном использовании RGB- и инфракрасных изображений с применением архитектуры YOLOv8. Проанализированы ограничения традиционных подходов компьютерного зрения при работе в ночных условиях и при наличии атмосферных помех. Разработан алгоритм синхронизации и пространственного выравнивания данных, реализовано слияние признаков на среднем уровне. Эксперименты показали повышение точности обнаружения и устойчивости к шумам по сравнению с одноканальными решениями.

Ключевые слова: компьютерное зрение, обнаружение пешеходов, низкая освещённость, инфракрасные изображения, мультиспектральное слияние, YOLOv8.

Современные системы помощи водителю и интеллектуальные транспортные решения требуют высокой надёжности алгоритмов компьютерного зрения в различных условиях эксплуатации. Существенная доля дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов происходит в тёмное время суток, что связано со снижением контрастности изображений, ростом шумов сенсоров и влиянием искусственного освещения. В таких условиях системы, основанные только на RGB-данных, демонстрируют заметное снижение точности.

Цель работы — разработка метода обнаружения пешеходов, обеспечивающего стабильную работу при недостаточной освещённости за счёт объединения данных видимого и инфракрасного диапазонов. Для достижения цели решаются задачи анализа существующих методов, разработки алгоритмов предобработки и синхронизации данных, построения модели с эффективной стратегией объединения признаков и проведения экспериментальной оценки.

Объектом исследования являются алгоритмы компьютерного зрения для анализа видеоданных при слабом освещении. Предмет исследования — метод обнаружения пешеходов на основе совместной обработки RGB- и ИК-изображений. Практическая значимость работы связана с возможностью применения разработанного подхода в системах ночного видения, автономного транспорта и видеонаблюдения.

Предложенный метод основан на комбинировании классических методов обработки изображений и нейросетевой детекции. Использование двух спектральных каналов позволяет компенсировать ограничения каждого из них: RGB-изображения содержат детальную текстурную информацию, тогда как инфракрасные данные обеспечивают устойчивость к изменениям освещённости и позволяют выделять объекты по тепловым признакам.

Обработка данных организована в виде последовательного конвейера. На этапе предобработки выполняется выравнивание изображений, коррекция геометрических искажений и синхронизация кадров. Для RGB-канала применяется адаптивное выравнивание гистограммы с ограничением контраста, что позволяет повысить локальную различимость деталей. Инфракрасные изображения нормализуются и фильтруются для снижения уровня шума.

В качестве детектора используется модель YOLOv8, обеспечивающая обработку изображения за один проход с предсказанием координат ограничивающих рамок и вероятностей классов. Для объединения данных применяется слияние признаков на среднем уровне: признаки извлекаются отдельно для каждого канала и объединяются после начальных слоёв сети. Такой подход позволяет сохранить особенности каждого диапазона и сформировать более информативное представление.

Программная реализация выполнена на Python с использованием PyTorch. Система включает модули захвата данных, предобработки, нейросетевой детекции и постобработки результатов. Обучение модели проводилось с использованием предварительно обученных весов и оптимизацией параметров с учётом требований к работе в реальном времени.

Экспериментальная часть направлена на сравнение предложенного метода с одноканальными подходами. Обучение и тестирование проводились на мультимодальных наборах данных, содержащих синхронизированные RGB- и ИК-изображения, полученные в условиях низкой освещённости.

Для повышения разнообразия данных применялась генерация синтетических искажений, включая туман, дождь, шум и неравномерное освещение. Это позволило улучшить обобщающую способность модели. Данные были разделены на обучающую, валидационную и тестовую выборки.

Качество работы оценивалось по метрикам средней точности, полноты, точности и скорости обработки. Результаты показали, что использование двух каналов обеспечивает более высокую точность по сравнению с RGB-моделью, особенно в сложных условиях. Инфракрасные данные компенсируют потерю контрастности, улучшая обнаружение объектов.

При этом увеличение вычислительной нагрузки оказалось незначительным, что позволяет использовать метод в системах реального времени. Основные ошибки связаны с перекрытием объектов и сложными сценами. Дополнительная фильтрация результатов позволила уменьшить количество ложных срабатываний.

Разработан метод обнаружения пешеходов, ориентированный на работу в условиях низкой освещённости. Подход основан на совместной обработке RGB- и инфракрасных данных с использованием нейросетевой модели и слияния признаков на среднем уровне.

Проведённые исследования показали, что комбинирование спектральных каналов позволяет повысить точность и устойчивость детекции по сравнению с одноканальными методами. При этом сохраняется возможность работы в режиме, близком к реальному времени.

Дальнейшее развитие работы связано с оптимизацией алгоритма для встроенных платформ, адаптацией к изменяющимся условиям освещения и расширением функциональности системы за счёт анализа движения объектов.

Список литературы

1. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. 3-е изд. М.: Техносфера, 2012. 1104 с.
2. Красильников Н. Н. Цифровая обработка 2D- и 3D-изображений: учеб. пособие. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 608 с.
3. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. 2nd ed. Cham: Springer, 2022. 947 p.
4. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Cambridge: MIT Press, 2016. 800 p.
5. Ultralytics. YOLOv8 Documentation [Электронный ресурс]. URL: <https://docs.ultralytics.com/models/yolov8/> (дата обращения: 20.05.2025).
6. OpenCV. Adaptive Histogram Equalization Reference [Электронный ресурс]. URL: https://docs.opencv.org/4.x/d6/db6/classcv_1_1CLAHE.html (дата обращения: 20.05.2025).
7. ЛеКун Я., Бенгио И., Хинтон Дж. Глубокое обучение // Природа. 2015. Т. 521. С. 436–444.

8. Редмон Дж., Диввала С., Фархади А. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016. P. 779–788.
9. Liu W., Anguelov D., Erhan D. SSD: Single Shot MultiBox Detector // European Conference on Computer Vision. 2016. P. 21–37.
10. He K., Zhang X., Ren S. Deep Residual Learning for Image Recognition // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2016. P. 770–778.
11. Цифровая обработка изображений в информационных системах: учеб. пособие / И. С. Грузман, В. С. Киричук, В. П. Косых и др. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2000. 168 с.
12. Методы мультиспектрального слияния данных в задачах компьютерного зрения // Вестник СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2023. № 4. С. 45–58.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПЕЛЕНГАТОРА СИГНАЛОВ СВЯЗИ БПЛА

С.С. КРАСЮКОВ

*Научно-исследовательский институт АО «НИИ «Вектор», г. Санкт-Петербург, Россия. Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В. И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, Россия.*

Аннотация. В работе содержится описание особенностей программного обеспечения мобильного пеленгатора сигналов связи БПЛА в УВЧ диапазоне. Реализованный алгоритм работы программы управляет электронной коммутацией элементов антенной решетки (АР), обеспечивает измерение фазовых сдвигов в антенных элементах, выполняет программное формирование диаграммы направленности (ДН) и измерение пеленга, а также осуществляет поиск сигналов в широкой полосе частот.

Ключевые слова: Программное обеспечение, пеленгатор, коммутация антенн, БПЛА, сигналы связи.

Задача обнаружения и пеленгования БПЛА по их сигналам управления и передачи данных приобрела большую актуальность в связи с широким распространением коммерческих БПЛА и необходимостью контроля воздушного пространства. Одним из ключевых элементов современного пеленгатора сигналов связи БПЛА является программное обеспечение, отвечающее требованиям по быстродействию, эргономике интерфейса и реализующего все процедуры управления устройствами и обработки сигналов в цифровой форме.

Реализованный пеленгатор содержит линейную АР с одиночными широкополосными логопериодическими антеннами, электронные коммутаторы УВЧ сигналов с выходов антенн, микропроцессор управления коммутаторами, двухканальный УВЧ приемник прямого преобразования на базе микросхемы AD9361, ноутбук.

На Рис.1 представлена структурная схема пеленгатора сигналов связи БПЛА.

Для обеспечения работы пеленгационного комплекса было необходимо реализовать программу управления электронными коммутаторами АР, программу для взаимодействия с электромеханическим поворотным устройством, радиоприемником USRP B210 и программу обработки цифровых квадратурных отсчетов с выхода РПУ, реализующую программное формирование ДН и измерение пеленга.

Для управления коммутаторами используется отладочная плата Arduino Nano с микропроцессором ATmega328 и тактовой частотой 16 МГц. Для одновременного управления коммутаторами управление портами реализовано через управление регистрами PortD и PortB. В таком варианте исполнения переключение между выходами коммутатора происходит за один такт микропроцессора.



Рисунок 1 – Структурная схема пеленгатора сигналов БПЛА

Программа управления коммутаторами АР настроена так, чтобы на два канала РПУ одновременно поступали сигналы с равноудаленных от центра антенной решетки антенн. Цикл коммутации антенной решетки составляет около 25 мкс, по 2.5 мкс на антенну и по 1 мкс на паузу между интервалами включения антенн. Для идентификации первой антенны пауза между циклами удлиняется и составляет 2.5 мкс.

Из-за малой длительности интервала (2,5мкс) коммутации антенн стандартные команды микроконтроллера Arduino для формирования задержек вносят большую нестабильность момента коммутации антенн, что связано с особенностями работы таймера прерывания в контроллерах этого семейства. Были отключены все предустановленные прерывания, а задержки реализованы с помощью ассемблерных вставок, выполняющихся за один такт процессора. Это позволило произвести настройку тактов коммутации с погрешностью не более 62.5 нс.

Для управления РПУ, дополнительным электромеханическим поворотным устройством и обработки цифровых квадратурных компонент сигналов была реализована программа на языке Python, предлагающем компромисс между скоростью обработки данных и скоростью написания программного обеспечения.

Интерфейс разработан на фреймворке PyQt с использованием PyQtGraph для визуализации данных. Для проведения вычислений используются библиотеки numpy, scipy и thread для многопоточности. Для взаимодействия с РПУ используется UHD Python API. Взаимодействие с поворотным устройством реализовано через компьютерный интерфейс устройства управления Yaesu GS-232B, подключенного к компьютеру через последовательный порт, для управления которым используется библиотека serial.

РПУ B210 при работе через драйвер, установленный по умолчанию (WinUSB), обеспечивает безотказную передачу цифровых квадратурных компонент принятого сигнала только с тактовой частотой 7 МГц в двухканальном режиме. Для увеличения тактовой частоты и, соответственно, полосы частот принимаемых сигналов до предельных 31.44 МГц, необходимых для качественного измерения фазовых сдвигов в антеннах, драйвер был заменен на LibUSB.

Для программного формирования ДН требуется выполнение следующих этапов при подключенном РПУ:

1. Прием квадратурных компонент с двух каналов РПУ с заданными параметрами, вывод огибающей и спектрограммы принятого сигнала на экран.

2. Выбор сигнала, представляющего интерес пользователю, посредством «клика» на спектрограмме сигнала. После этого алгоритм определяет ближайший полный коммутационный цикл опроса 16 антенн и фиксирует момент начала коммутации первой антенны. Происходит автоматическое выделение квадратурных отсчетов каждой отдельной антенны с отбрасыванием части отсчетов из начала и конца такта коммутации антенны для исключения переходных процессов в ключах, и неточностей, возникших из-за отсутствия синхронизации между АЦП РПУ и микропроцессором Arduino.

3. Измерение разностей фаз одновременно принятых сигналов с равноудаленных от центра антенной решетки антенн перемножением комплексно-сопряженных квадратурных компонент для исключения влияния фазы модулирующего сигнала [1].

4. Формирование диаграммы направленности путем реализации программного сканирования с использованием экспоненциального фазировочного множителя с переменным по азимуту углом фазирования.

5. Накопление и усреднение реализаций диаграмм для каждого цикла опроса антенн (около 45 ДН при 30 МГц).

На рис. 3 изображена блок-схема работы алгоритма.

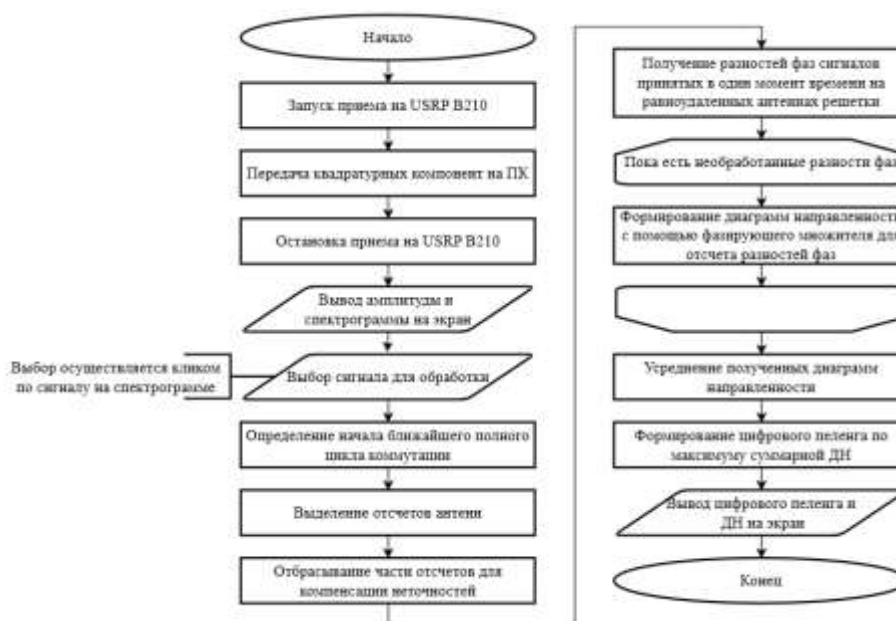


Рисунок 2 – Алгоритм приема и программного формирования ДН сигнала

Интерфейс разработанного приложения представлен на рис.3. В области 1 выделен график огибающей суммарного сигнала с двух каналов приемника, область 2 отображает спектрограмму принятого сигнала в координатах частота-время.

РПУ обеспечивает полосу частот одновременного обзора 31.44 МГц в двухканальном режиме, в то время как сигналы коммерческих БПЛА в основном используют поддиапазоны 2,4ГГц и 5,8ГГц и занимают полосы до 120 МГц [2], которые могут просматриваться последовательно, так как время анализа в полосе одновременного обзора 31,44МГц мало и составляет в целом десятки мс.

На данном примере представлена склейка из 4-х частотных областей перекрытия частотного диапазона от 2.39 ГГц до 2.51 ГГц (диапазона работы БПЛА DJI mini 3 Pro). На спектрограмме можно увидеть широкополосный видеосигнал БПЛА, узкополосные

сигналы с большой амплитудой (сигнал канала управления пульта дистанционного управления (ПДУ) БПЛА) и неопознанный узкополосный сигнал с низкой амплитудой.

В 3-ей области выделен график разности фаз обрабатываемой области сигнала с двух каналов РПУ, который позволяет визуально оценить правильность определения положения первой антенны в принятых квадратурных отсчетах. В области 5 выделены программно-сформированные диаграммы направленности, суммарная слева и разностная справа.

Диаграммы формировались по информационной части передаваемого видеосигнала от БПЛА, который в момент записи находился на направлении -20° . В области 4 отображается значение цифрового пеленга, формируемого по максимуму суммарной диаграммы направленности. Невыделенная область содержит текущие настройки РПУ и поворотного устройства.

На другой вкладке программы содержатся поля для управления РПУ, управления настройками приема и задания команды управления поворотному устройству для установления сектора обзора $+45^\circ$, в пределах которого осуществляется электронное сканирование АР, программное формирование ДН и измерение пеленга.

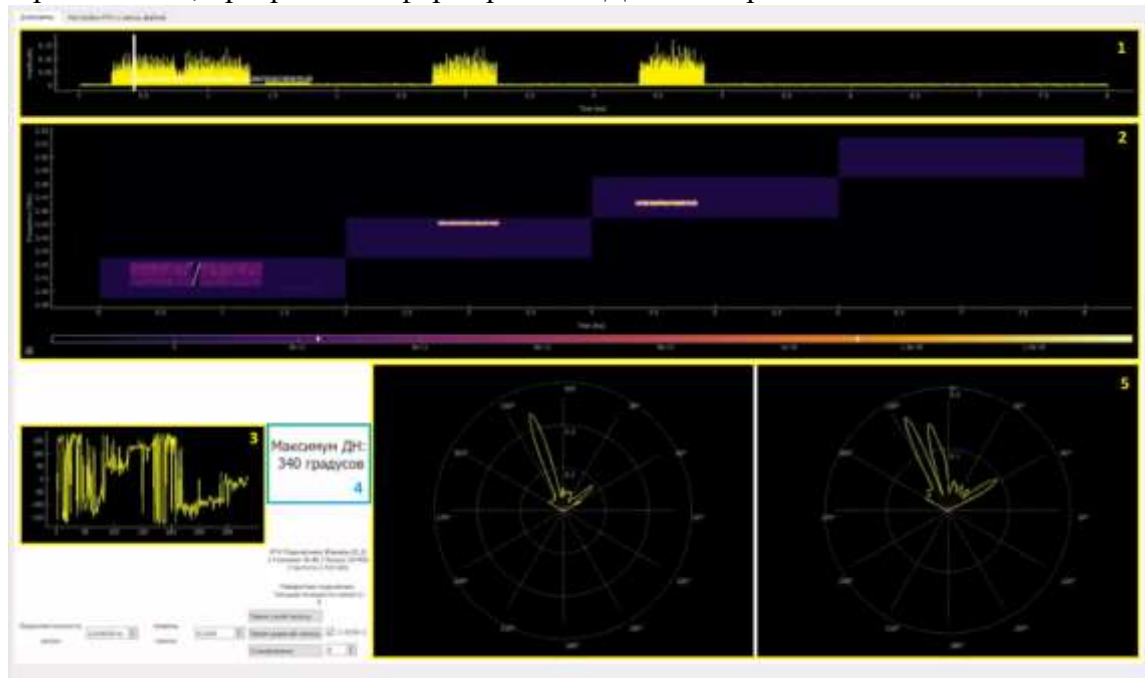


Рисунок 3 – Интерфейс основного окна приложения

В процессе экспериментальной проверки пеленгатора с разработанным ПО подтверждена возможность измерения пеленга в пределах азимутальных углов $+45^\circ$ по сигналам БПЛА в полетном режиме в помещении с ошибкой $1,5^\circ-1,9^\circ$.

В последующем предполагается реализовать автоматизацию процесса выявления сигналов, представляющих интерес, путем автоматического определения принадлежности сигнала к БПЛА и последующего измерения пеленга на эти сигналы.

Расширение функциональных возможностей разработанного макета пеленгатора БПЛА с линейной АР возможно в виде конструктивных схем компоновки двух АР для обеспечения измерения кроме пеленга еще угла места,

Заключение

Разработанное ПО обеспечивает реализацию функций управления антенными коммутаторами и приемниками, быстрой обработке цифровых квадратурных

компонент сигнала, программное формирование ДН и измерение пеленга. Предложены варианты расширения функциональных возможностей разработанного макета пеленгатора.

Список литературы

1. Цифровая обработка сигналов : учебное пособие / А. Н. Кренев, П. Е. Петухов ; Яросл. гос. ун-т им. П. Г. Демидова. — Ярославль : ЯрГУ, 2019. — 128 с. с. 113
2. Rui Shi and Xiaodong Yu and Shengming Wang and Yijia Zhang and Lu Xu and Peng Pan and Chunlai Ma RFUAV: A Benchmark Dataset for Unmanned Aerial Vehicle Detection and Identification [Электронный ресурс] // arXiv.org 2025 URL: <https://arxiv.org/abs/2503.09033>

ПОВЫШЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕРМИЧЕСКОГО ОКИСЛЕНИЯ КРЕМНИЯ ЗА СЧЁТ МОНИТОРИНГА ТЕМПЕРАТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВА

МАЛЮГИН Д.С.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет “ЛЭТИ”

Аннотация. В работе рассматривается задача повышения стабильности процесса термического окисления кремния за счёт мониторинга температурных параметров. Предложен подход к контролю температуры в рабочей зоне с использованием термопары. Проведён анализ температурных данных, полученных в ходе эксперимента. Выявлены отклонения температурного режима, влияющие на стабильность технологического процесса. Показано, что мониторинг позволяет повысить воспроизводимость процесса окисления кремния.

Ключевые слова: термическое окисление кремния, температурный режим, мониторинг, термопара, технологический процесс

Термическое окисление кремния является одним из ключевых технологических процессов в микроэлектронной промышленности. Качество формируемых диэлектрических слоёв SiO_2 критически зависит от стабильности температурного режима: отклонения приводят к неравномерности толщины плёнки, повышенной пористости и снижению электрофизических характеристик [1]. Большинство используемых лабораторных электропечей, в частности СУОЛ-0,4,2,5/15-И1, оснащены лишь одним встроенным датчиком, что не позволяет отслеживать равномерность распределения температуры по объёму рабочей камеры

Цель работы — разработка портативного устройства для многоточечного мониторинга температуры в рабочей камере электропечи, позволяющего повысить стабильность и воспроизводимость процесса термического окисления кремния.

Обоснование выбора датчика температуры

Для контроля температуры в диапазоне 800–1200 °С были проанализированы три типа датчиков: термопары типа К (хромель-алюмель), термопары типа S (платина-родий) и платиновые термометры сопротивления Pt100 [2]. Сравнительный анализ показал, что термопара типа К обеспечивает наилучшее соотношение технических характеристик и стоимости: диапазон измерений до 1200 °С, погрешность $\pm 2,5$ °С, время отклика менее 2 с, высокая устойчивость к окислительным средам. Платиновый термометр Pt100 ограничен диапазоном до 650 °С, а термопара типа S, несмотря на превосходные характеристики, обходится в 3–4 раза дороже.

Описание разработанного устройства.

Разработанная система мониторинга построена на базе микроконтроллера Arduino UNO R3 (ATmega328P) и включает три термопары типа К, подключённые через специализированные преобразователи MAX6675 [3]. Данный преобразователь реализует 12-битный АЦП с аппаратной компенсацией температуры холодного спая и обеспечивает передачу данных по интерфейсу SPI. Точность преобразования составляет $\pm 0,25$ °С в диапазоне 0–1200 °С. Для визуализации показаний применяется LCD-дисплей 16×2 с PC-адаптером PCF8574, что позволяет одновременно отображать данные трёх каналов, используя всего два вывода микроконтроллера. Питание устройства обеспечивается через модуль MB-102, стабилизирующий напряжение на уровне 5 В. Конструкция размещена в корпусе из ударопрочного PETG-пластика (145×125×58 мм), изготовленном методом 3D-печати и спроектированном в программном пакете 3ds Max и представлена на рисунке 1.

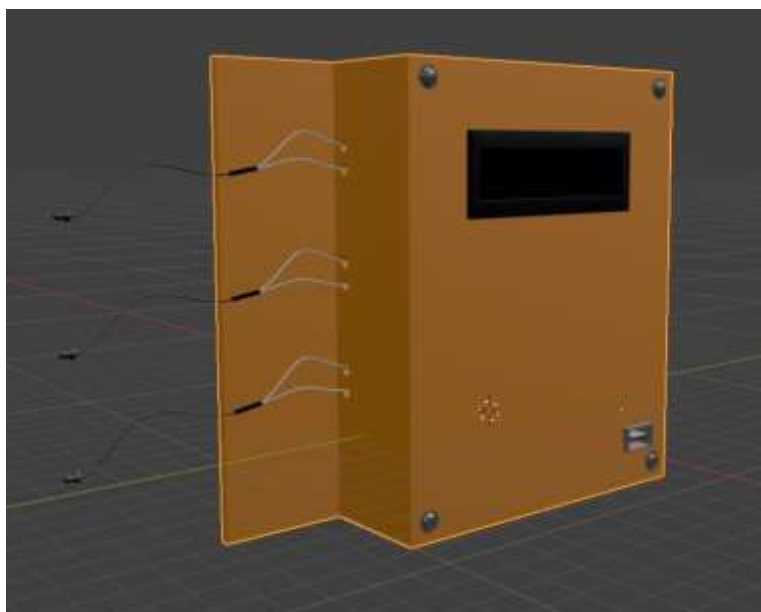


Рисунок 1 – 3D визуализация прибора в программе 3DMAX

Принципиальная электрическая схема (рис. 1) разработана в среде Altium Designer с соблюдением требований электромагнитной совместимости. Три термопары размещаются в рабочей камере печи с шагом 20 мм: у входного торца, в центре и у задней стенки, — что позволяет оценивать равномерность распределения температуры по длине зоны нагрева (рис. 2). Данные опрашиваются каждую секунду и дублируются в последовательный порт для дальнейшей регистрации на ПК.

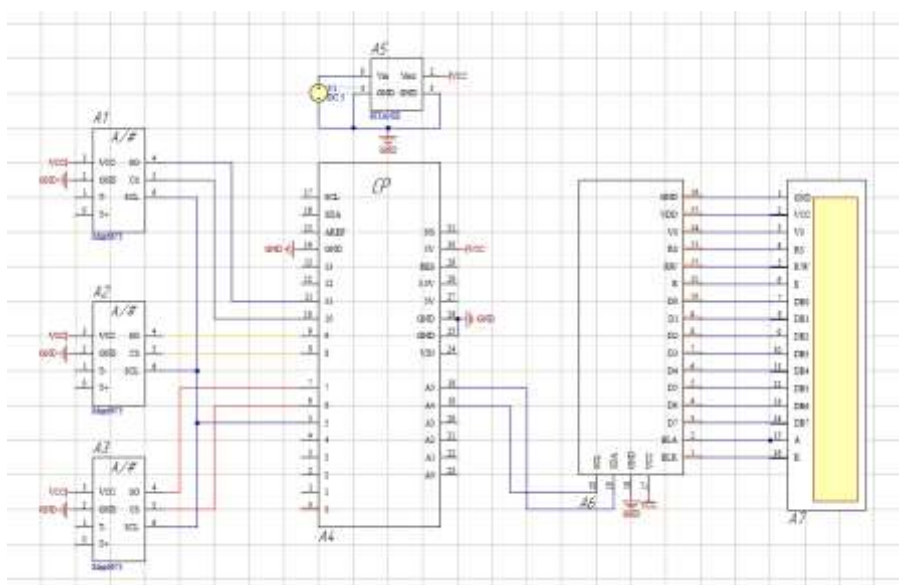


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема

Экспериментальная проверка

Для верификации разработанного устройства были проведены сравнительные измерения температуры в рабочей камере электропечи СУОЛ-0,4,2,5/15-И1. Показания портативного трёхканального прибора сопоставлялись со штатной термопарой печи в процессе нагрева от комнатной температуры до 812 °С на протяжении 35 минут. Результаты представлены в таблице 1 на графике рис. 3 показана динамика изменения температуры.

Таблица 1

Сравнение показаний штатной термопары печи и разработанного портативного прибора

t, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
T порт.пр.,	21	224,71	427,14	555,6	661,79	736,82	779,34	812,11
T, штат. Пр.,	21	225	429	558	660	738	783	816

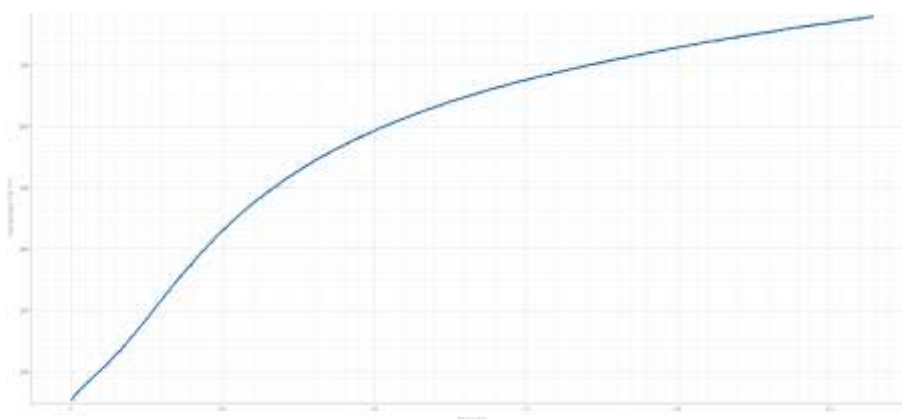


Рисунок 3 – График зависимости температуры печи от времени

Максимальное расхождение показаний в процессе нагрева не превысило 5,7 °С (на 30-й минуте), что лежит в пределах суммарной погрешности термопар и соответствует

требованиям технического контроля для большинства технологических операций термического окисления.

Заключение

Разработан портативный многоканальный прибор для мониторинга температуры в рабочей камере электропечи, обеспечивающий контроль в диапазоне до 1200 °С с погрешностью, соответствующей требованиям процесса термического окисления кремния. Применение трёх термопар позволяет выявлять неравномерность прогрева камеры, что является необходимым условием повышения воспроизводимости и стабильности технологического процесса. Экспериментальная проверка подтвердила соответствие показаний разработанного прибора штатной термопаре печи с расхождением не более 6 °С, что приемлемо для большинства лабораторных и промышленных задач.

Список литературы

1. Лукьянов Г.Н. Сенсоры и датчики физических величин. — СПб.: Университет ИТМО, 2020. — 55 с
2. Физико-химические основы микро- и нанoeлектроники. Лабораторный практикум / А. П. Достанко [и др.]. — Минск: БГУИР, 2016. — 63 с
- 3, "MAX6675 Cold-Junction-Compensated K-Thermocouple-to-Digital Converter. Datasheet. Maxim Integrated. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.farnell.com/datasheets/2079272.pdf> (дата обращения: 23.04.2024)

АППАРАТНО-ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ РАДИОЛИНИИ ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ОТЛАДКИ УЗЛОВ КОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ LORA-НАПРАВЛЕНИЯ

МАРКОВА В.Н.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет “ЛЭТИ”

Аннотация. Работа посвящена разработке экспериментальной радиолинии, предназначенной для отладки узлов коммуникационной системы LoRa-направления. В работе выполнены настройка трансивера AT86RF215 [1], управление режимами передачи и приёма, а также кадровый обмен между двумя стендами на базе ПЛИС. Для принимающей стороны реализовано выделение полезной нагрузки из принятого кадра. Полученные результаты будут использованы для дальнейшей разработки и отладки узлов коммуникационной системы LoRa-направления.

Ключевые слова: ПЛИС, трансивер AT86RF215, радиолиния, радиоканал, передача и приём, кадровый обмен, коммуникационная система LoRa-направления.

Введение

В настоящее время при разработке узлов перспективных коммуникационных систем, в том числе систем LoRa-направления [2], существенное значение имеет наличие экспериментального стенда, позволяющего на раннем этапе проверить работоспособность радиотракта, режимы передачи и приёма, а также базовые механизмы кадрового обмена. Использование такого стенда позволяет сократить объём предварительной отладки аппаратной части и ускорить переход к последующей реализации специализированных алгоритмов физического уровня.

В связи с этим актуальной является задача построения радиолинии, в которой ПЛИС используется как управляющая часть, обеспечивающая регистровую настройку параметров

канала, мощности и режима работы трансивера, а также организацию передачи и приёма кадров с последующим анализом структуры принятого сообщения.

Целью работы является аппаратно-программная реализация радиолинии на базе ПЛИС и трансивера AT86RF215, предназначенной для экспериментальной отладки узлов коммуникационной системы LoRa-направления.

1. Структура экспериментального стенда

Для проведения экспериментов использовался стенд на базе ПЛИС и трансивера AT86RF215 [1], обеспечивающий доступ к регистрам трансивера через интерфейс SPI и взаимодействие с оператором через UART-консоль. Такой подход позволяет реализовать как низкоуровневую настройку параметров трансивера, так и запуск готовых вариантов передачи и приёма при помощи командного интерфейса. В состав команд входят чтение и запись регистров, задание длины передаваемого кадра, выбор режима передачи или приёма, а также остановка активного режима. Основу текущей реализации составляют команды настройки длины кадра, автоматического формирования служебной части, запуска передачи, непрерывного приёма и остановки активного режима.

Для проверки работоспособности реализованной радиолинии использовались два физических узла с одинаковой аппаратной структурой. Один макет применялся для передачи кадров, второй - для их приёма и последующего анализа. Такое построение эксперимента позволяет рассматривать стенд как минимальную модель радиолинии, пригодную для начальной отладки узлов коммуникационной системы LoRa-направления.

2. Настройка радиотракта и организация обмена

В работе выполнена регистровая настройка трансивера, включающая задание параметров канала, мощности передачи и режима работы физического уровня. Управление выполняется на основе командного интерфейса, обеспечивающего прямой доступ к регистрам и запуск сценариев передачи/непрерывного приёма. Для передающей стороны предусмотрены задание длины кадра и запуск передачи. Для принимающей стороны реализован режим непрерывного ожидания сообщения с последующим чтением принятого кадра и выделением полезной нагрузки. Текущая программная реализация содержит режимы передачи и приёма уровня TX72 и RX72, команду AT+STOP, а на принимающей стороне - хранение полной длины кадра и полезной нагрузки отдельно. Основные команды стенда и их назначение приведены в табл. 1.

Таблица 1

Основные команды стенда и их назначение

Команда	Назначение
AT+LOAD	загрузка полезной нагрузки в передающий буфер
AT+LEN	задание длины передаваемого кадра
AT+TXAFCS	включение или отключение автоматического формирования служебной части кадра
AT+TX72	запуск передачи кадра
AT+RX72	запуск непрерывного приёма
AT+STOP	остановка активного режима передачи или приёма

В процессе отладки было выявлено, что длина принятого кадра при использовании автоматического формирования служебной части не совпадает с длиной полезной нагрузки. По этой причине на принимающей стороне была реализована процедура выделения

полезных данных из полного кадра. Такой подход позволяет использовать результаты приёма для дальнейшей обработки без влияния служебной части сообщения.

Для удобства проведения испытаний в составе стенда был предложен набор управляющих команд (см. табл. 1), позволяющих выполнять как поэлементную настройку трансивера, так и запуск основных режимов обмена. Использование командного интерфейса позволяет изменять параметры работы без модификации исходного текста программы, что упрощает проведение экспериментов и повторяемость испытаний.

3. Экспериментальная проверка радиолинии

Для проверки работоспособности радиолинии использовалась схема «передатчик-приёмник», реализованная на двух одинаковых стендах. Передающий узел формировал и отправлял кадр, а принимающий узел осуществлял непрерывное прослушивание канала и регистрацию принятого сообщения. Результат тестирования подтвердил совпадение полезной нагрузки переданного и принятого сообщений. Результаты эксперимента по передаче и приёму кадров представлены на рис. 1. На рис. 1а приведено консольное окно передающего узла, в котором отображаются команды формирования и передачи кадра, а также факт успешной отправки сообщения. На рис. 1б представлено консольное окно принимающего узла, в котором зафиксировано обнаружение принятого кадра и отображено содержимое полезной нагрузки.

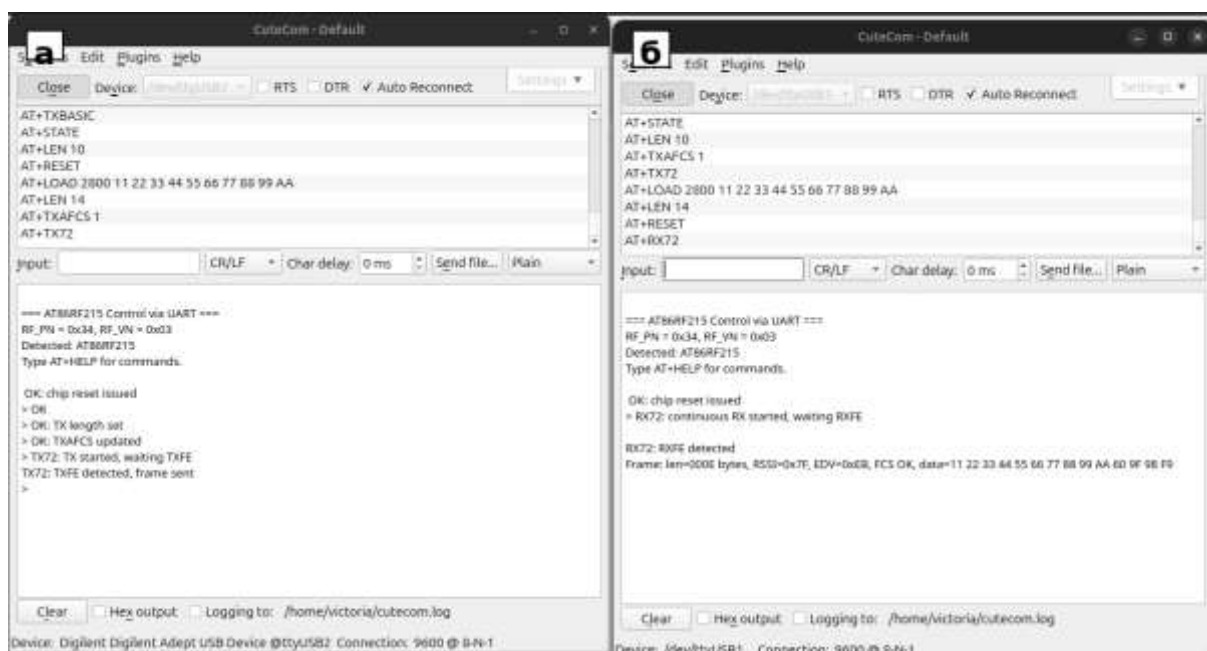


Рисунок 1 - Консольные окна при проведении эксперимента: а - передающая сторона; б - принимающая сторона

В ходе эксперимента была подтверждена работоспособность радиолинии и возможность кадрового обмена между двумя узлами. Дополнительно было установлено, что при использовании автоматического формирования служебной части полный принятый кадр отличается по длине от полезной нагрузки. По этой причине на принимающей стороне были разделены полная длина принятого сообщения и длина полезных данных. Такой подход позволил исключить неоднозначность при анализе результатов приёма.

Заключение

В ходе выполнения работы были реализованы базовые функции радиолинии, включающие настройку радиотракта, запуск передачи, непрерывный приём и обработку принятого сообщения. Эксперимент между двумя физическими стендами показал работоспособность реализованного подхода. Предложенная радиолиния не является завершённой LoRa-системой, однако может рассматриваться как подготовительный этап дальнейшей экспериментальной отладки узлов коммуникационной системы LoRa-направления.

Список литературы

1. AT86RF215. Low Power, Dual-Band RF Transceiver: Datasheet. - Microchip Technology Inc., 2020. - 229 p.
2. Semtech Corporation. LoRa Modulation Basics: Application Note AN1200.22. - Camarillo: Semtech Corporation, 2015. - 26 p.

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОДАВЛЕНИЯ НАЛОЖЕНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ СОСТАВЛЯЮЩИХ СИГНАЛА ПРИ ЦИФРОВОМ СИНТЕЗЕ ЗВУКОВЫХ СИГНАЛОВ

МЕРЕКИН Д.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация. Были рассмотрены и различные методы цифрового синтеза звука в контексте современной электронной музыки. Проанализированы и рассмотрены различные способы подавления наложения спектров (aliasing), а также исследованы несколько методов модуляции цифровых звуковых сигналов. Математическим методом была доказана эффективность ФНЧ при подавлении наложения спектров. Также были рассмотрены основные методы модуляции.

Ключевые слова: цифровой синтез звука, наложение спектров, амплитудная модуляция, частотная модуляция, саунд-дизайн.

1. Введение

В современной музыкальной индустрии принято "накручивать" звуки. Современные цифровые синтезаторы, такие как Serum, позволяют управлять не только формой сигнала, но и предлагают обширный выбор фильтров и модуляционных архитектур. Это позволяет современным продюсерам полностью контролировать тембральные характеристики своих композиций. Но такой подход имеет несколько нюансов: например, наложение спектров.

Цель работы - исследование метода анти-наложения спектров (Anti-Aliasing) путём использования ФНЧ, полиномиальным сглаживанием разрывов и кратным повышением частоты дискретизации (oversampling).

2. Подавление эффекта наложения спектров путём использования ФНЧ

Для примера возьмем пилообразный сигнал. Он содержит в себе бесконечный набор четных и нечетных гармоник. Такая форма волны является одной из самых широко применяемых в электронной музыке (по некоторым исследованиям, в 60% электронных песен, которые когда-либо попадали в чарты, основная мелодия была написана именно на "пиле"). При генерации такого сигнала возникает проблема: гармоники, превышающие частоту Найквиста (половину от частоты дискретизации) зеркально накладываются друг на друга и создают нелинейные искажения, очень неприятные на слух. Поэтому в современных синтезаторах используют низкочастотные фильтры, которые подавляют

высокочастотные гармоники после частоты Найквиста. На рисунке представлен сравнительный график сравнения спектров пилообразного сигнала без использования низкочастотного фильтра и с его использованием.

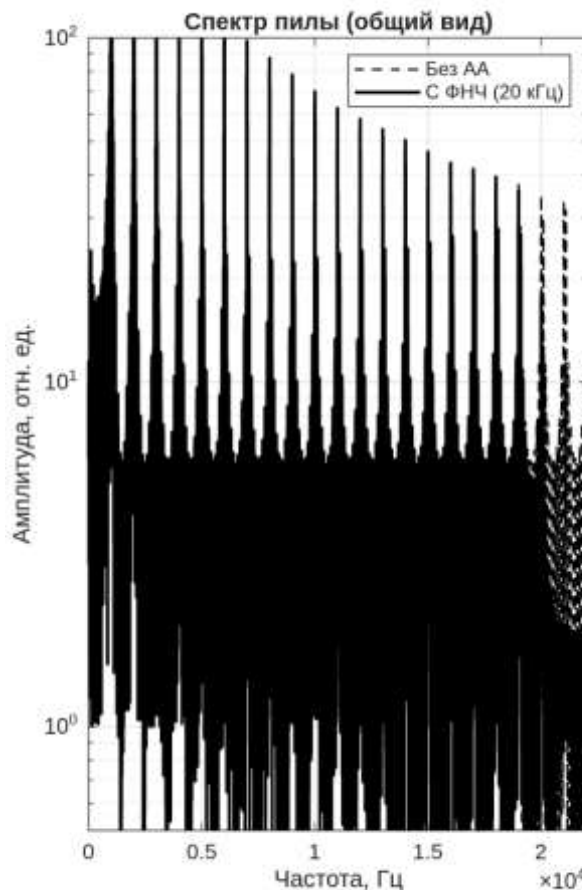


Рис1. Сравнение спектров пилообразного сигнала с частотой дискретизации 44.1 кГц (CD - качество). Штриховая линия демонстрирует спектр сигнала без ФНЧ. Сплошная – с ФНЧ. Видно, что ФНЧ помогает избавиться от эффекта наложения спектров.

3. Метод полиномиальной коррекции разрывов

Если рассмотреть пилообразный сигнал во временной области – мы увидим резкие (мгновенные) скачки. Такой скачок имеет бесконечное число гармоник, которые в том числе заполняют и высокочастотную область после частоты Найквиста и провоцируют появление эффекта наложения спектров. Решить эту проблему можно заменой мгновенного скачка на более плавную кривую.

Специальная программа создает алгоритм, который заменяет скачок только в интервале во время момента разрыва. В остальное время алгоритм выключен. Это помогает сэкономить вычислительные ресурсы. На рисунке представлен сравнительный график пилообразного сигнала до и после коррекции.

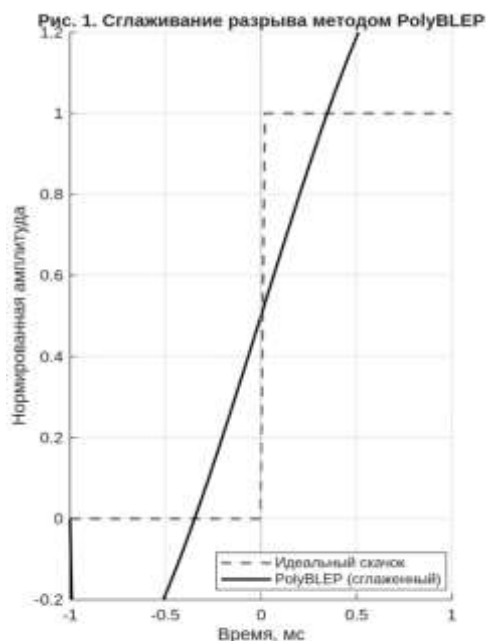


Рис. 2. Сравнение сигнала со скачком и со сглаживанием

4. Метод кратного повышения дискретизации (oversampling)

Самый ресурсозатратный метод подавления эффекта наложения спектров. В этом методе, частота дискретизации повышается в 4 раза, к сигналу применяется ФНЧ с частотой среза около 20 кГц. После этого частота дискретизации возвращается к прежним значениям.

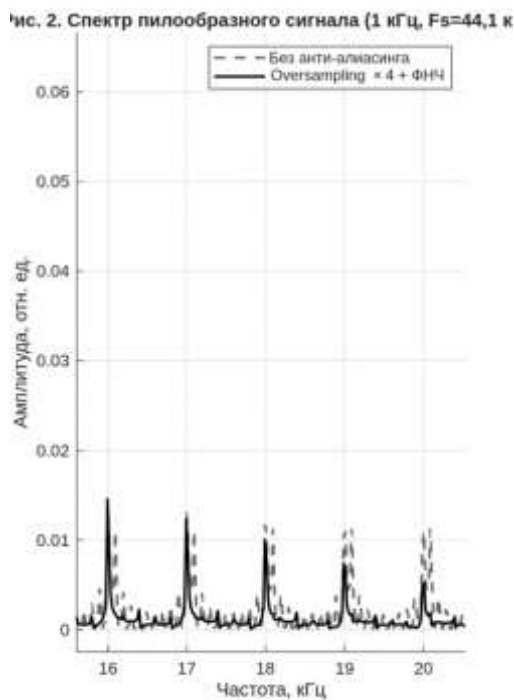


Рис. 3. Сравнение спектров пилообразного сигнала до и после метода кратного повышения дискретизации

5. Заключение

Были рассмотрены и графически смоделированы разные методы подавления наложения спектров в высокочастотной области. Самым эффективным был признан метод кратного повышения частоты дискретизации.

Список литературы

1. Матвеев Ю.Н., Симончик К.К., Тропченко А.Ю., Хитров М.В. ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА СИГНАЛОВ Учебное пособие по дисциплине "Цифровая обработка сигналов". - СПб: СПбНИУ ИТМО, 2013. - 166 с.
2. Välimäki V., Huovilainen A. Oscillator and Filter Algorithms for Virtual Analog Synthesis // Computer Music Journal. - 2006. - выпуск. 30, № 2. - с. 19–31.
4. Chowning J.M. The Synthesis of Complex Audio Spectra by Means of Frequency Modulation // Journal of the Audio Engineering Society. - 1973. - Выпуск. 21, № 7. - с. 526–534.
5. Zölzer U. (ed.) DAFX: Digital Audio Effects. – 2e издание. - Chichester: Wiley, 2011. -680 с.
6. Xfer Records. Serum User Manual.

ПАНОРАМНАЯ КАМЕРА ВНЕШНЕГО ОБЗОРА РОССИЙСКОЙ ОРБИТАЛЬНОЙ СТАНЦИИ

МИНЦОВ В. В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация. В работе представлены результаты разработки панорамной камеры внешнего обзора для Российской орбитальной станции. Проведён выбор фотоприемника и оптической системы на основе КМОП-сенсора SONY IMX255LQR-C и объектива AZURE-0625ML12M с фокусным расстоянием 6 мм и дисторсией менее 0,23%. Реализован аппаратный макет камеры и программный прототип на Python с использованием алгоритма SIFT. Экспериментально установлено влияние угла перекрытия между кадрами на геометрические искажения результирующей панорамы. Показано, что недостаточное перекрытие приводит к необходимости использования цилиндрической проекции для корректного отображения.

Ключевые слова: панорамная камера, внешний обзор, Российская орбитальная станция, сшивка изображений, цилиндрическая проекция, дисторсия, угол перекрытия, SIFT, OpenCV, КМОП-сенсор

Сборка Российской Орбитальной Станции (РОС) начнется в 2028 году с запуска Научно-Энергетического Модуля (НЭМ), после чего конфигурацию дополнят Узловой, Шлюзовой, Базовый и два Целевых модуля. На всех элементах станции без исключения будут установлены камеры внешнего обзора, предназначенные для мониторинга окружающего космического пространства и наблюдения за состоянием поверхностей самих модулей. Для максимального расширения функциональности и повышения качества контроля предполагается использование цветных панорамных камер, обеспечивающих съемку в разрешении QHD или выше.

На основе технических требований к панорамной камере внешнего обзора были выбраны ее основные элементы. Для показательного расчета в качестве фотоприемника использован КМОП-сенсор со следующими параметрами: размер квадратного пиксела $\Delta = 4$ мкм. Используется область формата QHD 2K (2560×1440), что дает физический размер фоточувствительной зоны $W = 10,24$ мм по горизонтали и $H = 5,76$ мм по вертикали.

Требуемая разрешающая способность объектива определяется частотой Найквиста.

$$R = \frac{1000}{2 \times 4} = 125 \text{ оп. лин./мм.}$$

Угол обзора по горизонтали для одного канала камеры должен составлять не менее $\delta = 100^\circ$, что при требуемых четырех каналах обзора обеспечивает минимальное перекрытие 10° между четырьмя модулями для панорамной сшивки в 360° .

Тогда фокусное расстояние должно быть равно

$$f = \frac{W}{2 \times \operatorname{tg} \frac{\delta}{2}} = \frac{10,24}{2 \times 1,19} \approx 4,3 \text{ мм},$$

где W – горизонтальный размер фоточувствительной области сенсора, f – фокусное расстояние объектива, δ – угол обзора по горизонтали.

Для объектива выбрано стандартное значение фокусного расстояния $f = 4$ мм, дающее итоговый угол 104° .

Критическим параметром для сшивки является дисторсия. Превышение порога 0,5% ведет к ошибкам совмещения и появлению артефактов. В качестве предельно допустимого значения должно быть выбрано значение менее 0,5%.

По совокупности требований должен быть выбран объектив с такими параметрами $f = 4$ мм, $R \geq 125$ оп. лин./мм, дисторсия менее 0,5%.

Для программного формирования панорамы используется алгоритм SIFT, реализованный на Python с применением библиотеки OpenCV. Алгоритм выполняет поиск особых точек на изображениях, вычисление их дескрипторов и сопоставление между кадрами, после чего методом RANSAC рассчитывается матрица гомографии для трансформации и сшивки кадров в единое панорамное изображение.

В настоящее время реализован аппаратный макет панорамной камеры внешнего обзора и идет разработка программного обеспечения. Макет камеры представлен на рисунке 1. Он содержит камеру с объективом, штатив, прецизионное устройство поворота на заданный угол, штатив и ноутбук с ПО видеозахвата.



Рис. 1. Макет камеры

В ходе отработки взаимодействия макета камеры с прототипом программного обеспечения был выявлен дефект сшивки: малая зона перекрытия кадров привела к чрезмерному геометрическому растяжению краев панорамного изображения. Иллюстрация данного артефакта приведена на рисунке 2.



Рис. 2. Панорама, полученная не модифицированной программой

Для обеспечения достоверности формируемого панорамного изображения было принято решение о переходе от декартовой системы координат к цилиндрической с последующей обратной проекцией на плоскость. С целью реализации данного подхода, а также для определения минимального угла перекрытия, гарантирующего требуемое качество сшивки, была разработана специальное ПО [1]. Алгоритм его работы и полученные результаты представлены на рисунке 3.

Для разрабатываемой камеры применение цилиндрической проекции в качестве конечной панорамы является предпочтительным, поскольку представление изображения в декартовых координатах приводит к значительным геометрическим искажениям.

На рисунке 3 представлены ключевые этапы работы программы (верхняя часть), итоговая панорама в цилиндрических координатах (средняя часть) и результирующее изображение в декартовых координатах (нижняя часть).

Вследствие недостаточного угла перекрытия макетной камеры для сохранения геометрической корректности в области стыковки алгоритм вынужден растягивать остальные участки изображения, что приводит к значительным искажениям. Степень вытянутости возрастает по мере удаления от зоны сшивки. В цилиндрической проекции данный эффект отсутствует. Поскольку каждое исходное изображение проецируется на отдельный цилиндр, результирующая панорама приобретает незначительную «выпуклость», однако данный принцип построения даёт существенно более качественный результат по сравнению с декартовой системой координат.

Наблюдаемые в области стыковки небольшие различия контраста указывают на необходимость дальнейшей доработки программы.

Ключевым параметром, определяющим качество итоговой панорамы, является степень изгиба, можно сказать радиус цилиндра, на который проецируется изображение. Чем больше радиус, тем меньше изгиб. При этом наблюдается обратная зависимость: уменьшение коэффициента перекрытия между соседними изображениями приводит к снижению нужного радиуса цилиндра для компенсации искажений и, как следствие, к росту геометрических искажений на результирующей панораме в декартовых координатах.

Экспериментальным путём установлено, что увеличение перекрытия между кадрами уменьшает степень деформации на сшитой панораме. На рисунке 3 представлен случай, когда угол обзора камеры составляет 100° , а угол перекрытия равен 10° , что соответствует 20% от площади кадра.

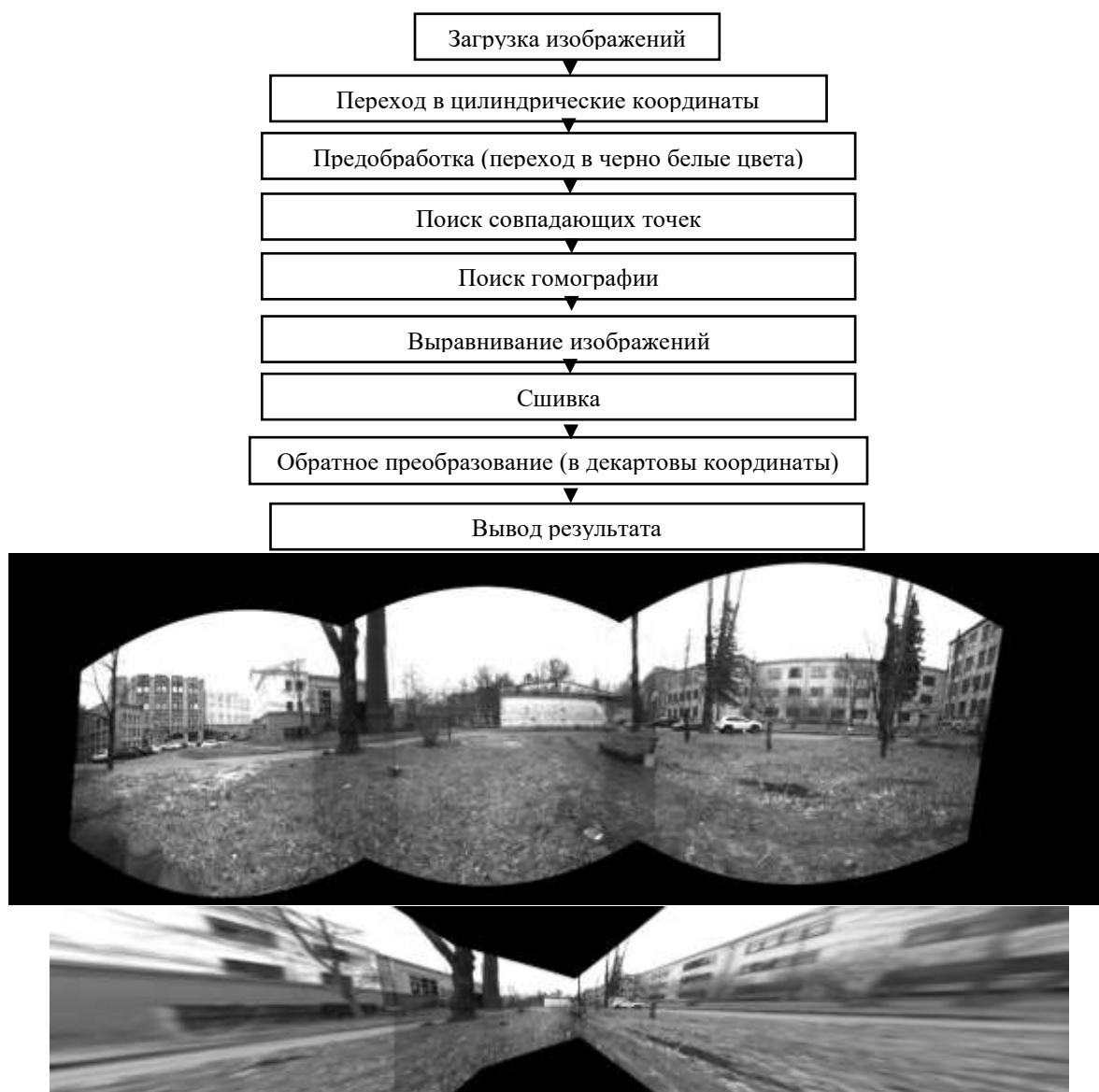


Рис. 3. Ключевые этапы программы и ее результат

Обработка снимков с различными коэффициентами перекрытия подтвердила закономерность: чем больше перекрытие, тем менее выражены искажения при проецировании изображения в декартовы координаты. Рисунок 4 демонстрирует результат при перекрытии в 65%.



Рис. 4. Панорама изображений с перекрытием в 65%

Таким образом, недостаточное перекрытие кадров усиливает искажения конечной панорамы, вследствие чего её просмотр и обработка возможны только в цилиндрических координатах. Минимальный угол перекрытия может быть частично компенсирован уменьшением фокусного расстояния, что позволяет сохранить возможность работы с панорамой в цилиндрических координатах, несмотря на присущие данной проекции искажения. Однако ключевым критерием выбора угла перекрытия является наличие достаточного количества объектов или выраженных ориентиров в зоне стыка полей зрения. При их отсутствии алгоритм сшивки не сможет найти необходимое число совпадающих точек, что сделает качественное объединение кадров невозможным независимо от выбранной проекции.

Список литературы

1. Шелиски Р. Компьютерное зрение : алгоритмы и приложения : пер. с англ. / Р. Шелиски. – 2-е изд., испр. – М. : ДМК Пресс, 2024. – 1204 с. – ISBN 978-5-93700-256-1.

ОЦЕНКА ОТСЧЕТОВ АППАРАТНОЙ ФУНКЦИИ СПЕКТРАЛЬНОГО АНАЛИЗАТОРА

РЕМЕЗ Д.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация. Рассматривается акустооптический спектральный анализатор с пространственным интегрированием, в котором для регистрации спектра используется матричный фотоприемник. Проведен теоретический анализ распределения интенсивности в плоскости фотодетектора и рассчитаны отсчеты аппаратной функции для различных положений фоточувствительных элементов. На основе полученных аналитических выражений были рассчитаны значения зарядовых пакетов для четырех моделей матричных ПЗС-матриц.

Ключевые слова: спектральный анализатор, распределение интенсивности, аппаратная функция, фотоприемное устройство, матричный прибор с зарядовой связью, зарядовый пакет.

Вывод выражения для оценки отсчетов аппаратной функции

Распределение интенсивности, регистрируемое фотоприемным устройством в акустооптическом спектральном анализаторе с пространственным интегрированием, имеет следующий вид [1, 2]:

$$I^{+1}(\xi) = (2L)^2 |A|^2 \left\{ \operatorname{sinc} \left[\frac{kL}{\pi} \left(\theta_i - \frac{\lambda}{\Lambda} + \frac{\xi}{F} \right) \right] \right\}^2. \quad (1)$$

Здесь $2L$ – апертура акустооптического модулятора (АОМ), A – коэффициент пропорциональности, F – фокусное расстояние трансформирующей линзы (ТЛ), θ_i – угол падения световой волны, λ – длина волны светового потока, Λ – длина звуковой волны, соответствующая входному гармоническому сигналу.

В выражении (1) функция $[\operatorname{sinc}(x)]^2$ является аппаратной функцией (АФ) акустооптического спектрального анализатора.

Упростим выражение (1) следующим образом: $B_1 = (2L)^2 |A|^2$, $x = \xi - \xi_0$, где $\xi_0 = F(\lambda / \Lambda - \theta_i) = 0$ (предположим, что световой пучок падает в центр фотоприемника), $b = kL / \pi F$. Тогда выражение (1) примет следующий вид:

$$I^{+1}(x) = B_1 \left\{ \text{sinc}(bx) \right\}^2 \quad (2)$$

Преобразуем выражение (2) к виду (считаем, что ширина АФ равна $2b$, B_1 можно пренебречь):

$$I^{+1}(p) = \frac{\pi}{b} \left\{ \text{sinc}\left(\frac{\pi p}{b}\right) \right\}^2 \quad (3)$$

Проинтегрируем выражение (3) в пределах от c до d ($c, d > 0$, $d - c = 2a$, где $2a$ – апертура фоточувствительного элемента фотоприемного устройства):

$$\begin{aligned} \int_c^d \frac{\pi}{b} \left\{ \text{sinc}\left(\frac{\pi p}{b}\right) \right\}^2 dp &= \int_{\frac{\pi c}{b}}^{\frac{\pi d}{b}} \left\{ \text{sinc}\left(\frac{\pi p}{b}\right) \right\}^2 d \frac{\pi p}{b} = \left[q = \frac{\pi p}{b} \right] = \int_{\frac{\pi c}{b}}^{\frac{\pi d}{b}} \left\{ \text{sinc}(q) \right\}^2 dq = \\ &= \text{Si}\left(\frac{2\pi d}{b}\right) + \frac{\cos\left(\frac{2\pi d}{b}\right) - 1}{\frac{2\pi d}{b}} - \text{Si}\left(\frac{2\pi c}{b}\right) - \frac{\cos\left(\frac{2\pi c}{b}\right) - 1}{\frac{2\pi c}{b}} \end{aligned} \quad (4)$$

Для оценки отсчетов аппаратной функции возьмем следующие отсчеты: $p = b$, $p = 0.5b$, $p = 0$ (данные координаты фоточувствительных элементов были выбраны согласно [3, 4]). Тогда пределы интегрирования будут выглядеть следующим образом:

$$d = \begin{cases} b + a, p = b \\ \frac{b}{2} + a, p = \frac{b}{2} \\ a, p = 0 \end{cases}, c = \begin{cases} b - a, p = b \\ \frac{b}{2} - a, p = \frac{b}{2} \\ -a, p = 0 \end{cases} \quad (5)$$

Для случая $p = 0$ нижний предел отрицательный, соответственно, сделаем следующее преобразование (т.к. АФ – четная функция):

$$\int_{-a}^a f(p) dp = 2 \int_0^a f(p) dp$$

Зарядовый пакет пропорционален интенсивности и времени. Интегрирование по времени дает масштабирование.

Подставим (5) в выражение (4) (с учетом четности АФ).

$$Q(l) = \begin{cases} \text{Si}(2\pi(1+l)) + \frac{\cos(2\pi(1+l)) - 1}{2\pi(1+l)} - \text{Si}(2\pi(1-l)) - \frac{\cos(2\pi(1-l)) - 1}{2\pi(1-l)}, p = b \\ \text{Si}\left(2\pi\left(\frac{1}{2} + l\right)\right) + \frac{\cos\left(2\pi\left(\frac{1}{2} + l\right)\right) - 1}{2\pi\left(\frac{1}{2} + l\right)} - \text{Si}\left(2\pi\left(\frac{1}{2} - l\right)\right) - \frac{\cos\left(2\pi\left(\frac{1}{2} - l\right)\right) - 1}{2\pi\left(\frac{1}{2} - l\right)}, p = \frac{b}{2} \\ 2\text{Si}(2\pi l) + \frac{\cos(2\pi l) - 1}{\pi l}, p = 0 \end{cases} \quad (6)$$

В данном уравнении $l = a/b$.

Результаты вычислений выражения (6) эквивалентны величине, пропорциональной зарядовому пакету.

Расположение элементов фотоприемных устройств (выбор отсчетов) аппаратной функции акустооптического анализатора спектра показано на рисунке 1.

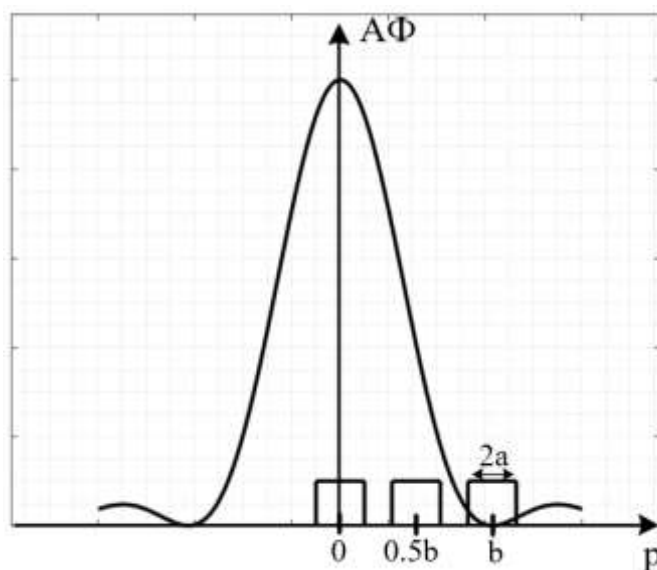


Рис. 1. Расположение фоточувствительных элементов относительно аппаратной функции

Оценка отсчетов аппаратной функции для фотоприемных устройств с различными моделями матричных ПЗС

В качестве фотоприемных устройств используется матричный прибор с зарядовой связью (ПЗС). На рисунке 1 прямоугольниками обозначены фоточувствительные элементы матричного ПЗС длиной $l_1 = 2a$, а расстояние между фоточувствительными площадками равно l_2 . Тогда можем выразить $l = a/b$ через l_1 и l_2 , где $b/2 = l_1 + l_2$.

$$l = \frac{a}{b} = \frac{0.5l_1}{2(l_1 + l_2)} = \frac{l_1}{4(l_1 + l_2)} \quad (7)$$

Оценим величину пропорциональную зарядовому пакету для различных моделей матричных ПЗС с помощью выражения (6). Возьмем следующие модели матричных ПЗС (таблица 1) [5-9].

Таблица 1

Модели используемых матричных ПЗС

Модель	Количество активных пикселей	Размер пикселя, мкм	Размер активной зоны, мм
ICX205AL	1360(H) × 1024(V)	4.65(H) × 4.65(V)	7.6(H) × 6.2(V)
KAF-09001	3024(H) × 3024(V)	12(H) × 12(V)	36.3(H) × 36.3(V)
KAI-11002	4008(H) × 2672(V)	9(H) × 9(V)	37.25(H) × 25.7(V)
S12071	1024(H) × 1024(V)	24(H) × 24(V)	24.576(H) × 24.576(V)
ELCM 1078	512(H) × 512(V)	16(H) × 16(V)	8.2(H) × 8.2(V)

Подставив значения из таблицы 1 в выражения (6) и (7), получим итоговые результаты сравнения величин, пропорциональных зарядовому пакету, для различных моделей матричных ПЗС (таблица 2), приведены нормированные к максимуму ($p = 0$) значения.

Таблица 2

Результаты величин, пропорциональных зарядовому пакету, для различных моделей матричных ПЗС

Модель	Q			Q (нормированный)		
	p = b	p = 0.5b	p = 0	p = b	p = 0.5b	p = 0
ICX205AL	0.0187	0.5448	1.2470	0.0150	0.4369	1
KAF-09001	0.0323	0.6618	1.4679	0.0220	0.4508	1
KAI-11002	0.0294	0.6397	1.4277	0.0206	0.4481	1
S12071	0.0323	0.6620	1.4683	0.0219	0.4509	1
ELCM 1078	0.0322	0.6613	1.4670	0.0150	0.4369	1

Исходя из результатов в таблице 2, можно сказать, что наибольший зарядовый пакет накапливает матричный ПЗС модели S12071, т.к. у данной модели зазор между фоточувствительными площадками равен нулю.

Заключение

В ходе работы была проведена оценка отсчетов аппаратной функции акустооптического спектрального анализатора с пространственным интегрированием. Получены аналитические выражения, позволяющие рассчитать величину, пропорциональную зарядовому пакету регистрируемого матричными ПЗС-устройствами при различных смещениях светочувствительных элементов относительно «нуля» аппаратной функции. Сравнительный анализ пяти промышленных матричных моделей показал прямую зависимость регистрируемого заряда от геометрии активной области и величины межпиксельных зазоров. Модель S12071 показала наибольшую эффективность в накоплении заряда. Кроме этого, теоретическое значение величины зарядового пакета при $p = b$ должно быть равно 0. В таблице 2 видно, модель ICX205AL обладает наименьшим значением $Q(p=b)$, что говорит о возможности использования данной модели при оценке отсчетов АФ.

Список литературы

1. Акустооптические процессоры спектрального типа / Под ред. В.В. Проклова, В.Н. Ушакова. - М.: Радиотехника, 2012. – 192 с.
2. Гринёв А.Ю., Наумов К.П., Пресленев Л.Н., Тигин Д.В., Ушаков В.Н. Оптические устройства в радиотехнике: учеб. пособие / под ред. В.Н. Ушакова. – 2-е изд. – М.: Радиотехника, 2009. — 264 с.
3. Москалец Д.О. Учет влияния конечной апертуры фотоприемника в устройствах спектрального анализа // Фундаментальные проблемы оптики – 2018: сборник трудов X Международной конференции, Санкт-Петербург, 15–19 октября 2018 г. / под ред. проф. В.Г. Беспалова, проф. С.А. Козлова. – СПб: Университет ИТМО, 2018. – С. 92.
4. Бондарь П.В., Москалец Д.О. Оценка отсчетов аппаратной функции фотоприемником с конечной апертурой // Фундаментальные проблемы оптики – 2019: сборник трудов XI Международной конференции, Санкт-Петербург, 21–25 октября 2019 г. / под ред. проф. С.А. Козлова. – СПб: Университет ИТМО, 2019. – С. 71–72.
5. ICX205AL Datasheet [Электронный ресурс]. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/47426/SONY/ICX205AL.html>
6. KAF-09001 Datasheet [Электронный ресурс]. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/990414/ONSEMI/KAF-09001.html>
7. KAI-11002 Datasheet [Электронный ресурс]. URL: <https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/761672/ONSEMI/KAI-11002.html>
8. S12071 Datasheet [Электронный ресурс]. URL: https://www.hamamatsu.com/content/dam/hamamatsu-photonics/sites/documents/99_SALES_LIBRARY/ssd/s12071_kmpd1138e.pdf
9. ELCM 1078: фоточувствительный прибор с зарядовой связью (ФПЗС) [Электронный ресурс]. URL: https://www.telephototech.ru/kat_podr.php?stid=13

УСИЛИТЕЛЬ СИГНАЛА ПРОМЕЖУТОЧНОЙ ЧАСТОТЫ

Сокол Ю.П.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация. Разработан усилитель сигнала промежуточной частоты (УПЧ) для эксплуатации в составе радиоприемного устройства, используемого в радиомониторинговой системе. В процессе были разработаны электрические структурная и принципиальная схемы УПЧ, выбраны оптимальные компоненты схемы, разработана топология печатной платы. Создана 3D модель корпуса УПЧ и комплект конструкторской документации.

Ключевые слова: усилитель, высокие частоты, гибридные схемы, радиоприемное устройство, конструкторская документация

Современные радиоприемные устройства строятся в основном по супергетеродинной схеме. Принятый сигнал в таких приемниках фильтруется и усиливается в преселекторе, после чего преобразователем частоты спектр сигнала переносится на промежуточную частоту, на которой далее осуществляется основное усиление и частотная селекция. После этого сигнал расшифровывается демодулятором, усиливается и поступает к пользователю.

Усилитель промежуточной частоты (УПЧ) в составе линейного тракта выполняет две главные задачи: обеспечивает основное усиление сигнала и избирательность по соседнему каналу.

Целью работы является разработка УПЧ, функционирующего в составе радиоприемного устройства. УПЧ должен иметь следующие параметры: диапазон рабочих частот 1,5 ГГц – 2,0 ГГц, коэффициент передачи 15 дБ – 25 дБ, допустимая неравномерность АЧХ в полосе частот 3 дБ. Напряжение питания составляет $(5,6 \pm 0,3)$ В, при этом максимальный ток в цепях не должен превышать 100 мА. Корпус УПЧ должен иметь габариты не более 60х50х20 мм (за исключением присоединительных элементов).

В настоящее время существует 3 методологии создания электронных устройств: дискретная, монолитная (интегральная) и гибридная. В силу введенных ограничений размеров устройства и ограниченного временного ресурса устройство нецелесообразно разрабатывать дискретным методом. Также в силу ограничений трудоемкости и стоимости разработки и производства УПЧ монолитный метод не является подходящим. В данной ситуации оптимально разрабатывать устройство гибридным методом, который подразумевает использование одного или нескольких готовых компонентов на плате с дискретными элементами.

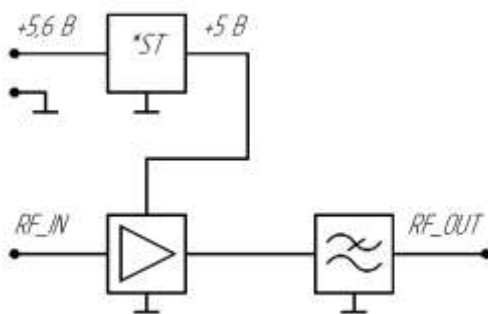


Рис. 1. Электрическая структурная схема УПЧ

Основными функциональными блоками УПЧ являются усилительный тракт и фильтр. Питание усилителя осуществляется первичным внешним источником, имеющим колебания

напряжения, поэтому в цепи питания необходимо предусмотреть стабилизатор напряжения. Таким образом, УПЧ состоит из трех функциональных блоков: усилителя, фильтра и стабилизатора напряжения. Структурная схема УПЧ представлена на рисунке 1.

Далее был проведен анализ рынка микросхем, для каждого функционального блока было приведено по 3-5 примеров, произведен сравнительный анализ основных характеристик и сделан оптимальный выбор микросхем.

Микросхемы усилителя рассматривались от таких производителей, как Mini-Circuits, Avago, Qorvo, НПФ «Микран» и АО «Светлана-Рост». В результате анализа для использования в схеме был выбран усилитель MGA-31489 от производителя Avago, функционирующий в диапазоне частот от 1,5 ГГц до 3,0 ГГц. Он обладает достаточным коэффициентом усиления 19,5 дБ с относительно небольшим коэффициентом шума 1,9 дБ. При напряжении питания 5 В ток потребления составляет 69 мА, что не превышает допустимого значения (100 мА). Микросхема выполнена в корпусе SOT-89.

Микросхемы стабилизатора напряжения рассматривались от производителей АО «Микрон», АО «Группа Кремний ЭЛ», STMicroelectronics и Texas Instruments. Оптимальным был выбран стабилизатор LP2992AIM5-5.0/NOPB с выходным напряжением 5 В и падением напряжения менее 0,2 В, что позволяет ему стабилизировать напряжение источника ($5,6 \pm 0,3$) В. Микросхема выполнена в корпусе SOT-23.

В качестве фильтра для сравнения были выбраны полосовые фильтры и фильтры нижних частот от производителей Mini-Circuits и Johanson Technology, изготовленные по технологии LTCC. Наиболее подходящими характеристиками обладает фильтр BFCN-1801+ производителя Mini-Circuits. Он обеспечивает полосу пропускания 1,40 ГГц – 2,32 ГГц, при этом в требуемой полосе частот (1,5 ГГц – 2,0 ГГц) вносимые потери не превышают 1,25 дБ. Фильтр выполнен в корпусе FV1206.

После того, как микросхемы основных функциональных блоков УПЧ выбраны, необходимо в соответствии с рекомендациями производителей подобрать обвязку для корректной работы каждого элемента. В качестве обвязки выступают пассивные элементы: конденсаторы, резисторы и катушки индуктивности. Номиналы выбраны в соответствии с документацией на микросхемы. Также подобраны пассивные элементы, обеспечивающие развязку по постоянному току. Составлена электрическая принципиальная схема УПЧ.

Далее разработана топология печатной платы. УПЧ выполняется на односторонней печатной плате из материала RO4003C от производителя Rogers Corporation. Размеры печатной платы 20x30 мм. Все компоненты УПЧ являются поверхностно-монтируемыми и устанавливаются на плату в соответствии с ГОСТ Р МЭК 61191-2-2010.

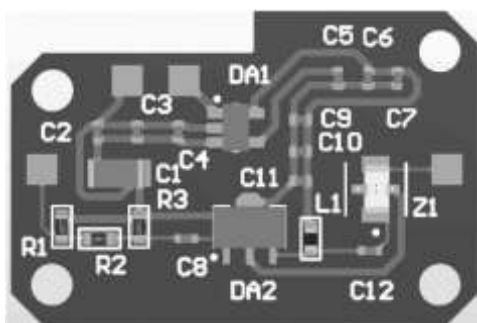


Рис. 2. 3D модель печатной платы с элементами

Все цепи разделены на два класса: сигнальные и цепи питания, так как в этих цепях протекают разные токи и требуется разная ширина проводников. Для сигнальных цепей ширина проводника составляет 0,3 мм, для цепей питания – 0,5 мм.

3D модель печатной платы с компонентами, выполненная в среде проектирования Altium Designer, представлена на рисунке 2.

Подключение УПЧ к внешним устройствам производится с помощью высокочастотных соединителей типа SMA (50 Ом). Питание на схему подается через соединитель РСГ4ТВ. Выбор сделан на основании уже спроектированных узлов радиоприемного устройства и использованных в них соединителей.

Корпус УПЧ состоит из двух частей – корпуса и крышки, соединяемых между собой винтами. Корпус имеет присоединительные выступы для крепления к другим частям РПУ. Корпус фрезеруется на станке из плиты алюминиевого сплава Д16. Крышка выполнена из листа алюминия АМг6. 3D модель сборки УПЧ представлена на рисунке 3.

В соответствии с ГОСТ ЕСКД разработан комплект конструкторской документации для деталей платы, корпуса и крышки, сборочных единиц платы с элементами, УПЧ.

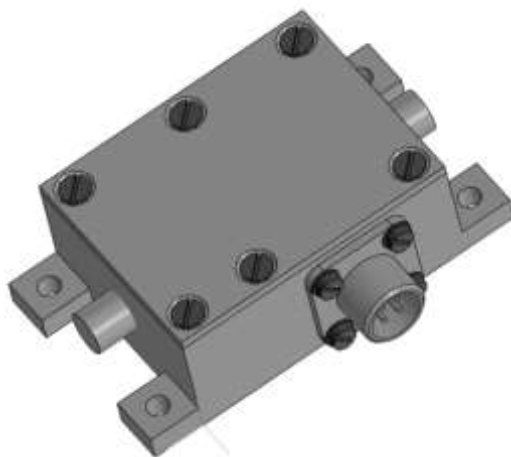


Рис. 3. 3D модель УПЧ

Таким образом, была разработана конструкция усилителя промежуточной частоты для эксплуатации в составе радиоприемного устройства. Полученные результаты удовлетворяют заданным условиям. Цель работы достигнута.

Список литературы

1. Токарев В.М. Конструирование радиоэлектронных средств. — М.: Высш. шк., 2001. — 272 с.
2. Проектирование радиоприемных устройств / Под ред. В.С. Губанова. — М.: Радио и связь, 2010. — 368 с.
3. ГОСТ Р 52019-2003. Устройства радиоприемные. Термины и определения. — М.: Стандартинформ, 2003.

РАЗРАБОТКА ДИПЛЕКСЕРА СРЕДНЕГО УРОВНЯ МОЩНОСТИ ДЛЯ УВЧ-ДИАПАЗОНА

СОПУНОВ Г. В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация. Рассмотрена разработка диплексера с эллиптическими характеристиками, построенного на сосредоточенных LC-элементах. Устройство содержит два плеча: низкочастотное 650–750 МГц и

высокочастотное 850–950 МГц, каждое из которых рассчитано на подведение непрерывной мощности не более 40 Вт. Выполнено электродинамическое моделирование, изготовлен промышленный образец, проведены измерения S-параметров и тепловизионный контроль нагрева.

Ключевые слова: диплексер, частотно-разделительное устройство, компоненты поверхностного монтажа, тепловой режим.

Введение

В передающих трактах современных систем связи и телевидения часто требуется сложение сигналов двух соседних частотных диапазонов в общую антенну. Для этой цели служат диплексеры, которые должны обладать малыми вносимыми потерями, высокой избирательностью и способностью пропускать значительную мощность. При близком расположении рабочих полос (всего 100 МГц разноса) возрастают требования к крутизне скатов фильтров и подавлению внеполосных сигналов. Этим условиям хорошо удовлетворяют фильтры с эллиптической (кауэровской) аппроксимацией, имеющие нули передачи на конечных частотах и обеспечивающие максимальную скорость спада амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) при заданном порядке.

Целью настоящей работы являлось создание диплексера на сосредоточенных элементах с параметрами:

- НЧ-канал: 650–750 МГц, ВЧ-канал: 850–950 МГц;
- допустимая мощность в каждом плече – не больше 40 Вт;
- развязка между плечами – не хуже 15 дБ;
- вносимые потери в полосе пропускания – минимально достижимые;
- тип фильтров: эллиптический (Кауэра);
- подложка: Rogers 4003С толщиной 1,523 мм;
- элементная база: катушки индуктивности Coilcraft серии GA...WA и конденсаторы серии ATC 800В.

Схемотехнический синтез

Для частотного разделения каналов было принято решение использовать диплексер нижних и верхних частот (Рис. 1), так как в спектре сигналов не присутствуют компоненты, лежащие ниже 650 МГц или выше 950 МГц. С помощью программы Nuhertz Filter Solutions 2015 было установлено, что оптимальным является пятый порядок фильтров. Также, с помощью этой программы, были найдены номиналы компонентов схемы с учётом ряда возможных значений ёмкости и индуктивности компонентов. Результат электродинамического моделирования полученной схемы на идеальных элементах приведён на Рис. 2.

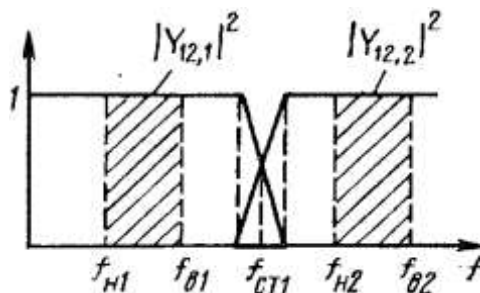


Рис. 1. Пример частотной характеристики диплексера нижних и верхних частот.

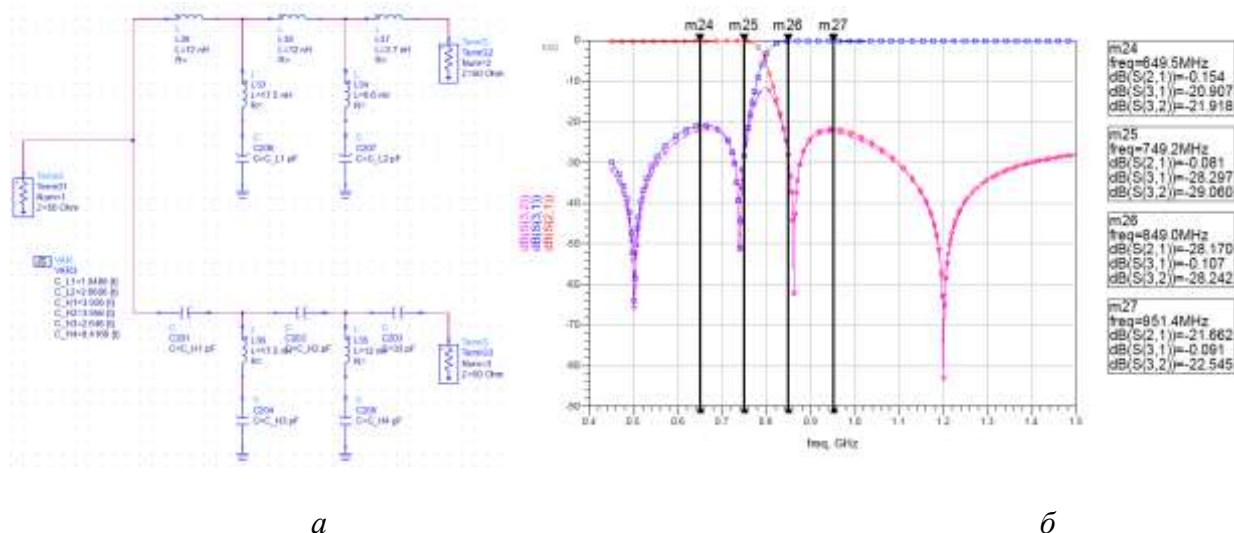


Рис. 2. Диплексер на идеальных элементах: (а) принципиальная схема, (б) АЧХ.

Был произведён анализ токов, протекающих через цепи устройства (Рис. 3). Ввиду того, что в отдельных цепях ток приближается к максимально допустимому для конденсаторов данной серии, они включаются в параллель по три. Также это позволит в будущем, на основе имеющейся топологии, реализовывать диплексеры на другие частотные диапазоны.

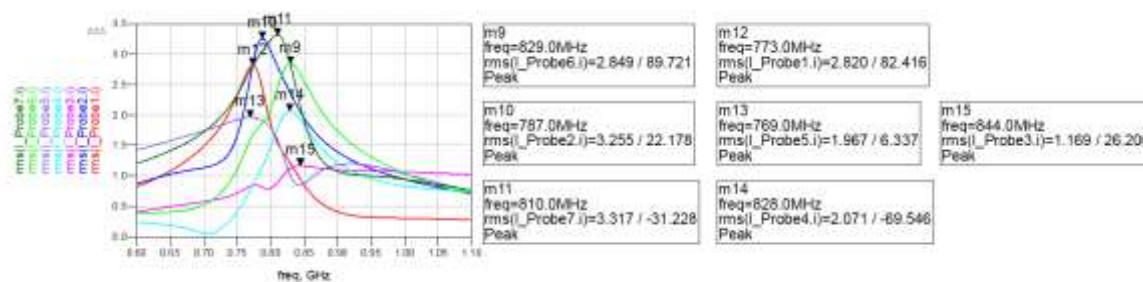
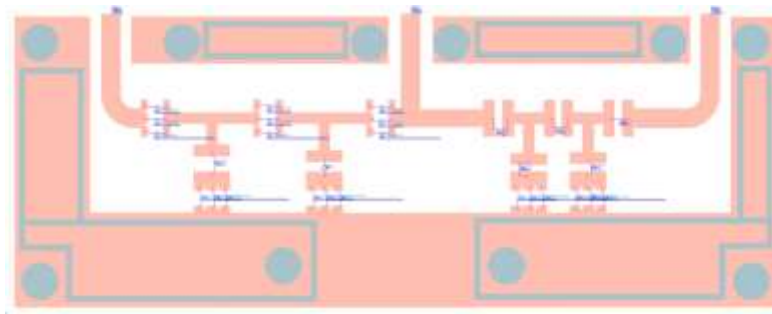


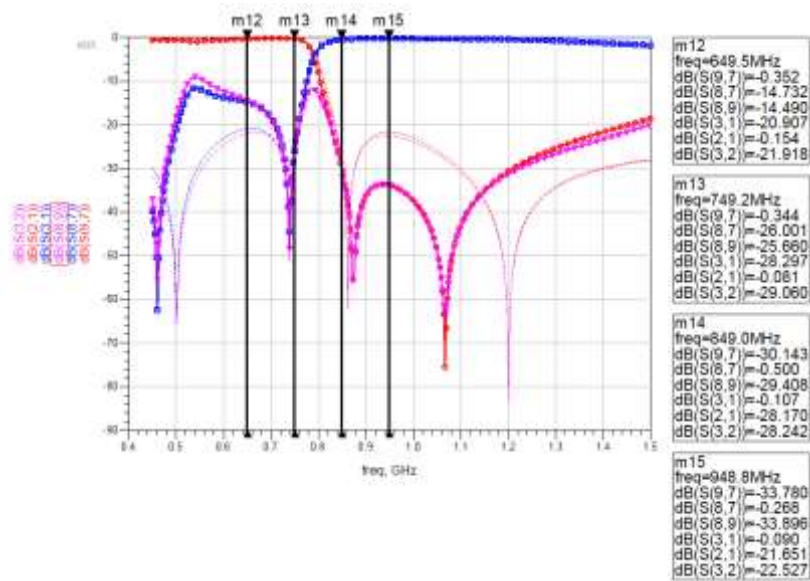
Рис. 3. График зависимости среднеквадратичного значения протекающих в цепях токов от частоты.

Разработка топологического решения

С учетом типовых размеров контактных площадок, рекомендованных производителями для своих компонентов поверхностного монтажа (КПМ) и габаритов типового корпуса, применяемого на производстве, в программном пакете Keysight Advanced Design System (ADS) было разработано топологическое решение (Рис. 4(а)). Выполнено электродинамическое моделирование АЧХ разработанного диплексера с учетом характеристик реальных КПМ и параметров диэлектрической подложки. Произведено сравнение полученных частотных характеристик с диплексером на идеальных элементах (Рис. 4(б)).



а



б

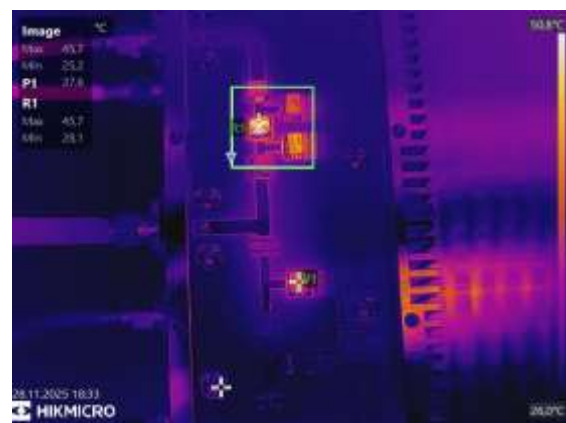
Рис. 4. Диплексер на реальных элементах: (а) топология, (б) АЧХ.

Проверка устройства

После сборки печатной платы была произведена её настройка и проверка на работоспособность. В ходе неё были измерены S-параметры устройства, а также проведён контроль температурного режима. Сравнение АЧХ до и после настройки приведены на Рис. 6.



а)



б)

Рис. 5. Снимки с тепловизора во время работы: (а) высокочастотного плеча, (б) низкочастотного плеча.

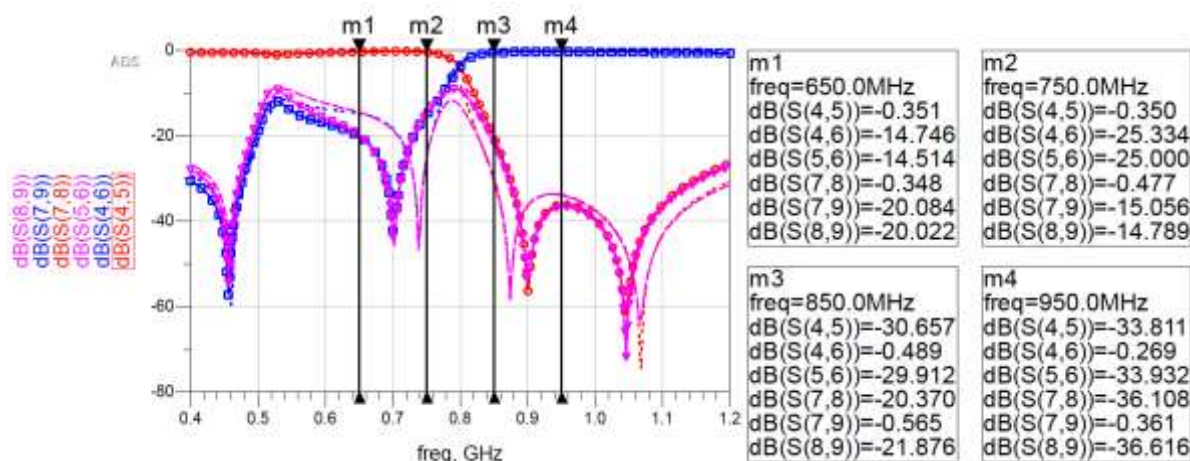


Рис. 6. Частотные характеристики опытного образца, измеренного после настройки, и расчётной модели с идеальными компонентами.

Рабочая температура элементов устройства не превышает 82 °С (Рис. 5).

Заключение

Разработан диплексер на сосредоточенных LC-элементах с эллиптическими частотными характеристиками. Устройство содержит два частотных плеча: 650–750 МГц и 850–950 МГц. Развязка между каналами составляет не менее 15 дБ, вносимые потери минимальны. Каждое плечо рассчитано на непрерывную мощность до 40 Вт.

Применены катушки Coilcraft серии GA...WA и конденсаторы ATC 800B. Для снижения токовой нагрузки и последующей возможности модификации схемы конденсаторы включены параллельно. С помощью электродинамического моделирования в ADS и последующей настройки макета удалось добиться оптимальных частотных характеристик.

Тепловизионный контроль показал, что в процессе работы температура элементов не превышает 82 °С. Предложенный диплексер может применяться в передающих трактах систем связи и телевидения УВЧ-диапазона.

Список литературы

1. Nuhertz Filter Solutions 2015. User's Guide. – Nuhertz Technologies, LLC, 2015.
2. ATC 800B Series High Q Multilayer Ceramic Capacitors. Datasheet. – American Technical Ceramics, 2022.
3. Coilcraft GA...WA Series Surface Mount Air Core Inductors. Datasheet. – Coilcraft Inc., 2023.
4. Алексеев О. В., Грошев Г. А., Чавка Г. Г. Многоканальные частотно-разделительные устройства и их применение. — М.: Радио и связь, 1981. — 168 с.

ПЕРЕКЛЮЧАЕМЫЙ БАНК ПОЛОСОВЫХ ФИЛЬТРОВ СВЧ

Сливкин И.С., Холодняк Д.В.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина)

Аннотация. Представлены результаты разработки четырехканального переключаемого банка полосовых фильтров сверхвысокочастотного (СВЧ) диапазона. Рассматриваются синтез полосовых фильтров с заданной амплитудно-частотной характеристикой на элементах с сосредоточенными параметрами, их

реализация на полуволновых микрополосковых резонаторах, и влияние неидельности переключателей на характеристики разработанных фильтров при их объединении в составе банка.

Ключевые слова: переключаемый банк фильтров, полосовой фильтр, микрополосковый резонатор, связанные линии передачи, переключатель, вносимые потери, развязка, согласование по входу.

Введение

Современные радиотехнические системы предъявляют жесткие требования к устройствам обработки сверхвысочастотных (СВЧ) сигналов. Одними из ключевых задач являются обеспечение высокой частотной избирательности и адаптивного переключения между множественными частотными диапазонами. Переключаемые банки фильтров решают эти задачи, предоставляя возможность оперативного изменения рабочей полосы частот, подавления внеполосных помех и адаптации к изменяющимся условиям работы [1].

В работе представлены результаты разработки четырехканального банка полосовых фильтров на связанных полуволновых микрополосковых резонаторах, переключение между которыми осуществляется при помощи двух переключателей SP4T (рисунок 1). Для обеспечения требуемой частотной избирательности в каждом канале используется четырехзвенный полосовой фильтр с чебышевской характеристикой. Фильтры разрабатывались по стандартной методике синтеза полосовых фильтров по фильтру-прототипу нижних частот [2].

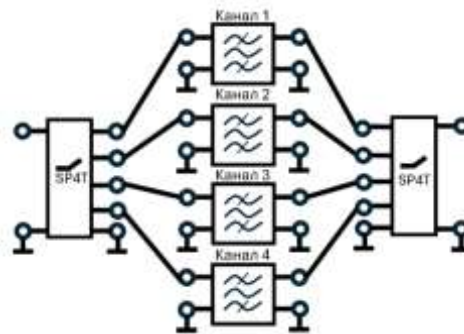


Рис. 1. Структурная схема четырехканального переключаемого банка полосовых фильтров.

Полосовые фильтры на микрополосковых резонаторах с боковыми связями

На рисунке 2 представлена эквивалентная схема четырехзвенного полосового фильтра на колебательных контурах, связанных через инверторы проводимости. Разрабатываемые фильтры синтезировались с коэффициентом отражения в полосе пропускания, равным –20 дБ. Значения элементов контуров и параметры инверторов рассчитывались как:

$$C_{p,i} = \frac{g_i}{\Delta\omega R_z}, \quad L_{p,i} = \frac{1}{\omega_0^2 C_i^{(p)}}, \quad J_{0,1} = J_{n,n+1} = \sqrt{\frac{b_1}{R_z Q_{0,1}}}, \quad J_{i,i+1} = k_{i,i+1} \sqrt{b_i b_{i+1}}, \quad (1)$$

где, g_i – нормированные параметры фильтра-прототипа нижних частот, $i = 1 \dots 4$, – порядковый номер контура, $\Delta\omega = 2\pi\Delta f$ – ширина полосы пропускания, R_z – сопротивление генератора, $\omega_0 = 2\pi f_0$ – центральная частота, $J_{0,1} = J_{n,n+1}$ и $J_{i,i+1}$ – коэффициенты преобразования инверторов проводимости, n – порядок фильтра, $b_i = 2\pi f_0 C_{pi}$ – параметр крутизны реактивности параллельного колебательного контура. Внешняя добротность $Q_{0,1} = Q_{n,n+1}$ и коэффициенты связи $k_{i,i+1}$ между контурами определялись по формулам:

$$Q_{0,1} = Q_{4,5} = \frac{\omega_0}{\Delta\omega} g_0 g_1, \quad k_{i,i+1} = \frac{\Delta\omega}{\omega_0} \frac{1}{\sqrt{g_i g_{i+1}}}. \quad (2)$$

Значения параметров схемы фильтров каждого из четырех частотных каналов, рассчитанные по формулам (1)-(2), приведены в таблице 1. Частотные зависимости модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$ и коэффициента отражения $|S_{11}|$ каждого фильтра представлены на рисунке 3. Анализ показал, что для обеспечения вносимых потерь в полосе пропускания, не превышающих 4 дБ, собственная добротность контуров должна составлять $Q_0 = 175...280$. Данные значения типичны для микрополосковых резонаторов, что позволяет реализовать такие фильтры на связанных полуволновых резонаторах в микрополосковом исполнении.

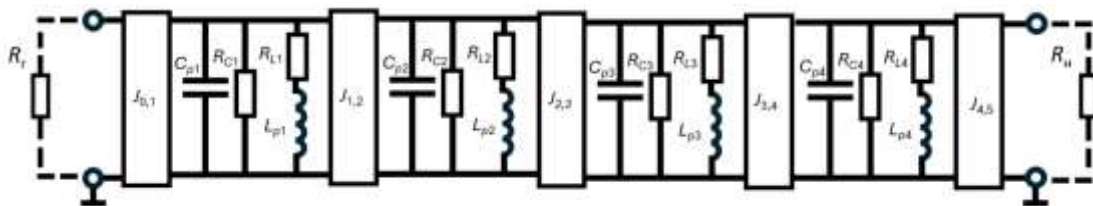


Рис. 2. Эквивалентная схема четырехзвенного полосового фильтра на параллельных колебательных контурах с инверторами проводимости.

Таблица 1.

Параметры элементов эквивалентной схемы четырехзвенных полосовых фильтров

Канал	$L_{p,i}$, нГн	$C_{p,i}$, пФ	$J_{0,1} = J_{1,2} = J_{3,4}$, См	$J_{2,3}$, См	Q_0
1	0,01785	17,18	0,02354	0,01089	280
2	0,01644	13,71			230
3	0,01472	11,75			195
4	0,01332	10,28			175

На рисунке 4 схематически показана топология четырехзвенного полосового фильтра на полуволновых резонаторах с боковыми связями и обозначения ее основных геометрических размеров. Параметр крутизны реактивности полуволнового резонатора, через который рассчитываются коэффициенты преобразования инверторов проводимости, определяется, как $b_i = \pi/2Z_0$, где Z_0 – волновое сопротивление резонатора.

По известным значениям параметров инверторов волновое сопротивление для четной и нечетной мод связанных линий передачи находятся, как:

$$Z_{0e,i} = R_e \left(1 + R_e J_{i-1,i} + (R_e J_{i-1,i})^2 \right), \quad Z_{0o,i} = R_e \left(1 - R_e J_{i-1,i} + (R_e J_{i-1,i})^2 \right). \quad (3)$$

Для каждой пары связанных линий в составе фильтра по рассчитанным значениям волнового сопротивления четной и нечетной мод определялись их геометрические параметры (ширина линии w и ширина зазора связи s) для подложки Rogers R3003 с диэлектрической проницаемостью 10,2, тангенсом угла диэлектрических потерь 0,0013 и толщиной 0,75 мм (таблица 2).

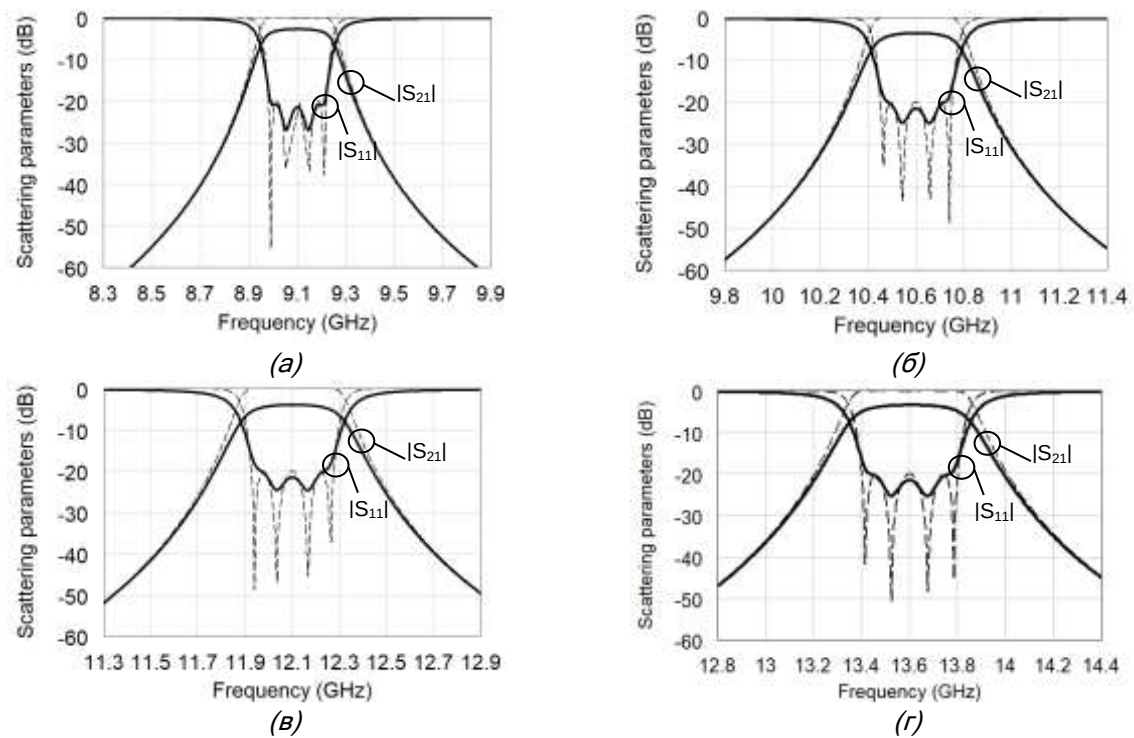


Рис. 3. Частотные зависимости модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$ и коэффициента отражения $|S_{11}|$ четырехзвенных полосовых фильтров на элементах с сосредоточенными параметрами без учета потерь (штриховые линии) и с потерями (сплошные линии): (а) канал 1; (б) канал 2; (в) канал 3; (г) канал 4.

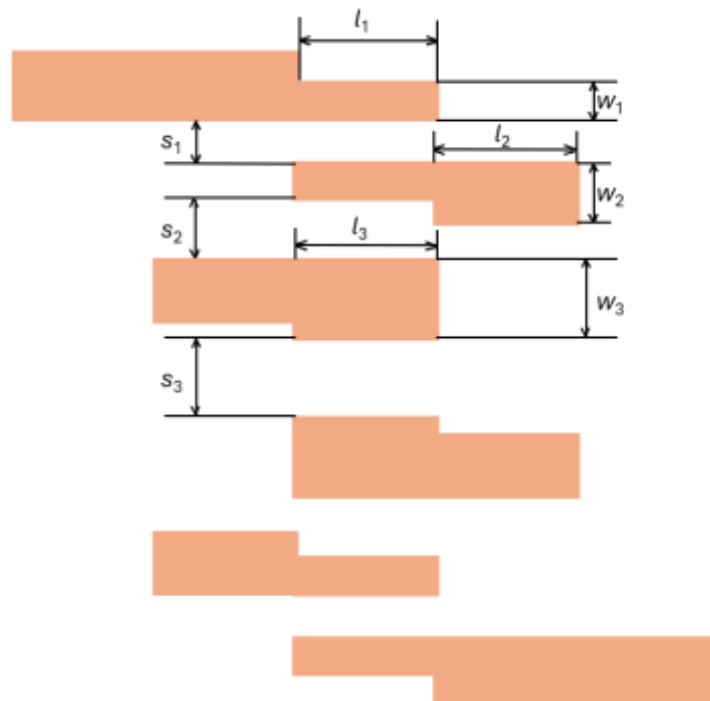


Рис. 4. Топология четырехзвенного полосового фильтра на полуволновых микрополосковых резонаторах с боковыми связями.

Таблица 2.

Геометрические параметры разработанных четырехзвенных полосовых фильтров

Канал	w_1 , МКМ	s_1 , МКМ	l_1 , МКМ	w_2 , МКМ	s_2 , МКМ	l_2 , МКМ	w_3 , МКМ	s_3 , МКМ	l_3 , МКМ
1	975	300	2750	1038	2100	2750	938	2750	2750
2	850	313	2350	738	2088	2350	825	2600	2350
3	700	400	2050	538	2413	2050	675	3038	2050
4	850	288	1750	575	2688	1750	813	3338	1750

Полученные при помощи электродинамического моделирования частотные зависимости модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$ и коэффициента отражения $|S_{11}|$ фильтров на полуволновых микрополосковых резонаторах представлены на рисунке 5 в сравнении с характеристиками фильтров на элементах с сосредоточенными параметрами. Взаимное расположение полос пропускания канальных фильтров до их объединения в составе переключаемого банка иллюстрирует рисунок 6.

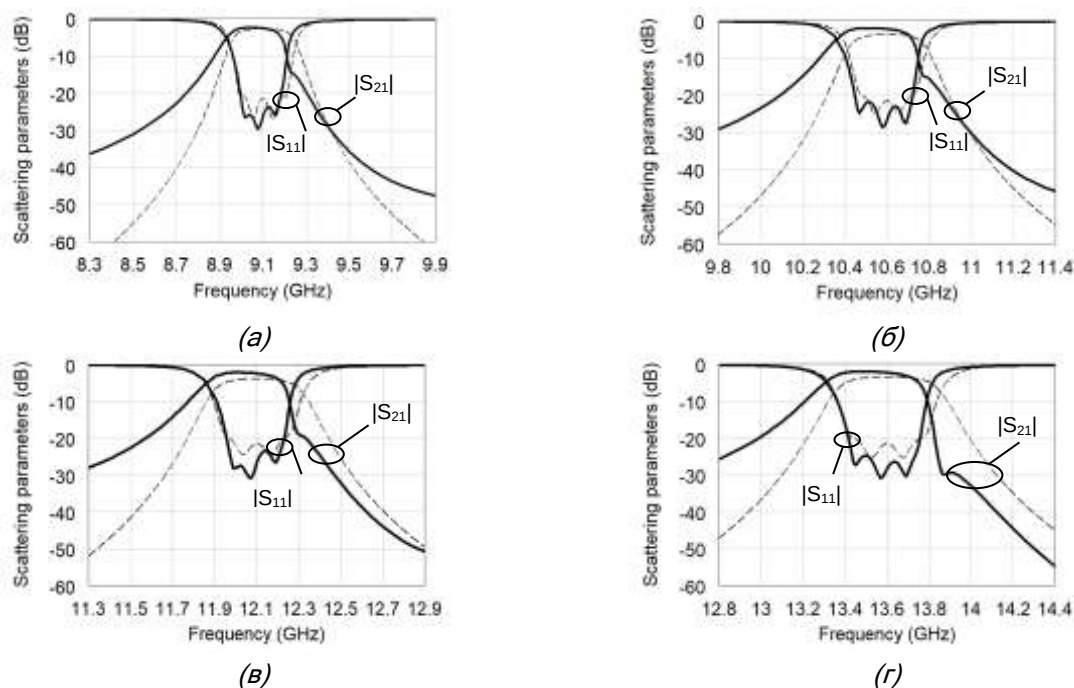


Рис. 5. Частотные зависимости модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$ и коэффициента отражения $|S_{11}|$ четырехзвенных полосовых фильтров на полуволновых микрополосковых резонаторах с боковыми связями, полученные при помощи электродинамического моделирования (сплошные линии), в сравнении с характеристиками фильтров на элементах с сосредоточенными параметрами (штриховые линии):

(а) канал 1; (б) канал 2; (в) канал 3; (г) канал 4.

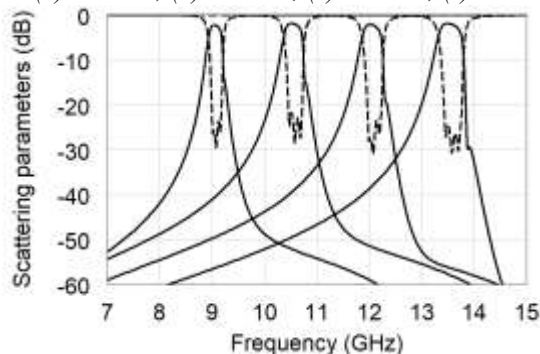


Рис. 6. Взаимное расположение полос пропускания разработанных фильтров на полуволновых микрополосковых резонаторах до их объединения в составе переключаемого банка.

Переключаемый банк фильтров

Для обеспечения переключения между четырьмя канальными фильтрами был выбран переключатель 1:4 (SP4T) модели MACOM MA4AGSW4 (рисунок 7). В рабочем диапазоне частот разрабатываемого банка фильтров данный переключатель обладает низкими вносимыми потерями, хорошим согласованием по входу и высокой развязкой между открытым и закрытыми каналами (рисунок 7 (б)). В открытом состоянии потери, вносимые переключателем, не превышают 0,7 дБ. Для управления состояниями переключателя используется микросхема драйвера MACOM MADR-009190, который регулирует значения управляющих напряжений, подаваемых на переключатель.

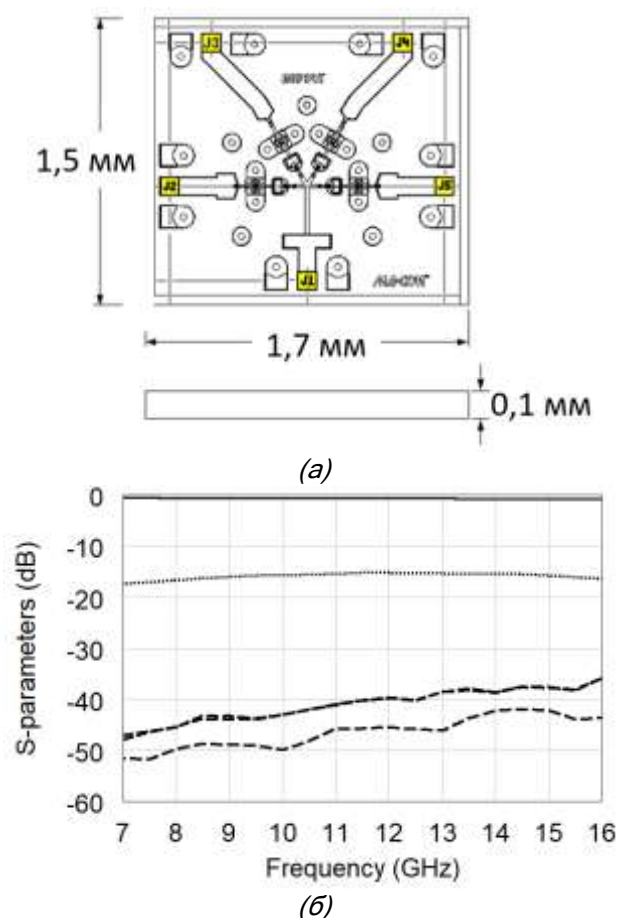


Рис. 7. Тестовая печатная плата переключателя MACOM MA4AGSW4 (а) и его частотные характеристики (б): коэффициент передачи открытого канала (сплошная линия), коэффициент передачи закрытых каналов (штриховые линии) и коэффициента отражения по входу (пунктир).

На рисунке 8 показаны топология печатной платы разработанного четырехканального переключаемого банка фильтров с установленными переключателями, микросхемами драйверов и разъемами для соединений с внешними цепями, а также частотные характеристики каждого канала с учетом потерь, вносимых переключателями, влиянием их конечной развязки и неидеального согласования. Это влияние приводит к некоторой деградации характеристик канальных фильтров, которая выражается в увеличении рассогласования по входу и вносимых потерь в полосе пропускания. В остальном, частотные характеристики каналов переключаемого банка фильтров соответствуют характеристикам полосовых фильтров, разработанных по отдельности.

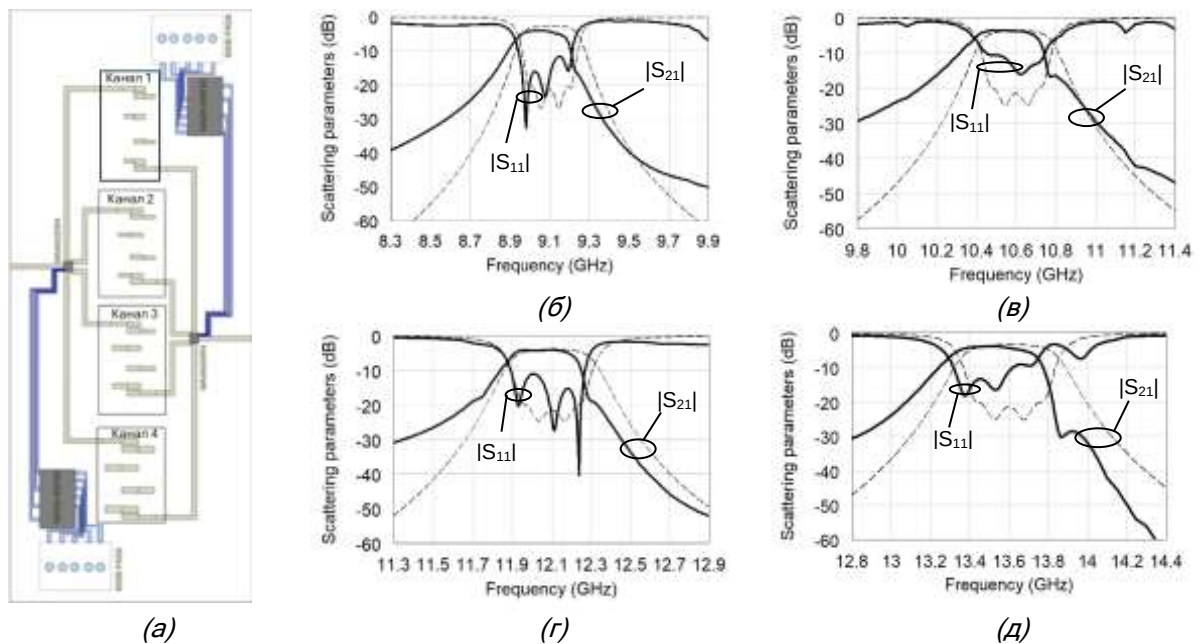


Рис. 8. Разработанный четырехканальный банк полосовых фильтров на полуволновых микрополосковых резонаторах: топология печатной платы (а); частотные зависимости модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$ и коэффициента отражения $|S_{11}|$ при включении отдельных каналов (сплошные линии) в сравнении с характеристиками фильтров на элементах с сосредоточенными параметрами (штриховые линии): (б) канал 1; (в) канал 2; (г) канал 3; (д) канал 4.

Взаимное расположение полос пропускания каналов переключаемого банка фильтров представлено на рисунке 9. Габаритные размеры печатной платы разработанного банка фильтров составили 100×40 мм.

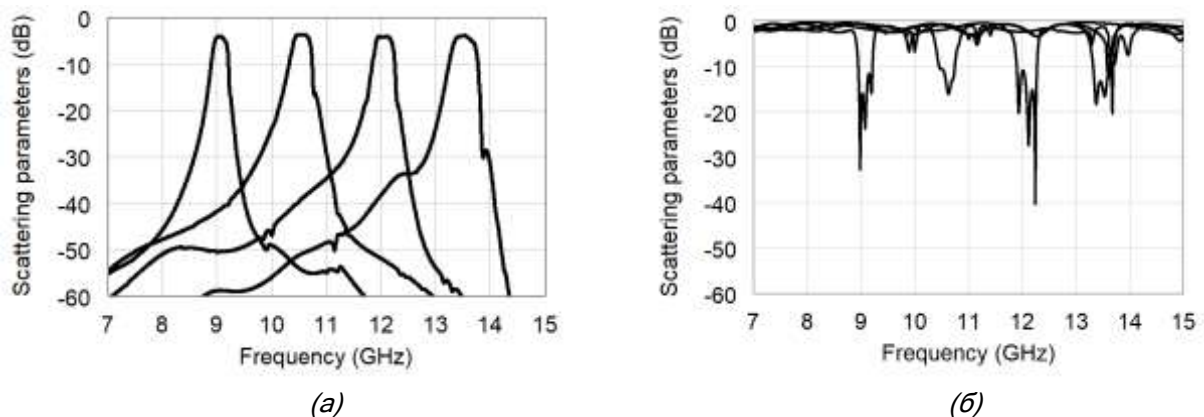


Рис. 9. Частотные зависимости модуля коэффициента передачи $|S_{21}|$ (а) и модуля коэффициента отражения $|S_{11}|$ (б) всех каналов в составе переключаемого банка фильтров в режиме, когда включен только один канал, а остальные каналы выключены.

Заключение

Разработан четырехканальный переключаемый банк полосовых фильтров СВЧ-диапазона. В каждом канале используется четырехзвенный полосовой фильтр с чебышевской характеристикой. Переключение между каналами осуществляется с помощью двух переключателей SP4T. Переключаемый банк фильтров реализован в микрополосковом исполнении в виде малогабаритной печатной платы без применения переходных металлизированных отверстий. Представлены результаты синтеза полосовых фильтров с заданной амплитудно-частотной характеристикой на элементах с сосредоточенными

параметрами и их последующей реализации на полуволновых микрополосковых резонаторах с боковыми связями. Рассмотрено влияние вносимых потерь, конечной развязки и неидеального согласования по входу используемых переключателей на характеристики полосовых фильтров при их объединении в составе переключаемого банка.

Список литературы

1. H. Al Jamal, M. Joshi, M.M. Tentzeris, and N. Kingsley, "A multi-channel, embedded, and geometrically optimized filter bank utilizing advanced packaging topologies for miniaturized RF modules in IoT and wearable systems", Proc. of 74th IEEE Electronic Components and Technology Conference, Denver, CO, USA, 28-31 May 2024, pp. 208-214, doi: 10.1109/ECTC51529.2024.00042.
2. Дж.Л. Маттей, Л. Янг, Е.М.Т. Джонс, Фильтры СВЧ, согласующие цепи и цепи связи. М.: Связь, 1971.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК УЗКОПОЛОСНОГО ПОЛЯРИЗАТОРА

ПЕТРОВ А.А.¹

¹АО «НИИ «Вектор»

Аннотация. Рассмотрен математический аппарат расчета поляризатора на основе короткозамкнутых диполей в составе бесконечной решетки путем применения приближения локальной периодичности. Выполнен расчет распределения тока по поверхности диполя по процедуре Галеркина. Определена S -матрица структуры как четырехполосника, найден коэффициент эллиптичности электромагнитной волны на выходе поляризатора. С применением генетического алгоритма были найдены габариты поляризатора, обеспечивающие минимальный коэффициент отражения и коэффициент эллиптичности на заданной частоте. Выполнено сравнение полученных частотных зависимостей с характеристиками аналогичного устройства, рассчитанного в среде электродинамического моделирования.

Ключевые слова: поляризатор, тензорные функции Грина, узкополосная структура, ячейка Флоке

Введение

В течение двух последних десятилетий узкополосные поляризационные структуры активно изучаются в отечественных [1] и зарубежных [2] работах. При расчете частотных характеристик популярностью пользуется метод эквивалентных схем, подразумевающий аппроксимацию однослойной структуры сосредоточенными реактивными элементами и последующего каскадирования схемы при переходе на многослойную структуру. Подобные решения имеют ограниченную сферу применения, так как являются достаточно абстрактным представлением работы поляризатора и не учитывают реальные физические процессы в устройстве, в частности взаимодействие между слоями или наличие аномальных явлений, возникающих в структуре при определенной комбинации габаритов.

Более точные и физически объяснимые результаты обеспечивает расчет структуры с применением тензорных функций Грина в спектральной области и использованием приближения локальной периодичности (ячейки Флоке). В данной работе рассматривается расчет узкополосного поляризатора, на основе топологии показанной в [1], обозначенным методом. При этом устройство анализируется в несколько этапов: первоначально рассчитываются S -параметры одного слоя металлизации, далее для расчета многослойной структуры выполняется каскадирование известной однослойной S -матрицы и линии передачи между ними. Верификация модели проводится путем сравнения рассчитанных характеристик по описанному алгоритму и полученных в CST Studio.

Математическая модель однослойной структуры

Анализируемый поляризатор представляет собой бесконечную двумерную решетку прямоугольных короткозамкнутых диполей длиной L , имеющих конечную ширину w , но пренебрежительно малую толщину металлизации, расположенных на расстоянии Δx и Δy вдоль осей X и Y соответственно (рисунок 1). Каждый ряд диполей вдоль оси X смещен от соседнего по координате X на величину $0.5(L + \Delta x)$, то есть координаты X центра любого диполя совпадают с координатой X ближайшего зазора между двумя параллельными ему диполями. Данное расположение формирует элементарную ячейку в виде параллелограмма со сторонами D_x , D_y и углом α между ними. На структуру падает плоская электромагнитная волна (ЭМВ), вектор электрического поля ($\mathbf{E}$) которой сонаправлен с осью X , а вектор Умова-Пойнтинга ($\mathbf{P}$) совпадает с направлением нормали к плоскости решетки.

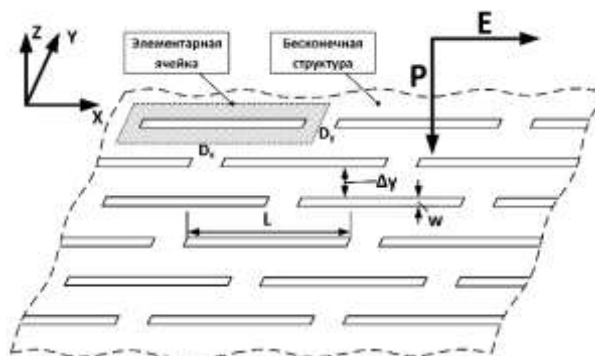


Рис.1. Геометрия однослойной бесконечной структуры

Классический метод расчета поляризаторов предполагает разложение вектора $\mathbf{E}$, ориентированного под углом 45° к одному из направлений топологии, на сумму двух компонент и последующее вычисление S -матрицы обеих составляющих. Для рассматриваемой структуры достаточно ограничиться только компонентой, сонаправленной с осью X . Данное приближение допустимо, так как ортогональная компонента, расположенная в кросс-поляризации относительно диполей, распространяется сквозь структуру практически без искажений ввиду выполнения граничного условия $E_\tau = 0$ на поверхности металла.

Согласно приближению локальной периодичности, вектор $\mathbf{E}$ принимает вид [3]:

$$\mathbf{E}(x, y, z) = \frac{-jZ_0}{k_0 S} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} \tilde{\mathbf{G}}(k_{x,m}, k_{y,n}) \tilde{\mathbf{J}}(k_{x,m}, k_{y,n}) \exp(-j(k_z z - k_{x,m}x - k_{y,n}y)) \quad (1)$$

где Z_0 – характеристическое сопротивление среды, $S = D_x D_y \sin(\alpha)$ – площадь элементарной ячейки; k_0 – волновое число, $k_{x,m} = \frac{2\pi m}{D_x}$, $k_{y,n} = \frac{2\pi n}{D_y \sin(\alpha)} + \frac{2\pi m}{D_x \tan(\alpha)}$,

$$k_z = \begin{cases} \sqrt{k_0^2 - k_{x,m}^2 - k_{y,n}^2} & , k_{x,m}^2 + k_{y,n}^2 \leq k_0^2 \\ -j\sqrt{k_0^2 - k_{x,m}^2 - k_{y,n}^2} & , k_{x,m}^2 + k_{y,n}^2 > k_0^2 \end{cases} \quad - \text{пространственные частоты по осям } X, Y, Z$$

соответственно при нормальном падении ЭМВ, $\tilde{\mathbf{G}}(k_{x,m}, k_{y,n})$, $\tilde{\mathbf{J}}(k_{x,m}, k_{y,n})$ – Фурье-образы тензорной функции Грина, и распределения тока на поверхности диполя соответственно.

Ввиду малой ширины диполя, ток вдоль оси Y на его поверхности можно считать равномерным $J(y) = w^{-1}$, тогда его Фурье-образ принимает вид $\tilde{J}(k_y) = \text{sinc}(0.5k_y w)$. Расчет поверхностного тока вдоль оси X удобно выполнять по процедуре Галеркина с использованием кусочно-синусоидального базиса, состоящего из нечетного числа N функций. При этом ток на центральном элементарном диполе запишется как $J(x) = \frac{\sin(k_0 L / N + 1 - |k_0 x|)}{\sin(k_0 L / N + 1)}$, а его Фурье-образ $\tilde{J}(k_x) = \frac{2k_0 (\cos(k_x L / N + 1) - \cos(k_0 L / N + 1))}{(k_0^2 - k_x^2) \sin(k_0 L / N + 1)}$.

. Согласно свойству преобразования Фурье, сдвиг функции $J(x)$ на величину x_0 соответствует умножению ее Фурье-образа на $\exp^{-jk_x x_0}$, что упрощает расчет распределения тока по всем элементарным диполям. Фурье-образ базисной функции на i -ом элементарном диполе с координатами центра x_i рассчитывается как произведение ортогональных составляющих [3]:

$$\tilde{J}_i(k_{x,m}, k_{y,n}) = \text{sinc}\left(\frac{k_{y,n} w}{2}\right) * \frac{2k_0 (\cos(k_{x,m} L / N + 1) - \cos(k_0 L / N + 1))}{(k_0^2 - k_{x,m}^2) \sin(k_0 L / N + 1)} e^{-jk_{x,m} x_i}. \quad (2)$$

Итоговый Фурье-образ распределения поверхностного тока диполя записывается как взвешенная сумма базисных Фурье-образов (2): $\tilde{J}_\Sigma(k_{x,m}, k_{y,n}) = \sum_{i=-0.5(N-1)}^{0.5(N-1)} I_i \tilde{J}_i(k_{x,m}, k_{y,n})$, где I_i – амплитуды тока на i -ом элементарном диполе, рассчитываемые из уравнения $\mathbf{I} = \mathbf{U}\mathbf{Z}^{-1}$, где $\mathbf{U}$ – вектор напряжений, определяемый как $U_i = E_{nao} \tilde{J}_0(k_{x,0}, k_{y,0})$, $\mathbf{Z}$ – матрица импедансов системы элементарных диполей, рассчитываемая согласно [4]:

$$Z_{i,j} = \frac{Z_0}{k_0 S} \sum_{m=-\infty}^{\infty} \sum_{n=-\infty}^{\infty} Q_{xx}(k_{x,m}, k_{y,n}) \tilde{J}_i(k_{x,m}, k_{y,n}) \tilde{J}_j^*(k_{x,m}, k_{y,n}), \quad (3)$$

где $Q_{xx}(k_{x,m}, k_{y,n}) = j \frac{k_{x,m}^2 - k_0^2}{2k_z}$ – Фурье-образ функции Грина на основной поляризации [4].

Использование в данном случае только одной компоненты функции Грина обеспечивает достаточную точность решения задачи.

После подстановки (2) в сумму (3) и решения уравнения $\mathbf{I} = \mathbf{U}\mathbf{Z}^{-1}$, рассчитывается $\tilde{J}_\Sigma(k_{x,m}, k_{y,n})$ и определяется результирующее поле согласно (1). Учитывая только нулевую моду $(k_{x,0}, k_{y,0})$ и принимая $E_{nao} = 1 \text{ В/м}$, рассчитывается комплексный коэффициент отражения ЭМВ от структуры $S_{11} = \frac{E_{omp}}{E_{nao}} = -Z_0 / S \tilde{J}(k_{x,0}, k_{y,0}) \sum_{i=-0.5(N-1)}^{0.5(N-1)} I_i$ и комплексный коэффициент прохождения ЭМВ через структуру $S_{21} = 1 + S_{11}$.

Расчет частотных характеристик поляризатора

Для анализа структуры как поляризатора, вектор $\mathbf{E}$ ориентирован под углом 45° к оси X или Y , тогда для решения по описанному математическому аппарату выполняется

разложение $\mathbf{E}=\mathbf{E}_x+\mathbf{E}_y$. Коэффициент эллиптичности (КЭ) ЭМВ на выходе поляризатора, с учетом ранее введенного допущения об отсутствии искажений для $\mathbf{E}_y$, рассчитывается как:

$$KЭ = \frac{\left| S_{21,x} + j \right| + \left| S_{21,x} - j \right|}{\left| S_{21,x} + j \right| - \left| S_{21,x} - j \right|} \quad (4)$$

Коэффициент отражения с учетом допущения $S_{11,y}=0$ рассчитывается как $S_{11} = 0.5|S_{11,x}|$

Применение генетического алгоритма оптимизации габаритов диполей и их взаимного расположения по описанной математической модели для минимума целевой функции (4) показало, что для однослойной структуры удастся добиться значения КЭ ЭМВ лишь 7.6 дБ, что является недопустимым. Снижение величины КЭ возможно путем увеличения количества слоев поляризатора [1]. В первом приближении можно рассчитать только один слой, а итоговую частотную характеристику получить методом каскадирования S -матриц взаимных четырехполюсников (слоев металлизации и линии передачи между ними) согласно соотношениям [5]: $S_{11}^{\Sigma} = S_{11}^I + \frac{S_{21}^I S_{21}^{II}}{1 - S_{11}^I S_{11}^{II}}$, $S_{21}^{\Sigma} = \frac{S_{21}^I S_{21}^{II}}{1 - S_{11}^I S_{11}^{II}}$, где S_{ij}^I, S_{ij}^{II} – элементы S -матрицы первого и второго четырехполюсника в каскаде.

По найденным с помощью генетического алгоритма габаритам ($L = 0.3848\lambda$, $D_x = 0.6031\lambda$, $D_y = 0.0994\lambda$, $w = 0.0078\lambda$, $d = 0.1273\lambda$, где d – расстояние между слоями), была построена аналогичная двухслойная структура в среде CST Studio, выполнен расчет $|S_{11}|$ и КЭ при ориентировании вектора $\mathbf{E}$ под углом 45° к оси Y . Сравнительные зависимости (рисунок 2) показывают минимальное отклонение кривых, и как следствие, подтверждают адекватную работу описанной модели. Также наблюдается хорошее качество эллиптической поляризации ($KЭ < 3$ дБ) в диапазоне от -5% до +4% относительно центральной частоты при значении $|S_{11}| < -15$ дБ.

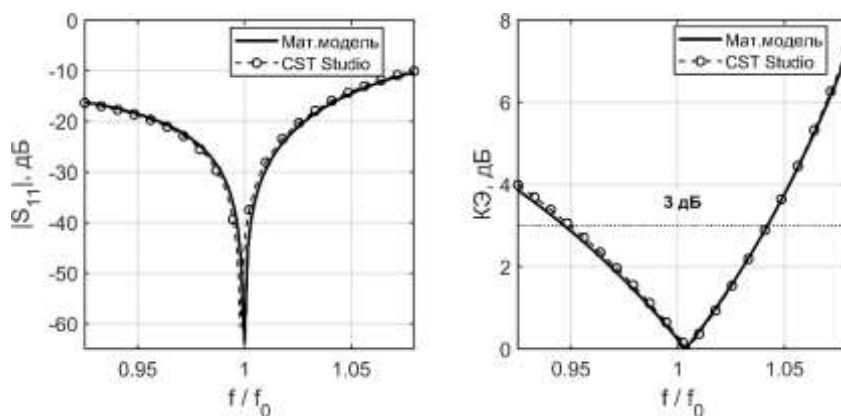


Рис.2. Сравнительная характеристика расчетных по описанной процедуре и моделируемых в CST Studio частотных зависимостей $|S_{11}|$ (слева) и КЭ (справа) для двухслойного поляризатора

Заключение

Описанный в работе математический аппарат расчета узкополосного поляризатора на основе короткозамкнутых диполей показывает практически точное сходство с аналогичным расчетом в среде профессионального электродинамического моделирования. Преимуществом данной модели является минимальное время расчета (единицы секунд), что в совокупности с алгоритмами оптимизации позволяет достаточно точно и быстро

определять необходимые габариты структуры, а последующее каскадирование S -матриц дает возможность рассчитывать поляризатор, состоящий из N -слоев, в том числе отличающихся друг от друга.

Список литературы

1. Polarizer Screen for the S-Band Antenna Array / D. R. Kozlova, G. A. Kostikov, S. V. Ballandovich, M. I. Sugak // Proceedings of the 2022 Conference of Russian Young Researchers in Electrical and Electronic Engineering (ElConRus). — St. Petersburg : IEEE, 2022. — P. 658–661.
2. Circularly Polarized Slotted Waveguide Array With Improved Axial Ratio Performance / M. Ferrando-Rocher, J. I. Herranz-Herruzo, A. Valero-Nogueira, V. M. Rodrigo // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. — 2016. — Vol. 64, no. 9. — P. 4144–4148.
3. Kwon, D.-H. Energy Storage and Radiation of Infinite Planar Dipole Phased Arrays / D.-H. Kwon, D. M. Pozar // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. — 2014. — Vol. 62, no. 1. — P. 153–162.
4. Pozar, D. M. Scan Blindness in Infinite Phased Arrays of Printed Dipoles / D. M. Pozar, D. H. Schaubert // IEEE Transactions on Antennas and Propagation. — 1984. — Vol. AP-32, no. 6. — P. 602–610.
5. Matthaei, G. Microwave filters, impedance-matching networks, and coupling structures / G. Matthaei, L. Young, E. M. T. Jones. — Dedham, Mass : Artech House Inc., 1980. — 1096 p.

АЛГОРИТМ КЛАССИФИКАЦИИ СИГНАЛОВ СТАНДАРТОВ АНАЛОГОВОГО ВИДЕО

ПОПОВА А. А.

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»

Аннотация. В рамках данной статьи была выполнена задача по созданию и отладке алгоритма классификации сигналов аналоговых телевизионных стандартов. Алгоритм классификации является одним из этапов модернизации систем радиомониторинга и анализа видеопотока и предназначен для интеграции в стороннее программное обеспечение.

Ключевые слова: аналоговые телевизионные стандарты, NTSC, PAL, SECAM, физический уровень.

В сфере радиомониторинга сохраняется потребность в инструментах для работы с широким спектром стандартов сигналов [1]. Несмотря на глобальный переход к цифровым технологиям вещания, сигналы аналоговых телевизионных стандартов продолжают встречаться в некоторых регионах России, в системах видеонаблюдения, промышленном оборудовании, специальных системах связи [2][3].

Актуальность настоящей работы обусловлена необходимостью модернизации программного обеспечения приемного оборудования для расширения его функциональных возможностей. Современные требования к системам обработки сигналов включают не только высокую производительность и надежность, но и гибкость, позволяющую адаптироваться к изменяющимся условиям эфира и разнообразию источников излучения. Алгоритм классификации предназначен для использования в программном модуле кроссплатформенного ПО, предназначенного для распознавания источников радиоизлучения и работы с видеопотоком.

Для разработки алгоритма, способного классифицировать и обрабатывать сигналы аналоговых ТВ стандартов, необходим детальный анализ их физического уровня. Основу любого аналогового телевизионного стандарта составляет полный телевизионный видеосигнал — CVBS. Он представляет из себя результат временного уплотнения двух составляющих: активного видеосигнала (информация о яркости) и служебных сигналов для обеспечения начала разверток по строкам и кадрам.

Для цветных стандартов в CVBS добавляется лишь один дополнительный служебный

сигнал — сигнал цветовой синхронизации. Для NTSC и PAL это несколько периодов поднесущей цветности, для SECAM — опознавательные сигналы в кадровом гасящем импульсе.

В силу наследования цветных стандартов от черно-белых, характеристики цветных имеют между собой много общего, но также существуют параметры, на основе которых удобно выстроить алгоритм классификации. Данные параметры представлены в таблице 1.

Таблица 1

Характеристики стандартов цветного ТВ

Признак	NTSC-M	PAL-B/G	SECAM-B/G,D/K
Длительность полной строки, мкс	63.556	64	64
Частота поля, Гц	59.94	50	50
Модуляция	QAM	QAM	FM
Частота поднесущей цветности, МГц	3.579	4.433	4.406 (R) и 4.25 (B)

Основная задача алгоритма — идентифицировать стандарт (NTSC, PAL или SECAM) по композитному видеосигналу в условиях потенциально низкого отношения сигнал/шум. Структура алгоритма представлена на рисунке 1.

Начальный этап алгоритма направлен на определение базового строчного периода сигнала. Для этой цели используется метод автокорреляции, который отличается высокой устойчивостью к помехам и не требует точного детектирования уровня синхроимпульсов.



Рис. 1. Основные этапы алгоритма классификации

Начальный этап алгоритма направлен на определение базового строчного периода сигнала. Для этой цели используется метод автокорреляции, который отличается высокой

устойчивостью к помехам и не требует точного детектирования уровня синхроимпульсов.

Процедура начинается с анализа сегмента сигнала длительностью, достаточной для захвата нескольких десятков строк. Вычисляется автокорреляционная функция (АКФ) данного сегмента. В силу периодической структуры телевизионного сигнала, АКФ демонстрирует явно выраженные локальные максимумы, отстоящие друг от друга на временной интервал, кратный периоду строки.

Основной пик при нулевом сдвиге соответствует полной энергии сигнала, а первый значительный побочный пик указывает на искомый период строки. Алгоритм производит поиск максимума АКФ в диапазоне сдвигов, соответствующем теоретически возможным длительностям строки (от ~60 до ~70 микросекунд).

Найденное значение T_{line} сравнивается с эталонными: 63.556 мкс для системы NTSC и 64 мкс для систем PAL и SECAM. Меньшее квадратичное отклонение от эталона позволяет сформировать первичную гипотезу о принадлежности сигнала. Если измеренное значение ближе к 63.556 мкс, сигнал классифицируется как кандидат в группу NTSC; если к 64 мкс — в группу PAL/SECAM. Данная гипотеза служит основой для настройки параметров последующих этапов обработки, таких как центральная частота полосового фильтра для выделения цветности.

Следующим этапом является выделение сигнала цветности с помощью полосового фильтра, настроенного на центральную частоту, определённую на предыдущем шаге. После этого проводится корреляционный анализ смежных строк видео, основанный на фундаментальных различиях в механизме передачи цвета между стандартами.

Для NTSC, где цвет передаётся в каждой строке идентично, корреляция между любой парой соседних строк ожидается высокой. Для PAL, в котором используется построчная инверсия фазы цветовой поднесущей, корреляция между строками 1 и 3 должна быть высокой, в то время как между строками 1-2 и 2-3 — отрицательной.

Для SECAM, где компоненты цветности передаются поочерёдно, корреляция между строками 1-2 будет высокой, а между строками 2-3 — низкой. Алгоритм анализирует множественные тройки строк, вычисляя средние коэффициенты корреляции и определяя преобладающий паттерн, что даёт второй признак классификации.

Спектральный анализ предоставляет финальный набор признаков. Методом быстрого преобразования Фурье оценивается мощность сигнала в узких полосах вокруг эталонных частот цветовых поднесущих каждого стандарта: 3.579 МГц для NTSC, 4.433 МГц для PAL, а также пар частот 4.406 МГц и 4.25 МГц для SECAM.

Детектирование существенного пика энергии на одной из этих частот или одновременное наличие двух пиков для SECAM является ещё одним признаком принадлежности сигнала к определённому стандарту.

Итоговое решение принимается по системе взвешенных признаков. Каждый успешно идентифицированный признак добавляет баллы соответствующему стандарту, которые в конце пересчитываются в вероятность, причём спектральным и корреляционным признакам присваивается больший вес, чем временным. Такая система позволяет алгоритму успешно функционировать при плохом качестве исходного сигнала, обеспечивая высокую надёжность классификации в условиях, приближенных к реальным.

В таблице 2 представлена вероятность правильного распознавания тестового сигнала в зависимости от отношения сигнал-шум. Из проведенных тестов следует, что разработанный алгоритм имеет высокую вероятность правильной классификации стандарта при отношениях сигнал-шум более 20 дБ.

Таблица 2

Вероятность правильного распознавания стандарта при разном SNR

Отношение сигнал-шум, дБ	Вероятность правильного обнаружения стандарта, %
50	100
40	90
30	90
20	70
10	50

Список литературы

1. «Актуальные проблемы радиомониторинга в системе мероприятий по обеспечению информационной безопасности», [Электронный ресурс]. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/aktualnye-problemy-radiomonitoringa-v-sisteme-meropriyatiy-po-obespecheniyu-informatsionnoy-bezopasnosti>, дата обращения: 15.11.2025
2. «Система цветного телевидения NTSC», [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.ru/3_181552_sistema-tsvetnogo-televideniya-NTSC.html, дата обращения: 3.10.2025
3. «Аналоговое телевидение», [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Аналоговое_телевидение, дата обращения: 6.11.2025

Сборник материалов
XIV Всероссийской Научно-практической конференции
с международным участием
«НАУКА НАСТОЯЩЕГО И БУДУЩЕГО»
для студентов, аспирантов и молодых ученых
состоявшейся 16-18 мая 2026 г. в г.Санкт-Петербурге
Том I