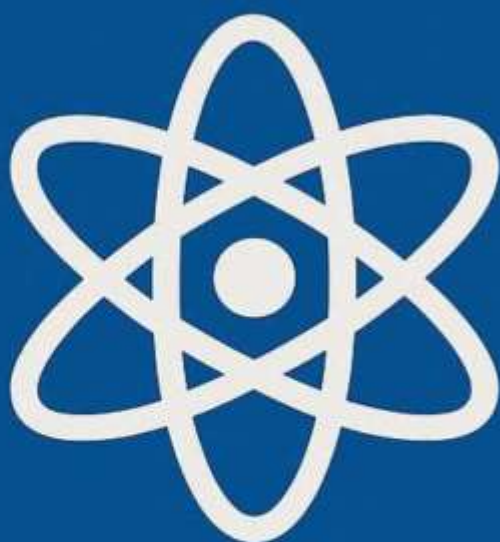


ПРОМТЕХДИЗАЙН

ЕСТЕСТВЕННЫЕ
И ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Санкт Петербургский государственный университет
промышленных технологий и дизайна»

ПРОМТЕХДИЗАЙН

Естественные и технические науки

Сборник статей всероссийской научной конференции молодых
ученых с международным участием

Часть 2

Санкт-Петербург
2025

УДК 009+67/68(063)

ББК 6/8+37.2я43

П40

П40 **ПРОМТЕХДИЗАЙН. Естественные и технические науки. Сборник статей всероссийской научной конференции молодых ученых с международным участием. Часть 2 / Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна. – Санкт-Петербург.: ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2025. – 220 с.**

ISBN 978-5-7937-2855-3

978-5-7937-2857-7

Научно-технические конференции институтов, высших школ и факультетов – с 01.04.2025 г. по 27.04.2025 г.

Оргкомитет:

Макаров А.Г. – д.т.н., профессор, председатель

Шванкин А.М. - к.т.н., ответственный секретарь

Вагнер В.И. – к.т.н., доцент

Ванькович С.М. – к.искусств., доцент

Ветрова Ю.Н. - к.т.н., доцент

Гамаюнов П.П. – профессор

Жукова Л.Т. – д.т.н., профессор

Иванов К.Г. – д.ф.-м.н., профессор

Иванов О.М. – д.т.н., профессор

Иванова С.Ю. - к.т.н., доцент

Киселев А.М. – д.т.н., профессор

Куров В.С. – д.т.н., профессор

Лебедева Г.Г. – к.т.н., доцент

Лезунова Н.Б. – к.филолог.н., доцент

Мамонова В.А. – к.культур.

Марковец А.В. – д.т.н., профессор

Переборова Н.В. - д.т.н., профессор

Рожков Н.Н. – д.т.н., доцент

Сухарева А.М. - к.т.н., доцент

Энтин В.Я. – д.т.н., профессор

ISBN 978-5-7937-2855-3

978-5-7937-2857-7

УДК 009+67/68(063)

ББК 6/8+37.2я43

© ФГБОУВО «СПбГУПТД», 2025

ОТ ПИКСЕЛЕЙ К ФОТОРЕАЛИЗМУ: КАК ИИ МЕНЯЕТ ГЕЙМДЕВ

© Е.М. Ращупкина, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

В статье рассматривается влияние искусственного интеллекта (ИИ) на индустрию разработки видеоигр. Анализируются ключевые области, где ИИ оказывает существенное воздействие, такие как создание фотореалистичной графики, разработка «умных» неигровых персонажей (NPC) и адаптивных игровых миров. Рассматриваются примеры использования ИИ для процедурной генерации контента, оптимизации игрового процесса и обнаружения ошибок. Особое внимание уделяется этическим аспектам применения ИИ в геймдеве и проблемам, связанным с разработкой эффективных методов обучения ИИ для решения сложных задач. Статья подчёркивает, что ИИ не только оптимизирует существующие процессы, но и фундаментально меняет геймдев, открывая новые возможности и формируя новую эру в индустрии видеоигр, где творческий потенциал разработчиков усиливается благодаря мощи искусственного интеллекта.

Ключевые слова: Искусственный интеллект, геймдев, разработка игр, видеоигры, фотореализм, NPC, процедурная генерация, адаптивный геймплей, игровые миры, графический движок, игровые движки, AI, машинное обучение, текстуры, модели, оптимизация, игровой баланс, этика.

E.M. Raschupkina

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

FROM PIXELS TO PHOTOREALISM: HOW AI IS CHANGING GAME DEV

The article explores the impact of Artificial Intelligence (AI) on the Video Game Development Industry. It analyzes key areas where AI significantly impacts, such as creating photorealistic graphics and developing “smart” non-player characters (NPCs) and adaptive game worlds. Examples of ai use for procedural content generation, gameplay optimization, and error detection are considered. Special attention is given to ethical aspects of AI usage in game development, as well as problems associated with developing effective AI training techniques to solve complex issues. The article stresses that AI not only improves existing processes but fundamentally transforms game development, creating new opportunities and ushering in a new era for the video game industry where developers’ creative potential is enhanced by AI’s power.

Keywords: Artificial intelligence, game development (game dev), video games, photorealism, non-player characters (NPCs), procedural generation, adaptive gameplay, game world, graphics engine (game engines), AI (artificial intelligence), machine learning, texture, model, optimization, balance, ethics.

The video game industry is undergoing an unprecedented transformation driven by relentless progress in AI. The evolution of game development is astounding, from primitive pixelated sprites to photorealistic virtual worlds that blur the lines between reality and fiction. Previously, computing power growth and new programming techniques were key drivers of development, but AI has now become a major force, opening up unprecedented opportunities. It not only optimizes existing processes, but fundamentally changes workflows, from detailed graphics creation to dynamic and unpredictable world design. Today, developers create endless worlds and almost human-like characters, turning games into adaptable ecosystems that respond to each player. But what impact do these technologies have on developers’ roles, and is the industry at risk of losing its unique identity?

One of the most significant achievements in the field of AI in the computer gaming industry has been the radical improvement of graphics quality. In the past, game developers had to manually create every texture, polygon and other graphic elements. However, with the development of AI technology trained on large amounts of data, this process has become highly automated. Modern algorithms, based on machine learning principles and neural networks, can generate highly realistic textures, 3D models and even entire environments. One key tool in this process are convolutional neural networks (CNNs), which analyze images and identify patterns and structures. They then use this information to create new textures with high levels of realism. For example, Generative Adversarial Network (GAN) architectures, which consist of a generator creating textures and a critic evaluating their quality, allow the creation of textures that are nearly indistinguishable from actual photos. The competition between generator and critic leads to continuous improvement in texture quality. Procedural generation techniques based on AI contribute to the generation of unique and varied game worlds. This reduces development time and costs while ensuring high-quality final products. For instance, Promethean’s AI neural network transforms text descriptions into three-dimensional objects like a “medieval castle covered in moss,” opening up new possibilities for creativity in level design.

AI-based procedural content generation (PCG) technologies enable the creation of vast and diverse game worlds, significantly reducing the time and resources required for manual development. There are several approaches to PCG, using AI. Rule-based generation involves the use of predefined rules and algorithms for creating content. For example, one can set rules to create a landscape with specific types of vegetation and terrain. Example-based generation relies on AI learning from existing examples (for example, level maps) and creating new ones similar. This method enables the creation of content that matches specific styles or aesthetics. The most advanced approach is the use of machine learning techniques such as GANs (Generative Adversarial Networks) and VAEs (Variational Autoencoders). GANs can create highly realistic and diverse content but require a large amount of training data. VAE, on the contrary, is more efficient with limited data but can produce less realistic results.

And it opens up new prospects for the development of computer games. It allows you to automatically improve the quality of older games and create new high-quality content. Neural network-based upscaling techniques transform pixel textures into higher resolution, transforming classic games into works of modern art. This not only improves the visual quality of older titles, but also appeals to a new audience who are interested in modern graphic solutions. For instance, in Minecraft, it generates worlds during loading, optimising the development process. Thus, integrating AI helps create high-quality material and increases the efficiency of the production process.

The influence of artificial intelligence (AI) goes beyond the graphical component, and it is becoming increasingly important in the development of realistic and intelligent non-player characters (NPCs). Traditional methods based on predetermined scenarios and predictable behaviors are being replaced by more complex algorithms. This allows NPC to adapt to player actions, make decisions independently, and interact with other NPCs, creating a dynamic and vibrant world. The AI dungeon neural network helps generate dialogues using GPT-3, enabling players to create original stories.

Various approaches are used to create intelligent and realistic non-player characters (NPCs). Behavior Trees is a popular method that describes complex character behaviors through a hierarchical structure. Each branch represents a specific action or task. Finite-State Machines (FSM) is a simpler approach where a character is only in one state at any given time. Reinforcement learning allows NPCs to learn through interacting with the game environment, receiving rewards when doing the right things and punishments when doing wrong things. Over time NPCs learn optimal behavior, adapt to change, develop new tactics, and remember player actions, affecting their reputation and plot development. This creates depth and unpredictability in gameplay, significantly enhancing immersion. For example, the enemies in F.E.A.R. use tactics such as ambushes and flanking, forcing players to constantly adapt and change positions.

Another important application of AI in gaming is the creation of dynamic worlds that adapt to the player's style. AI adjusts the difficulty of challenges, enemy behavior and storyline, offering bonuses that suit the player's tastes, making each game unique and increasing replay value. In addition, it optimizes gameplay, identifies bugs and improves balance. It analyses vast amounts of player data to determine what aspects of the game need improvement, such as identifying too difficult or too easy levels, and suggesting balance changes. It automatically tests different balance options, identifying imbalances, and offering solutions, allowing developers to create more engaging games. AI-powered agents are often employed for testing, exploring the game world for bugs and vulnerabilities.

Artificial intelligence (AI) in the video game industry is a powerful tool that significantly improves the process of game creation and improves their quality. However, as with any innovative technology, there are challenges. One major ethical issue is the bias in algorithms, which could lead to games with discriminatory and stereotypical content. To avoid this, AI needs to be trained on representative and unbiased data. Automation of tasks could also lead to job losses for artists, designers and programmers. It is therefore important to develop training and support strategies for these professionals.

In addition, there is a risk that AI could be used to create addictive games for users, which could negatively affect their mental and physical well-being. It is essential to consider this aspect and create games that don't manipulate user behavior or emotions. In addition to the ethical concerns, urgent tasks include developing new methodological approaches and tools to effectively train AI, as well as thoroughly studying the mechanisms of using it in game creation.

The prospects for the development of the video game development industry are inextricably linked to advances in artificial intelligence (AI). The introduction of AI opens up new horizons for developers to create immersive, realistic and adaptive game spaces. Technologies ranging from photorealistic visualization to intelligent non-player characters (NPCs) and dynamic gameplay are already having a significant impact on the gaming industry. It is expected that the role of AI will only increase in the future, which will lead to further transformation of the industry. We are on the threshold of a new era where the creative potential of specialists will be complemented by the capabilities of advanced artificial intelligence algorithms, and the boundaries between the real and virtual worlds will become even more blurred. In the future, AI will play a key role in shaping interactions and environments, making virtual worlds more vibrant and dynamic, and the gaming experience more personalized. Imagine a game that adapts to your mood, offering exactly the challenges and rewards you need at a given time. From photorealistic graphics to smart NPCs and adaptive gameplay, AI is already transforming the gaming industry, and its impact will only grow.

Список литературы:

1. Boyd, D. It's complicated: The social lives of networked teens. // Yale university press//2014// 320 p.
2. Bourgault, F. AI for Game Developers. O'Reilly Media RepKover// 2016//352p
3. Buckland, M. Programming Game AI by Example.// Wordware Publishing// 2004// 768
4. Ultralytics «AI in Video Games: Shaping the Future of Gaming» URL: <https://www.ultralytics.com/ru/blog/ai-in-video-games-shaping-the-future-of-gaming> (Дата обращения 14.04.2025)
5. Inworld «AI and the future of gaming for game devs» URL: <https://inworld.ai/blog/ai-in-gaming-future-of-gaming-for-game-developer> (Дата обращения 14.04.2025)

PlatAI «Reinforcement Learning in Game AI: Game-Playing Agents and Game-Level Design Techniques»
URL: <https://plat.ai/blog/reinforcement-learning-in-game-ai/> (Дата обращения 14.04.2025)References:

1. Boyd, D. It's complicated: The social lives of networked teens. // Yale university press//2014// 320 p.
2. Bourgault, F. AI for Game Developers. O'Reilly Media RepKover// 2016//352p
3. Buckland, M. Programming Game AI by Example.// Wordware Publishing// 2004// 768
4. Ultralytics «AI in Video Games: Shaping the Future of Gaming» URL: <https://www.ultralytics.com/ru/blog/ai-in-video-games-shaping-the-future-of-gaming> (Date accessed 14.04.2025)
5. Inworld «AI and the future of gaming for game devs» URL: <https://inworld.ai/blog/ai-in-gaming-future-of-gaming-for-game-developer> (Date accessed 14.04.2025)
6. PlatAI «Reinforcement Learning in Game AI: Game-Playing Agents and Game-Level Design Techniques» URL: <https://plat.ai/blog/reinforcement-learning-in-game-ai/> (Date accessed 14.04.2025)

УДК 519.816

Е.С. Лихачева, А.И. Богданов

МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© Е.С. Лихачева, А.И. Богданов

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

В статье рассмотрены современные методы, модели и подходы к оптимизации производства, такие как тотальная оптимизация и цифровизация. Выявлены ключевые инструменты цифровой трансформации, включая ERP-системы, искусственный интеллект, интернет вещей и большие данные.

Определены тенденции и перспективы развития моделей оптимизации в контексте цифровизации производства в условиях Индустрии 4.0. Дана классификация технологических операций по характеру зависимости затрат и выпуска от времени. Рассмотрены математические модели частных случаев операций: фиксированные и периодические операции, конечные операции.

Ключевые слова: управление, оптимизация, методы, модели, технологический процесс, технологическая операция, легкая промышленность.

E.S. Likhacheva, A.I. Bogdanov

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design 18 Bolshaya Morskaya Street, Saint Petersburg, 191186

MODELS FOR OPTIMIZING PRODUCTION PROCESSES IN LIGHT INDUSTRY ENTERPRISES

The article discusses modern methods, models, and approaches to optimizing production, such as total optimization and digitalization. Key tools of digital transformation have been identified, including ERP systems, artificial intelligence, the Internet of Things, and big data. The trends and prospects for the development of optimization models in the context of digitalization of production in the context of Industry 4.0 are identified. The classification of technological operations according to the nature of the dependence of costs and output on time is given. Mathematical models of special cases of operations are considered: fixed and periodic operations, finite operations.

Keywords: management, optimization, methods, models, technological process, technological operation, light industry.

Во второй половине XX века математические методы управления стали важным инструментом оптимизации. Методы линейного программирования, предложенные Джорджем Данцигом, позволили решать задачи распределения ресурсов и управления производственными мощностями [1]. Эти подходы активно применялись на текстильных предприятиях для планирования производства и минимизации отходов материалов.

Современный этап развития оптимизации связан с цифровой трансформацией производства. Такие технологии, как искусственный интеллект и машинное обучение, позволяют анализировать большие объемы данных и находить оптимальные решения для повышения эффективности процессов [2]. Одним из ключевых факторов, влияющих на оптимизацию производства, является Индустрия 4.0, которая представляет собой новую эру в производстве, характеризующуюся интеграцией цифровых технологий в производственные процессы. Эта концепция возникла в Германии в 2011 году как стратегия повышения конкурентоспособности обрабатывающей промышленности через усиленное внедрение киберфизических систем.

Ключевыми технологиями Индустрии 4.0 являются интернет вещей (IoT), искусственный интеллект (AI), большие данные (Big Data), облачные вычисления и киберфизические системы. Влияние Индустрии 4.0 на легкую промышленность и индустрию моды значительно. Она позволяет компаниям оптимизировать производственные процессы, повысить эффективность использования ресурсов и адаптироваться к быстро меняющимся требованиям рынка. В модной индустрии это выражается в возможности создания более персонализированных продуктов, сокращении времени производства и доставки, а также в повышении устойчивости производства.

Современные подходы к оптимизации производства неразрывно связаны с цифровизацией и внедрением инновационных технологий. Использование цифровых технологий позволяет предприятиям значительно сократить издержки, повысить производительность труда и качество продукции. Например, внедрение систем автоматизированного планирования и управления производством, таких как ERP-системы, позволяет автоматизировать обработку заказов, организовать контроль качества и оптимизировать планирование.

Искусственный интеллект (ИИ) становится все более важным инструментом в оптимизации производственных процессов. ИИ применяется для прогнозирования спроса, оптимизации запасов и улучшения планирования производства. Например, нейросети могут использоваться для автоматизации процесса найма специалистов, сокращая время поиска кандидатов с недель до нескольких дней.

Внедрение технологий интернета вещей (IoT) позволяет собирать данные с производственного оборудования в реальном времени для анализа и оптимизации. Датчики могут отслеживать состояние оборудования и предупреждать о необходимости технического обслуживания. Это помогает минимизировать простои и повысить эффективность производства.

Использование больших данных и аналитики помогает выявлять узкие места в производственных процессах и оптимизировать их на основе реальных данных. Это может включать анализ производственных показателей, прогнозирование спроса и оптимизацию запасов.

Применение моделей оптимизации в легкой промышленности, включая текстильную и швейную отрасли, характеризуется рядом специфических особенностей, обусловленных природой производственных процессов и рыночными условиями функционирования предприятий данного сектора.

Одной из ключевых особенностей является необходимость учета нелинейных зависимостей при моделировании производственных процессов. В частности, при оптимизации плана производства целесообразно использовать нелинейные модели, учитывающие зависимость цены и себестоимости продукции от объема производства [3]-[5]. Это позволяет более точно отразить реальные экономические условия и повысить эффективность принимаемых управленческих решений.

Важной особенностью является также необходимость учета стохастического характера спроса на продукцию легкой промышленности. В связи с этим актуальным становится применение стохастических моделей планирования производства, в которых спрос рассматривается как случайная величина [6]. Такой подход позволяет предприятиям более гибко реагировать на колебания рыночного спроса и оптимизировать свою производственную программу.

Специфика легкой промышленности требует особого внимания к оптимизации транспортно-складских процессов. Эффективным инструментом в этой области является применение математических моделей оптимизации транспортно-складской задачи с использованием методов кластерного анализа [7]-[8]. Это позволяет оптимально распределить складские мощности и минимизировать логистические издержки.

Особое значение в текстильной и швейной промышленности имеет оптимизация раскроя материалов. Для решения этой задачи применяются специальные методы, такие как механизированный расчет кусков ткани [9]. Эти методы позволяют минимизировать отходы и повысить эффективность использования сырья, что особенно важно в условиях растущих цен на текстильные материалы.

Современные тенденции в легкой промышленности требуют учета индивидуализации производства при оптимизации процессов. Это связано с растущим спросом на индивидуальные заказы и мелкосерийное производство. Для решения этой задачи разрабатываются гибкие оптимизационные модели, способные адаптироваться к быстро меняющимся требованиям рынка [10].

Эффективная оптимизация в легкой промышленности требует комплексного подхода, учитывающего не только производственные, но и организационные, технические и технологические аспекты. В связи с этим актуальным становится применение интегрированных оптимизационных моделей, охватывающих все аспекты деятельности предприятия [11]-[13].

Интеллектуальное управление цепочками поставок с использованием IoT и AI позволяет оптимизировать логистику и управление запасами, обеспечивая прозрачность и эффективность в управлении цепочками поставок.

Индустрия 4.0 отличается от предыдущих промышленных революций более глубокой интеграцией цифровых технологий в производственные процессы, что позволяет создавать «умные» фабрики, способные к самооптимизации и автономному принятию решений [14].

Снижение производственных затрат достигается через оптимизацию использования ресурсов и энергии, что способствует повышению эффективности производства и снижению издержек [9]. Повышение устойчивости производства происходит путем минимизации отходов и оптимизации использования материалов, что соответствует принципам циркулярной экономики [15].

Внедрение цифрового раскроя стало одним из ключевых изменений в отрасли. Например, на фабрике BASK в Москве используется цифровой раскройный комплекс IMA, который автоматизирует процесс раскроя ткани. Этот комплекс способен работать с 80 видами тканей, автоматически настилая материал, делая метки и вырезая детали. Важной особенностью является сохранение цифрового кода всех действий, что позволяет быстро перенастраивать оборудование для различных задач, значительно повышая гибкость производства [16].

Другим важным аспектом Индустрии 4.0 в легкой промышленности стало появление «умных» швейных машин. Современное оборудование, такое как машины JUKI, по своей функциональности приближается к компьютерам. Эти машины позволяют программировать конкретные операции и быстро передавать задания на несколько устройств с помощью смартфона, что существенно повышает эффективность производства и снижает время простоя оборудования [14].

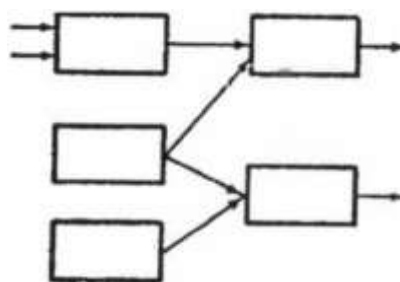
В области проектирования одежды значительным изменением стала автоматизация процесса построения лекал. Использование систем автоматизированного проектирования (САПР) в области раскроя ткани позволило оптимизировать процесс создания лекал и подготовки производства, сократив время на разработку новых моделей и повысив точность кроя [17].

Наконец, концепция виртуальных фабрик, предполагающая создание распределенной сети производителей, объединенных в единую информационную систему, открыла новые возможности для оптимизации цепочек поставок и производства. Это позволяет более эффективно использовать производственные мощности и быстрее реагировать на изменения спроса [18].

Цель производства состоит в выпуске продуктов, которые могут быть использованы вне его, внешними потребителями. Такие продукты назовем *конечными* или *выходными*. Для каждого конечного продукта может быть указана одна или несколько *технологических* схем его получения из *исходных, входных* продуктов, получаемых предприятием извне, от его внешних поставщиков.

Технологическая схема представляет собой логически упорядоченный набор операций, в ходе каждой из которых выпускается либо конечный продукт, либо *промежуточные* продукты, подлежащие последовательному преобразованию в конечный с помощью других операций схемы.

Различные технологические схемы получения одного и того же продукта и даже технологические схемы получения разных продуктов могут включать и общие одинаковые операции. Объединение технологических схем получения всех конечных продуктов назовем *технологией* производства. Структура технологии может быть описана, например, графически в виде технологической сети, где прямоугольниками (или кружками) обозначены операции, а стрелки, связывающие прямоугольники, означают продукты, выпускаемые в одной операции и затрачиваемые в другой (1).



1. Структура технологии производства

Любую операцию будет характеризовать совокупность исполнителей и технических средств, длительность u и значение технологического управления v . Объемы затрат и выпуска в операции являются функциями управления

v и длительности u и обозначаются соответственно через $f^-(u, v), f^+(u, v)$. Таким образом, общее математическое описание операции сводится к заданию функций $f^-(u, v), f^+(u, v)$ и указанию осуществляющей операцию производственного звена (исполнителей и технических средств).

Остановимся лишь на некоторых важных частных случаях. Выделим прежде всего *фиксированные операции*. Если для операции допустимо лишь одно значение технологического управления, то она именуется фиксированной и полностью описывается заданием зависимостей $f^-(u), f^+(u)$ затрат и выпуска от длительности.

Модели такого типа наиболее распространены. Более того, можно отметить, что использование для описания производства только фиксированных операций в принципе не ограничивает общности рассмотрения.

Классифицируем далее операции по характеру зависимости затрат и выпуска от длительности и. Простейшим вариантом являются операции с постоянной интенсивностью, для которых

$$f^{\pm}(u, v) = a^{\pm}(v)u.$$

Интенсивности затрат $a^{-}(u)$ и выпуска $a^{+}(u)$ могут, в частности, быть и фиксированными. Тогда операция будет полностью характеризоваться заданием двух векторов a^{-} , a^{+} .

Произвольная периодическая операция задается длительностью периода t и зависимостями $f^{\pm}(u, j)$ — выпуска от фазы ϕ — времени от начала периода. Заметим, что затрат

$$j = u \left\lfloor \frac{u}{t} \right\rfloor, f^{\pm}(u, v) = \left\lfloor \frac{u}{t} \right\rfloor f^{\pm}(t, v) + f^{\pm}(j, v).$$

Иначе говоря, периодическая операция рассматривается как последовательное повторение единичных операций длительностью t .

Возможно наиболее интересным для описания процессов в легкой промышленности является частный случай периодических операций: *конечные операции* {работы}.

Для конечных операций принимается, что затраты осуществляются только в начале каждого периода, а выпуск —

в конце его. Если обозначить через $a^{\pm}(v)$ — объемы затрат и выпуска за период, то для конечной операции получим

$$f^{-}(u, v) = a^{-}(v) \left(\left\lfloor \frac{u}{t} \right\rfloor + 1 \right); f^{+}(u, v) = a^{+}(v) \left\lfloor \frac{u}{t} \right\rfloor$$

Для конкретного моделирования операций, конечно, недостаточно указать, что операция описывается, например, функциональной зависимостью типа $a^{\pm}(v)$ или даже просто векторами a^{+} , a^{-} .

Необходимо дать численное описание этих зависимостей, идентифицировать их, дать возможность каждому определенному значению управления сопоставить определенное числовое значение затрат и выпуска.

Таким образом, для реального построения модели необходимо использовать достаточно жесткие ограничения на вид функции $a(v)$, обоснованность которых может следовать только из понимания существа физических и химических процессов, определяющих протекание операций.

Основным приемом является параметризация зависимости, то есть использования предположения о том, что для $a(v)$ может быть дано описание в виде $a(v, C)$, причем вид функции a считается известным, а определению подлежит лишь вектор параметров C .

Еще более узкой, но часто принимаемой на практике гипотезой, является предположение о линейности $a(v, C)$ по параметрам, то есть о возможности представления искомой зависимости в виде

$$a = \sum_{j=1}^n C_j j_j(v),$$

где $j_j(v)$ — заранее заданные функции, в частности линейные или квадратичные по v .

Наиболее распространенным способом выбора C является *метод наименьших квадратов* (МНК), при котором этот выбор считается наилучшим, если он соответствует минимальному значению выражения

$$I = \prod_{h=1}^N (a^h \prod_{j=1}^n C_{ij} (v^h)^2)$$

где v^h , a^h — значения вектора управления и измеренного при этом выхода в h -м эксперименте.

В **заключение** следует еще раз подчеркнуть, что с помощью математической модели всегда осуществляется не непосредственное описание операции, а ее прогнозирование. Поэтому хорошая математическая модель должна давать не только оценку результатов операции, но и содержать оценку точности прогноза либо в виде границ их возможных изменений, либо, более полно, в виде функции распределения вероятностей этих возможных изменений.

Список литературы

1. Данциг Д. Б., Фуллер Р. Дж. Линейное программирование и его приложения. М.: Прогресс, 1966. 600 с.
2. Хаммер М., Чампи Дж.. Реинжиниринг корпорации: Манифест революции в бизнесе: пер. с англ. Ю. Е. Благод и др. СПб.: Издательство С.-Петербургского университета, 1997. 332 с
3. Иванов А. А. Оптимизация производственных процессов в легкой промышленности. М.: Наука, 2020. 156 с.
4. Богданов А.И., Монгуш Б.С. Оптимизация плана производства предприятия легкой промышленности Республики Тыва // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1 «Естественные и технические науки». 2017, № 4. С. 133-136.
5. Богданов А.И. Монгуш Б.С. Нелинейные математические модели оптимизации плана производства предприятия легкой промышленности // Наука и бизнес: пути развития. 2020. № 4 (106). С. 21-25.
6. Петров В. В. Стохастические модели в управлении производством. СПб.: Питер, 2019. 89 с.
7. Сидоров С. С. Логистика в легкой промышленности. М.: ИНФРА-М, 2021. 287 с.
8. Богданов А.И., Монгуш Б.С. Оптимизация места расположения складов с помощью кластерного анализа // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1 «Естественные и технические науки». 2018. № 4. С. 19-23.
9. Козлова Н. Н. Оптимизация раскроя материалов в швейном производстве. М.: Легпромбытиздат, 2018. 329 с.
10. Смирнова Е. А. Индивидуализация производства в легкой промышленности. СПб.: СПбГУПТД, 2021. 156 с.
11. Кузнецов Д. Д. Комплексная оптимизация производства в текстильной промышленности. Иваново: ИВГПУ, 2020. 254 с.
12. Богданов А.И., Монгуш Б.С. Математические модели оптимизации производственно-транспортно-складских процессов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета технологии и дизайна. Серия 1 «Естественные и технические науки». 2019. № 1. С. 16-21.
13. Макаров А.Г., Богданов А.И., Никитина Л.Н., Монгуш Б.С. Интегрированные модели бизнес-процессов // Технология текстильной промышленности. (серия «Известия высших учебных заведений»). 2019. № 6 (384). С. 62-65.
14. Федоров В. Г. Оптимизация производственного цикла в швейной промышленности. М.: РИО, 2019. 112 с.
15. Самыгин С. И. Цифровые протоколы в оптимизации производственных процессов. Ростов-на-Дону, 2015. 158 с.
16. Михайлов А. М. Графические методы оптимизации в промышленности. Новосибирск: Наука, 2020. 289 с.
17. Попкова Н. В. Автоматизация проектирования в текстильной промышленности. М.: Либроком, 2018. 96 с.
18. Зеньковский В. В. Виртуальные фабрики в легкой промышленности. М.: Академический проект, 2011. 119 с.

References

1. Dancig D. B., Fuller R. Dzh. *Linejnoe programmirovaniye i ego prilozheniya*. M.: Progress, 1966. 600 pp. (in Rus).
2. Xammer M., Champi Dzh.. *Reinzhiniring korporacii: Manifest revolyucii v biznese*: per. s angl. Yu. E. Blagon i dr. SPb.: Izdatel'stvo S.-Peterburgskogo universiteta, 1997. 332 pp. (in Rus).
3. Ivanov A. A. *Optimizaciya proizvodstvenny'x processov v legkoj promy'shlennosti*. M.: Nauka, 2020. 156 pp. (in Rus).
4. Bogdanov A.I., Mongush B.S. Optimizaciya plana proizvodstva predpriyatiya legkoj promy'shlennosti Respubliki Ty'va // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta texnologii i dizajna. Seriya 1 «Estestvenny'e i texnicheskie nauki»*. 2017, № 4. 133-136 pp. (in Rus).
5. Bogdanov A.I. Mongush B.S. Nelinejny'e matematicheskie modeli optimizacii plana proizvodstva predpriyatiya legkoj promy'shlennosti // *Nauka i biznes: puti razvitiya*. 2020. № 4 (106). 21-25 pp. (in Rus).
6. Petrov V. V. *Stokhasticheskie modeli v upravlenii proizvodstvom*. SPb.: Piter, 2019. 89 pp. (in Rus).
7. Sidorov S. S. *Logistika v legkoj promy'shlennosti*. M.: INFRA-M, 2021. 287 pp. (in Rus).
8. Bogdanov A.I., Mongush B.S. Optimizaciya mesta raspolozheniya skladov s pomoshh'yu klaster'nogo analiza // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta texnologii i dizajna. Seriya 1 «Estestvenny'e i texnicheskie nauki»*. 2018. № 4. 19-23 pp. (in Rus).
9. Kozlova N. N. *Optimizaciya raskroya materialov v shvejnom proizvodstve*. M.: Legpromby'tizdat, 2018. 329 pp. (in Rus).
10. Smirnova E. A. *Individualizaciya proizvodstva v legkoj promy'shlennosti*. SPb.: SPbGUPTD, 2021. 156 pp. (in Rus).
11. Kuznecov D. D. *Kompleksnaya optimizaciya proizvodstva v tekstil'noj promy'shlennosti*. Ivanovo: IVGPU, 2020. 254 pp. (in Rus).
12. Bogdanov A.I., Mongush B.S. Matematicheskie modeli optimizacii proizvodstvenno-transportno-skladskix processov // *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta texnologii i dizajna. Seriya 1 «Estestvenny'e i texnicheskie nauki»*. 2019. № 1. 16-21 pp. (in Rus).

13. Makarov A.G., Bogdanov A.I., Nikitina L.N., Mongush B.S. Integrirrovanny`e modeli biznes-processov // *Tekhnologiya tekstil`noj promy`shlennosti. (seriya «Izvestiya vy`sshix uchebny`x zavedenij»)*. 2019. № 6 (384). 62-65 pp. (in Rus).
14. Fedorov V. G. *Optimizaciya proizvodstvennogo cikla v shvejnoj promy`shlennosti*. M.: RIO, 2019. 112 pp. (in Rus).
15. Samy`gin S. I. *Cifrovye protokoly` v optimizacii proizvodstvenny`x processov*. Rostov-na-Donu, 2015. 158 pp. (in Rus).
16. Mixajlov A. M. *Graficheskie metody` optimizacii v promy`shlennosti*. Novosibirsk: Nauka, 2020. 289 pp. (in Rus).
17. Popkova N. V. *Avtomatizaciya proektirovaniya v tekstil`noj promy`shlennosti*. M.: Librokom, 2018. 96 pp. (in Rus).
18. Zen`kovskij V. V. *Virtual`ny`e fabriki v legkoj promy`shlennosti*. M.: Akademicheskij proekt, 2011. 119 pp. (in Rus).

УДК 004.92

К.Д. Андреев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ 3D-ВИЗУАЛИЗАЦИИ МАТЕМАТИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ В ИТ-СФЕРЕ

© К.Д. Андреев, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

В статье представлено применение программы для 3D-визуализации математических поверхностей в программировании. Описывается использование созданного инструмента для построения трёхмерных графиков функций, их анализа и визуализации. Программа демонстрирует возможность интерактивного управления параметрами, что делает её универсальным инструментом для образовательных и исследовательских задач в различных сферах деятельности. Приводятся примеры использования данной программы в процессе разработки ИТ-систем для анализа данных и моделирования.

Ключевые слова: 3D-визуализация, математические поверхности, Python, программирование, интерактивный график, анализ данных.

K.D. Andreev

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

USE OF 3D VISUALIZATION OF MATHEMATICAL SURFACES IN THE IT FIELD

The article presents the application of a program for 3D visualization of mathematical surfaces in programming. It describes the use of the created tool for building three-dimensional function graphs, their analysis, and visualization. The program demonstrates the possibility of interactive control of parameters, making it a versatile tool for educational and research tasks in various fields. Examples of the program's use in the development of IT systems for data analysis and modeling are provided.

Keywords: 3D visualization, mathematical surfaces, Python, programming, interactive graph, data analysis.

Введение

Современное программирование активно использует математические методы для решения сложных задач в таких областях, как наука, инженерия и ИТ-системы. Особую роль в этом играет визуализация данных, которая позволяет представить сложные процессы в интуитивно понятной форме. Трёхмерная визуализация математических функций — это мощный инструмент, который объединяет точность вычислений с наглядностью, необходимой для принятия решений, обучения и разработки приложений.

Визуализация трёхмерных данных особенно важна в таких областях, как физика, биология, экономика и машинное обучение, где требуется анализ многомерных данных. Например, в физике трёхмерные графики помогают моделировать электромагнитные поля, а в машинном обучении — визуализировать поверхности ошибок для оптимизации моделей. Для биологии и медицины трёхмерные визуализации используются для моделирования анатомических структур или визуализации медицинских изображений, таких как МРТ и КТ, что помогает врачам в диагностике и планировании лечения. В экономике, например, трёхмерные графики могут помочь при моделировании экономических процессов, таких как ценообразование или анализ доходности активов. Включение новых возможностей визуализации, таких как отображение 3D-графиков в реальном времени, улучшает точность и интуитивность взаимодействия с данными, что способствует более глубокому пониманию предметной области. [1]

Представленная программа, реализованная на языке Python, предназначена для построения и интерактивного анализа трёхмерных графиков математических функций. Она предоставляет пользователю возможность исследовать поведение функций, изменяя диапазоны осей координат с помощью слайдера. Этот инструмент особенно полезен

в образовательных, инженерных и мультимедийных проектах, где требуется глубокое понимание и визуальное представление математических концепций. Кроме того, такая программа может быть использована в области искусственного интеллекта, например, для визуализации нейронных сетей и их структуры, что помогает исследователям в анализе процессов обучения моделей. Это может быть полезно в задачах распознавания образов или при разработке рекомендационных систем.

Программа реализует построение трёхмерной поверхности математической функции $f(x, y)$, где пользователь может задавать параметры диапазонов осей x и y . Использование слайдера позволяет динамически изменять границы отображения, мгновенно обновляя график. Основной функцией в текущей реализации является волнообразная функция (1).

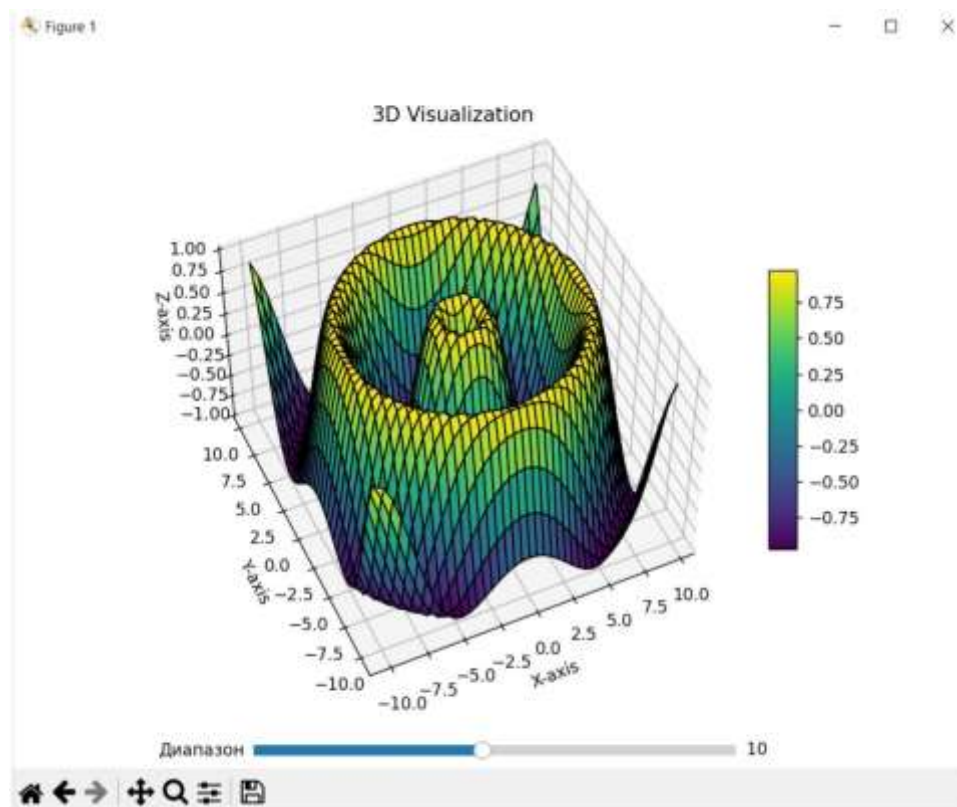


Рисунок 1. Наглядное представление функции

В разработке мультимедийных приложений программа может стать важной частью образовательных платформ, игр и интерактивных демонстраций. В образовательной среде она используется для изучения свойств функций и анализа их поведения в трёхмерном пространстве. Например, студенты и преподаватели могут исследовать зависимости между параметрами функции, визуально оценивать области экстремумов или наблюдать поведение функции при приближении к нулю. Интерактивные элементы, такие как слайдер, помогают адаптировать визуализацию под задачи конкретного урока, повышая вовлечённость учащихся. [2]

Для образовательных целей можно добавить функцию отображения производных функций в трёхмерном пространстве, что позволит студентам лучше понимать связь между функцией и её производной. Также можно реализовать режим «пошагового построения», где график будет отображаться постепенно, что полезно для объяснения сложных концепций. Внедрение этих функций в программу позволяет не только улучшить восприятие студентов, но и предоставляет возможность преподавателям создавать уникальные, адаптированные к уровню знаний студентов, обучающие курсы, а учащимся постепенно осваивать сложные темы, что значительно улучшает их восприятие и понимание математических теорий.

В игровой индустрии и графических приложениях программа может быть использована для создания уникальных трёхмерных пейзажей или игровых карт (2). Математическая точность позволяет моделировать реалистичные формы, которые добавляют глубину и качество визуальному контенту. Возможность легко изменять функцию или добавлять новые элементы взаимодействия делает её гибким инструментом для создания мультимедийных продуктов. [3]

Для игровой индустрии можно добавить поддержку экспорта трёхмерных моделей в форматы, совместимые с игровыми движками, такими как Unity или Unreal Engine. Это позволит разработчикам использовать созданные поверхности непосредственно в своих проектах. Такой функционал расширяет возможности работы с визуализацией и интеграцией в более сложные системы, улучшая взаимодействие с внешними инструментами разработки игр. Интеграция с такими движками предоставляет возможность для реализации динамических объектов в играх, что делает проект более масштабируемым и готовым к использованию в различных игровых средах. Также можно создать режим редактирования, в котором пользователи смогут в реальном времени изменять и сохранять свои карты и ландшафты, что значительно улучшит опыт взаимодействия с инструментом и расширит его функциональность. [4]

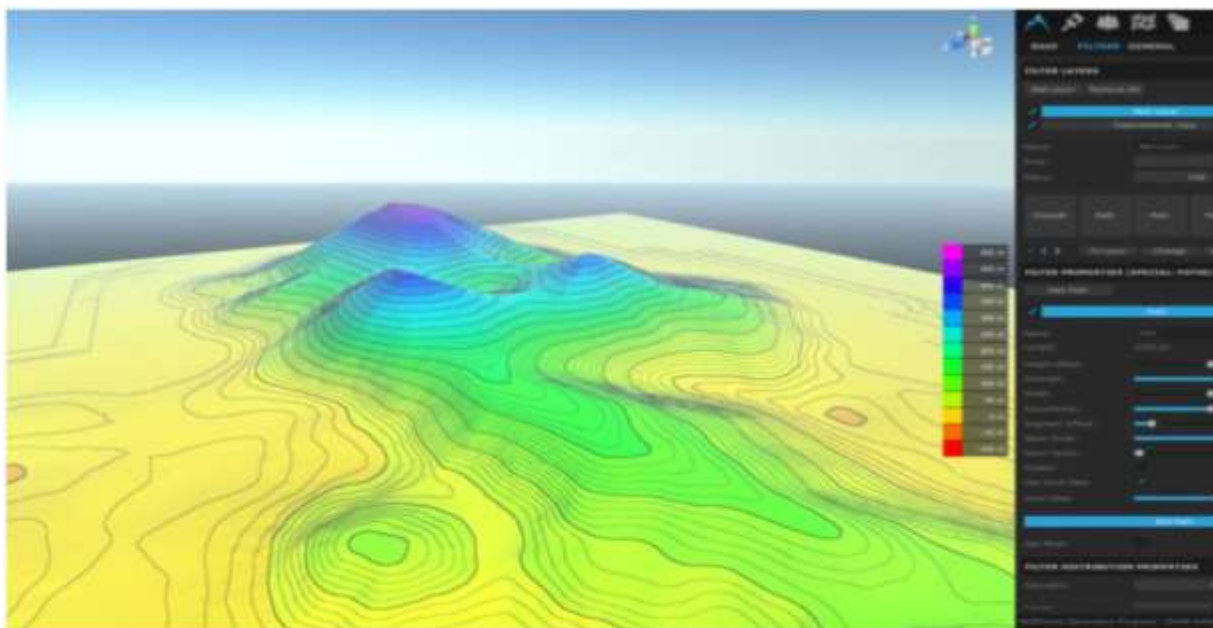


Рисунок 2. Пример создания 3-ёх мерного ландшафта для игр в программе World Creator

Технически программа основана на следующих библиотеках Python (3):

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from matplotlib.widgets import Slider
```

Рисунок 3. Используемые библиотеки для написания программы

- NumPy используется для вычислений и создания сетки данных. Она обеспечивает высокую производительность при обработке массивов и вычислении значений функции.
- Matplotlib отвечает за визуализацию графиков, включая трёхмерные поверхности.
- Matplotlib.widgets предоставляет слайдер, позволяющий пользователям менять диапазон визуализации, что делает программу интерактивной и удобной.

Гибкость кода позволяет расширять функциональность программы, например, добавляя возможность задавать пользовательские функции, интегрировать дополнительные интерактивные элементы или экспортировать визуализации в виде изображений или видео. Это делает её пригодной для использования в широком спектре задач, от обучения студентов до анализа данных в научных исследованиях. [5]

Программа для 3D-визуализации математических поверхностей находит применение в создании IT-систем и мультимедийных приложений, где требуется эффективная работа с трёхмерными функциями. Её использование облегчает процесс понимания сложных математических идей, повышает наглядность данных и открывает новые горизонты для разработки интерактивных приложений. В будущем программа может быть дополнена модулями для работы с более сложными функциями, встроенной аналитикой и интеграцией с системами машинного обучения, что сделает её незаменимым инструментом для инженеров, программистов и исследователей. Кроме того, внедрение алгоритмов машинного обучения в программу откроет новые возможности для автоматического анализа данных и оптимизации визуализации, что позволит значительно улучшить качество работы с большими объёмами данных. Также, можно добавить поддержку распределённых вычислений для работы с очень большими наборами данных, что сделает программу удобной для использования в научных исследованиях и анализе данных на уровне крупных компаний.

*Научный руководитель: ассистент ИиУС Смирнов А.М.
Scientific supervisor: assistant IiUS Smirnov A.M.*

Список литературы

1. Виноградов, И. А. Основы анализа данных с использованием Python. — М.: Научный мир, 2021. — 240 с.
2. Иванов, С. Н. Современные методы 3D-визуализации в программировании. — М.: Дело, 2020. — 260 с.
3. Кузнецов, А. В. Математическое моделирование и визуализация: учебное пособие. — СПб.: Питер, 2019. — 350 с.
4. Мельников, А. В. Практика визуализации данных с помощью библиотек Python: Matplotlib и NumPy. — СПб.: Питер, 2022. — 320 с.
5. Петров, В. Н. Создание интерактивных графиков с помощью Matplotlib: руководство. — Электронный ресурс. — Доступно по ссылке: https://www.yuripetrov.ru/edu/python/ch_12_01.html (дата обращения 23.11.2024 г.).

References

1. Vinogradov, I. A. Fundamentals of Data Analysis Using Python. — Moscow: Nauchny Mir, 2021. — 240 p.
2. Ivanov, S. N. Modern Methods of 3D Visualization in Programming. — Moscow: Delo, 2020. — 260 p.
3. Kuznetsov, A. V. Mathematical Modeling and Visualization: A Textbook. — St. Petersburg: Piter, 2019. — 350 p.
4. Melnikov, A. V. Practice of Data Visualization Using Python Libraries: Matplotlib and NumPy. — St. Petersburg: Piter, 2022. — 320 p.
5. Petrov, V. N. Creating Interactive Graphs with Matplotlib: A Guide. — Electronic resource. — Available at: https://www.yuripetrov.ru/edu/python/ch_12_01.html (Accessed on November 23, 2024)

УДК 67.017(679.7)

М.Р. Байкеева, Д.А. Маслацова, М.А. Чашчина

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕРЧАНДАЙЗИНГА В РОЗНИЧНОЙ ТОРГОВЛЕ (НА ПРИМЕРЕ ООО «ЛЕНТА»)

© М.Р. Байкеева, Д.А. Маслацова, М.А. Чашчина, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

В статье рассматриваются особенности применения мерчандайзинга в розничной торговле на примере гипермаркета сети «Лента» в Санкт-Петербурге. Автор анализирует планировку торгового зала, методы выкладки товаров, дизайн торгового пространства и влияние этих факторов на поведение потребителей. Особое внимание уделено выявлению недостатков в организации торгового пространства и разработке предложений по их устранению с целью повышения эффективности продаж. Приводятся конкретные рекомендации по оптимизации выкладки продукции, улучшению навигации и устранению визуального шума. Работа подтверждает, что грамотное использование инструментов мерчандайзинга способствует росту прибыли и повышению лояльности покупателей.

Ключевые слова: мерчандайзинг, выкладка товаров, планировка торгового зала, розничная торговля, покупательское поведение, «Лента», визуальный мерчандайзинг, торговое пространство, ритейл

M.R. Baykeeva, D.A. Maslatsova, M.A. Chashchina

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

FEATURES OF USING MERCHANDISING IN RETAIL TRADE (ON THE EXAMPLE OF ООО “LENTA”)

The article discusses the specifics of the use of merchandising in retail trade using the example of the Lenta hypermarket in St. Petersburg. The author analyzes the layout of the trading floor, the methods of displaying goods, the design of the retail space and the influence of these factors on consumer behavior. Special attention is paid to identifying shortcomings in the organization of the retail space and developing proposals to eliminate them in order to increase sales efficiency. Specific recommendations are provided for optimizing product layout, improving navigation, and eliminating visual noise. The work confirms that the proper use of merchandising tools contributes to profit growth and increased customer loyalty.

Keywords: merchandising, product display, floor plan, retail, consumer behavior, Lenta, visual merchandising, retail space, retail

Мерчандайзинг является ключевым инструментом привлечения внимания потребителей и повышения ценности бренда. Он способствует росту продаж и улучшению экономических показателей компании. Особое значение имеет способность мерчандайзинга выделять продукцию среди конкурентов за счет продуманной упаковки, внешнего вида и оптимального расположения товара, что создает комфортную среду для покупателей [1].

Существует много официальных определений понятия «мерчандайзинг».

Мерчандайзинг – система организации продаж товара и управления ими.

Мерчандайзинг – это маркетинг в точке розничных продаж, или «маркетинг в стенах магазина».

Мерчандайзинг – искусство (технология) выкладки товара [2].

К основным задачам мерчандайзинга относят следующие:

- информирование потребителя о месте нахождения выкладки товара;
- привлечение максимального внимания к определенному месту выкладки товара;
- воздействие на покупателя с целью убеждения его сделать покупку немедленно;
- управление сбытом: продажу дополнительных инвестиций;
- предоставление максимально полной информации о товаре и его цене;
- управление поведением потребителей: увеличение средней суммы покупки [3].

Выкладка товара в магазине включает множество аспектов, среди которых популярность товара, расположение полок в зале продаж и многое другое. Выкладка зависит также и от типа товара.

Основные типы товара:

- товары народного потребления, за которыми покупатель приходит в магазин чаще всего, такие товары быстро продаются;
- стандартные товары приобретаются покупателем реже, но являются необходимыми;
- товары, рассчитанные на импульсную покупку;
- товары специального назначения (для специализированных магазинов).

Желательным является расположение продукции в выигрышных местах торгового зала, использование дополнительных точек продаж, находящихся отдельно от общей выкладки продукции, что дает возможность покупателю еще раз обратить внимание на тот или иной продукт.

Основным торговым помещением является торговый зал, который, как правило, занимает большую долю в общей площади магазина. Он служит для размещения рабочего и выставочного запаса товаров, здесь производится отбор товаров покупателями, осуществляются расчетные операции за отобранные товары и т.д.

Планировка торгового зала - это организация и расположение различных зон и элементов внутри помещения для удобной и эффективной работы торговой точки.

Планировка торгового зала учитывает следующие аспекты:

- удобство для покупателей;
- разделение по категориям товаров;
- размещение торговых стеллажей, обеспечивающее видимость товаров;
- зонирование и оформление;
- размещение касс и промо-стоек в удобных и доступных местах [4].

Различаются следующие виды планировки торгового зала:

- линейная планировка (решетка);
- «трек» - петля (боксовая планировка);
- выставочная планировка;
- смешанная планировка.

Согласно существующим нормативам (СниП II-77-80 «Магазины. Нормы проектирования») проходы в магазинах самообслуживания должны иметь следующие размеры:

- между параллельно расположенными островными горками или контейнерами: 1,2–1,4 м.;
- между островными горками и пристенным охлаждаемым оборудованием: 1,5–2,0 м.

Принципы размещения товаров в торговом зале:

- максимальное удобство для просмотра и выбора покупки в минимально короткое время;
- предоставление покупателям необходимой информации и широкого круга услуг;
- обеспечение постоянного наличия всех товаров, предусмотренных ассортиментным перечнем;
- эффективное использование торговых площадей и рациональная организация торгово-технологического процесса;
- обеспечение сохранности материальных ценностей;
- рационализация движения товарных и покупательских потоков.

Товары можно перемещать по вертикальным или горизонтальным зонам для того, чтобы заставить потребителя при поиске нужного товара невольно расширить зону обзора товара [5].

В зависимости от характера размещения товаров различают следующие методы выкладки:

- вертикальная выкладка;
- горизонтальная выкладка;
- смешанная выкладка;
- дисплейная выкладка;
- блочная выкладка [1].

«Лента» — российский ритейлер, это крупнейшая сеть супермаркетов в России. По занятой под помещения площади Лента тоже один из крупнейших гипермаркетов в стране. По состоянию на 31 декабря 2024 года под управлением «Ленты» находится 264 гипермаркета, 320 супермаркетов, 2 894 магазина у дома и 1 663 магазина в формате «Дрогери» общей торговой площадью свыше 2,6 млн кв. м в более чем 650 населённых пунктах России.

Средняя торговая площадь одного гипермаркета «Ленты» составляет около 5 180 кв. м, средняя площадь супермаркета — 730 кв. м, средняя торговая площадь магазина у дома — 270 кв. м. Компания располагает 22 распределительными центрами по всей России [6].

Для проведения анализа выкладки товара была выбрана Гипер Лента, находящаяся по адресу: г. Санкт-Петербург, Бухарестская ул., 69. Режим работы магазина круглосуточно. Торговая площадь магазина 7 265 м², по официальным данным ассортимент магазина составляет 35 606 наименований, количество кассовых аппаратов 47.

Планировка торгового зала анализируемого магазина «Лента» относится к линейной, в торговых залах можно выделить продольное расположение торгового оборудования и поперечное расположение торгового оборудования. Используется горизонтальная и вертикальная выкладка товаров.

Дизайн магазина «Лента» разработан с учетом психологии потребителя. Стены торгового зала окрашены в теплые, приглушенные тона (желтоватый, бежевый и синий), что создает комфортную атмосферу и увеличивает время пребывания покупателей в магазине. Освещение тщательно продумано: все проходы, прилавки и отделы равномерно освещены, при этом периферийные отделы имеют дополнительное освещение для привлечения внимания. Неинтенсивное музыкальное сопровождение торговой площади направлено на стимулирование покупок.

После входа в магазин покупатель видит бесчисленное количество полок, при этом все продумано таким образом, чтобы навигация была комфортной и понятной для каждого. В каждом отделе расположены соответствующие указатели и баннеры согласно категориям товаров. Все сделано так, чтобы покупатели как можно дольше задерживались в магазине, поэтому на самом видном месте находится акционный, более выгодный товар, что видно на рисунке 1



1. Акционный товар в первом торговом зале магазина «Лента»

Все товары участвующие в акции отмечены красным ценником, над такими товарами расположены баннеры с надписью «Акция». На рисунке видно, что между торговым оборудованием достаточно широкие проходы, что позволяет комфортно перемещаться по магазину даже с тележкой для товаров.

В магазине применяется принцип «золотой полки», когда самые продаваемые товары располагаются на уровне глаз покупателей. Это стимулирует покупателя к совершению покупки.

Все товары в магазине имеют свои ценники и выделители, которые применяются во время проведения различных акций, торговое пространство в ООО «Лента» организовано специальным образом в виде смешанного расположения отделов и прилавков. Планировка удобна для покупателей, имеется внутренняя навигация.

Преимущества выкладки товаров в магазине:

- повышенная видимость: привлекательная презентация увеличивает заметность товаров и стимулирует продажи;
- усиление бренда: соответствие фирменному стилю развивает лояльность покупателей;
- улучшенная навигация: удобная организация помогает в поиске товаров;
- эмоциональное воздействие: продуманная выкладка создает нужную атмосферу в разных отделах.

Недостатки выкладки:

- коробки на полу блокируют проходы, снижая продажи в этих зонах;
- поддоны над стеллажами ухудшают внешний вид магазина;
- теснота в рыбном отделе создает очереди, отпугивающие покупателей.

Для оптимизации процесса мерчандайзинга и устранения его недостатков в магазине «Лента» можно предложить следующее.

Во-первых, следует избавиться от хранения коробок с продукцией в деревянных палетах между торговым оборудованием, недостаток приведен на рисунке 2.



2. Хранение продукции в деревянных палетах на полу в магазине «Лента»

Такой вариант хранения имеет множество недостатков, палеты с коробками товаров мешают проходу посетителей и закрывают обзор на торговое оборудование, а в часы высокой посещаемости магазина создает нежелательные очереди и скопления посетителей.

Требуется нанять дополнительных мерчендайзеров, которые будут тщательно следить за тем, чтобы вся продукция современно была выложена на прилавки и не оставалась посередине торгового зала.

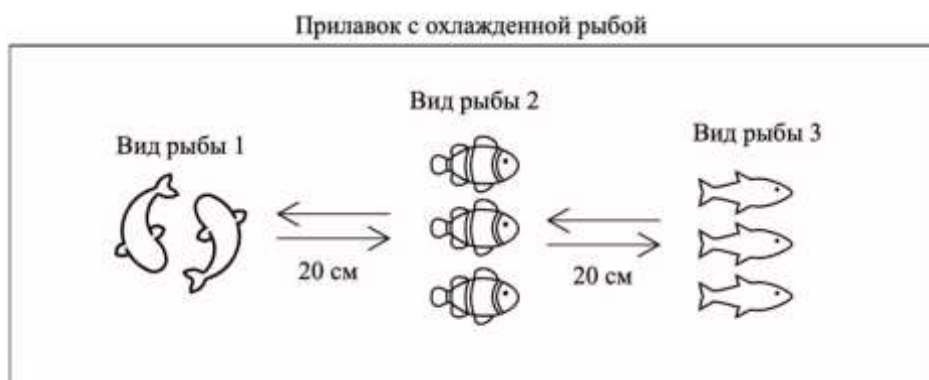
Во-вторых, нужно изменить выкладку товаров в рыбном отделе. Изменение выкладки позволит покупателям лучше разглядеть товар и поспособствует уменьшению очередей вдоль прилавков с охлажденной рыбой. Выкладка охлажденной рыбы, которая используется в магазине «Лента» представлена на рисунке 3.



3. Выкладка охлажденной рыбы в магазине «Лента»

Для устранения вышеупомянутого недостатка требуется увеличить расстояние между видами охлажденной рыбы, представленной на прилавке. Согласно нормам, расстояние между товарными единицами охлажденной рыбы должно составлять 20 см. На рисунке видно, что рыбы выложена практически вплотную, что как раз и создает очереди вдоль прилавка и большое скопление посетителей магазина в часы повышенной загруженности.

Рекомендуемая выкладка охлажденной рыбы, которая будет, оптимальной для магазина «Лента» представлена на рисунке 4.



4. Рекомендуемая выкладка охлажденной рыбы для магазина «Лента»

Данный вариант выкладки соответствует нормам и позволит сократить количество очередей вдоль прилавка. При использовании такого варианта выкладки лучше сократить объем выложенной рыбы одного вида, чтобы ширина ассортимента осталась прежней.

Последняя рекомендация состоит в том, чтобы устранить проблему визуального шума и ухудшения презентабельного вида магазина путем изменения хранения крупногабаритных деревянных паллетов с продукцией на стеллажах с товарами, на рисунке 5 продемонстрирован этот недостаток.



5. Хранение крупногабаритных паллетов в магазине «Лента»

Изменить способ крупногабаритных паллетов хранения возможно с помощью аренды склада или же можно использовать уже имеющихся в распоряжении магазина складские помещения, такой вариант будет более экономичным и выгодным для компании, так как не потребует денежных вложений.

Предполагается, что указанные направления оптимизации процесса мерчандайзинга позволят увеличить продажи в ООО «Лента», снизить издержки и увеличить прибыль от реализации товара.

Список литературы

1. Таборова, А. Г. Умный мерчандайзинг: практическое пособие. М.: Дашков и К; Ай Пи Эр Медиа, 2019. 161 с.
2. Крок, Г. Г. Большая книга директора магазина. Технологии 4.0. СПб.: Питер, 2019. 528 с.
3. Сысоева, С. В. Мерчандайзинг. Эффективное управление в розничной торговле. СПб.: Питер, 2022. 224 с.
4. Горшнева, О. В. Текст научной статьи по специальности «Экономика и бизнес». Ростов-на-Дону: Южный федеральный университет, 2019. 3 с.
5. Дьякова, Т. М. Размещение и выкладка товаров в торговом зале магазина: учебное пособие. Саратов: Вузовское образование, 2020. 48 с.
6. Официальный сайт компании «Лента». — URL: <https://lenta.com/> (дата обращения: 04.04.2025).

References

1. Taborova, A. G. *Umnyy merchandajzing: prakticheskoe posobie*. M.: Dashkov i K; Aj Pi Jer Media, 2019. 161 pp. (in Rus.).
2. Krok, G. G. *Bol'shaja kniga direktora magazina. Tehnologii 4.0*. SPb.: Piter, 2019. 528 pp. (in Rus.).
3. Sysoeva, S. V. *Merchandajzing. Jeffektivnoe upravlenie v roznichnoj trgovle*. SPb.: Piter, 2022. 224 pp. (in Rus.).
4. Gorshneva, O. V. *Tekst nauchnoj stat'i po special'nosti «Jekonomika i biznes»*. Rostov-na-Donu: Juzhnyj federal'nyj universitet, 2019. 3 pp. (in Rus.).

5.D'jakova, T. M. *Razmeshhenie i vykladka tovarov v trgovom zale magazina: uchebnoe posobie*. Saratov: Vuzovskoe obrazovanie, 2020. 48 pp. (in Rus.).

6.Official'nyj sajt kompanii «Lenta». — URL: <https://lenta.com/> (data obrashhenija: 04.04.2025).

Научный руководитель: Зав. кафедрой экономики и финансов, доктор технических наук, профессор Никитина Л.Н.

Scientific supervisor: Head of the Department of Economics and Finance, Doctor of Technical Sciences, Professor Nikitina L.N.

УДК 519.86

Е. М. Бортник, А. Ю. Трясцын

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПИСАНИЯ ДИНАМИКИ ИЗМЕНЕНИЯ ПОТРЕБИТЕЛЬСКОГО ВНИМАНИЯ К ПРОДУКТУ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ РЫНОЧНЫХ УСЛОВИЙ

© Е. М. Бортник, А. Ю. Трясцын

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

В настоящей статье рассматривается математическая модель, основанная на аппарате дифференциальных уравнений, для описания динамики потребительского внимания к продукту под воздействием рыночных условий. Модель позволяет формализовать и исследовать влияние ключевых факторов, таких как рыночные тенденции, временной фактор, конкурентная среда и эффект устаревания.

Ключевые слова: математическая модель, дифференциальные уравнения, потребительское внимание, динамика популярности, рыночные условия, прогнозирование спроса, коэффициент адаптации, устаревание информации, конкурентная среда.

E. M. Bortnik, A. Yu. Triastsyn

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, Saint Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

MATHEMATICAL MODEL FOR DESCRIPTION OF THE DYNAMICS OF CHANGES IN CONSUMER ATTENTION TO A PRODUCT UNDER THE INFLUENCE OF MARKET CONDITIONS

This article considers a mathematical model based on the apparatus of differential equations for describing the dynamics of consumer attention to a product under the influence of market conditions. The model allows formalizing and studying the influence of key factors, such as market trends, time factor, competitive environment and the effect of obsolescence.

Keywords: mathematical model, differential equations, consumer attention, popularity dynamics, market conditions, demand forecasting, adaptation coefficient, information obsolescence, competitive environment.

В условиях современной экономической парадигмы, характеризующейся высокой конкуренцией и выраженной изменчивостью потребительских предпочтений, возрастает значимость точного предиктивного анализа динамики популярности продуктов, будь то потребительские товары, цифровые услуги, вирусный контент или устоявшиеся бренды. Понимание механизмов формирования и эволюции потребительского внимания к продукту является критически важным для оптимизации управления жизненным циклом продукта, разработки эффективных маркетинговых стратегий и прогнозирования спроса с высокой точностью. Особенно актуальным становится прогнозирование для рынков с высокой скоростью изменений, таких как индустрия мобильных приложений, где новые продукты и обновления появляются ежедневно, сектор моды, подверженный влиянию мимолетных трендов и мнений лидеров, а также область цифровых технологий, где инновации быстро устаревают. Отсутствие надежных методов прогнозирования динамики потребительского внимания приводит к серьезным проблемам для бизнеса, так, перепроизводство невостребованных товаров влечет за собой финансовые потери и избыточные запасы, в то время как дефицит популярных продуктов приводит к упущенной прибыли и негативному опыту клиентов. Неэффективные маркетинговые кампании, основанные на устаревших данных, не достигают своей цели, растрачивая ресурсы и снижая узнаваемость бренда. В конечном итоге, неспособность адекватно прогнозировать потребительский спрос приводит к потере доли рынка и снижению конкурентоспособности компании. В этой связи, разработка и применение математических моделей для описания динамики популярности продукта приобретает особую актуальность.

В настоящее время существует разнообразие методологических подходов к моделированию потребительского внимания, каждый из которых обладает своими специфическими преимуществами и ограничениями. Статистические

модели, в частности, опираются на анализ ретроспективных данных, включая объемы продаж, частоту поисковых запросов, активность в социальных сетях, а также другие релевантные метрики, характеризующие интерес к продукту или услуге [2]. К этой категории относятся модели временных рядов, такие как ARIMA и экспоненциальное сглаживание, а также регрессионные модели и нейронные сети. Основными достоинствами статистических моделей являются относительная простота их реализации и возможность эффективной обработки больших объемов данных. [2] Однако следует учитывать, что статистические модели зачастую не позволяют установить причинно-следственные связи между наблюдаемыми переменными и могут демонстрировать недостаточную прогностическую точность в условиях, существенно отличающихся от исторического контекста.

Экономические модели, напротив, основываются на принципах экономической теории, включая теорию спроса и предложения, теорию полезности и теорию игр [1]. Эти модели позволяют учитывать рациональное поведение потребителей и влияние различных экономических факторов, таких как ценообразование, уровень дохода и доступность альтернативных предложений. Примерами экономических моделей являются модели диффузии инноваций, в частности, модель Басса [3], модели выбора дискретных альтернатив, а также модели общего равновесия. Основным ограничением экономических моделей является их сложность и требование значительного объема информации о предпочтениях потребителей и параметрах рынка, что может затруднять их практическое применение.

Агент-ориентированные модели (АОМ) представляют собой компьютерные симуляции, в которых поведение отдельных потребителей моделируется на основе заданных правил и параметров. АОМ позволяют учитывать гетерогенность потребителей, сетевые эффекты и другие сложные взаимодействия, что делает их особенно полезными для моделирования распространения информации и влияния социальных сетей на потребительское внимание. Однако, агент-ориентированные модели требуют значительных вычислительных ресурсов и сопряжены со сложностями в процессе валидации, что ограничивает их широкое применение.

Психологические модели, в свою очередь, базируются на принципах психологии и когнитивной науки, учитывая влияние эмоций, предубеждений, когнитивных искажений и других психологических факторов на процесс принятия решений потребителями. К данной категории относятся модели внимания, модели памяти и модели принятия решений под воздействием рекламы. Психологические модели позволяют получить более глубокое понимание механизмов формирования потребительского внимания, однако их интеграция в количественные модели прогнозирования представляется сложной задачей.

В контексте вышезложенного, важно отметить, что каждый из рассмотренных подходов имеет свои ограничения. Статистические модели зачастую не позволяют выявить причины наблюдаемых изменений, экономические модели могут быть излишне упрощенными, агент-ориентированные модели требуют значительных вычислительных мощностей, а психологические модели сложны для количественной оценки. Таким образом, разработка гибридных моделей, объединяющих элементы различных подходов, представляется перспективным направлением научных исследований, направленных на создание более комплексных и точных моделей потребительского внимания [1, 3].

В настоящей работе предлагается модель, основанная на аппарате дифференциальных уравнений, позволяющая формализовать и исследовать влияние рыночных условий, временного фактора и внешних условий на динамику потребительского внимания.

Рассматриваемая модель, может быть представлена в виде дифференциального уравнения первого порядка (1).

$$\frac{dP}{dt} = \alpha \left(\frac{M}{N} - P \right) - \beta P^2 \quad (1)$$

где $\frac{dP}{dt}$ – мгновенная скорость изменения потребительского внимания в момент времени t , α – коэффициент адаптации, M – функция, определяющая желаемый или потенциальный уровень популярности —продукта, N – уровень популярности продукта в момент времени t .

Использование дифференциального исчисления обусловлено необходимостью моделирования непрерывных динамических процессов, позволяя адекватно отражать плавные колебания популярности и анализировать ее мгновенные темпы роста или убывания.

Ключевым элементом модели является функция $M(t)$, определяющая желаемый или потенциальный уровень популярности продукта, обусловленный доминирующими рыночными условиями в момент времени t . Функция $M(t)$ задает своего рода «целевой ориентир», к которому стремится текущий уровень популярности $P(t)$, и ее аналитический вид является параметрическим, зависящим от специфики рыночных тенденций и комплекса внешних факторов, оказывающих влияние на продукт.

Функция $M(t)$ может принимать различные аналитические формы в зависимости от рыночного контекста, включая константную функцию для стабильных рынков, линейную функцию для рынков с устойчивым ростом или спадом, экспоненциальную функцию для ситуаций вирусного распространения или быстрого устаревания, синусоидальную функцию для циклических рынков и ступенчатую функцию для описания резких рыночных изменений. Среди основных параметров, влияющих на формирование функции $M(t)$ влияют конкурентные действия, социокультурные, технологические и экономические тренды, динамика общественного мнения, сезонность, макроэкономические и политические события, а также регуляторные изменения.

Например, для моделирования влияния сезонности, функция $M(t)$ может быть представлена в виде синусоиды (2).

где A – базовый уровень популярности, B – амплитуда сезонных колебаний, ω – частота колебаний (определяемая периодом сезонности), φ – фазовый сдвиг. (2)

Для учета влияния маркетинговых кампаний, можно использовать ступенчатую функцию (3).

где M_0 – базовый уровень популярности, ΔM – изменение популярности в результате кампании, $H(t - t_0)$ – функция Хевисайда (ступенька), t_0 – момент начала кампании. (3)

Коэффициент адаптации α – положительная константа, характеризующая скорость, с которой текущий уровень популярности продукта $P(t)$ адаптируется к рыночным условиям, заданным функцией $M(t)$. Коэффициент α определяет интенсивность реакции популярности продукта на расхождение между желаемым и текущим уровнями, высокие значения параметра соответствуют продуктам с выраженной восприимчивостью к рыночным колебаниям и оперативной адаптацией, а низкие – инерционным продуктам, демонстрирующим замедленную реакцию на изменения рыночной конъюнктуры.

Коэффициент адаптации α играет определяющую роль в динамическом поведении модели, например, продукты с высоким α (сфера моды или мобильных приложений) демонстрируют быструю адаптацию к трендам, тогда как продукты с низким α (товары первой необходимости или базовая инфраструктура) реагируют на рыночные изменения более инертно, определяясь фундаментальными факторами.

Несмотря на общий характер предложенной динамической модели, ее адаптация к конкретным рыночным ситуациям предполагает учет ряда дополнительных факторов, существенно влияющих на точность анализа. В частности, необходимо принимать во внимание эффект устаревания информации, обуславливающий потенциальное снижение популярности продукта даже при благоприятных рыночных условиях. Данное явление может быть связано с физическим или моральным устареванием продукта, появлением новых конкурентных предложений или изменением потребительских предпочтений. Для формализации данного фактора в уравнение (1) может быть введен член, пропорциональный текущему уровню популярности, но имеющий отрицательный знак, отражая тем самым убывающую динамику интереса потребителей (4).

где β представляет собой коэффициент устаревания, характеризующий скорость снижения популярности продукта под влиянием данного фактора. (4)

Кроме того, на популярность продукта оказывает непосредственное влияние конкурентная среда, а именно, действия конкурирующих компаний. Для учета этого аспекта функция $M(t)$, отражающая желаемый уровень популярности, может быть модифицирована путем включения в нее показателей, характеризующих конкурентную среду, таких как количество конкурентов, их рыночная доля и активность в сфере маркетинга. Введение функции $C(t)$, отражающей влияние конкурентов, позволяет количественно оценить их воздействие на популярность рассматриваемого продукта (5).

Где γ представляет собой коэффициент, отражающий степень влияния конкуренции, а $C(t)$ может быть представлена функцией, зависящей от различных показателей активности конкурентов. (5)

Не менее важным является учет адаптации потребителей, когда со временем потребители могут привыкать к продукту, что приводит к снижению их интереса. Для моделирования данного явления в уравнение необходимо ввести член, отражающий эффект насыщения рынка, когда прирост популярности замедляется по мере приближения к некоторому предельному значению.

Включение указанных факторов в анализ позволяет моделировать ситуации стабилизации или снижения популярности даже при благоприятном рыночном состоянии. Дальнейшее развитие модели может быть направлено на учет эффекта насыщения рынка, сетевых эффектов, прямого маркетингового воздействия, стадий жизненного цикла продукта и внешних шоков, что позволит расширить ее прогностические возможности.

Предложенная модель динамики популярности продукта находит применение в маркетинге, управлении продуктом, финансовом планировании, инвестиционном анализе, а также в социологических исследованиях, представляя аналитический инструмент для принятия обоснованных решений в условиях динамично развивающихся рынков.

В частности, модель может быть использована для:

- 1) Прогнозирования спроса динамики популярности продукта;
- 2) Оценки эффективности маркетинговых кампаний;
- 3) Определения оптимального времени выхода на рынок;
- 4) Управления жизненным циклом продукта.

Математические модели являются удобным и гибким инструментом, позволяющим исследовать различные области экономического рынка [4]. Настоящая модель позволяет формализовать и изучать основные факторы

потребительского внимания, как рыночные тенденции, временной фактор, эффект устаревания, что делает её применимой для большого спектра задач в маркетинге. Дальнейшее развитие модели может быть направлено на учет дополнительных факторов, таких как эффект насыщения рынка и сетевые эффекты, для расширения ее прогностических возможностей.

Список литературы

1. Горский А.А., Локшин Б.Я. Математическая модель производства и продажи для управления и планирования производства // Фундаментальная и прикладная математика. 2002. №1.
2. Дуброва Т.А., Архипова М.Ю. Статистические методы прогнозирования в экономике: учеб. пособие, практикум, тесты, программа курса. – М.: МЭСИ, 2004. – 136 с.
3. Мотченко Л.А., Клочко Н.В. Математическая модель динамики распространения инновационных продуктов и услуг // Экономический вестник Донбасского государственного технического университета. 2019. №1.
4. Математические модели в экономике // linis.hse.ru URL: https://linis.hse.ru/data/2017/03/07/1169600452/math_model_1.pdf (дата обращения: 25.03.2025).

Refences

- 1.Gorskij A.A., Lokshin B.Ya. Matematicheskaya model' proizvodstva i prodazhi dlya upravleniya i planirovaniya proizvodstva [Mathematical model of production and sales for production management and planning] // Fundamental'naya i prikladnaya matematika [Fundamental and Applied Mathematics]. 2002. №1. (in Rus.)
- 2.Dubrova T.A., Arhipova M.Yu. Statisticheskie metody prognozirovaniya v ekonomike: ucheb. posobie, praktikum, testy, programma kursa. [Statistical methods of forecasting in economics: study guide, practical course, tests, course program] – М.: MESI, 2004. – 136 s. (in Rus.)
- 3.Motchenko L.A., Klochko N.V. Matematicheskaya model' dinamiki rasprostraneniya innovacionnyh produktov i uslug [Mathematical model of the dynamics of the spread of innovative products and services] // Ekonomicheskij vestnik Donbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta [Economic Bulletin of the Donbass State Technical University]. 2019. №1. (in Rus.)
- 4.Matematicheskie modeli v ekonomike [Mathematical models in economics] // linis.hse.ru URL: https://linis.hse.ru/data/2017/03/07/1169600452/math_model_1.pdf (data obrashcheniya: 25.03.2025).

Е.А. Бузихина, Т.И. Маркова, Н.Ю. Бусыгин

ПЕРЕРАБОТКА АВТОМОБИЛЬНЫХ ШИН КАК СПОСОБ СНИЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

© Е.А. Бузихина, Т.И. Маркова, Н.Ю. Бусыгин, 2025

¹ Санкт-Петербургский государственный технологический институт (технический университет)
190013, Санкт-Петербург, Московский проспект, 26

² Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
19186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

В статье рассмотрена тема переработки изношенных автомобильных шин, реализация которой является одним из актуальных мероприятий, способствующих снижению нагрузки на окружающую среду. В работе систематизированы сведения о способах переработки завершивших свой жизненный цикл автомобильных шин, отмечены достоинства и недостатки этих способов, изложены сферы применения продуктов переработки шин, представлены результаты исследования рынка переработки автомобильных шин Санкт-Петербурга и Ленинградской области.

Ключевые слова: переработка шин, механическая переработка, метод пиролиза, бародеструкционный метод, криогенный метод, озонный метод.

Е.А. Buzikhina, T.I Markova, N.Yu. Bugyin

Saint-Petersburg State Institute of Technology
190013, St. Petersburg, Moskovsky Prospect, 26
Saint-Petersburg State University of Technology and Design
19186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

RECYCLING CAR TIRES AS A WAY TO REDUCE THE ENVIRONMENTAL LOAD

This article examines the topic of recycling used car tires, the implementation of which is one of the current measures that help reduce the burden on the environment. The paper systematizes information on the methods of recycling automobile tires that have completed their life cycle, notes the advantages and disadvantages of these methods, outlines the areas of application of tire recycling products, and presents the results of a study of the automobile tire recycling market in St. Petersburg and the Leningrad Region.

Keywords: tire recycling, mechanical recycling, pyrolysis method, barodestructive method, cryogenic method, ozone method.

Развитие промышленности и рост благосостояния населения привели к широкому спросу на продукцию машиностроительной отрасли – автомобили. Автомобильные шины в процессе своей эксплуатации подвергаются износу, и перед автовладельцами встаёт вопрос о том, что делать с непригодными к дальнейшему использованию автомобильными шинами. Очень часто автовладельцы решают данный вопрос путём простого выбрасывания шин, что приводит к огромному накоплению и стихийному образованию свалок изношенных автомобильных шин, которые занимают всё новые земельные участки и являются источником загрязнения окружающей среды.

В связи с тем, что Министерство природы Российской Федерации признало отходы шин, покрышек и камер группой однородных отходов, невзирая на то, что это разные конструктивные элементы автомобильного транспорта, в настоящей статье термины «шины» и «покрышки» применяются как взаимозаменяемые.

Согласно нормам законодательства, изношенные автомобильные шины, покрышки и камеры являются отходами четвёртого класса опасности. Этот класс отходов характеризуется невысокой степенью вредного воздействия на окружающую среду и способствует возникновению нарушений в экологической системе, но при этом имеется способность к её восстановлению в среднем в течение трёх лет после устранения негативного воздействия.

В соответствии с Перечнем видов отходов производства и потребления, утвержденным Распоряжением Правительства Российской Федерации от 25 июля 2017 года № 1589-р, отработанные автомобильные шины, камеры и покрышки не подлежат захоронению. Изношенные автомобильные шины содержат ценное сырьё: каучук, металлический и текстильный корд. Эти компоненты в процессе эксплуатации шин практически не утрачивают своих первоначальных свойств, поэтому изношенные автомобильные шины рассматриваются как сырьевой ресурс, в процессе переработки которого можно извлекать ценные компоненты и получать новые продукты, используемые в разных сферах.

Одним из продуктов, получаемых в ходе переработки шин, является измельчённая резина разных размеров, так называемая резиновая крошка разных фракций. Автором [1], проведены исследования по применению резиновой крошки при укладке асфальтовых дорожных покрытий, согласно которым определено, что резиновая крошка подлежит эффективному применению как связующий элемент в составе битумной смеси при укладке асфальтодорожного покрытия «горячим» способом. В отраслевой программе «Применение вторичных ресурсов, вторичного сырья из

отходов в сфере строительства и жилищно-коммунального хозяйства на 2022–2030 годы» отмечена целесообразность применения в дорожном строительстве в качестве модификаторов асфальтобетона и битумного вяжущего резиновой крошки, полученной из отработанных автомобильных шин. Учитывая, что ежегодно по всей стране происходит замена или реконструкция дорожных покрытий, использование резиновой крошки в качестве одного из компонентов асфальтобетонной смеси является эффективным решением по применению резиновой крошки, полученной из изношенных автомобильных шин.

Для проведения гидроизоляционных работ подземных частей зданий и сооружений, а также для обработки деформационных швов применяют мастику. Группой авторов [2] доказано, что в результате процесса крекинга резиновой крошки мелких фракций органическими растворителями, протекающего в проточном реакторе, получают наноструктурный модификатор, совместимый с битумом и улучшающий свойства последнего. Добавляя полученный наноструктурный битумный продукт в эмульсионную пасту на основе одного из минеральных порошкообразных наполнителей, состоящего из известкового или известково-глинистого состава, достигается получение мастики с высокими эксплуатационными характеристиками, которая легко наносится на изолируемую поверхность и отличается высокой устойчивостью к деформациям [2].

Резиновые гранулы дисперсностью от 2 до 4 мм применяют в технологическом процессе для изготовления бесшовных резиновых покрытий детских и спортивных площадок, напольных покрытий спортивных и производственных объектов, которые обладают антискользящей поверхностью. Крошку размером от 4 до 5 мм применяют в качестве наполнителя для спортивного инвентаря: мячей, боксёрских груш, снарядов для метания.

В результате переработки автомобильных шин, кроме резиновой крошки извлекают текстильный корд, который применяется для изготовления теплоизоляционных плит, при тампонировании буровых скважин, как армирующий наполнитель в процессе производства композиционных эластомеров.

Металлический корд может рассматриваться как армирующий наполнитель при производстве дорожных и строительных конструкций, как сырьё для получения стали.

В настоящее время существуют технологии, которые позволяют из изношенных и утративших свои потребительские свойства автомобильных шин извлекать ценные компоненты и вовлекать их в производство новых продуктов. Рассмотрим существующие технологии.

Переработка изношенных автомобильных шин методом пиролиза представляет собой технологию, проводимую без доступа кислорода при температурном режиме от 350 °C до 600 °C в закрытой реторте, в результате чего происходят глубокие необратимые деструктивные изменения исходного материала и крупные молекулы полимера разрушаются, образуя продукты разложения – мелкомолекулярные соединения, представляющие собой пиролизный газ, жидкие продукты, твёрдый углеродный остаток, а так же остаётся металлический корд [3].

Согласно исследованиям, представленным авторами [3]–[4], существует зависимость соотношения полученных фаз – жидкой, твёрдой и газообразной – от температуры проведения процесса пиролиза шин. В таблице 1, руководствуясь сведениями, изложенными в источнике [3], продемонстрируем эту зависимость.

Таблица 1. Зависимость соотношения фаз от температуры пиролиза

Продукты пиролиза	Массовая доля, %		
	при 375 °C	при 450 °C	при 525 °C
Пиролизный газ	5,0	6,0	8,0
Жидкие продукты	30,2	50,1	60,1
Твёрдый остаток	64,8	43,9	31,9

Исходя из сведений, представленных в таблице 1, очевидно, что с увеличением температуры проведения пиролиза увеличивается массовая доля выхода пиролизного газа и жидких продуктов, при этом резко снижается выход твёрдого остатка – технического углерода.

Располагая сведениями о зависимости количества получаемых продуктов от температурного режима пиролиза, можно регулировать выход количества необходимого получаемого целевого продукта.

Образовавшийся пиролизный газ, обладает высокой теплотворной способностью, что позволяет использовать его в качестве топлива для поддержания цикличности самого процесса пиролиза и исключает необходимость применения дополнительного топлива. Пиролизное масло используют в качестве промышленного топлива, являющегося аналогом топочного мазута, а также применяют для изготовления дизельного топлива [5]. Полученный методом пиролиза технический углерод направляется в технологический процесс по изготовлению новых автомобильных шин и других резинотехнических изделий, его применяют в качестве сорбента, используют в качестве красителя в цементном и лакокрасочном производстве [6].

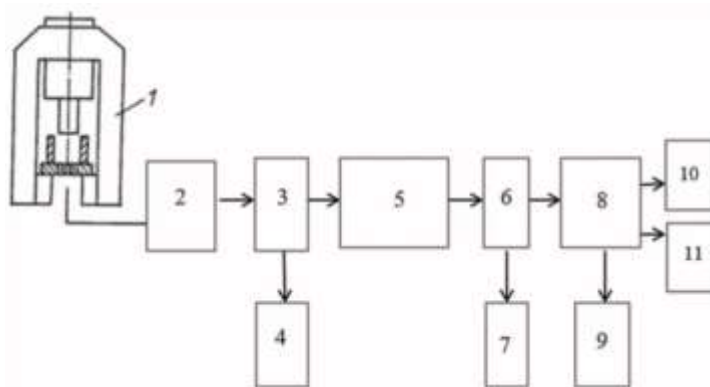
Преимуществами пиролизной переработки автомобильных шин являются: отсутствие вредных выбросов в атмосферу и сброса загрязняющих веществ в составе сточных вод в водные объекты, энергетическая автономность процесса, а также возможность получать вторичные ресурсы и применять их, при этом полученные вторичные продукты обладают низкой себестоимостью. Недостатками применения пиролиза, как метода утилизации автомобильных шин, является взрывоопасность процесса, в случае несоблюдения правил эксплуатации пиролизной установки, что ставит

под угрозу жизнь и здоровье человека, может нанести ущерб инфраструктуре, оказать негативное воздействие на окружающую среду; кроме того, данный технологический процесс является длительным по времени.

В основе механической переработки отработанных автомобильных шин находится поэтапное механическое измельчение шин, в результате чего, с помощью специального оборудования происходит отделение от измельчённой резины металлического корда и текстильного волокна. Продуктами переработки шин механическим способом являются: измельчённая резиновая крошка разных фракций, лом металла и текстиль. Для защиты окружающей среды от мелкодисперсной пыли необходимо предусматривать установку аспирационной системы. Достоинствами механического метода переработки изношенных автомобильных шин являются: возможность получения высокоочищенной резиновой крошки разных фракций, которая в период переработки не утрачивает своих первоначальных свойств, а также быстрота процесса и высокая производительность. Недостатками этого метода являются: дорогостоящее оборудование, высокое потребление электрической энергии, процесс сопровождается выделением мелкодисперсной пыли.

Рассмотрим технологический процесс переработки изношенных автомобильных шин бародеструкционным методом. Основным оборудованием, определяющим название метода переработки, является бародеструкционная установка. Конструктивными элементами этой установки являются: гидравлический пресс, контейнер из высокопрочного металлического материала, способный выдерживать нагрузки под высоким давлением, матрица, представляющая собой прочную решётку со сквозными отверстиями. Сам процесс основан на продавливании шин под высоким давлением гидравлического пресса сквозь отверстия матрицы. В результате чего, резиновая составляющая шин продавливается и словно жидкость просачивается сквозь перфорированные отверстия матрицы. Это явление в технологии переработки шин назвали «процессом псевдооживления резины».

На рисунке 1 представлена схема технологической линии переработки изношенных автомобильных шин бародеструкционным способом.



1 – бародеструкционная установка; 2 – шредер; 3 – магнитный сепаратор;
4 – контейнер для сбора металла; 5 – дробилка; 6 – магнитный сепаратор; 7 – контейнер для сбора металла; 8 – вибросито; 9 – текстильная масса; 10, 11 – сборники резиновой крошки разных фракций

1. Технологическая линия бародеструкционной переработки

Достоинствами бародеструкционного метода переработки изношенных автомобильных шин является меньшее количество оборудования в технологической линии по сравнению с классической механической переработкой. Недостатками бародеструкционного метода являются: высокая стоимость бародеструкционной установки, меньшая производительность линии по сравнению с механическим методом, высокое потребление электрической энергии, невозможность тщательной очистки резины от металлического корда, переработка сопровождается выделением большого количества мелкодисперсной пыли. Таким образом, количество недостатков метода преобладает над достоинствами и объясняет тот факт, что данный метод не является популярным на рынке переработки автомобильных шин и не нашёл широкого применения.

Одним из методов, предусматривающих переработку изношенных автомобильных шин, является криогенный метод. В основу данного метода заложены особенности изменения состояния резины при воздействии на неё низких температур. При воздействии на резину низкими температурами, которые обеспечивают температуру стеклования каучуков, уменьшается подвижность полимерных цепей, и резина из вязкоупругого состояния переходит в хрупкое твёрдое стекловидное состояние. При механическом воздействии на шины в таком состоянии шины рассыпаются на мелкие фрагменты.

В шинах, находящихся под воздействием низкой температуры, связи между резиной, металлическими компонентами и текстильными волокнами ослабевают, что способствует практически полному отделению металлического и текстильного корда от резины при механическом воздействии на шины. В качестве замораживающего низкотемпературного элемента в криогенном методе переработки применяют жидкий азот. Известно, что температура

стеклования каучуков, при которой они теряют свою упругость и эластичность и переходят в хрупкое стекловидное состояние, составляет в среднем $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ [7]. Воздействуя на шины, которые расположены в криогенной установке, жидким азотом, имеющим точку кипения $-195,8\text{ }^{\circ}\text{C}$, автомобильные шины подвергаются охлаждению до температуры ниже температуры стеклования, после чего они направляются к гидравлическому или пневматическому молоту. Температурный запас охлаждения шин необходимо предусматривать, так как при перемещении шин в хрупком состоянии от криогенной установки до оборудования механического воздействия гидравлическим или пневматическим молотом происходят потери температуры шин, а для достижения максимального эффекта дробления, шины должны находиться в температурном режиме, обеспечивающем их хрупкое стекловидное состояние. В результате механического воздействия молота на шины в хрупком состоянии, шины рассыпаются на мелкие фрагменты, а металлический и текстильный корды с лёгкостью отделяются от резины. Далее процесс протекает по классической механической технологии переработки шин и проходит следующие стадии: доизмельчение в дробилке, сепарацию от остатков металлического и текстильного кордов, разделение на фракции. В конечном итоге в результате переработки шин криогенным методом, получается мелкодисперсная резиновая крошка, металлический лом и текстильная масса.

Достоинствами криогенного метода переработки изношенных автомобильных шин являются: высокая степень отделения текстильного и металлического кордов от резиновой крошки, снижение затрат на электроэнергию за счёт уменьшения этапов механического дробления и сепарации. Недостатками криогенного метода являются: зависимость технологического процесса от поставщиков жидкого азота, сам процесс производства жидкого азота является энергозатратным, высокая стоимость жидкого азота обеспечивает высокую себестоимость полученной товарной крошки. Рассмотрев технологический процесс переработки изношенных автомобильных шин криогенным методом, можно отметить, что указанные выше недостатки метода являются сдерживающими факторами внедрения и широкого применения данного метода на практике.

Рассмотрим озонный метод переработки автомобильных шин. Данный метод основан на применении озона как вещества, под действием которого в шинах, находящихся в состоянии деформации или иначе состоянии напряжения, происходит разрыв полимерных связей и образование трещин. В данном случае озон выполняет функцию ножа, разрезающего шины. Исходя из этого сравнения, данный метод получил название «озонного ножа».

Озон представляет собой газ, являющийся сильным окислителем. При воздействии озона на изношенные автомобильные шины, подверженные состоянию напряжения, происходит реакция окисления, в результате которой связи молекул полимера разрушаются. В процессе этого воздействия в шинах образуются трещины, с проникновением озона в глубину этих трещин происходит дальнейшее их разрастание, приводящее к коррозионному растрескиванию шин. Для придания шинам состояния напряжения их подвергают одному из видов механического воздействия с помощью деформирующих приспособлений: растяжению, сжатию, сгибанию, скручиванию, допускается и сочетание этих способов воздействия. Указанные выше деформирующие устройства располагаются внутри камеры, соединённой с системой выработки озона, посредством которой озон поступает в камеру переработки и воздействует на шины, находящиеся в состоянии напряжения. В результате растрескивания всей шины под воздействием озона, шина в полном объёме рассыпается на мелкие резиновые фрагменты и опадает, при этом металлический и текстильный корды остаются в виде каркаса в неразрушенном состоянии. Полученная мелкодисперсная резиновая крошка проходит стадии воздушной и магнитной сепарации, а также разделения на фракции. Достоинствами озонного метода переработки изношенных автомобильных шин являются: низкое потребление электрической энергии, отсутствие необходимости применять дополнительно измельчающее оборудование, исключается необходимость многоступенчатой сепарации, имеется возможность выделять металлический и текстильный корды в неразрушенном состоянии, процесс не загрязняет окружающую среду. Недостатками озонного метода являются: взрывоопасность процесса, необходимость рекуперации озона, низкое качество резиновой крошки.

Рассмотрев методы переработки изношенных автомобильных шин можно отметить следующее:

- переработка шин способствует снижению нагрузки на окружающую среду,
- с увеличением количества перерабатываемых шин освобождаются земельные территории, ранее занимаемые бесхозными шинами,
- определяющим фактором при выборе технологии переработки изношенных автомобильных шин является доступность метода и себестоимость получаемой продукции,
- применение продуктов переработки изношенных автомобильных шин способствует сохранению такого невозобновляемого природного энергетического ресурса как нефть, что даёт возможность сохранить запасы природной нефти для будущих поколений.

При написании настоящей работы, выполненной в Санкт-Петербургском государственном университете технологии и дизайна, проведено исследование рынка переработки отработанных автомобильных шин в городе Санкт-Петербург и Ленинградской области, при этом определена насыщенность рынка услугами по переработке автомобильных покрышек, обозначены переработчики и их годовой объём переработки, выяснена стоимость товарного продукта – резиновой крошки. Результаты исследования представлены в таблице 2.

Таблица 2. Сведения о переработчиках автомобильных шин

Наименование компании, населённый пункт	Способ переработки шин	Стоимость резиновой крошки, руб./ кг	Производственная мощность годового объёма переработки шин, тонн
ООО «Лексор», Ленинградская область, Тосненский район, г.п. Фёдоровское	механический	36	12000
ООО «Премии Крамб», Ленинградская область, Кировский район, пгт Синявино	механический	40	12000
ООО «ВторРесурс», г. Санкт-Петербург, Петергоф	механический	17	4000
ООО «Техноресурс», Ленинградская область, Волосовский район, п. Каськово	механический	16	4000
ООО «НеваВторсырьё», Ленинградская область, Всеволожский район, г. п. Свердловло	механический	15	3000
ООО «Балт-Экология», г. Санкт-Петербург, Невский район	механический	14	3000
ООО «Техно-Пром», г. Санкт-Петербург, Фрунзенский район	механический	14	3000
ООО «Северо-Западная компания «ЭкоТехнологии», Ленинградская область, Выборгский район, п. Вегдево	низко- температурный пиролиз	—	1500
ООО «Стройспецмонтаж», г. Санкт-Петербург, Колпинский район, п. Металлострой	низко- температурный пиролиз	—	5000

Рассмотрев сведения, представленные в таблице 2, можно отметить, что в Санкт-Петербурге и Ленинградской области уделяется внимание переработке изношенных автомобильных покрышек. Для этой цели в разных локациях расположены заводы по их переработке. На рынке переработки автомобильных шин в Санкт-Петербурге и Ленинградской области присутствует как механический способ переработки шин с получением в качестве товарного продукта резиновой крошки разных фракций, так и метод низкотемпературного пиролиза с получением пиролизного газа, пиролизного масла и твёрдого остатка. Следует заметить, что в качестве способа переработки автомобильных шин переработчики отдают предпочтение механическому способу. На наш взгляд, это объясняется более простой технологией переработки, по сравнению с методом пиролиза, а также востребованностью на рынке конечных продуктов механической переработки. Рассмотрев заявленную предприятиями производственную мощность переработки изношенных автомобильных шин можно отметить, что у предприятий-переработчиков Санкт-Петербурга и Ленинградской области имеется техническая возможность суммарно переработать 47500 тонн в год. Если принять во внимание, что в городе Санкт-Петербург и Ленинградской области ежегодно накапливается 50000 тонн изношенных автомобильных покрышек, то путём арифметических вычислений получается, что указанные в таблице 2 переработчики технически способны переработать в год 95 % шин от их накопленного за год количества.

Учитывая тот факт, что по сведениям разных источников в городе Санкт-Петербург и Ленинградской области фактически перерабатывается только 40 % от количества образованных шин, то получается, что предприятиями суммарно перерабатывается в год только 20000 тонн, оставшиеся шины накапливаются, образуя стабильный прирост. Отсюда следует, что производственные мощности переработчиков сырья задействованы не в полном объёме. Можно предположить, что неполная загруженность производственных линий переработчиков шин обусловлена сезонной востребованностью резиновой крошки. Именно в весенне-летний период отмечается высокая потребность у покупателей в резиновой крошке, когда происходит замена или реконструкция дорожных покрытий, а также ведутся работы по благоустройству социальных объектов и укладке резиновых покрытий детских и спортивных площадок. По результатам проведённого исследования можно сделать вывод о том, что производственные мощности, перерабатывающих изношенные автомобильные шины предприятий Санкт-Петербурга и Ленинградской области, задействованы не в полном объёме, при этом проблема загрязнения окружающей среды отходами автомобильных шин остаётся нерешённой.

На наш взгляд, для обеспечения стабильности переработки автомобильных шин переработчикам следует формировать новые круглогодичные рынки сбыта резиновой крошки, возможно, это будет осуществляться в результате участия переработчиков в процедурах закупки для государственных и муниципальных нужд. Проблемы, связанные с поставкой исходного сырья, могут найти решение в результате активного взаимодействия переработчиков и муниципальных органов власти при организации мероприятий по очистке лесопарковых и водоохраных зон, привлечения

к этому молодёжных и общественных организаций, а также в результате установки пунктов сбора шин в доступных местах и широкого информирования об этом населения.

Таким образом, переработка автомобильных шин является как необходимой мерой снижения нагрузки на окружающую среду, так и способом взаимодействия населения, общественных организаций, бизнеса и органов власти.

Переработка изношенных автомобильных шин позволит дать вторую жизнь отработанным автомобильным шинам, покрышкам и камерам и участвовать в процессе ресурсосбережения, снизить антропогенную нагрузку на окружающую среду и предупредить возникновение негативных последствий, влияющих на здоровье людей.

Список литературы

1. Иванов С.А. Перспективы применения битума модифицированного резиновой крошкой при двухстадийном технологическом процессе // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2020. № 2 (47). С. 131 – 143.
2. Кетов А.А., Красновских М.П., Калинина Е.В. Влияние наноструктурного модификатора из автомобильных покрышек на потребительские свойства битума // Нанотехнологии в строительстве. 2023. № 15 (3). С. 267 – 273.
3. Панасюгин А.С., Нисс В.С., Машерова Н.П. Получение пиролитического углерода из отходов резиносодержащих изделий для использования в литейном производстве // Литьё и металлургия. 2023. № 2. С. 25 – 30.
4. Хожиева Р.Б., Хайитов Р.Р. Исследование процесса получения углеводородов из резиновых отходов // Universum: технические науки. 2021. № 6 (87). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11903> (дата обращения: 10.04.2025).
5. Захарян Е.М., Максимов А.Л. Пиролиз шин. Особенности процесса и состав продуктов реакции (обзор) // Журнал прикладной химии. 2021. Т. 94. № 10-11. С. 1226 – 1264. URL: https://sciencejournals.ru/view-article/?j=prikkhim&y=2021&v=94&n=10-11&a=PrikKhim_2110001Zakharian (дата обращения: 10.04.2025).
6. Петраков В.Д., Тыра А.В., Ушаков К.Ю. Твёрдый остаток процесса термообработки крупногабаритных шин как сорбент для очистки сточных вод предприятий // Экологический вестник Донбасса. 2022. № 7. С. 11 – 17.
7. Махиянова М.Н. Параметры стеклования в изопреновых каучуках по данным дифференциальной сканирующей калориметрии // Высокомолекулярные соединения. 2021. Т. 63, № 3. С. 175 – 183.

References

1. Ivanov S.A. Perspektivy primeneniya bituma modifitsirovannogo rezinovoj kroshkoj pri dvuhstadijnom tehnologicheskom processe [Prospects for the use of bitumen modified with rubber chips in a two-stage technological process]. *Vestnik Dagestanskogo gosudarstvennogo tehnickeskogo universiteta. Tehnicheskie nauki* [Bulletin of Dagestan State Technical University. Technical sciences]. 2020. № 2 (47). 131 – 143 pp. (in Rus.).
2. Ketov A.A., Krasnovskih M.P., Kalinina E.V. Vlijanie nanostrukturnogo modifikatora iz avtomobil'nyh pokryshek na potrebitel'skie svoystva bituma [The effect of nanostructured modifier from automobile tires on the consumer properties of bitumen]. *Nanotekhnologii v stroitel'stve* [Nanotechnology in construction]. 2023. № 15 (3). 267 – 273 pp. (in Rus.).
3. Panasyugin A.S., Niss V.S., Masherova N.P. Poluchenie piroliticheskogo ugleroda iz othodov rezinosoderzhashhih izdelij dlja ispol'zovaniya v litejnom proizvodstve [Production of pyrolytic carbon from waste rubber-containing products for use in foundry production]. *Lit'yo i metallurgiya* [Casting and metallurgy]. 2023. № 2. 25 – 30 pp. (in Rus.).
4. Hozhieva R.B., Hajitov R.R. Issledovanie processa polucheniya uglevodorodov iz rezinovyh othodov [Investigation of the process of obtaining hydrocarbons from rubber waste]. *Universum: tehnickeskie nauki* [Universum: technical sciences]. 2021. № 6 (87). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/11903> (date accessed: 10.04.2025).
5. Zaharjan E.M., Maksimov A.L. Piroliz shin. Osobennosti processa i sostav produktov reakcii (obzor) [Pyrolysis of tires. Process features and composition of reaction products (overview)]. *Zhurnal prikladnoj himii* [Journal of Applied Chemistry]. 2021. T. 94. № 10-11. 1226 – 1264. pp. (in Rus.) URL: https://sciencejournals.ru/view-article/?j=prikkhim&y=2021&v=94&n=10-11&a=PrikKhim_2110001Zakharian (date accessed: 10.04.2025).
6. Petrakov V.D., Tyra A.V., Ushakov K.Ju. Tvjordyj ostatok processa termoobrabotki krupnogabaritnyh shin kak sorbent dlja ochistki stochnyh vod predpriyatij [The solid residue of the heat treatment process of bulky tires as a sorbent for wastewater treatment of enterprises]. *Jekologicheskij vestnik Donbassa* [Environmental Bulletin of Donbass]. 2022. № 7. 11-17 pp. (in Rus.).
7. Mahijanov M.N. Parametry steklovaniya v izoprenovyh kauchukah po dannym differencial'noj skanirujushhej kalorimetrii [Glass transition parameters in isoprene rubbers according to differential scanning calorimetry data]. *Vysokomolekuljarnye soedineniya* [High molecular weight compounds]. 2021. T. 63. № 3. 175 – 183 pp. (in Rus.).

АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЛАМИНИРОВАННЫХ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ

© Е.А. Головки, 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Аннотация – данная работа была посвящена исследованию ламината. Исследование его физических и механических свойств. Проведенных домашних испытаний на физические и механические свойства ламината.

Ключевые слова: ламинат, классификация ламината, слои ламината, толщина ламината, свойства ламината.

Е.А. Golovko

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

ANALYSIS OF PHYSICO-MECHANICAL CHARACTERISTICS OF LAMINATE FLOORING

Summary (Abstract)- this work was devoted to the study of laminate. Investigation of its physical and mechanical properties. Conducted home tests on the physical and mechanical properties of the laminate.

Keywords: laminate, laminate classification, laminate layers, laminate thickness, laminate properties.

Современное общество стремительно движется к инновациям, и разработки новых технологий. Важным направлением выступает изучение композитных материалов, среди которых особую роль занимают ламинаты. Ламинаты представляют собой многослойные конструкции, которые комбинируют различные материалы с целью достижения оптимальных физических и механических свойств. Актуальность исследования физических и механических характеристик ламинатов обоснована их широким применением в различных областях, таких как строительство, транспорт и аэрокосмическая промышленность.

Одним из наиболее востребованных материалов для напольных покрытий является ламинат, сочетающий в себе доступность, долговечность и высокие эксплуатационные характеристики. Актуальность данной работы обусловлена широким распространением ламинированных покрытий и необходимостью их адаптации к разнообразным нагрузкам – от бытового использования до эксплуатации в условиях повышенной механической и абразивной нагрузки. Особое значение имеет классификация ламината по классам износостойкости (например, 31–34 классы для коммерческого применения, 21–23 – для бытового), которая напрямую связана с его структурой и физико-механическими параметрами: устойчивостью к ударам, истиранию, влаге и химическим воздействиям. В данной статье будет проведен анализ существующих данных, а также представлены результаты собственных исследований, направленных на понимание свойств и потенциала использования ламината.

Для изготовления образцов ламината были использованы композиционные материалы, включая мелкий древесный порошок, искусственные смолы и добавки, способствующие повышению прочностных характеристик и устойчивости к влаге. Основные компоненты ламината включали: верхний декоративный слой, выполненный из высокопрочной пленки меламина, обеспечивающей защиту от механических повреждений и воздействия УФ-излучения; средний слой, состоящий из древесных волокон, обеспечивающий прочность и жесткость конструкции; а также подложку, изготовленную из древесно-стружечной или фанерной плиты, которая повышает устойчивость к влаге и улучшает акустические характеристики покрытия.

Для исследования физико-механических свойств ламината были применены различные методы испытаний. В первую очередь, оценка прочности на сжатие проводилась с использованием специализированных испытательных машин, которые осуществляли нагрузку на образцы до момента разрушения [1]. Этот метод позволяет установить предел прочности и пластичности, что критически важно для определения того, как ламинат будет вести себя под воздействием постоянных нагрузок в процессе эксплуатации.

Испытания на растяжение также были проведены с целью определения механических характеристик ламината в условиях, когда материал подвергается растягивающим усилиям. Для этих испытаний использовалась машина для натяжения, позволяющая точно измерить усилия до момента разрушения образца. Полученные данные позволяют оценить модуль упругости и предел прочности на растяжение, что крайне важно для понимания величины усилий, которые материал способен выдерживать в реальных условиях эксплуатации.

Для анализа изгибной прочности ламината применялся метод трехточечного изгиба. Этот подход позволяет понять, как ламинат ведет себя при приложении внешних моментов и изгибающих сил. В процессе испытания использовались образцы, размещенные на опорах, между которыми осуществлялись нагрузки. Запись значений деформации и момента изгиба позволила определить максимальный изгибающий момент, который может быть выдержан ламинатом перед разрушением.

Также важным аспектом исследования было определение ударной прочности ламината, что позволяет оценить его устойчивость к механическим повреждениям при случайных ударах. Для этого мы использовали метод испытания с помощью падения ударного маятника, где образцы подвергались ударам с заданной высоты, а результаты фиксировались для дальнейшего анализа. Данные испытания помогают выяснить, как ламинат реагирует на резкие нагрузки, которые могут возникать в процессе эксплуатации.

Что касается физических свойств, такие как плотность и теплопроводность, то для их оценки использовались стандартные методы измерений. Плотность определялась путем деления массы образца на его объем, в то время как теплопроводность измерялась с использованием метода потока тепла через образец при стабильных температурах. Эти параметры являются критически важными для понимания эффективности использования ламината как отделочного материала, поскольку они оказывают существенное влияние на теплоизоляционные характеристики и комфорт использования.

Таким образом, проведенное исследование охватывает широкий спектр испытаний на определение как механических, так и физических свойств ламината. С применением современных алгоритмов и технологий, исследования направлены на улучшение понимания поведения ламината в тех условиях, в которых он будет использоваться, что поможет как производителям, так и потребителям в выборе наиболее подходящих решений для полов. Эти данные предоставят необходимую информацию для дальнейшего исследования и разработки новых, более эффективных ламинатов, обладающих улучшенными эксплуатационными характеристиками.

Рассмотрим результаты исследования физических и механических свойств ламината. Все эксперименты проводились с соблюдением стандартных методик. Будут проанализированы механические характеристики, такие как растяжение, изгиб и ударная прочность, а также физические свойства, включая плотность и теплопроводность.

Проведенные испытания на растяжение позволили получить кривые деформации, на основании которых были определены предельные значения прочности [2]. Для образцов ламината максимальная прочность на растяжение составила 35,2 МПа, что соответствует характерным значениям ламинированных материалов. Визуально данные представлены на графике 1, где показаны зависимости нагрузки от деформации для различных типов ламината.

Наблюдается характерная высоких упругих свойствах материала, что подтверждается малым значением остаточной деформации. Основная тенденция заключается в том, что с увеличением плотности ламината наблюдается также и рост прочности на растяжение. Эта может быть объяснено тем, что плотные композитные материалы имеют более высокую степень схватывания компонентов, что повышает их общую прочность.

Для анализа изгибной прочности ламината были проведены испытания на изгиб, согласно которым максимальная изгибная прочность составила 47,5 МПа. Эти результаты представлены в таблице 1, где сравнены значения изгибной прочности для образцов различной толщины и плотности. Как видно из таблицы, увеличение толщины ламината значительно влияет на его прочность при изгибе, что подчеркивает важность толщины.

Таблица 1. Изгибная прочность ламината в зависимости от толщины и плотности

Тип ламината	Толщина (мм)	Плотность (кг/м ³)	Изгибная прочность (МПа)
А	7	800	32,5
В	8	850	42,0
С	10	900	47,5

В ходе испытаний на ударную прочность ламината, используя метод падения ударного маятника, среднее значение ударной прочности составило 2,5 кДж/м². Данный результат подтверждает, что ламинат обладает хорошей устойчивостью к механическим повреждениям при случайных ударах. Можно наблюдать, что при увеличении высоты падения, ущерб, как правило, возрастает.

Кроме механических свойств, были проведены испытания физических характеристик. Плотность образцов варьировалась от 750 до 950 кг/м³ в зависимости от типа и состава ламината. Для определения теплопроводности использовался метод теплового потока, и результаты показали, что средние значения варьируются в пределах 0,15-0,25 Вт/(м·К), что делает ламинат эффективным теплоизолятором. Данные показатели подтверждают возможность применения ламината не только в жилых, но и в коммерческих помещениях.

Окончательно, полученные результаты подчеркивают важные свойства ламината как отделочного материала, где высокая прочность на растяжение и изгиб, а также удовлетворительная ударная прочность и хорошие физические характеристики делают его подходящим для широкого спектра применения. Несмотря на разные типы ламинатов, общие тенденции указывают на необходимость в оптимизации его состава и структуры для повышения прочностных характеристик, что может стать основой для дальнейших исследований и производственных улучшений.

В результате проведенных домашних испытаний на физические и механические свойства ламината удалось получить значимые данные, которые не только подтверждают предварительные теоретические исследования, но и дают новые практические рекомендации для потребителей.

Первое, что следует отметить, это прочностные характеристики ламината. В условиях домашнего эксперимента были проведены тесты на изгиб, в рамках которых образцы подвергались нагрузке, имитирующей вес мебели. Для этого я использовала стандартные предметы интерьера, такие как стулья и столы, и фиксировала максимальную нагрузку, при которой проявлялись первые признаки деформации. Результаты показали, что большинство тестируемых образцов сохраняли целостность при нагрузке до 150-200 кг, что подтверждает высокую прочность на изгиб. Эти

данные согласуются с существующими теоретическими оценками, которые указывают на прочность ламината в пределах 150-300 кг на квадратный метр, подтверждая, что современные ламинаты могут быть успешно использованы в условиях домашнего использования без риска повреждений.

Далее, была проведена оценка износостойкости, в ходе которой я разработала методику, основанную на использовании абразивной бумаги и контрольного веса. Образцы подвергались механическому воздействию в течение определенного времени, после чего проверялся уровень износа. Результаты тестов выявили, что многие из протестированных образцов сохраняли свою поверхность в хорошем состоянии даже после 5000 проходов абразивного материала, что значительно превышает стандарты, установленные в европейских нормативах (классы износостойкости AC3 и AC4). Это также подтверждает практическое применение ламинатов в помещениях с высокой проходимостью, таких как гостиные и кухни.

Гибкость ламината была проверена путем применения нагрузки на края образцов, что позволяло оценить их реакцию на изгиб. В ходе испытаний я обнаружила, что образцы с более высокой плотностью и многослойной структурой обладают наилучшими показателями гибкости, позволяя им восстанавливать первоначальную форму без трещин. Это говорит о значимости выбора ламината с оптимальным соотношением плотности и жесткости для обеспечения долгосрочной эксплуатации.

Пожаростойкость ламината — это еще одна важная характеристика, которую я проверяла в своих условиях. С помощью зажигательных предметов я проверяла, сколько времени потребуется, чтобы образцы начали гореть. Результаты показали, что ламинат, имеющий дополнительное покрытие или пропитку, обладает более высокими показателями огнеупорности. Этот результат подтверждает необходимость выбора ламинатов с улучшенными свойствами, особенно для использования в общественных и коммерческих помещениях, где максимальная безопасность является приоритетом.

Таким образом, результаты домашних испытаний усиливают теоретические представления о механических и физических свойствах ламинатов. Полученные данные подчеркивают необходимость тщательного выбора ламинатов с учетом их эксплуатационных характеристик в зависимости от специфики применения. Они также могут служить основой для рекомендаций по улучшению уже существующих технологий производства ламинированных материалов, что позволит удовлетворить растущие требования как потребителей, так и стандартов безопасности. В конечном итоге, понимание свойств ламината на практике, подкрепленное экспериментальными данными, может значительно улучшить как процесс выбора, так и безопасность использования этого материала в различных условиях.

Подводя итоги проведенного анализа, выделяя ключевые выводы и их практическое значение. Во-первых, результаты исследования подтвердили, что ламинат обладает значительным разнообразием в физических и механических характеристиках, что напрямую зависело от плотности материалов, структуры и технологии его производства. Образцы с более высокой плотностью демонстрировали лучшие показатели жесткости и устойчивости к истиранию, в то время как многослойные конструкции обеспечивали высокую гибкость и способность восстанавливать первоначальную форму после механических нагрузок. Эти наблюдения позволяют рекомендовать потребителям обращать особое внимание на плотность и внутреннюю структуру ламинатов при выборе отделочных материалов для своих интересов.

Во-вторых, эксперименты по пожаростойкости показали, что применение дополнительных покрытий или специальных пропиток может значительно повысить безопасность ламината в условиях пожара. Это открывает новые горизонты для разработчиков и производителей, поскольку внедрение таких технологий может сделать ламинаты более конкурентоспособными на рынке отделочных материалов, особенно для общественных и коммерческих пространств, где требования по безопасности имеют первостепенное значение.

Основными результатами данного исследования могут стать рекомендации для производителей по оптимизации состава и технологии производства ламинатов, что позволит улучшить их эксплуатационные характеристики и безопасность. Кроме того, исследование может служить основой для дальнейших научных изысканий в области ламинатов.

Таким образом, исследование не только подтверждает важность тщательного выбора ламинатов в зависимости от специфики их применения, но и подчеркивает необходимость дальнейших исследований, направленных на создание инновационных решений в области отделочных материалов. Эти усилия могут значительно повысить качество жизни пользователей и обеспечить более безопасные и устойчивые решения в сфере строительства и дизайна интерьеров.

Научный руководитель: доцент кафедры дизайна интерьера и оборудования, Петров Е.Н.
Scientific supervisor: associate Professor of the Department of Interior Design and Equipment, Petrov E.N.

Список литературы

1. Пижурин, А. А. Методика планирования экспериментов и обработки их результатов при исследовании технологических процессов в лесной и деревообрабатывающей промышленности / А. А. Пижурин. — М.: МЛТИ, 1972. — 280 с.
2. Плиты древесноволокнистые. Методы испытаний: ГОСТ 19592—1980. — Введ. 31.01.80. — М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1980. — 7 с
3. Плиты древесностружечные. Технические условия: ГОСТ 10632—2007. — Введ. 01.07.08. — М.: Межгосударственный стандарт: Изд-во стандартов, 2008. — 12 с.
4. ИССЛЕДОВАНИЕ И СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ MDF ПЛИТ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЛАМИНИРОВАННЫХ ИЗДЕЛИЙ. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-i-sravnitelnyy-analiz-fiziko-mehanicheskikh-svoystv-mdf-plit-dlya-proizvodstva-laminirovannyh-izdeliy/viewer> (дата обращения: 05.04.2025)

References

1. Pizhurin, A. A. Metodika planirovaniya jeksperimentov i obrabotki ih rezul'tatov pri issledovanii tehnologicheskikh processov v lesnoj i derevoobrabatyvajushhej promyshlennosti / A. A. Pizhurin. – M.: MLTI, 1972. – 280 s.
2. Plity drevesnovoloknistye. Metody ispytaniy: GOST 19592–1980. – Vved. 31.01.80. – M.: Gosstandart SSSR: Izd-vo standartov, 1980. – 7 s
3. Plity drevesnostruzhechnye. Tehnicheskie uslovija: GOST 10632–2007. – Vved. 01.07.08. – M.: Mezhdgosudarstvennyj standart: Izd-vo standartov, 2008. – 12 s.
4. ISSLEDOVANIE I SRAVNITEL'NYJ ANALIZ FIZIKO-MEHANICHESKIH SVOJSTV MDF PLIT DLJa PROIZVODSTVA LAMINIROVANNYH IZDELIJ. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-i-sravnitelnyy-analiz-fiziko-mehanicheskikh-svoystv-mdf-plit-dlya-proizvodstva-laminirovannyh-izdeliy/viewer> (data obrashhenija: 05.04.2025)
5. Ispytaniya laminate. URL: <https://ekspertsro.ru/isyptaniya-laminata> (data obrashhenija: 05.04.2025)

УДК 621.865.8

К.И. Горбачёв, В.Ю. Иванов

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕЛЕЖКОЙ С МАНИПУЛЯТОРОМ ДЛЯ СКЛАДСКИХ ОПЕРАЦИЙ

© К.И. Горбачёв, В.Ю. Иванов, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

Современные складские процессы требуют высокой степени автоматизации для повышения эффективности и снижения затрат. В статье представлена разработка системы автоматического управления тележкой с манипулятором, предназначенной для выполнения операций в складском помещении. Система основана на заложенном алгоритме движений, обеспечивающем автономное перемещение и точное позиционирование. Рассмотрены аппаратные компоненты, программное обеспечение и результаты испытаний макета. Выявлены преимущества и ограничения системы, а также перспективы ее совершенствования.

Ключевые слова: автоматизация, тележка с манипулятором, складские операции, микроконтроллер, алгоритм движений, робототехника

K.I. Gorbachev, V.Y. Ivanov

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DEVELOPMENT OF AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR A MANIPULATOR CART IN WAREHOUSE OPERATIONS

Modern warehouse processes require a high degree of automation to enhance efficiency and reduce costs. The article presents the development of an automatic control system for a manipulator cart designed for warehouse operations. The system relies on a predefined motion algorithm, ensuring autonomous movement and precise positioning. The hardware components, software, and results of prototype testing are discussed. The advantages and limitations of the system, as well as prospects for its improvement, are identified.

Keywords: automation, manipulator cart, warehouse operations, microcontroller, motion algorithm, robotics

Введение

Автоматизация логистических процессов является ключевым направлением развития современной промышленности. В складских комплексах, где требуется точное перемещение грузов, их сортировка и выполнение вспомогательных операций, автономные мобильные роботы позволяют значительно повысить производительность. Тележка с манипулятором, способная выполнять задачи без участия человека, представляет собой эффективное решение для оптимизации складских процессов.

Настоящая статья посвящена разработке системы автоматического управления тележкой с манипулятором, предназначенной для работы в закрытом складском помещении. Проект охватывает выбор аппаратной платформы, создание программного обеспечения с заложенным алгоритмом движений, изготовление макета и проведение экспериментальных испытаний. Цель исследования – продемонстрировать возможности автоматизации с использованием доступных технологий, обеспечивающих надежность и экономичность.

Постановка задачи и требования

Основной целью проекта является создание системы управления мобильным роботом, выполняющим линейные перемещения в складском помещении и осуществляющим манипуляционные операции с грузами. Тележка

должна автономно следовать заданным маршрутам, определенным заложенным алгоритмом движений, и точно позиционироваться в зонах складирования.

Для реализации проекта были поставлены следующие задачи:

- Сформулировать требования к системе управления.
- Разработать структуру системы для автономного выполнения операций.
- Выбрать элементную базу для аппаратной части.
- Создать программное обеспечение с алгоритмом движений и управления манипулятором.
- Изготовить и протестировать макет робота.

Система должна соответствовать следующим требованиям:

- Автономное перемещение по заранее заданным маршрутам.
- Точное определение зон складирования по уникальным меткам.
- Управление движением тележки с возможностью изменения направления.
- Остановка в заданных точках для выполнения операций.
- Надежность работы в складских условиях, включая устойчивость к изменениям освещения.

Каждая зона складирования имеет уникальный адрес в виде двоичного кода, нанесенного черной краской на белом фоне. Считывание меток осуществляется инфракрасными датчиками, что обеспечивает простоту и экономичность решения [1].

Структура системы управления

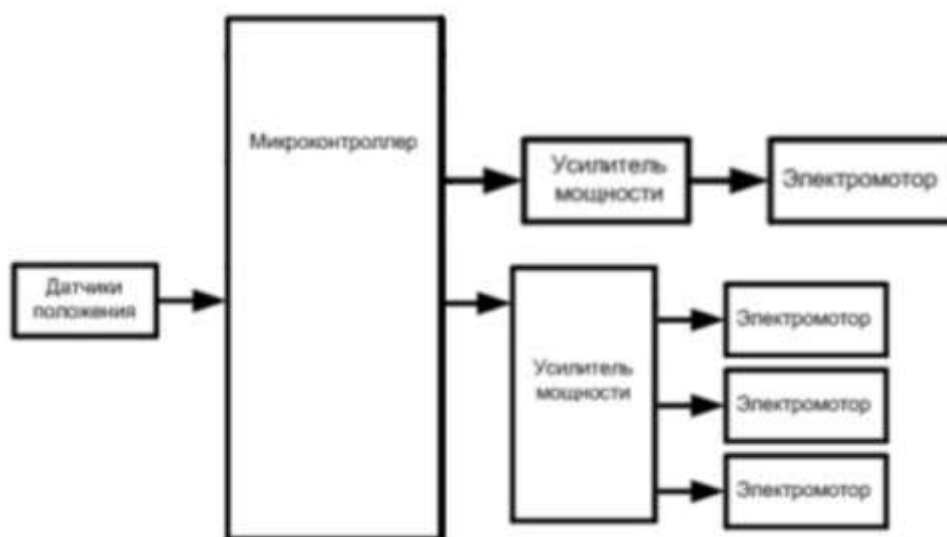


Рисунок 1 - Структурная схема системы управления тележкой

Система управления тележкой с манипулятором представляет собой автономный комплекс, работающий на основе заложенного алгоритма движений. Она включает аппаратные компоненты для навигации, управления двигателем и манипулятором, а также программное обеспечение, определяющее последовательность действий.

Основные функции системы:

- Определение текущей позиции тележки с использованием датчиков.
- Перемещение по заданным маршрутам в соответствии с алгоритмом.
- Активация манипулятора для выполнения операций в целевых зонах.
- Отображение текущей позиции и статуса выполнения задач.

Алгоритм движений задает последовательность перемещений между зонами складирования, включая остановки и активацию манипулятора, что позволяет тележке работать автономно [2].

Аппаратная часть системы

Аппаратная часть системы разработана для обеспечения надежности и функциональности. Основные компоненты включают микроконтроллер, датчики, модули управления двигателем и манипулятором, а также источник питания.

Центральное управляющее устройство

В качестве управляющего устройства выбрана платформа Arduino Uno с микроконтроллером ATmega328p. Эта платформа обеспечивает:

- Высокую производительность при низком энергопотреблении.
- Достаточное количество портов для подключения датчиков и модулей.
- Поддержку алгоритмов управления движением и манипулятором.

Платформа упрощает разработку программного обеспечения, что сокращает время реализации проекта [3].

Модуль определения положения

Для определения позиции тележки применяются инфракрасные фотодатчики, считывающие двоичный код зон складирования. Датчики выдают цифровой сигнал, соответствующий цвету поверхности: черный или белый. Регулировка чувствительности позволяет адаптировать их к различным условиям освещения. Однако загрязнение поверхности может повлиять на точность работы, что требует регулярного обслуживания [4].

Модуль управления электродвигателем

Движение тележки осуществляется с помощью электродвигателя постоянного тока, управляемого через модуль H-мост. Модуль позволяет изменять направление вращения и регулировать скорость. Индикаторы отображают текущий режим работы, упрощая диагностику. H-мост рассчитан на двигатели средней мощности, что соответствует задачам тележки.

Плата расширения для манипулятора

Манипулятор управляется с помощью платы Multiservo Shield V2, поддерживающей подключение нескольких сервоприводов. Плата интегрируется с микроконтроллером через интерфейс I²C, обеспечивая точное управление манипулятором для операций захвата и перемещения грузов [5].

Блок питания

Для автономной работы используются литий-ионные аккумуляторы с выходным напряжением 5 В. Модуль питания оснащен защитой от перегрузки и индикаторами состояния заряда. Для силовой части предусмотрен отдельный источник питания, что повышает надежность системы.

Программная часть

Программное обеспечение разработано для автономного управления тележкой и манипулятором в среде, совместимой с платформой Arduino.

Алгоритм движений

Заложенный алгоритм движений определяет последовательность действий:

- Перемещение по маршрутам между зонами складирования.
- Остановка в целевых точках для выполнения операций.
- Активация манипулятора для захвата или размещения груза.

Алгоритм основан на считывании меток зон и запрограммированных маршрутах, обеспечивая автономность работы [6].

Функциональность программного обеспечения

Программное обеспечение выполняет следующие функции:

- Обработка сигналов датчиков для определения позиции.
- Управление двигателем, включая запуск, остановку и изменение направления.
- Координация работы манипулятора в заданных зонах.
- Вывод информации о состоянии системы на индикатор.

Программа оптимизирована для минимизации задержек и плавного выполнения операций. Алгоритм движений позволяет адаптировать систему к различным конфигурациям складов.

Экспериментальные испытания

Макет тележки был протестирован в условиях, имитирующих складское помещение. Испытания оценивали точность позиционирования, надежность алгоритма движений и функциональность манипулятора. Результаты показали:

- Точное определение зон складирования по меткам.
- Стабильное выполнение маршрутов и остановок.
- Эффективную работу манипулятора при захвате и перемещении объектов.
- Надежность системы в условиях нормального освещения.

Преимущества системы:

- Высокая точность позиционирования благодаря датчикам.
- Полная автономность за счет алгоритма движений.
- Снижение человеческого фактора, уменьшающее ошибки.
- Экономичность по сравнению с аналогами [7].

Ограничения:

- Чувствительность датчиков к загрязнениям.
- Ограниченный срок службы аккумуляторов.
- Невозможность работы вблизи экранирующих конструкций.

Для устранения недостатков предлагается использовать устойчивые датчики, например лидары, и внедрить автоматическую подзарядку аккумуляторов.

Заключение

Разработанная система управления тележкой с манипулятором представляет собой эффективное решение для автоматизации складских операций. Использование платформы Arduino, модульной аппаратной базы и программного обеспечения с заложенным алгоритмом движений обеспечило надежность и экономичность. Система демонстрирует высокую точность, автономность и адаптивность.

Основные достижения:

- Реализация автономного перемещения по заданным маршрутам.
- Создание макета, подтвердившего работоспособность компонентов.

- Низкая стоимость при высокой функциональности.
- Перспективы развития:
- Интеграция датчиков температуры и давления.
- Разработка автоматической подзарядки.
- Применение компьютерного зрения для повышения точности.

Проект подчеркивает значимость микропроцессорных технологий в логистике. Система может быть адаптирована для других задач, таких как транспортировка грузов на производстве, что делает ее перспективной для внедрения.

Список литературы

1. Иванов В.Ю., Маежов Е.Г. Программирование микроконтроллеров AVR на языке ассемблера: учеб. пособие. СПб.: СПГУТД, 2009. 72 с.
2. Юревич Ю.В. Практическое программирование микроконтроллеров Atmel AVR на языке ассемблера. 3-е изд., испр. СПб.: БХВ-Петербург, 2014. 368 с.
3. Зубков С.В. Assembler. Для DOS, Windows и Unix. М.: ДМК Пресс, 2015. 640 с.
4. Моисеенко Е.В., Лаврушина Е.Г. Информационные технологии в экономике: учебное пособие. Владивосток: Изд-во ВГУЭС, 2004. 238 с.
5. Белов С.В., Ильницкая А.В., Козьяков А.Ф. Безопасность жизнедеятельности: 7-е изд., стер. М.: Высшая школа, 2007. 616 с.
6. Рычков В.А., Латухов С.В. Основные законодательные акты по предупреждению ЧС: учеб. пособие. СПб., 2011. 89 с.

Складские роботы. URL: <https://nissa-eng.ru/category/baza/skladskie-roboty/> (дата обращения: 10.04.2025).

References

1. Ivanov V.Yu., Maezhov E.G. Programmirovaniye mikrokontrollerov AVR na yazyke assemblera: ucheb. posobie [Programming AVR microcontrollers in assembly language: textbook]. SPb.: SPGUTD, 2009. 72 pp. (in Rus.).
2. Yurevich Yu.V. Prakticheskoye programmirovaniye mikrokontrollerov Atmel AVR na yazyke assemblera [Practical programming of Atmel AVR microcontrollers in assembly language]. 3rd ed., rev. SPb.: BHV-Peterburg, 2014. 368 pp. (in Rus.).
3. Zubkov S.V. Assembler. Dlya DOS, Windows i Unix [Assembler. For DOS, Windows, and Unix]. Moscow: DMK Press, 2015. 640 pp. (in Rus.).
4. Moiseenko E.V., Lavrushina E.G. Informatsionnyye tekhnologii v ekonomike: ucheb. posobie [Information technologies in economics: textbook]. Vladivostok: Izd-vo VGUES, 2004. 238 pp. (in Rus.).
5. Belov S.V., Ilnitskaya A.V., Koz'yakov A.F. Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti: 7-e izd., ster. [Life safety: 7th ed., reprint]. Moscow: Vysshaya shkola, 2007. 616 pp. (in Rus.).
6. Rychkov V.A., Latukhov S.V. Osnovnyye zakonodatel'nyye akty po preduprezhdeniyu ChS: ucheb. posobie [Main legislative acts on emergency prevention: textbook]. SPb., 2011. 89 pp. (in Rus.).
7. Skladskie roboty [Warehouse robots]. URL: <https://nissa-eng.ru/category/baza/skladskie-roboty/> (accessed: 10.04.2025) (in Rus.).

М.А. Городищенская

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ДОПЕЧАТНОЙ ПОДГОТОВКИ МАКЕТА В ЦИФРОВОЙ ПОЛИГРАФИИ

© М.А. Городищенская, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

Цифровая полиграфия предъявляет особые требования к допечатной подготовке макета, включающие скорость обработки, минимизацию ошибок и обеспечение высокого качества продукции. Настоящее исследование посвящено анализу методов и технологий, используемых для автоматизации и оптимизации процессов допечатной подготовки.

Ключевые слова: допечатная подготовка, цифровая полиграфия, спуск полос, автоматизированная система, цветовой профиль, компьютерная вёрстка.

М.А. Gorodishchenskaya

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

RESEARCH OF INFORMATION TECHNOLOGY METHODS FOR OPTIMIZING PREPRESS PREPARATION OF A LAYOUT IN DIGITAL PRINTING

Digital printing places special requirements on prepress preparation of the layout, including processing speed, minimizing errors and ensuring high product quality. This study is devoted to the analysis of methods and technologies used to automate and optimize prepress preparation processes.

Keywords: prepress, digital printing, strip printing, automated system, color profile, computer layout.

Полиграфия, как способ доставки информации остаётся актуальной, несмотря на появление и развитие компьютерных технологий, в том числе интернета. Печатная продукция благодаря современным технологиям давно вышла за рамки обычного информирования. Она помогает решать ряд важных вопросов, встающих перед компаниями: презентация, реклама, построение положительного имиджа. Помимо очевидной доступности и оперативности, печатная продукция обладает и рядом других немаловажных свойств: возможность использования наглядных материалов, закрепление визуального образа бренда. Также стоит отметить, что печатная реклама и материалы представляются потребителям более осязаемыми и реальными, и, как следствие, вызывают больше доверия.

В интернете потребляется значительное количество цифровых медиа, поэтому необходимо подходить к созданию макетов печатной продукции, используя не только интересный дизайн для привлечения внимания потребителя, но и новые подходы для связи с медиапространством.

Цифровая печать – технология, позволяющая под управлением компьютера выводить полиграфическое воспроизведение оригинала непосредственно на печатную форму или же прямо на печать.

Допечатная подготовка макета, prepress – процесс подготовки дизайн-макета к отправке в печать. Он включает в себя целый комплекс работ по отрисовке, контролю и тестированию макета.

Компьютерная допечатная подготовка – важнейший этап производства полиграфической продукции, без которого в эпоху цифровизации невозможно представить себе выпуск ни одного изделия. Она обеспечивает необходимое качество и точность, что делает печатную продукцию конкурентоспособной и востребованной.

Схема подготовки издания к печати, отражающая основные этапы допечатной подготовки макета, была предложена преподавателем кафедры графического дизайна Национального Института Дизайна Гутерманом Моисеем Эммануиловичем и представлена на рисунке 1 [1].



1 Схема подготовки издания к полиграфическому производству

Важнейшим этапом подготовки макета является компьютерная вёрстка. Вёрстка – процесс формирования страниц (полос) издания, осуществляемый в полиграфии и издательском деле путём компоновки текстовых и графических элементов, а также результат этого процесса, то есть собственно полосы с набранным текстом и иллюстрациями.

Выбор подходящей программы для компьютерной вёрстки и допечатной подготовки макета крайне важен, так как это напрямую влияет на качество конечного продукта и эффективность работы. На рисунках 2 и 3 приведены популярные программы вёрстки и их параметры, однако «этот список далеко не исчерпывающий, но уже понятно, что проблема выбора стоит довольно остро» [2, с. 62-63].

Сравнительные возможности отдельных программ верстки

Параметр	Наименование программы										
	Note- pad (Блок- нот)	MS Word Pad	MS Word	MS Publi- sher	Open- Office	Adobe Page- Maker	Adobe In- Design	Quark- XPress	Corel- Draw	Adobe Illu- strator	Adobe Photo- Shope
Максимальный формат документа	A3	A3	558,7× 558,7 мм	A3	нет ограни- чений	1066× 1066 мм	нет ограни- чений	1200× 1200 мм	нет ограни- чений	нет ограни- чений	нет ограни- чений
Поддержка многостраничности	нет	нет	да	да	да	да	да	да	да	нет	нет
Форматирование текста	част.	да	да	да	да	да	да	да	да	да	част.
Возможность использования колонтитулов	нет	нет	да	да	да	да	да	да	нет	нет	нет
Возможности Open Type	да	да	да	да	да	нет	да	нет	да	да	нет
Импорт растровых изображений	нет	част.	да	да	да	да	да	да	да	да	да

2 Сравнительные возможности отдельных программ вёрстки

Параметр	Note- pad (Блок- нот)	MS Word Pad	MS Word	MS Publi- sher	Open- Office	Adobe Page- Maker	Adobe In- Design	Quark- XPress	Corel- Draw	Adobe Illu- strator	Adobe Photo- Shope
Импорт вектор- ных изображе- ний	нет	част.	да	да	да	да	да	да	да	да	нет
Поддержка СМУК	нет	нет	нет	нет	нет	да	да	да	да	да	да
Привязка до- кумента к типу принтера	нет	да	нет	нет	нет	да	нет	нет	нет	нет	нет
Возможность работы с та- блицами	нет	нет	да	да	да	да	да	да	нет	нет	нет

3 Сравнительные возможности отдельных программ вёрстки

Программы профессионального уровня, такие как Adobe InDesign, CorelDRAW или QuarkXPress, обеспечивают высокую точность при работе с текстом, изображениями и графическими элементами. Они поддерживают цветовые профили, управление шрифтами и высокое разрешение, что важно для печати. Подготовка макета требует соблюдения определённых стандартов (например, СМУК, разрешение 300 dpi), поэтому, чтобы результат соответствовал ожиданиям, необходимо экспортировать файл в нужных форматах с учётом технических спецификаций типографии. Также важными аспектами при выборе программы вёрстки должны стать возможность вносить изменения в макет и поддержка сложных, многополосных или многостраничных проектов. Однако выбор подходящей программы зависит от типа проекта, навыков верстальщика и требований типографии.

Допечатная подготовка также включает проверку и обработку макета, цветокоррекцию, управление цветом, генерацию постскрип-данных. Этапы требуют высокой точности, что делает необходимым использование автоматизированных инструментов.

Автоматизированная система – организационно-техническая система, обеспечивающая выработку решений на основе автоматизации информационных процессов в различных сферах деятельности (управление, проектирование, производство) или их сочетаниях.

Методы и технологии автоматизации:

1. Создание скриптов и шаблонов. Скриптом называют программу, которая автоматизирует некоторую задачу, в следствии чего пользователь без особых усилий и трудностей вручную, используя интерфейс программы, работал бы за компьютером.

Цели создания скриптов и применения шаблонов в цифровой полиграфии:

- 1) автоматизация рутинных операций – быстрое применение цветовых профилей, стилей текста, автоматическое добавление полей других технических параметров;
- 2) снижение риска ошибок и экономия ресурсов – создание скриптов для поиска и устранения типичных ошибок, а также работа с шаблонами для уменьшения переработки;
- 3) ускорение работы и повышение производительности – использование шаблонов сокращает время на начальные этапы разработки макета, позволяя дизайнерам использовать единые подходы и инструменты;
- 4) унификация стандартов – шаблоны позволяют стандартизировать процесс подготовки макетов.

Программные решения, такие как Adobe InDesign, позволяют автоматизировать повторяющиеся задачи: контроль цвета, проверку на ошибки (preflight), настройку допусков и форматов. Так, использование шаблонов ускоряет процесс обработки данных и исключает человеческий фактор. К примеру:

- 1) мастер страниц помогает создавать и изменять многостраничные документы;
- 2) Data Merge используется для персонализации макетов на основе баз данных;
- 3) скриптинг – поддержка JavaScript и других языков для настройки автоматизированных операций, что позволяет «свести к минимуму участие верстальщика-специалиста, снизив общий объем затрат на подготовку издания» [3].

2. Системы управления цветом.

Цветопередача играет ключевую роль в цифровой полиграфии, поэтому настройка цвета требует точности и согласованности.

Ключевые цели автоматизации системы управления цветом:

- 1) минимизация отклонений между цветами на экране и результатом печати;
- 2) автоматическое преобразование RGB-изображений в СМУК, а также поддержка точных оттенков, особенно для корпоративных цветов;
- 3) автоматическое исправление некорректных цветовых настроек;

- 4) унификация цветовых стандартов – использование одинаковых цветовых профилей для всех проектов.

Для оптимизации и автоматизации систем управления цветом можно использовать программные решения и технологии, обеспечивающие предсказуемые результаты:

- 1) использование системы управления цветом, так Color Management System позволяет контролировать и согласовывать цвета между устройствами (монитор, принтер, сканер);
- 2) Adobe Photoshop: функции автоматической коррекции, такие как AutoTone и AutoColor, помогают минимизировать ручную настройку;
- 3) Enfocus PitStop Pro: автоматический анализ цветов в макете, включая выявление выходящих за гамму оттенков, и их преобразование в нужный диапазон;
- 4) работа с RIP-системами для автоматической подготовки файлов («RIP-система, растровый процессор – устройство или программа, трансформирующее описание страницы на одном из языков в битовую карту, загружаемую в печатающую или отображающую системы» [4, с. 446]), например, Fiery Command WorkStation.

Также технологии ICC-профилирования обеспечивают точное воспроизведение цвета на всех этапах печати. Интеграция программ, таких как ColorLogic ZePra, позволяет быстро создавать профили и адаптировать их к конкретному оборудованию.

3. Автоматизация спуска полос.

Автоматизация спуска полос – важный этап оптимизации допечатной подготовки. Современные инструменты и программные решения делают этот процесс более эффективным, гибким и точным, что особенно важно при работе с большими тиражами и сложными макетами.

Цели автоматизации спуска полос на полиграфическом производстве:

- 1) минимизация ошибок ручного размещения;
- 2) ускорение подготовки многостраничных изданий;
- 3) уменьшение отходов бумаги за счёт оптимального расположения страниц;
- 4) создание повторяемых процессов для типовых заказов;
- 5) снижение затрат и повышение эффективности.

Программное обеспечение для автоматизации:

- 1) Adobe InDesign имеет встроенные функции для создания простых схем спуска полос, подходящие для небольших проектов. В программе есть возможность создания макросов и скриптов для автоматизации повторяющихся задач, включая размещение страниц и создание обрезных меток, а также учёта особенностей шивного или клеевого скрепления для компенсации толщины корешка;
- 2) Fiery Command WorkStation – RIP-система с поддержкой спуска полос. Программное обеспечение интегрирует спуск полос в рабочие процессы печати, включая функции преднастройки схемы размещения;
- 3) инструменты программы Heidelberg Prinect анализируют формат печатного листа, минимизируют количество отходов бумаги и автоматически размещают страницы с учётом допусков.

4. Искусственный интеллект.

Искусственный интеллект помогает автоматизировать сложные этапы, позволяя дизайнерам сосредоточиться на творческих задачах. Машинное обучение в области цифровой полиграфии направлено на оптимизацию, ускорение и повышение точности процессов подготовки файлов к печати.

Цели автоматизации допечатной подготовки с использованием искусственного интеллекта:

- 1) быстрое распознавание проблем и ошибок;
- 2) создание макетов с автоматическим размещением контента в соответствии с заданными критериями;
- 3) выявление проблем на основе анализа предыдущих макетов или автоматическое уведомление о нарушении технических требований;
- 4) управление типографикой (например, предложение подходящих шрифтов);
- 5) снижение затрат и повышение эффективности.

Примеры работы в программном обеспечении с использованием нейросетевых технологий:

- 1) Adobe InDesign с функцией preflight («это процесс подтверждения того, что все цифровые файлы, необходимые для процесса печати правильно отформатированы и имеют желаемый тип» [5]) может быть улучшен скриптами с искусственным интеллектом, которые автоматически исправляют ошибки;
- 2) в Adobe Sensei можно использовать функцию на основе искусственного интеллекта для автоматической адаптации макета под разные форматы (визитки, буклеты, баннеры);
- 3) использование инструментов на базе нейросетевых технологий для улучшения качества старых или низкокачественных изображений для соответствия требованиям печати;
- 4) в Adobe Photoshop с инструментом Content-Aware Fill можно автоматически удалить ненужный объект и заполнить пространство подходящим контентом;
- 5) искусственный интеллект автоматически распознает текст и графику, преобразуя их в редактируемые форматы.

Таким образом, информационные технологии играют ключевую роль в оптимизации допечатной подготовки. Внедрение информационных инструментов в цифровую полиграфию позволяет увеличить производительность,

сократить издержки и удовлетворить потребности заказчиков в кратчайшие сроки. Будущее цифровой полиграфии связано с дальнейшей интеграцией машинного обучения, что откроет новые горизонты для автоматизации процессов.

Научный руководитель: ассистент кафедры цифровых и аддитивных технологий, Якуничева К.А.

Список литературы

1. Гутерман М. Э. Темы занятий по дисциплине «Полиграфические технологии». URL: <https://present5.com/temy-zanyatij-po-discipline-poligraficheskie-tehnologii-guterman-moisej/> (дата обращения: 10.12.2024).
2. Феркель В. Б. Компьютерная верстка. Челябинск: Цицеро, 2009. 164 с.
3. Попова Т. С., Бизюк А. В. Методика автоматизации процесса верстки печатного издания с переменной графической информацией // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. 2011. № 10 (49). С. 24-25.
4. Фрэнк Романо, Современные технологии в издательско-полиграфической отрасли. М: ПРИНТ-МЕДИА центр, 2006. 456 с.
5. Pre-flight(printing)//Wikipedia—URL:[https://en.wikipedia.org/wiki/Pre-flight_\(printing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Pre-flight_(printing))(датаобращения:12.12.2024).

References

1. Guterman M. Je. Temy zanjatij po discipline «Poligraficheskie tehnologii». URL: <https://present5.com/temy-zanyatij-po-discipline-poligraficheskie-tehnologii-guterman-moisej/> [Topics of classes in the discipline “Polygraphic technologies”] (date accessed: 10.12.2024).
2. Ferkel' V. B. Komp'yuternaja verstka [Computer layout]. Cheljabinsk: Cicero, 2009. 164 pp. (in Rus.).
3. Popova T. S., Bizjuk A. V. Metodika avtomatizacii processa verstki pechatnogo izdaniya s peremennoj graficheskoy informaciej [A technique for automating the layout process of a printed publication with variable graphic information] // Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovyh tehnologij [East European Journal of Advanced Technologies]. 2011. № 10 (49). 24-25 pp. (in Rus.).
4. Frjenk Romano, Sovremennye tehnologii v izdatel'sko-poligraficheskoy otrasli [Modern technologies in the publishing and printing industry]. M: PRINT-MEDIA centr, 2006. 456 pp. (in Rus.).
5. Pre-flight (printing) // Wikipedia — URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Pre-flight_\(printing\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Pre-flight_(printing)) (date accessed: 12.12.2024).

С.О. Данилова, Е.Н. Дроздова

ОПТИМИЗАЦИЯ СОЗДАНИЯ АНИМАЦИИ В ИГРАХ С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММЫ LIVE2D CUBISM

© С.О. Данилова, Е.Н. Дроздова, 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

В статье рассматривается программа *Live2D Cubism* и технология *Live2D* как эффективный метод оптимизации создания анимаций объектов для видеоигр. Описывается поэтапный план создания собственной модели и настройки ее движений, а также сравнение с аналогами разной категории и инструментария для выявления оптимальной среды работы.

Ключевые слова: Live2D, Live2D Cubism, производительность, анимация, разработка, видеоигры.

S.O. Danilova, E. N. Drozdova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design 191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya,

18

OPTIMIZING ANIMATION CREATION IN GAMES WITH LIVE2D CUBISM

The article discusses the Live2D Cubism program and Live2D technology as an effective method for optimizing the creation of object animations for video games. It describes a step-by-step plan for creating your own model and setting up its movements, as well as a comparison with analogs of different categories and tools to identify the optimal working environment.

Keywords: Live2D, Live2D Cubism, performance, animation, development, video games.

Введение. Процесс стремительной цифровизации и развития информационных систем и технологий поспособствовал выраженному изменению элементов всех сфер жизни человека: они стали разнообразнее, универсальнее и удобнее в реализации. В особенности это повлияло на сегмент развлечений – компьютерные и мобильные игры стали новым видом отдыха, охватывающим множество жанров и стилей, так и новым видом спорта с реальными турнирами и денежными вознаграждениями. Кроме того, феномен «локдауна» и пандемии стали ключевыми событиями, благодаря которым рынок разработки игр вырос в несколько раз, предоставив инди-разработчикам новые места для личных проектов. На ряду с положительной статистикой, острой проблемой остается плохая оптимизация создания анимации интерактивных элементов видеоигры, что может привести к финансовым убыткам, задержкам публикации и возможной отмене проекта, это можно объяснить следующим рядом причин:

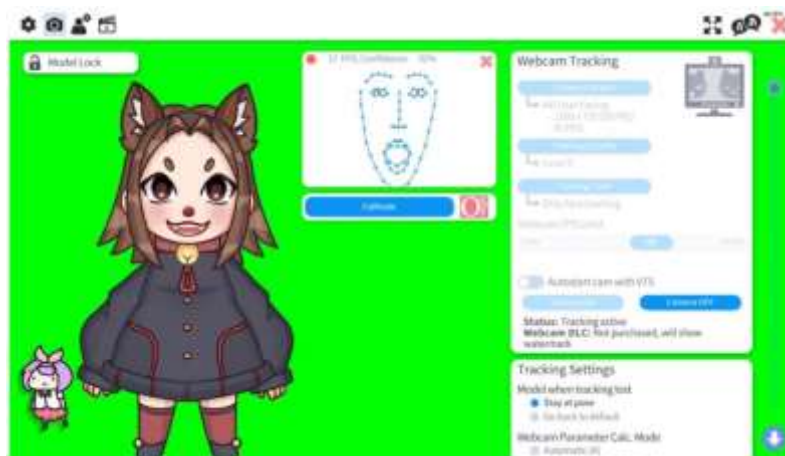
- анимация, будь она покадровой или с использованием 3D технологий, всегда была и остается одним из самых дорогих способов творчества. Следствием этого является стремление издателей и разработчиков найти максимально оптимальные методы для ее удешевления;
- современные программы для 2D/3D рендера и анимации являются тяжелыми и требовательными к системным параметрам компьютера;
- ошибки в ключевых группах кадров могут привести к браку и полной переделке анимации, так как в итоговый продукт невозможно будет внести какие-либо коррективы;
- отсутствие у разработчиков или членов команды образования и навыков в сфере классической анимации может усложнить процесс создания игры, поэтому стремление оптимизировать данный этап для коллектива будет приоритетным. Например, художник умеет создавать иллюстрации, но ничего не понимает в работе частоты кадров и физики движений, следовательно, создание анимации для него будет либо невозможным, либо трудным в реализации и потребует дополнительного обучения.

Отдельно хотелось бы выделить, что в современных реалиях все большее количество компаний и разработчиков перенимают тенденцию большой экономии, постепенно упрощая и удешевляя классическую анимацию, таким образом, и была разработана такая технология как Live2D, что дословно переводится как «живое 2D (изображение)».

Технология Live2D. Данный метод был представлен в 2008 году компанией Cybernoids Co. Ltd. (ныне Live2D Ltd.)

и был направлен на улучшение пользовательского опыта за счет «живой» анимации персонажей и иных объектов.

Такой эффект создавался за счет использования 2D изображения, а точнее системы отдельно перемещающихся слоев, сохраненных в файле расширения Adobe Photoshop (.psd). Управляя такой иерархией, разработчик мог создать искусственный трехмерный эффект, при этом, в отличие от 3D, реализуемая модель не имеет скелета и может полностью деформироваться, растягиваться, поворачиваться и сжиматься. Кроме того, Live2D может использовать захват движения в реальном времени [1], позволяя применять готовые работы в онлайн-формате, такие как видеоконференции, стримы или запись видеоматериалов (рисунок 1).



1. Пример захвата движений лица Live2D моделью

Live2D Cubism. Для анимирования 2D изображения с помощью описанной ранее универсальной технологии требуется специализированная программа, поэтому компанией Live2D Ltd. в 2009 году был предложен инновационный технологический продукт в виде «Live 2D Cubism» — профессионального программного обеспечения для 2D-моделирования, реализующего «стереоскопический эффект» из одного оригинального изображения пользователя. В отличие от поккадровых анимаций и анимаций с использованием 3D-моделей, здесь применяется подход, который напрямую обрабатывает исходные графические материалы. Главной особенностью этого процесса является то, что форма линии и текстура передаваемых цветов остаются нетронутыми.

Профессиональная терминология. Перед тем как полностью разобрать функционал данного ПО, требуется ввести и рассмотреть ряд профессиональных терминов [2] и их определения для полного понимания работы Live2D Cubism:

- риг/Риггинг (от англ. «rigging» — оснастка) — процесс создания анимации виртуальной модели, состоящей из многокомпонентного 2D-изображения;
- 2D-модель – виртуальная многокомпонентная модель, обладающая сформированным пакетом готовых анимаций и пригодная к дальнейшей профессиональной работе. Стоит отметить, что все анимированные объекты считаются моделью вне зависимости от того, представляет ли она из себя персонажа или же объект окружения и их совокупность (например, анимированный фон в виде комнаты, штор и персонажей будет считаться моделью, но более сложной и комплексной);
- PNGtuber – упрощенная виртуальная 2D-модель, состоящая из нескольких переходных 2D-изображений, работающих по принципу активации голоса пользователя или кода видеоигры, их отличительной особенностью является отсутствие полноценной анимации и использование готовых настроек;
- Vtuber («Витубер») – человек, ведущий специализированную деятельность в компании с помощью использования виртуальной 2D-модели в целях получения прибыли, аудитории и творческой реализации. Также витубером может считаться сама модель, которую можно использовать в режиме реального времени на основе движения пользователя [3].
- референс – вспомогательное изображение (набросок), на базе которого формируется финальная виртуальная 2D-модель.

Инструментарий ПО. Live2D Cubism отличается широким функционалом [4] и позволяет пользователю осуществлять редактирование не только одного объекта (слоя), но и целой группы одновременно. Для этого разработчиками были предложены следующие ключевые опции:

- Deform Path Edit – позволяет устанавливать ключевые точки (аналогично с костями в 3D) на редактируемом слое изображения, что позволяет менять его форму и создавать искусственные изгибы;
- Keyforms – стадии изменения элементов, может затрагивать как и ось X, так и обе оси;
- Edit Keyforms Manually – позволяет добавлять больше ключевых точек (стадий) для редактируемой модели, делая анимацию плавной и точной. В качестве аналогии можно привести пример анимации моргания глаза: для этого у пользователя будет два keyform'a в виде открытого и закрытого глаза, промежуток между ними будет автоматически анимирован программой, но при надобности можно сделать дополнительные стадии, чтобы в требуемом временном промежутке у глаза было определенное для аниматора положение;
- Warp Deformer – редактируемая сетка, с помощью которой можно деформировать заключенный в ней объект (его увеличение/уменьшение, растягивание/сужение, перспективное смещение);
- Randomize parameters – функция автоматического подбора показателей для различных анимированных элементов, требуется для проверки корректности вида модели под определенными углами. В особенности это касается используемых онлайн-моделей, так как их движения являются хаотичными и непредсказуемыми в отличие от игровых моделей, чьи анимации являются фиксированными и задаются пользователем вручную;
- Layer – слой, включающий в себя элементы 2D-изображения;

- Blocked (fixed) layer – фиксация слоя, содержащего определенный элемент или их группу;
- Face Tracking (Фейс-треккинг) – способность распознавания устройством движения пользователя в режиме реального времени (например, его губ, бровей, глаз, головы).

Также в программе предусмотрена система горячих клавиш, которую пользователь может редактировать и задавать вручную, это позволяет ускорить рабочий процесс и сделать работу над анимацией более комфортной, для этого требуется зайти в настройки, нажав кнопку «Edit» на главной верхней рабочей панели и выбрать опцию «Keyboard shortcuts».

Подготовка к анимации. Прежде чем получить анимированную модель, пользователю требуется осуществить три основных этапа: создание референса, нарезку элементов и риггинг. В корпоративных масштабах данные процессы разбиваются между отдельными квалифицированными сотрудниками, где за авторством одной виртуальной 2D-модели может стоять несколько и даже десятки человек. Для инди-разработчиков это количество будет в разы меньше и не малой редкостью бывает, что за всем рабочим циклом разработки стоял один человек.

Создание референса включает в себя формирование первоначального образа модели (ее атрибутов, внешнего вида, определение элементов, которые должны быть статичными или иметь анимацию). После чего финальный вид объекта иллюстрируется в любом растровом редакторе, который поддерживает расширение «.psd» — Adobe Photoshop, Krita, Medibang Paint Pro, PaintToolSai, ClipstudioPaint Pro и т.д. Сложность и вид модели полностью ограничен воображением разработчиков и стилем, который будет использовать в игре. Пример лично выполненной модели можно увидеть на рисунке 2.



2. Создание референса в несколько этапов

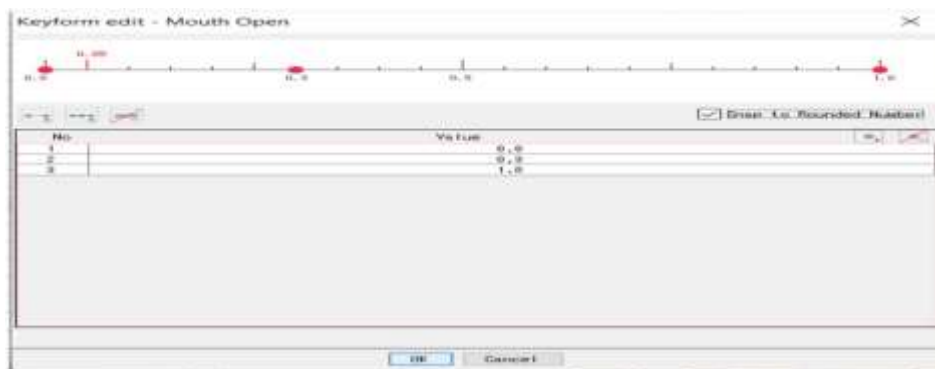
Получив готовое 2D-изображение, пользователю требуется нарезать элементы модели [5]. Этот процесс обусловлен тем, что в самой программе сделать это будет невозможно по причине отсутствия в ней нужного для процесса инструментария, поэтому аниматоры осуществляют его в том же редакторе, в котором и создавалась иллюстрация, применяя такие функции как «лассо» и «выделение», чтобы удалить и скопировать нужный элемент на отдельный слой. Важный нюанс такой процедуры заключается в том, что, копируя объект на отдельный слой, пользователь должен учитывать, что пространство под ним должно быть «заделано». Это можно рассмотреть на следующем примере: у пользователя есть изображение часов с часовой и секундной стрелкой, и он хочет реализовать анимацию их работы (движения стрелок), вырезав и скопировав стрелки по отдельным слоям. При этом слой с циферблатом будет иметь дыры, так как из него только что были перемещены элементы и при их движении другим людям будет это видно, поэтому пользователю требуется дорисовать задник часов, закрасив нужные участки.

По причине наличия таких тонкостей в разработке модели, аниматорами был придуман еще один способ, который удобен для тех моделей, которые первоначально создаются с нуля – для этого на этапе референса художником уже задаются линии границ объекта, после чего они сразу отрисовываются отдельно друг от друга, формируя иерархическую систему папок. Например, голова игрового персонажа будет разделена на следующие объекты: голову, брови, передние и задние пряди волос, нос, губы, уши и т.д. Если же есть элементы, которые должны оставаться в границах определенной области (взяв те же глаза, где зрачки не должны уходить за пределы белка), то иллюстратором используется такая функция как «маска», накладываемая поверх слоя. Увидеть все элементы при применении такого способа нарезки можно на рисунке 3.



3. Пример нарезанной модели

Проверив, что готовая модель полностью нарезана и сохранена в формате «.psd» (так как используемое в дальнейшем ПО не поддерживает считывание иных расширений файлов), пользователь должен открыть ее в Live2D Cubism и повторно произвести сохранение, но уже в формате «.cmo3», это позволит не только избежать системных ошибок, но и создать группы папок и файлов, хранящих информацию об анимациях виртуальной 2D-модели. Как и описывалось ранее, главная концепция такой технологии заключается в отсутствии покадровой корректировки объекта, потому что оно автоматически достраивается программой [6]. В частности, аниматорами используется двух или трехэтапная шкала, но функция «Edit Manually» дает возможность менять их количество и временные отрезки вручную или же удалять их полностью (рисунок 4).



4. Keyform Edit

Для анимации объектов, чье движение происходит одновременно в осях, пользователю требуется задать ключевые точки отдельно на каждой плоскости, после чего использовать функцию соединения, конвертирующую все в один большой параметр, где контрольная точка будет иметь круговое движение. Работу такой настройки можно увидеть у движения глаз, стрелок часов и т.д.

Если элементам нужно придать изгиб или наклон, то при применении «Warp Deformer» к нужной системе элементов и двигая нужные углы сетки, можно получить желанный результат. Важно выделить факт того, что при чрезмерной деформации (например, перенос внутренней точки за границы внешней сетки), модель может быть попросту испорчена и некорректно отображаться при разных параметрах.

Создание анимации. Задав все ключевые движения модели и перейдя из автоматического режима «Model», расположенного в верхней рабочей панели, в «Animation», пользователь может выбрать один из четырех удобных ему настроек [7], такие как: SDK Unity (для удобного импорта и работы на движке Unity, автоматически генерируя префаб и контроллер анимаций), SDK (не поддерживается Unity), Video (видео, не поддерживает SDK) и AE plug-in (для отображения и обработки движения модели в среде Adobe After Effects). После этого при переносе своей готовой модели на временную шкалу появятся все заданные ранее анимации, чью скорость, продолжительность и стадии можно настроить вручную через «Graph Editor» (рисунок 5). В конце пользователю потребуется только сохранить и экспортировать файл в нужном расширении для дальнейшей работы над игрой.



5. Использование Graph Editor для анимации модели

Сравнение аналогов. Хотя термин Live2D и ПО Live2D Cubism были представлены одной компанией, вышеописанная программа является не единственным инструментом для анимации и на данный момент имеет множество аналогов или схожих по технологии приложений. В качестве исследовательской части был проведен анализ четырех программ для выявления лучшего варианта по следующим критериям: анимации, стоимости, уровню технической поддержки, сложности освоения, техническим требованиям, использованию модели онлайн, экспорту и поддержке Unity. Результаты были помещены в таблице 1.

Таблица 1. Сравнение аналоговых программ с ПО Live2D Cubism

	Live2D Cubism	Inochi2D	HONK	After Effects
Анимация	Возможность создания плавной или стилизованной анимации	Возможность создания плавной или стилизованной анимации	Прерывистая сменяемость готовых элементов модели	Возможность создания плавной или стилизованной анимации
Стоимость	Есть бесплатная и версия по подписке (14\$ в месяц или 248\$ на 3 года)	Бесплатно	Платно (12\$)	Есть пробная версия и подписка (23\$ в месяц)
Техническая поддержка	Официальные обновления и добавление новых функций	Находится в бета-тестировании	Умеренная частота обновлений	Официальные обновления и добавление новых функций
Сложность освоения программы	Умеренная, есть множество официальных инструкций	Умеренная, мало теоретических материалов	Легкая, есть видимые пояснения функций	Умеренная, много официальных инструкций
Технические требования	Windows 10, 11 Intel Core i5 или выше 4 ГБ ОЗУ HDD объема 1 ГБ NVIDIA GeForce GTX 950 или выше	Windows 10, 11 Intel Core i5 или выше 512 МБ ОЗУ HDD от 100 МБ NVIDIA GeForce GTX 950 или выше	Windows 10, 11 Intel Core i5 или выше 512 МБ ОЗУ HDD от 100 МБ NVIDIA GeForce GTX 950 или выше	Windows 10, 11 Intel Core i6 или выше 16 ГБ ОЗУ HDD объема 8 ГБ ГП с объемом видеопамяти не менее 4 ГБ
Использование моделей онлайн	Да	Да	Да	Нет
Экспорт модели для видеоигры	Да	Да	Нет	Нет
Поддержка Unity	Да	Да	Нет	Да

В ходе анализа было выяснено, что на состояние 2024-2025 года программа Live 2D Cubism не имеет как таковых конкурентов, не считая Inochi2D в будущей перспективе, Adobe After Effects был откинут на третье место по

причине того, что сама программа направлена на создание графических эффектов, а не функционирующих моделей. Inochi2D почти полностью копирует функционал и внешнее оформление оригинала, но предоставляет бесплатный доступ для работы. Стоит повторно отметить, что клон уступает в техническом плане, так как находится в бета-тестировании и в ходе ее проверки происходило множество зависаний и крашей программы, но если ее инди-разработчиком будут внесены крупные обновления, то для начинающих пользователей это приложение будет таким же универсальным. HONK же ориентирован только на работу с онлайн-моделями на стриминговых платформах и не поддерживает какое-либо взаимодействия с Unity и разработкой игр в целом.

Отдельным опасением хотелось бы обозначить то, что Live2D Cubism разрабатывается крупной компанией с штатом сотрудников, пока его аналоги (не считая Adobe After Effects) поддерживаются группами инициативных программистов, если не единолично. Из-за этого могут происходить более частые сбои, долгое отсутствие обновлений или утечка конфиденциальной информации.

Заключение. Важно обозначить, что творчество человека, как и разработка видеоигр, являются субъективными. Выбор иных методов и программ, отличных от Live2D, не является ошибкой и не будет причиной провала реализуемого проекта. Оптимизация в первую очередь представляет собой сложную совокупность теории и практических навыков пользователя, направленных на улучшение производительности видеоигры, по этой причине Live2D Cubism можно выделить в качестве одного из универсальных ПО, позволяющего в разы упрощать анимацию объектов. Примеры применения такой технологии можно увидеть повсеместно: от графических новелл и 2D рогаляков до целых полнометражных фильмов с большими кассовыми сборами. По этой причине главную роль играет не наличие дорогой аппаратуры или программы, а рациональное распределение ресурсов и понимание эффективности применяемых решений в сфере разработки, иллюстрирования и анимации.

Список литературы

1. Live2D: Real-time facial animation of 2D illustrations. URL: <https://visagetechnologies.com/case-studies/live2d/> (дата обращения: 15.03.2025)
2. What is Vtuber rigging. URL: <https://orbispatches.com/gaming-faq/what-is-vtube-rigging> (дата обращения: 15.03.2025)
3. Кто такие витуберы. URL: <https://clck.ru/3Hq5gk> (дата обращения: 15.03.2025)
4. Live2D Cubism Tutorials. URL: <https://docs.live2d.com/en/cubism-editor-tutorials/top/> (дата обращения: 15.03.2025)
5. Как подготовить изображение Live2D. URL: <https://live2dpub.blogspot.com/2023/12/live2d.html> (дата обращения: 15.03.2025)
6. Keyforms. URL: <https://docs.live2d.com/en/cubism-editor-manual/keyform-xydirection/> (дата обращения: 15.03.2025)
7. Live2D Cubism Manuals & Tutorials: Creating Animations. URL: <https://docs.live2d.com/en/cubism-editor-tutorials/animators/> (дата обращения: 15.03.2025)

References

1. *Live2D: Real-time facial animation of 2D illustrations*. URL: <https://visagetechnologies.com/case-studies/live2d/> [Live2D: Real-time facial animation of 2D illustrations] (date accessed: 15.03.2025)
2. *What is Vtuber rigging*. URL: <https://orbispatches.com/gaming-faq/what-is-vtube-rigging> [What is Vtuber rigging] (date accessed: 15.03.2025)
3. *Kto takiye vitubery*. URL: <https://clck.ru/3Hq5gk> [Who are vtubers] (date accessed: 15.03.2025)
4. *Live2D Cubism Tutorials*. URL: <https://docs.live2d.com/en/cubism-editor-tutorials/top/> [Live2D Cubism Tutorials] (date accessed: 15.03.2025)
5. *Kak podgotovit' izobrazheniye Live2D*. URL: <https://live2dpub.blogspot.com/2023/12/live2d.html> [How to prepare a Live2D image] (date accessed: 15.03.2025)
6. *Keyforms*. URL: <https://docs.live2d.com/en/cubism-editor-manual/keyform-xydirection/> [Keyforms] (date accessed: 15.03.2025)
7. *Live2D Cubism Manuals & Tutorials: Creating Animations*. URL: <https://docs.live2d.com/en/cubism-editor-tutorials/animators/> [Live2D Cubism Manuals & Tutorials: Creating Animations] (date accessed: 15.03.2025)

К.Д. Домнина, Е.Н. Дроздова

РАЗРАБОТКА ГРАФИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ И ЛОГИКИ ДЕСКТОПНОЙ ПИКСЕЛЬНОЙ 2D-ИГРЫ В ЖАНРЕ АРКАДА

© К.Д. Домнина, Е.Н. Дроздова, 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Аннотация. В статье рассматриваются особенности разработки прототипа десктопной пиксельной аркадной игры. Обсуждается детальная концепция игры. Рассматривается разработка графических элементов. Описывается процесс разработки готового прототипа игры с использованием игрового движка Unity. Проверяются выдвинутые гипотезы и делаются выводы по результатам проведенного исследования.

Ключевые слова: прототипирование, видеоигра, Unity3D, геймплей, проверка гипотез.

K.D. Domnina, E.N. Drozdova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DEVELOPMENT OF GRAPHIC ELEMENTS AND LOGIC OF DESKTOP PIXEL 2D-IGRY IN ARCADE GENRE

Abstract. The article discusses the features of developing a prototype desktop pixel arcade game. A detailed concept of the game is discussed. The development of graphic elements is being considered. The process of developing a ready-made prototype game using the Unity game engine is described. The hypotheses are tested and conclusions are drawn based on the results of the study.

Keywords: prototyping, video game, Unity3D, gameplay, hypothesis testing.

Введение

Разработка видеоигр — это сложный и долгий процесс, который требует большого количества постоянных правок, и над которым часто работает большая команда разработчиков. Для снижения возможных денежных затрат и человеческих ресурсов компании разрабатывают прототипы видеоигр, неполную версию продукта, которая позволяет проверить и отработать все идеи. Также проверяется перспективность проекта, что дает уверенность в правильности выбранного направления.

Жанр аркадных игр отличается своей простотой в управлении. Игроку не нужно запоминать множество особенностей и условий, а процесс игры обычно основан на одной механике. Изначально аркадные игры произошли от игровых автоматов. В аркадах, как правило, отсутствует сюжет, но при этом может присутствовать большое разнообразие игровых персонажей. Например, при преодолении конкретного рубежа, игроку могут быть предложены варианты изменения внешнего оформления. Отсутствие сюжета объясняется малым количеством уровней, процесс игры в которых не зависит от внешних факторов и выборов игрока.

В данной статье рассматривается процесс разработки графических элементов и логики десктопной пиксельной 2d-игры в жанре аркада [1]-[4].

1. Концепция игры

Игровой цикл представляет собой игру с бесконечным уровнем, где необходимо на скорость вводить слова с клавиатуры. Присутствуют два режима: ввод слова (экран заполняется «окнами ошибок» с необходимым словом, при правильном вводе «окно» удаляется; при переполнении экрана игра завершается) и ввод абзаца (в этом режиме необходимо за ограниченное время ввести предложение; допускается ограниченное количество ошибок; в зависимости от скорости ввода содержимого начисляются очки; режим «Ввод абзаца» активируется при достижении игроком переходной точки между зонами повышения набора очков).

В зависимости от скорости ввода содержимого начисляются очки. Режим «Ввод абзаца» активируется при достижении игроком переходной точки между зонами повышения набора очков.

Игровое поле представляет собой экран монитора, на котором возникают «окна ошибок». На данных «окнах» отображается слово, которое должен ввести игрок. При переполнении игрового экрана монитора игра завершается. Цель: набрать максимально возможное количество очков

Игровое меню. Содержимое стартового экрана выровнено по левому краю экрана: сверху логотип, — меню. В правом нижнем углу ссылки на социальные сети для связи с разработчиком, а также на itch.io. Меню состоит из следующих пунктов: начать, настройки.

Экран настроек игры. Содержимое находится по центру экрана с выравниванием по левому краю. Содержит в себе параметры: сложность, язык игры, параметр «режим несуществующих слов», параметр «знаки препинания». Ниже по центру кнопка — «начать игру».

Игровой экран. Режим ввода слов: представляет собой виртуальный экран монитора, который заполняется «окнами ошибок». В левом верхнем углу расположен счетчик очков.

Режим ввода абзаца: представляет собой виртуальный экран монитора, на весь размер которого расположено «окно критической ошибки». По центру сверху размещен таймер, справа от которого отображено количество оставшихся возможностей совершить ошибку.

Снизу виртуального экрана расположена виртуальная клавиатура, на которой загораются нажимаемые игроком клавиши.

«Окно ошибок». «Окно ошибок» представляет собой прямоугольник, по центру которого написано необходимое слово.

«Окно критической ошибки». «Окно критической ошибки» представляет собой залитый прямоугольник, по центру которого расположен необходимый абзац.

Экран окончания игры. По центру экрана располагается надпись «Игра окончена», ниже — количество набранных очков. Внизу экрана посередине кнопка перезапуска игры и выхода в меню.

«Окно ошибок» при вводе правильного слова «окно» пропадает, если игровое поле переполняется, игра завершается.

«Окно критической ошибки» — при вводе правильного абзаца «окно» пропадает, но, если игрок не успел за выделенное время ввести абзац или допустил большое количество ошибок, игра завершается.

Виртуальная клавиатура — при нажатии игроком клавиши соответствующая кнопка загорается зеленым цветом, при ошибке — красным.

В рамках прототипизации игры необходимо реализовать:

Core-gamplay: реализовать игральный уровень с предварительными настройками для внесения разнообразия в игру: выбор языка, возможность ввода несуществующих слов, включение/отключение знаков препинания; реализовать игральный уровень с предварительными настройками сложности количества слов в минуту, для проверки гипотезы сложности для игроков разного возраста.

UX/UI и управление: виртуальную клавиатуру, реагирующую соответствующим вышеописанным образом на действия игрока; возможность отключать анимацию для чувствительных игроков.

При создании прототипа необходимо минимизировать временные затраты на создание звуков и музыки. Важно реализовать все механики и возможности разнообразия игры с удобными полями для тестирования. Графика должна быть реализована в минимальном объеме, в выбранном арт-стиле, без разнообразия.

2. Разработка графических элементов

В процессе прототипирования важным этапом являлась визуальная подача, которую необходимо было реализовать в минимальном, но полном объеме. Для этого использовались готовые пакеты и стандартные эффекты. Был использован шрифт Pixelify Sans, который был добавлен в проект в папку Fonts. Данный шрифт используют все текстовые элементы игры.

Также были подготовлены различные спрайты: 9Sliced используется для виртуальной клавиатуры, checkbox-pixelated и uncheckbox-pixelated — для переключателей в параметрах игры, error — для какой-то штуки, иконка itch-io и почты mail используются для понятного и удобного внешнего вида ссылок в меню. Для игровых элементов — окна критической ошибки, ошибки и клавиши — были созданы префабы.

Для критической ошибки был создан префаб BossWindow, состоящий из текста по центру, который игроку необходимо будет ввести, сверху располагается таймер, количество допущенных ошибок и заголовок (рисунок 1, а). В данном объекте находятся текстовые поля TimeLeft, MistakesLeft. Окно ошибки ErrorWindow похоже внешне на критическую, с отличием в отсутствии таймера и количества ошибок (рисунок 1, б). Клавиша виртуальной клавиатуры Key выглядит как белый скругленный прямоугольник.



а



б

1. Графические элементы: а — окно критической ошибки BossWindow;
б — окно критической ошибки ErrorWindow

Также необходимо было реализовать анимации и аниматоры для соблюдения стилистики игры (рисунок 2, а). Анимация KeyPress изменяет цвет от белого к голубовато-зеленому и используется для подсвечивания нажатых клавиш клавиатуры на сцене. Анимация ErrorBreathing используется для плавного увеличения и последовательного уменьшения размеров окон. Эффект достигается за счет изменения параметров Scale. Анимация BeatMovement резко изменяет масштаб окна Scale и немного поворачивает его Rotation. Аниматор ErrorWindow используется для окон ошибки, задавая

рассмотренную выше анимацию ErrorBreathing (рисунок 2, б). Для клавиш используется аниматор Key, реализующий проигрывание анимации при изменении состояния, что эквивалентно нажатию на кнопку, и возврата в исходное (рисунок 2, в). Аниматор Overall используется для запуска анимации BeatMovement (рисунок 2, г).



а



б



в



г

2. Реализация анимации и аниматоров для соблюдения стилистики игры:

а — анимации и аниматоры; б — аниматор ErrorWindow; в — Аниматор Key; г — аниматор Overall

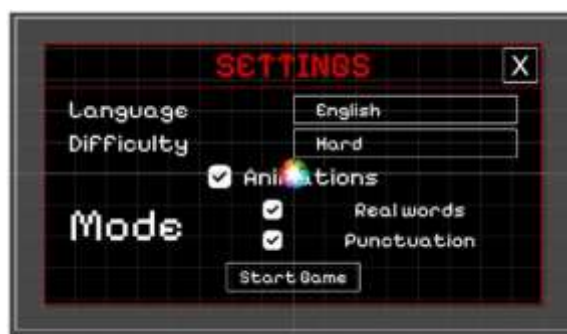
Были созданы две игровые сцены: Main для игры и Menu для параметров, старта игры и выхода из нее. В сцене Menu все элементы расположены внутри объекта Canvas (рисунок 3, а). Название игры размещено внутри объекта Window: объект Border является внешней рамкой, в Upper располагается верхний подзаголовок «Welcome to the game!» и кнопка выхода из игры, в Content находится название игры «Alert Typer». Ниже на сцене расположены объекты Menu и Social. Первый является контейнером для двух пунктов меню – старта игры и перехода в настройки. Во втором расположены ссылки на itch.io и почту. Также в окне Menu реализован объект SettingWindow, внутри которого располагаются параметры для настройки игры (рисунок 3, б). Структура объектов аналогична, указанному выше.

В сцене Main все элементы также расположены внутри объекта Canvas (рисунок 3, в). Объект Canvas содержит объект Overall, для которого был добавлен компонент аниматора с контроллером Overall. Виртуальная клавиатура является набором объектов, объединенных в ряды по номерам, которые являются частями объекта Keyboard Layout. Для каждой клавиши установлен контроллер Key, рассмотренный выше.

Текущий счет игры, время и рекорд отображаются с помощью объектов Score, Time, Max соответственно. При проигрыше игрока отображается окно, объект LoseWindow (рисунок 3, г). Во внутреннем объекте Content отображается количество набранных очков, а также кнопок для перезапуска игры или выхода в меню. Также для MainCamera на каждой сцене был добавлен компонент постобработки FX Profile.



а



б



B

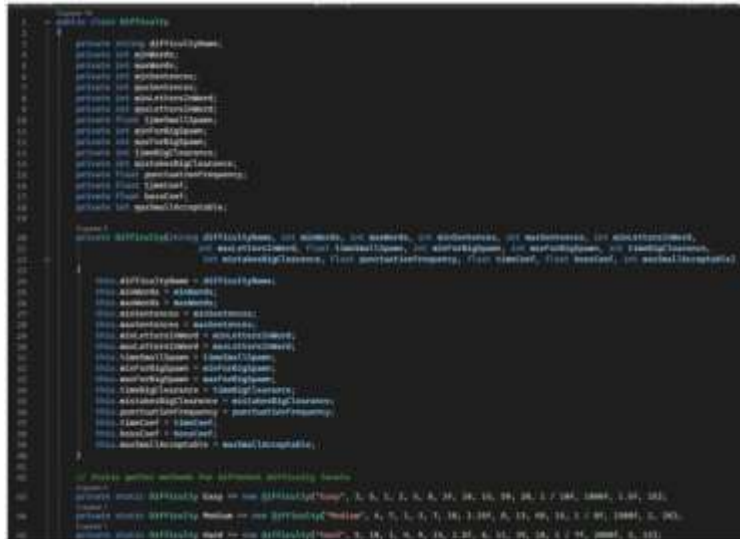
Г

3. Игровые сцены: а — сцена Menu; б — сцена Menu с параметрами настроек; в — сцена Main; г — внешний вид проигрыша

3. Разработка логики игры

Согласно техническому заданию, было создано 14 скриптов, полностью реализующие возможности игры. Были разработаны несколько классов, описывающие структуры, не зависящие от других игровых компонентов: String To Key Code, Sound, Difficulty, Words. Также для записи данных игровых настроек использовался объект PlayerPrefs, где хранятся данные ключа и соответствующего дня его значения. В скрипте StringToKeyCode.cs описан класс, реализующий сопоставление строковому описанию клавиши ее KeyCode, хранимое в виде словаря. Также в данном классе был реализован метод, который позволяет по строковому определению клавиши определить ее KeyCode. В скрипте Sound.cs описан класс, состоящий из полей name, clip, source, volume, loop, являющиеся характеристиками звука.

Для удобного описания и изменения сложности игры было необходимо отдельно вынести все параметры, поэтому был создан скрипт `Difficulty.cs`, описывающий класс сложности. Данный класс имеет различные поля, конструктор, а также геттеры, задающие параметры для разных уровней сложности (рисунок 4) и для получения значений полей класса. Также класс `Difficulty` имеет метод `GetDifficultyByString`, позволяющий определить настройки для уровней сложности по входной строке.



4. Фрагмент скрипта Difficulty.cs

В скрипте Words.cs описан класс Words, реализующий получение сгенерированного предложения или слова (рисунк 5), а также Vocabulary, позволяющий сформировать случайное предложение или слово.

```

11 public class Words
12 {
13     static string GetRandomSentence(Difficulty difficulty, TypeOfString tos, bool realWord, bool punctuation)
14     {
15         int numberOfWords = UnityEngine.Random.Range(difficulty.MinWords, difficulty.MaxWords);
16         float punctuationFrequency = difficulty.PunctuationFrequency;
17
18         string resultString = "";
19         for (int i = 0; i < numberOfWords; i++)
20         {
21             resultString += Vocabulary.GetRandomOf(tos, realWord: realWord);
22             if (i == numberOfWords - 1)
23             {
24                 break;
25             }
26
27             if (punctuation <= UnityEngine.Random.Range(0f, 1f) < punctuationFrequency)
28             {
29                 resultString += Vocabulary.GetRandomPunctuation();
30             }
31             else
32             {
33                 resultString += " ";
34             }
35         }
36         return resultString[0].ToString().ToUpper() + resultString[1..] +
37             (punctuation ? Vocabulary.GetRandomOf(TypeOfString.EndSymbols) : "");
38     }
39     static string GetRandomWord(Difficulty difficulty, TypeOfString tos, bool realWord)
40     {
41         int lengthOfWord = UnityEngine.Random.Range(difficulty.MinLettersInWord, difficulty.MaxLettersInWord);
42         string resultString = Vocabulary.GetRandomOf(tos, realWord: realWord, length: lengthOfWord);
43         return resultString[0].ToString().ToUpper() + resultString[1..];
44     }
45 }

```

5. Фрагмент скрипта Words.cs

В генерации используется созданное перечисление TypeOfString, определяющее, какие виды текста существуют: английский язык, русский язык, пунктуация и символы в конце предложения. Так, например, при задаче генерации реального слова, оно формируется из alphabet, что определяется входными условиями в методе GetRandomOf.

Остальные скрипты используют рассмотренные классы и отвечают за основную логику игры: за взаимодействие пользователя с элементами интерфейса, игровыми объектами и условия проигрыша, настроек параметров. В скрипте Key.cs каждая кнопка виртуальной клавиатуры в моменте перед запуском игры присваивает значения KeyCode и Animator, последний позволяет при помощи метода Press отобразить клавишу нажатой (рисунок 6). Для этого внутри Keyboard Layout для каждой кнопки был добавлен скрипт, с указанием названия клавиши, и также Animator с контроллером Key.

```

1 using UnityEngine;
2
3 public class Key : MonoBehaviour
4 {
5     [SerializeField] private string keyStr;
6     [HideInInspector] public KeyCode code;
7     private Animator animator;
8
9     // Awake is called before Start
10    void Awake()
11    {
12        code = StringToKeyCode.GetKey(keyStr);
13        animator = GetComponent<Animator>();
14    }
15    void Press()
16    {
17        animator.SetTrigger("pressed");
18    }
19 }

```

6. Фрагмент скрипта Key.cs

Скрипт AudioManager.cs используется для определения массива музыки Sound, устанавливания их параметров, а также для проигрывания необходимой аудиодорожки (рисунок 7).

```

1  using System;
2  using UnityEngine;
3
4
5  // Comment Unity (it would be prepared 2) / Comment 1
6  public partial class AudioManager : MonoBehaviour
7  {
8      public Sound[] sounds;
9
10     // Comment Unity (it would be prepared 2) / Comment 1
11     void Awake()
12     {
13         foreach (Sound s in sounds)
14         {
15             s.source = gameObject.AddComponent();
16             s.source.clip = s.clip;
17             s.source.volume = s.volume;
18             s.source.loop = s.loop;
19         }
20
21         // Comment 14
22         public void Play(string name)
23         {
24             Sound s = Array.Find(sounds, sound => sound.name == name);
25             s.source.Play();
26         }
27     }
28 }

```

7. Фрагмент скрипта AudioManager.cs

Скрипт KeyManager.cs отвечает за управление клавишами: при старте игры определяется audioManager каждой кнопки, а при каждом обновлении проверяется факт нажатия с последующим вызовом ранее рассмотренных методов Play и Press в классах AudioManager и Key соответственно (рисунок 8).

```

1  using System.Collections;
2  using System.Collections.Generic;
3  using UnityEngine;
4  using UnityEngine.UI;
5
6  // Comment Unity (it would be prepared 2) / Comment 1
7  public class KeyManager : MonoBehaviour
8  {
9      Dictionary<KeyCode, Key> dict = new Dictionary<KeyCode, Key>();
10     AudioManager audioManager;
11     // Start is called before the first frame update
12     // Comment Unity (it would be prepared 2) / Comment 1
13     void Start()
14     {
15         audioManager = FindObjectOfType<AudioManager>();
16         foreach (Key key in FindObjectsOfType<Key>())
17         {
18             dict.Add(key.code, key);
19         }
20
21         // update is called once per frame
22         // Comment Unity (it would be prepared 2) / Comment 1
23     void Update()
24     {
25         foreach (KeyCode key in dict.Keys)
26         {
27             if (Input.GetKeyDown(key))
28             {
29                 audioManager.Play("keyClick");
30                 dict[key].Press();
31             }
32         }
33     }
34 }

```

7. Фрагмент скрипта KeyManager.cs

В скрипте Buttons.cs определяются методы, вызывающиеся при нажатии функциональных кнопок в параметрах игры, в меню, а также отвечает за устанавливание параметров игры.

Например, методы CloseSettings, OpenSettings, StartGame и QuitGame используются соответственно для закрытия и открытия окна настроек, старта и выхода из игры. При изменениях параметров игры они устанавливаются при помощи методов UpdateNonExistent, UpdatePunctuation, UpdateAnimation, UpdateLanguage, UpdateDifficulty для несуществующих слов, пунктуации, настройки анимации, выбора языка и сложности соответственно. Например, при изменении выбора параметра несуществующих слов, меняется значение PlayerPrefs по ключу «RealWords» и переключается toggleExImage на toggleInactive или toggleActive. Данный метод используется на игровом объекте Toggle внутри SettingsWindow. Также в скрипте Buttons.cs метод SetDefault отвечает за установление параметров по умолчанию при старте игры.

Скрипт ButtonsInGame.cs отвечает за функционал кнопок внутри игры, где метод Update проверяет нажатие клавиши Escape, что соответствует выходу в меню, а также методы загрузки игры и меню StartGame и BackToMenu соответственно (рисунок 8).

```

1  using UnityEngine;
2  using UnityEngine.SceneManagement;
3
4  // Скрипт Unity (1 ссылка на ресурс) | Ссылка 0
5  public class ButtonsInGame : MonoBehaviour
6  {
7
8      // Сообщение Unity | Ссылка 0
9      void Update()
10     {
11         if (Input.GetKey(KeyCode.Escape))
12         {
13             BackToMenu();
14         }
15     }
16
17     // Ссылка 0
18     public void StartGame()
19     {
20         FindObjectOfType<AudioManager>().Play("Button");
21         SceneManager.LoadScene("Main");
22     }
23
24     // Ссылка 1
25     public void BackToMenu()
26     {
27         FindObjectOfType<AudioManager>().Play("Button");
28         SceneManager.LoadScene("Menu");
29     }
30 }

```

8. Фрагмент скрипта ButtonsInGame.cs

В скрипте Timer.cs определяется поведение счетчика времени внутри игры (рисунок 9). При старте игры считывается запускается корутина TimerCoroutine, используемый для корректного подсчета прохождения одной секунды. Таким образом отображаемое время будет соответствовать действительно пройденную промежуток времени.

```

1  using System.Collections;
2  using System.Collections.Generic;
3  using UnityEngine;
4  using UnityEngine.UI;
5
6
7  // Скрипт Unity (1 ссылка на ресурс) | Ссылка 1
8  public class Timer : MonoBehaviour
9  {
10     public bool timerStopped = false;
11     Text timerText;
12     int timer = 0;
13     // Start is called before the first frame update
14     // Сообщение Unity | Ссылка 0
15     void Start()
16     {
17         timerText = GetComponent<Text>();
18         StartCoroutine(TimerCoroutine());
19     }
20
21     // Ссылка 1
22     IEnumerator TimerCoroutine()
23     {
24         while (!timerStopped)
25         {
26             yield return new WaitForSeconds(1);
27             timer += 1;
28             string minutes = Mathf.Floor(timer / 60).ToString();
29             string seconds = (timer % 60).ToString();
30             if (minutes.Length < 2)
31             {
32                 minutes = "0" + minutes;
33             }
34             if (seconds.Length < 2)
35             {
36                 seconds = "0" + seconds;
37             }
38             timerText.text = minutes + ":" + seconds;
39         }
40     }
41 }

```

9. Фрагмент скрипта Timer.cs

Аналогичным образом реализованы остальные скрипты. Таким образом, был разработан весь необходимый код при подготовке прототипа игры.

4. Тестирование и проверка гипотез

При тестировании прототипа игры была собрана фокус группа из 5 человек разных возрастов и пола. Была собрана информация о впечатлениях от игры: оценивался интерес и сложность восприятия игроками контента по шкале от 1 до 5. Результаты проведенного опроса представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты опроса впечатлений от игры

Пол, возраст	Оцените разнообразие игры	Оцените сложность игры	Выберите наиболее удобный визуальный режим игры	Ваши предложения по улучшению игры
Ж, 23	4	4	Неважно	«Хотелось бы увидеть возможность выбора цветов для клавиатуры и более сложный режим».
М, 23 4		4	Неважно	«Не хватает хардкорного режима».
М, 14	5	5	Неважно	—
М, 9	5	5	Неважно	—
Ж, 43	4	5	Без анимаций	«Было бы удобно иметь возможность потренироваться без трат ошибок и без времени»

Проведение тестирования позволило проанализировать существующие недочеты, были сделаны следующие выводы относительно гипотез.

Гипотеза 1: механика может быть однообразной, возможна быстрая потеря интереса и внимания игрока. Вывод: тестирование показало, что в основном каждому игроку было достаточно присутствующего в игре разнообразия, однако были высказаны пожелания по созданию еще более сложного режима игры и возможности тренировочного поля.

Гипотеза 2: механика может быть сложной для разного уровня подготовки игроков. Вывод: в полученных ответах достаточно сложно было всем, особенно более молодому и взрослому поколению, однако данный критерий выступил преимуществом для прототипа.

Гипотеза 3: механика может графически сложно восприниматься чувствительными игроками. Вывод: наличие возможности отключить анимации было правильным, так как в результатах тестирования человек обозначил, что для него было комфортнее играть без анимаций.

Заключение.

Таким образом, рассмотрена методология разработки прототипа десктопной аркадной игры в десктопной пиксельной 2d-игре в жанре аркада. Создание прототипа игры с использованием среды Unity является важным этапом разработки игрового продукта, который обеспечивает разработчикам множество возможностей и упрощает процесс создания игры. Это позволяет быстро проверить идеи и концепции игры, оценить их потенциал и сосредоточиться на геймплее и игровой механике, минуя сложности разработки собственного игрового движка. Использование Unity предлагает широкий спектр инструментов и ресурсов для разработки игр, что позволяет быстрее и эффективнее привести свои идеи к жизни и способствует более качественной и успешной разработке игр.

Список литературы

8. Прототипирование в геймдеве. URL: <https://spiiin.github.io/blog/2537188794/> (дата обращения: 03.04.2025)
9. Проверка концепта игры минимальными средствами. URL: <https://vc.ru/pixonix/42293-proverka-koncepta-igry-minimalnymi-sredstvami> (дата обращения: 03.04.2025)
10. Особенности прототипирования игр. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/573298/> (дата обращения: 03.04.2025)
11. Как создаются видеоигры: процесс разработки игры. <https://itanddigital.ru/videogame> (дата обращения: 03.04.2025)

References

1. *Prototipirovanie v gejmdve*. URL: <https://spiiin.github.io/blog/2537188794/> [Prototyping in Game Design]. (date accessed: 03.04.2025)
2. *Proverka koncepta igry minimal'nyimi sredstvami*. URL: <https://vc.ru/pixonix/42293-proverka-koncepta-igry-minimalnymi-sredstvami> [Checking the concept of the game with minimal means]. (date accessed: 03.04.2025)

3. *Osobennosti prototipirovaniya igr*. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/573298/> [Features of prototyping games]. (date accessed: 03.04.2025)
4. *Kak sozdajutsja videogry: process razrabotki igry*. <https://itanddigital.ru/videogame> [How Video Games Are Created: The Game Development Process]. (date accessed: 03.04.2025)

УДК 677.016.8

С.А. Ерофеева

ТЕРМОХРОМНЫЕ КРАСИТЕЛИ В ТЕКСТИЛЕ: НОВЫЕ ГОРИЗОНТЫ ДЛЯ ДИЗАЙНА И ФУНКЦИОНАЛЬНОСТИ ОДЕЖДЫ

© С.А. Ерофеева

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

В современном мире применение инновационных технологий для окрашивания полимерных материалов становится всё более актуальным. Одним из перспективных направлений в этой области является использование термохромных красителей. Эти красители реагируют на малейшие изменения температуры, что позволяет создавать материалы с изменяющимся цветом. Исследование таких красителей имеет большое значение для развития производства полимерных изделий, улучшения их характеристик и расширения возможностей дизайна.

Ключевые слова: термохромные красители, трафаретная печать, устойчивость окраски, инновационные технологии, изменение цвета.

S.A. Erofeeva

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

THERMOCHROMIC DYES IN TEXTILES: NEW HORIZONS FOR THE DESIGN AND FUNCTIONALITY OF CLOTHING

In the modern world, the use of innovative technologies for colouring polymeric materials is becoming more and more relevant. One of the promising trends in this area is the use of thermochromic dyes. These dyes react to the slightest changes in temperature, which makes it possible to create materials with changing colour. The research of such dyes is of great importance for the development of polymer products production, improvement of their characteristics and expansion of design possibilities.

Keywords: thermochromic dyes, screen printing, colour stability, innovative technologies, colour change.

В условиях современного рынка, где потребители всё больше ценят уникальные и инновационные продукты, производители текстиля ищут новые способы выделиться. Одним из таких способов является использование термохромных красителей. Эти красители меняют цвет в зависимости от температуры, что придаёт изделиям необычный и привлекательный вид. Оценка изменений свойств текстильных материалов после печати термохромными красителями важна для понимания их влияния на качество, функциональность и рыночную привлекательность продукции.

В последние годы наблюдается значительный прогресс в разработке синтетических красителей, способных изменять цвет в ответ на внешние условия, такие как температура. Эти термохромные красители находят применение как в декоративных целях, так и в качестве температурных датчиков. Их можно разделить на две основные группы в зависимости от механизма цветовой релаксации: обратимые (реверсивные) и необратимые. Обратимые красители изменяют свой цвет при нагревании и восстанавливают его при охлаждении, что позволяет повторно использовать окрашенные материалы. Необратимые красители, напротив, переходят в другое цветовое состояние без возможности возвращения к исходному цвету [1].

Органические обратимые красители делятся на две категории: «прямые» и «непрямые». Прямые красители используются для непосредственного окрашивания текстильных материалов, в то время как непрямые красители не могут быть использованы для крашения текстиля из-за ограничений температурных условий эксплуатации.

Один из популярных и простых способов нанесения термохромного пигмента на текстиль является шелкотрафаретная печать. Шелкотрафаретная печать – это метод печати, при котором изображение наносится на поверхность с помощью трафарета. Этот метод позволяет получать высококачественные изображения с яркими цветами и чёткими контурами. Шелкотрафаретная печать основана на использовании специального трафарета, который создаётся для каждого цвета отдельно. Трафарет представляет собой сетку из нитей, через которые краска наносится на поверхность. Не закрытые трафаретом участки сетки пропускают краску, формируя изображение. Шелкотрафаретная печать

имеет преимущество, т.к. предоставляет возможность печати на различных материалах, включая текстиль, бумагу, пластик. Также при использовании шелкотрафаретного метода печати, возможно, использования нескольких цветов, что позволяет получать насыщенные и красочные изображения. Шелкотрафаретная печать является эффективным методом для получения высококачественных изображений на различных материалах. Этот метод находит широкое применение в полиграфии, рекламе, текстиле и декоре. Одной из главных особенностей шелкотрафаретной печати является возможность использования различных типов красок, включая термохромные.

Термохромные красители представляют собой уникальный класс веществ, которые способны изменять свой цвет в зависимости от температуры. Эта особенность делает их востребованными в различных областях, начиная от декоративных целей и заканчивая передовыми медицинскими технологиями. В текстильной промышленности термохромные красители используются для создания материалов, которые реагируют на изменения температуры окружающей среды или тела человека. Это открывает новые возможности для дизайнеров и производителей, позволяя им создавать одежду и другие текстильные изделия с элементами интерактивного дизайна. Такие изделия могут менять цвет при контакте с человеческим телом или при изменении температурных условий, что создаёт уникальные визуальные эффекты и привлекает внимание потребителей. Применение термохромных красителей в текстильной промышленности не ограничивается только эстетической стороной. Эти красители также могут использоваться для обеспечения безопасности. Например, в спортивной одежде или одежде для экстремальных условий термохромные красители могут предупреждать о перегреве тела, изменяя свой цвет при достижении определённой температуры. Это особенно важно для людей, работающих в условиях высоких физических нагрузок, так как позволяет им контролировать температуру тела.

Кроме того, термохромные красители находят применение в производстве товаров для детей. Например, они могут использоваться в изготовлении игрушек или одежды, которые меняют цвет при контакте с тёплой водой или телом ребёнка. Это не только делает товары более привлекательными для детей, но и может служить образовательным целям, помогая детям изучать понятия температуры и цвета через игру. Термохромные красители также используются в производстве упаковочных материалов. Таким образом, термохромные красители представляют собой инновационный и многофункциональный инструмент, который находит применение в различных областях. Их способность реагировать на изменения температуры делает их незаменимыми в создании интерактивных и функциональных продуктов, которые не только привлекают внимание своим внешним видом, но и обеспечивают дополнительную безопасность и удобство использования [2].

Кроме того, термохромные ткани используются в рекламных материалах и брендинговой продукции. Они могут изменять цвет в зависимости от времени суток, погодных условий или других факторов, что привлекает внимание потребителей и способствует запоминанию бренда. Такие материалы особенно эффективны в наружной рекламе и в производстве вывесок, логотипов и других визуальных элементов (рисунок 1, 2).

В контексте безопасности термохромные красители выполняют функцию индикаторов температуры. Они используются для обнаружения перегрева в различных устройствах, таких как электрические цепи, двигатели и другие технические системы, что позволяет предотвратить аварийные ситуации и обеспечить долговечную работу оборудования [3]. Уникальные визуальные эффекты, создаваемые термохромными тканями, привлекают внимание потребителей и открывают возможности для разработки инновационных коллекций одежды, текстиля для интерьера и рекламных материалов.

Инновационные технологии, основанные на использовании термохромных красителей, позволяют создавать новые типы продуктов, такие как одежда для специфических условий (например, униформа, спортивная, туристическая и медицинская одежда), которые адаптируются к изменениям температуры окружающей среды или тела пользователя. Возможность мониторинга изменения температуры с помощью термохромных красителей находит применение в медицинских текстилях для контроля температуры тела, а также в спортивной одежде для оценки физической активности.



1 Явление термохромизма



2 Текстиль с термохромным красителем

Оценка изменений свойств материалов после термохромной обработки является критически важной для определения её промышленного потенциала. Термохромные красители, изменяющие цвет в зависимости от температуры, открывают новые возможности для создания функциональных текстильных изделий [4].

Несмотря на эстетические и функциональные преимущества, термохромные ткани претерпевают изменения свойств. Основным эффектом термохромной печати является смещение цветового спектра ткани под воздействием тепла. Это изменение вызвано химическими реакциями красителей на температурные воздействия. Например, при нагревании цвет ткани может трансформироваться из одного оттенка в другой, например, из синего в белый или из розового в красный.

Термохромные красители могут влиять на механические характеристики ткани, особенно при их высокой концентрации или при использовании на синтетических волокнах. Модификация структуры материала для обеспечения термохромной реакции может приводить к изменению физических и химических свойств ткани, таких как прочность, эластичность и устойчивость к износу. Изменение структуры материала, необходимое для приведения его в состояние, позволяющее реагировать на температуру, может несколько снизить его изначальную прочность, эластичность и устойчивость к механическому износу. Например, ткань с термохромными красителями может стать менее прочной в местах, подверженных интенсивному трению.

Некоторые термохромные красители могут влиять на тактильные характеристики ткани, делая её менее гладкой или более жесткой, а также, что немало важно, снижению воздухопроницаемости. Это связано с особенностями применения красителей, которые могут образовывать на поверхности материала дополнительные покрытия или пленки, обусловленные составом для печатания термохромными красителями [5]. Термохромные красители могут снижать устойчивость ткани к воздействию внешних факторов, таких как свет, влажность и химические вещества. Печать термохромными красителями часто приводит к тому, что ткань становится менее устойчива к ультрафиолетовому излучению, объясняется это тем, что сама термохромная система имеет высокую чувствительность к окружающей среде, что может привести к выцветанию и утрате термохромных свойств со временем [3].

Однако, как уже упоминалось, термохромные красители могут снижать долговечность ткани. Прочность материала может быть нарушена, что увеличивает риск разрыва ткани или потертостей на участках, где ткань подвергается интенсивному использованию. Со временем термохромный эффект может ослабевать, особенно при частых стирках, воздействии прямого солнечного света или высоких температур.

Некоторые термохромные красители могут содержать токсичные химические вещества, что делает использование таких материалов экологически небезопасным. Поэтому важность в выборе термохромной системы играет ключевую роль. Эти вещества могут попадать в окружающую среду при производстве или утилизации изделия.

Термохромные ткани требуют особого ухода, чтобы сохранить их функциональные и эстетические свойства. Частые стирки, воздействие высоких температур и ультрафиолетовых лучей могут значительно ускорить потерю термохромных эффектов. Для продления срока службы таких изделий важно избегать горячих стирок, и, по возможности, минимизировать воздействие прямых солнечных лучей. Термохромные ткани могут использоваться в различных ситуациях, где требуются меньшие затраты энергии. Например, одежда, которая изменяет свой цвет при изменении температуры, может уменьшить потребность в дополнительных элементах дизайна или теплоизоляции, тем самым сокращая общие расходы на производство.

Внедрение термохромной печати в производство позволяет компаниям и фабрикам повысить свою конкурентоспособность на рынке. Это связано с тем, что использование инновационных технологий может стать отличительной особенностью бренда или производителя, привлекающего внимание потребителей. Компании, использующие термохромную печать, могут предложить уникальные товары, которые невозможно найти у конкурентов. Это способствует укреплению бренда и повышению лояльности покупателей, особенно в нишевых сегментах рынка, где ценят уникальность и индивидуальность.

Также, молодежные бренды и стартапы активно используют термохромные технологии для создания одежды и аксессуаров, что привлекает внимание покупателей, ориентированных на нестандартные и нестабильные тренды. Термохромная печать становится не только технологическим новшеством, но и важным маркетинговым инструментом.

Хочется отметить, что термохромная печать может снизить потребность в дополнительных отделочных материалах и окрашивании, так как материал сам по себе изменяет свой цвет. Это может привести к экономии на производственных расходах.

Внедрение термохромной печати в текстильное производство представляет собой важный шаг к модернизации отрасли. Эта технология не только способствует созданию уникальных и инновационных продуктов, но и открывает новые возможности для повышения функциональности и конкурентоспособности продукции. Использование термохромных красителей способствует дифференциации на рынке, привлечению новых сегментов потребителей и созданию устойчивого бренда [6]. Кроме того, внедрение термохромной печати может повысить экологичность и экономичность производства, что имеет значительное значение в условиях современных тенденций устойчивого развития и требовательности потребителей к экологически чистым и инновационным продуктам. Несмотря на возможные проблемы с долговечностью и стойкостью, с развитием технологий термохромные материалы будут совершенствоваться, и их потенциал для отрасли продолжить расти. Таким образом, для компаний, стремящихся оставаться конкурентоспособными и работать на передовой инновационных технологий, внедрение термохромной печати является не только выгодным шагом, но и необходимым условием для успешного развития в условиях современных требований рынка.

Список литературы

1. **Кричевский, Г. Е.** Нано-, био-, химические технологии и производство нового поколения волокон, текстиля и одежды. М.: Известия, 2011. 528 с.
2. *Di Nunzio M. R., Gentili P. L., Romani A., Favaro G.* Photochromism and Thermochromism of some Spirooxazines and Naphthopyrans in the Solid State and in Polymeric Film // The Journal of Physical Chemistry, 2010. Iss. 114. 6123–6131 pp.
3. *Ерофеева С. А., Михайловская А. П.,* Применение термохромных красителей в традиционных технологиях колорирования тканей // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2024. Т. 66. № 2. С. 51-55.
4. *Сашина Е. С., Михайловская А. П., Бакаева М. А., Кулешова А. Ю.* Термохромные полимеры, волокна и материалы – получение и свойства // Известия вузов. Технология текстильной промышленности, 2023. № 5. С. 20-29.
5. *Осьминкина Н. А., Кудрявин Л. В., Романов И. Д.,* Технология текстильных материалов: учебник для вузов. М.: РИО МГУДТ, 2012. 440 с.
6. *Громов Ю. Ю., Гриненко А. П., Немцова М. В., Сапунов В. А.* Инновационные технологии в текстильной промышленности: учебное пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2013. 176 с.

References

1. Krichevskij, G. E. Nano-, bio-, himicheskie tehnologii i proizvodstvo novogo pokolenija volokon, tekstilja i odezhdj. M.: Izvestija, 2011. 528 s. (in Rus.).
2. *Di Nunzio M. R., Gentili P. L., Romani A., Favaro G.* Photochromism and Thermochromism of some Spirooxazines and Naphthopyrans in the Solid State and in Polymeric Film // The Journal of Physical Chemistry, 2010. Iss. 114. 6123–6131 pp.
3. *Erofeeva S. A., Mihajlovskaja A. P.,* Primenenie termohromnyh krasitelej v tradicionnyh tehnologijah kolorirovanija tkanej // Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij. Tehnologija legkoj promyshlennosti. 2024. T. 66. № 2. S. 51-55. (in Rus.).
4. *Sashina E. S., Mihajlovskaja A. P., Bakaeva M. A., Kuleshova A. Ju.* Termohromnye polimery, volokna i materialy – poluchenie i svojstva // Izvestija vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti, 2023. № 5. С. 20-29. (in Rus.).
5. *Os'minkina N. A., Kudrjavina L. V., Romanov I. D.* Tehnologija tekstil'nyh materialov: uchebnyk dlja vuzov. M.: RIO MGUDT, 2012. 440 s. (in Rus.).
6. *Gromov Ju. Ju., Grinenko A. P., Nemcova M. V., Sapunov V. A.* Innovacionnye tehnologii v tekstil'noj promyshlennosti: uchebnoe posobie. SPb.: Izd-vo Politehn. un-ta, 2013. 176 s. (in Rus.).

И.А. Зуев, И.А. Прохорова

ОСОБЕННОСТИ СВОЙСТВ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СИНТЕТИЧЕСКИХ НИТЕЙ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ТКАЧЕСТВА

© И.А. Зуев, И.А. Прохорова, 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Полимерные текстильные материалы, обладающие уникальными физико-механическими и химическими свойствами, различные формы которых используются в широком спектре технологических областей. Нетканые материалы и пленки из ориентированных волокон используются в медицине, военной и аэрокосмической промышленности, а также других высокотехнологических областях. Однако область применения волокон может быть расширена за счет получения тканей на их основе.

Сочетание прочности полимера и механических особенностей тканей может сильно увеличить технологический и экономический потенциал производства. Вследствии особенностей «поведения» волокон в течении технологических операций, процесс их подготовки к ткачеству может критически повлиять на ожидаемое качество исходного продукта.

В этой статье мы рассматриваем проблемы, возникающие в процессе переработки волокон на основе полимеров.

Ключевые слова: полимер, волокно, арамиды, углеволокно, стекловолокно, СВМПЭ, ткачество, подготовка, технологический процесс, шлихтование.

I.A. Zuev, I.A. Prokhorova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, Saint Petersburg, Bolshaya Morskaya Street, 18

FEATURES OF HIGH-STRENGTH SYNTHETIC YARNS AND THEIR INFLUENCE ON THE DESIGN OF WEAVING TECHNOLOGY

Polymeric textile materials possess unique physical, mechanical, and chemical properties. Various forms of these materials are utilized across a wide range of technological fields. Nonwoven materials and films made from oriented fibers are applied in medicine, military, aerospace, and other high-tech industries. However, the scope of fiber applications can be further expanded by producing woven fabrics based on these fibers.

The combination of the inherent strength of polymers and the mechanical characteristics of woven structures can significantly enhance the technological and economic potential of production. Due to the specific "behavior" of fibers during technological operations, the preparation stage prior to weaving can critically affect the expected quality of the final product.

This article examines the challenges associated with the processing of polymer-based fibers.

Keywords: polymer, fiber, aramids, carbon fiber, glass fiber, UHMWPE, weaving, preparation, technological process, sizing.

Процесс ткачества нитей различных форм и волокнистых составов сталкивается с рядом общих технологических сложностей, которые существенно влияют на объемы производства и качество конечного продукта. Такие проблемы носят универсальный характер при работе как с натуральными, так и с синтетическими волокнами, хотя степень их выраженности может значительно варьироваться в зависимости от конкретных свойств волокон.

Одной из ключевых проблем является механическое повреждение нитей в процессе ткачества. Во время работы станка нити подвергаются многократным циклическим нагрузкам – растяжению при натяжении основы, изгибу в процессе зевобразования, трению о рабочие органы ткацкого оборудования и ударным воздействиям при прибое точной нити к опушке ткани. Эти воздействия приводят к поверхностному истиранию волокон, образованию микротрещин и, при критических деформациях – к обрывам нитей. Особенно остро эта проблема проявляется при работе с твердыми, но хрупкими волокнами, такими как, например, стеклянные или углеродные волокна.

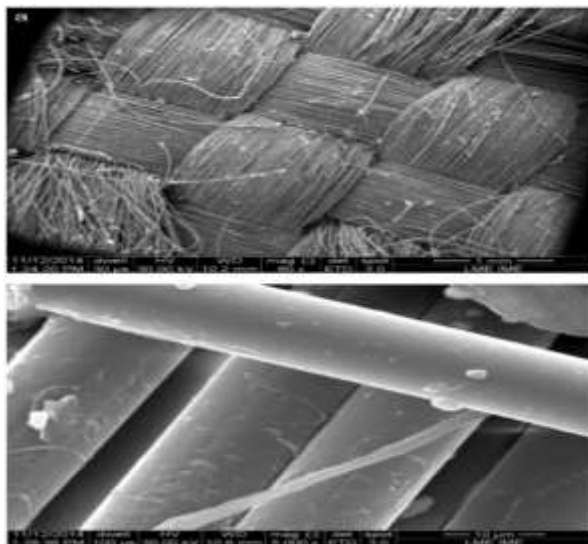
Также, существенной проблемой процесса ткачества является поддержание равномерного натяжения нитей основы во время цикла тканеформирования и в процессе схода основы. Неравномерность может быть вызвана различными механическими свойствами отдельных нитей, несовершенством контролирующих устройств или конструктивными особенностями станка. Это приводит к образованию дефектов ткани – неравномерной плотности, повышению полосности, т. е. увеличению свободного пространства между соседними нитями, локальных провисаний, что усугубляется при работе с синтетическими волокнами, обладающими низкой эластичностью.

Отдельную группу проблем составляют электростатические явления, особенно выраженные при работе с синтетическими волокнами. Накопление статического заряда приводит к слипанию нитей, их отклонению от

заданной траектории движения в заправке на ткацком оборудовании, а также создает трудности при обслуживании оборудования.

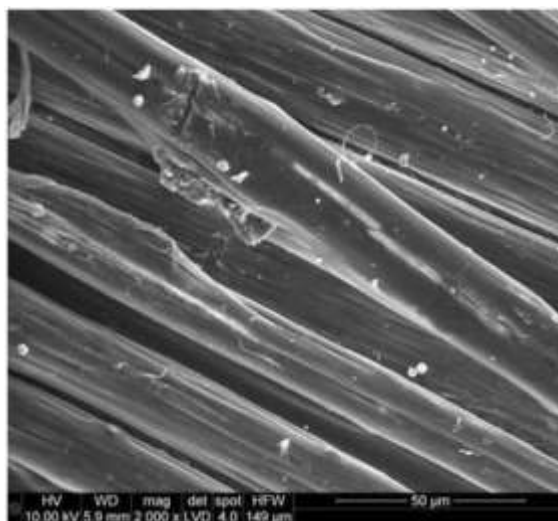
Текстильные материалы на основе полимеров повсеместно используются в различных отраслях промышленности. Синтетические волокна имеют огромное значение, поскольку их уникальные и разнообразные свойства незаменимы в различных технологических областях, но при этом уникальные свойства этих материалов обычно сосуществуют с определенными технологическими проблемами, которые мы рассмотрим далее.

Например, ткачество из арамидных нитей сопряжено с рядом сложностей, обусловленных уникальными свойствами этого материала. Арамидные нити обладают высокой прочностью и термостойкостью, делающей их пригодными для использования в экстремальных условиях, но при этом их жёсткость и высокая способность к истиранию затрудняет процесс переплетения нитей на ткацком оборудовании. Из-за низкой эластичности нити основы сильно подвержены разрывам в процессе переработки, что требует точной настройки натяжения на станке и использования специализированных механизмов подачи нити, например, шпулярика с комплексом контролирующих устройств для каждой бобины. Ещё одна проблема – повышенная чувствительность арамидных нитей к трению. В процессе ткачества волокна истираются из-за постоянного контакта с деталями станка, что может привести к их деформации и снижению прочности конечного продукта. Чтобы минимизировать этот эффект, приходится снижать скорость работы ткацкого оборудования. Кроме того, арамидные волокна имеют низкую адгезию к различным клеящим химическим реагентам, из-за чего обработка их растворами шлихты или эмульсии значительно затрудняет процесс приготовления нитей к ткачеству [1].



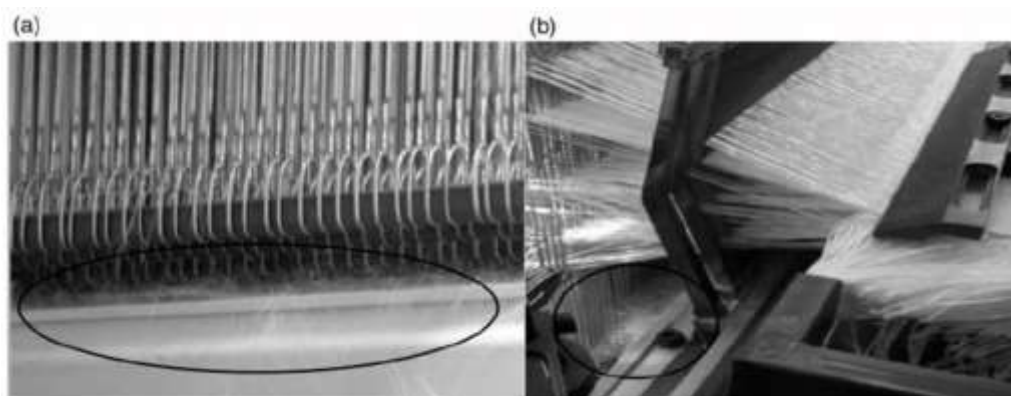
1. Микроснимок структуры арамидной ткани с видимой деформацией волокон [2]

Другим примером проблематичного в обработке полимера является углеволокно. Ткачество из карбоновых волокон связано с рядом специфических трудностей, вызванных исключительной твердостью и жёсткостью нити, что приводит к истирающим деформациям рабочих органов ткацких машин. Нити буквально срезают поверхности направляющих элементов, что вынуждает применять детали из сверхтвёрдых материалов или керамики. При этом нити крайне хрупки при изгибе, что делает их чувствительными к различным механическим воздействиям. В процессе ткачества это приводит к повышенной обрывности, что сказывается на качестве финального продукта. Жёсткость волокон затрудняет их равномерное натяжение, что требует использования специализированных станков с точной системами контроля подачи нитей, поскольку карбон обладает низкой эластичностью, что усложняет формирование плотного и равномерного переплетения без дефектов [3].



2. Микроснимок углеродных волокон [4]

Стекловолокно так же относится к волокнам, имеющим сложности при переработке, поскольку в процессе ткачества возникают механические повреждения, которые могут значительно снижать прочностные характеристики текстильных материалов. В ходе зевобразования стекловолокно подвергается динамическим нагрузкам, что приводит к их частичной структурной деградации. На микроуровне это проявляется в виде надрывов и расслоений волокон, что в дальнейшем может стать причиной снижения механической прочности тканого материала. Другой критический этап – прибор уточной нити с помощью батанного механизма. В этот момент уточная нить с силой прижимается к опушке ткани, что создаёт ударные нагрузки на стекловолокно. На 2 показано, что подобное воздействие вызывает локальные повреждения, включая микротрещины и разрывы. Эти дефекты особенно опасны, поскольку концентрируются в зоне будущих нагрузок при эксплуатации материала. Таким образом, процесс ткачества стекловолокна сопровождается неизбежными механическими повреждениями, которые ухудшают качество материала. Для решения этой проблемы требуются оптимизация режимов работы ткацкого оборудования, использование более стойких к трению и удару волокон, а также разработка защитных покрытий. Дальнейшие исследования в этой области могут помочь минимизировать дефекты и повысить эксплуатационные свойства стеклотканей [4].



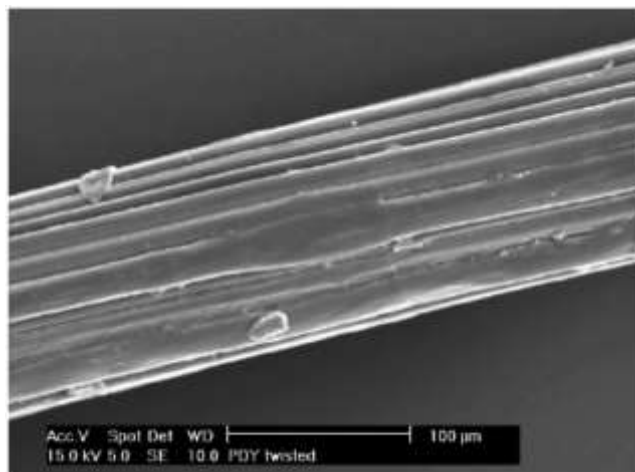
3. Разрушение стекловолокна в процессе ткачества [5]

Процесс подготовки нитей СВМПЭ к ткачеству также сопряжен с рядом специфических трудностей, обусловленных особенностями этого материала. СВМПЭ обладает крайне низкой адгезией к большинству клеящих веществ, что создаст серьезные проблемы при шлихтовании. Шлихтовальные составы плохо закрепляются на поверхности волокон, что приводит к их осыпанию в процессе ткачества и, как следствие, к повышению вероятности нарушения структурной целостности нитей при взаимодействии с гарнитурой ткацкого станка.

Еще одной характерной особенностью СВМПЭ является его исключительно низкий коэффициент трения, что отмечалось в работах [6]–[8]. Хотя это свойство является преимуществом в эксплуатации готовых изделий, в процессе ткачества оно вызывает проблемы с контролем натяжения нитей. Нити легко проскальзывают в натяжных устройствах, что приводит к неравномерному натяжению основы и, как следствие, к дефектам ткани. Для решения этой проблемы требуется применение специальных конструкций натяжных устройств с увеличенной площадью контакта.

Особого внимания заслуживает вопрос подбора оптимальных параметров крутки нитей. С одной стороны, достаточная крутка необходима для обеспечения необходимой прочности нити в процессе ткачества. С другой стороны, избыточная крутка может привести к ухудшению механических характеристик волокна. Для нитей СВМПЭ этот

баланс особенно важен, поскольку их уникальные свойства в значительной степени зависят от степени ориентации макромолекул.



4. Микроснимок поверхности моноволокна СВМПЭ [9]

Химическая структура СВМПЭ демонстрирует выраженную инертность из-за отсутствия полярных групп в молекулярной цепи. Эта особенность делает материал устойчивым к большинству растворителей и пассивным в химических реакциях с компонентами стандартных шлифовальных составов. Поверхность волокон отличается высокой степенью гладкости с показателем шероховатости R_a менее 0,1 мкм и отсутствием выраженной пористости, что исключает возможность механического закрепления покрытия [10].

Термодинамическая несовместимость СВМПЭ шлифующими веществами проявляется в отрицательных значениях работы адгезии, что приводит к активной десорбции покрытия при динамических нагрузках в процессе ткачества. Дополнительные ограничения накладывают температурные параметры обработки – материал начинает размягчаться уже при 130–150 °С, что исключает возможность применения высокотемпературной сушки.

На практике эти фундаментальные особенности выливаются в такие технологические проблемы как осыпание шлихты в 85–95 % случаев при использовании стандартных составов; неравномерность покрытия с вариабельностью до 40 % по массе и снижение общей эффективности процесса шлифования на 60–70 % по сравнению с обработкой обычных полиэфирных нитей. Решение этих проблем требует разработки принципиально новых подходов к подготовке поверхности и составлению специализированных шлифовальных композиций, учитывающих уникальную природу СВМПЭ.

Проведенный анализ особенностей подготовки нитей из сверхвысокомолекулярного полиэтилена к ткачеству в сравнении с другими полимерными комплексными нитями выявил ряд существенных технологических сложностей, обусловленных уникальными свойствами этого материала. Низкая адгезия к шлифовальным составам, минимальный коэффициент трения, термодинамическая несовместимость с традиционными текстильными вспомогателями и ограниченная термостабильность создают серьезные препятствия для промышленного внедрения тканей на основе СВМПЭ. Однако опыт работы с аналогичными по сложности обработки материалами, такими как, например, арамидные и углеродные волокна, позволяет наметить пути решения этих проблем.

Перспективным направлением представляется разработка специализированных шлифующих систем с модифицированными адгезивами, включая методы плазменной активации поверхности. Существенный потенциал имеют альтернативные способы подготовки нитей, такие как ультразвуковая обработка и нанесение наноразмерных покрытий, но из-за этого требуется конструктивная адаптация ткацкого оборудования, предполагающая использование керамических направляющих и прецизионных систем натяжения [11], [12].

Преодоление технологических барьеров откроет новые возможности применения тканей из СВМПЭ в различных отраслях промышленности. Сочетание исключительной прочности, легкости и химической стойкости делает этот материал перспективным для создания баллистической защиты, медицинских имплантатов и элементов аэрокосмической техники. Таким образом, дальнейшие исследования должны быть направлены на разработку универсальных методик подготовки нитей к ткачеству и оптимизацию параметров ткацкого процесса, что позволит перейти от экспериментальных образцов к промышленному производству тканей на основе сверхвысокомолекулярного полиэтилена.

Список литературы

1. Krstović K., Kovačević S., Schwarz I., Brnada S. Study of Aramid Yarns Sizing // *Polymers*. 2022. Vol. 14. № 4. P. 761.
2. Aramid fabric: (a) fabric plain weave; (b) microscopic detail of the fibers [Электронный ресурс] // ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Aramid-fabric-a-fabric-plain-weave-b-microscopic-detail-of-the-fibers_fig3_327387388 (дата обращения: 11.04.2025).
3. Li Q., Guo L.M., Huang W.Z., Ling C. Slashing and weaving properties of twisted carbon fiber yarns // *Advanced Materials Research*. 2015. Vol. 1120-1121. P. 648–653.

4. Bhushan B. Surface roughness and its measurement in micro- and nanoscale: A review // *Journal of Materials Science*. 2010. Vol. 45. P. 178–194.
5. Glass fiber breakage caused by the shedding process (a) and the beat-up reed (b) [Изображение] // ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Glass-fiber-breakage-caused-by-the-shedding-process-a-and-the-beat-up-reed-b_fig1_258195910 (дата обращения: 10.04.2025).
6. Труевцев А.В., Цобкалло Е.С., Москалюк О.А., Молоснов К.А. Полимерные композиты с кулирным трикотажным наполнителем [Электронный ресурс]. СПб.: СПбГУИТД, 2020. 160 с.
7. Труевцев А.В., Молоснов К.А., Беляева А.В., Дарвиш Д.М. Влияние вида нитей на механические свойства композитов, армированных трикотажем // *Известия вузов. Технология легкой промышленности*. 2011. № 1. С. 45–47.
8. Труевцев А.В., Цобкалло Е.С. Кулирный трикотаж как наполнитель композитов / *Свойства композиционных материалов, используемых в средствах бронезащиты* // *Технология текстильной промышленности*. 2021. № 6. С. 116–124.
9. Monofilament made by fusing gel-spun UHMWPE fibers [Электронный ресурс] // ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Monofilament-made-by-fusing-gel-spun-UHMWPE-fibers_fig6_266495138 (дата обращения: 11.04.2025).
10. ГОСТ 2789-73. Поверхности. Шероховатость. Параметры и характеристики. Взамен ГОСТ 2789-59. Введ. 01.01.1975. М.: Издательство стандартов, 1973. 16 с.
11. Плазменная активация поверхности [Электронный ресурс]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Плазменная_активация (дата обращения: 12.04.2025).
12. Совершенствование процесса абразивно-струйной обработки деталей машино- и приборостроения путем воздействия на основу ультразвуковыми колебаниями [Электронный ресурс]. URL: <https://tekhnosfera.com/sovershenstvovanie-protsessa-abrazivno-struynoy-obrabotki-detaley-mashino-i-priborostroeniya-putem-vozdeystviya-na-osnovu> (дата обращения: 12.04.2025).

References

1. Krstović K., Kovačević S., Schwarz I., Brnada, S. Study of aramid yarns sizing // *Polymers*. 2022. Vol. 14. No. 4. P. 761.
2. Aramid fabric: (a) fabric plain weave; (b) microscopic detail of the fibers [Electronic resource] // ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Aramid-fabric-a-fabric-plain-weave-b-microscopic-detail-of-the-fibers_fig3_327387388 (date accessed: 11.04.2025).
3. Li Q., Guo L.M., Huang W.Z., Ling C. Slashing and weaving properties of twisted carbon fiber yarns // *Advanced Materials Research*. 2015. Vol. 1120-1121. P. 648–653.
4. Bhushan B. Surface roughness and its measurement in micro- and nanoscale: A review // *Journal of Materials Science*. 2010. Vol. 45. P. 178–194.
5. Glass fiber breakage caused by the shedding process (a) and the beat-up reed (b) [Electronic resource] // ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Glass-fiber-breakage-caused-by-the-shedding-process-a-and-the-beat-up-reed-b_fig1_258195910 (date accessed: 10.04.2025).
6. Truevtsev A.V., Tsobkallo E.S., Moskalyuk O.A., Molosnov K.A. *Polimernye kompozity s kulirnym trikotazhnym napolnitelem* [Polymer composites with knitted fabric reinforcement] [Electronic resource]. St. Petersburg: St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 2020. 160 pp. (in Rus.).
7. Truevtsev A.V., Molosnov K.A., Belyaeva A.V., Darvish D.M. Vliyanie vida nitey na mekhanicheskie svoystva kompozitov, armirovannykh trikotazhem [Influence of yarn types on mechanical properties of composites reinforced with knitted fabrics] // *Izvestiya Vuzov. Tekhnologiya legkoy promyshlennosti*. 2011. No. 1. P. 45–47. (in Rus.).
8. Truevtsev A.V., Tsobkallo E.S. Kulirnyy trikotazh kak napolnitel' kompozitov [Knitted fabric as a filler for composites] / *Svoystva kompozitsionnykh materialov, ispol'zuyemykh v sredstvakh bronyezashchity* [Properties of composite materials used in body armor] // *Tekhnologiya tekstil'noy promyshlennosti*. 2021. No. 6. P. 116–124. (in Rus.).
9. Monofilament made by fusing gel-spun UHMWPE fibers [Electronic resource] // ResearchGate. URL: https://www.researchgate.net/figure/Monofilament-made-by-fusing-gel-spun-UHMWPE-fibers_fig6_266495138 (date accessed: 11.04.2025).
10. GOST 2789-73. *Povepxnosti. Sherokhovatost'. Parametry i kharakteristiki*. Moscow: Standards Publishing, 1973. 16 pp. (in Rus.).
11. Plasma surface activation [Electronic resource]. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Плазменная_активация (date accessed: 12.04.2025).
12. Improvement of abrasive-jet processing of mechanical and instrument parts using ultrasonic oscillations [Electronic resource]. URL: <https://tekhnosfera.com/sovershenstvovanie-protsessa-abrazivno-struynoy-obrabotki-detaley-mashino-i-priborostroeniya-putem-vozdeystviya-na-osnovu> (date accessed: 12.04.2025).

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПЦИИ И ПРОТОТИПА ИГРЫ ДЕСКТОПНОЙ 3D-ИГРЫ В ЖАНРЕ НАСТОЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ

© А.Е. Иванов, Е.Н. Дроздова, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

Аннотация. В статье рассматривается процесс разработки прототипа десктопной 3D-игры в жанре настольной стратегии. На конкретном примере рассматриваются основные этапы процесса разработки игры данного жанра: разработка игровой документации, моделирование фигур, реализация перемещения фигур с помощью мыши, добавление звуков, настройка камеры, добавление меню, тестирование игры на фокус группах.

Ключевые слова: прототипирование, видеоигра, Unity3D, геймплей, проверка гипотез.

А.Е. Ivanov, Е.Н. Drozdova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DEVELOPMENT OF THE CONCEPT AND PROTOTYPE OF A DESKTOP 3D-IGRY GAME IN THE GENRE OF DESKTOP STRATEGY

Abstract. The article discusses the process of developing a prototype desktop 3D game in the genre of desktop strategy. Using a specific example, the main stages of the game development process of this genre are considered: development of game documentation, modeling figures, implementing movement of figures using the mouse, adding sounds, setting up a camera, adding a menu, testing the game to focus groups.

Keywords: prototyping, video game, Unity3D, gameplay, hypothesis testing.

Введение

Разработка 3D-игр требует глубокого понимания сложных технических и художественных аспектов. Необходимо оптимизация, четкое понимание трехмерного пространства и взаимодействия между объектами. Несмотря на всю сложность, именно 3D-игры позволяют создавать более захватывающий и реалистичный игровой опыт для игроков.

В качестве примера рассмотрим разработку концепции и прототипа игры в жанре настольная стратегия под названием «Шахматы для двоих». Главная задача игрока — уничтожить короля противника. Шахматы — одна из древнейших и наиболее популярных настольных игр в мире, чья история насчитывает более полутора тысяч лет. За свою долгую историю шахматы не только не утратили своей актуальности, но и продолжают привлекать миллионы игроков разного возраста и уровня подготовки, оставаясь неиссякаемым источником интеллектуальных вызовов. В условиях стремительного развития цифровых технологий и игровой индустрии, интерес к электронным версиям классических настольных игр, в том числе и шахмат, неуклонно растет.

Далее рассмотрим основные этапы процесса разработки игры [1]-[4].

1. Концепция игры

Разработка концепции игры представляет собой ключевой этап создания прототипа. На этом этапе определяются основные характеристики игры, включая целевую аудиторию, сегмент, интерфейс, а также формулируются цели и задачи проекта.

Итак, приведем основные позиции Vision-документа: описание продукта (классические шахматы в 3D, с возможностью играть вдвоем с одного устройства); платформа (ПК: Windows, Linux, macOS); сегмент (стратегические настольные игры); модель монетизации (бесплатная версия); жанр (настольная стратегия); сеттинг (средневековые); движок (Unity); арт-стиль (lowpoly 3D).

Целевая аудитория (ЦА): сегмент ЦА (любители стратегических игр); пол/возраст (от 12-30 лет, гендерно-нейтрально); поведение (совместная игра вечером или в формате турнира); каналы (Steam, itch.io); Референсы по ЦА (chess.com, игра го, civilization); есть ли франшиза (нет); целевой рынок (СНГ); USP-игры (уникальных новых механик нет).

Игровой цикл: первый игрок (ходит белыми) выбирает фигуру и переставляет на возможную позицию; второй игрок (ходит черными) выбирает свою фигуру и переставляет на возможную позицию; первый и второй пункт повторяется, пока один из королей игрок не умрёт.

Проверка: проведение тестирования игры с разными игроками, выявление наиболее сложных и наиболее простых головоломок и анализ их механик для определения оптимального баланса сложности и увлекательности.

Для реализации игрового прототипа 3D-игры в жанре настольной стратегии под названием «Шахматы для двоих» необходимо выполнить следующие этапы: моделирование фигур; реализация перемещения фигур с помощью мыши; добавление звуков; настройка камеры; добавление меню; тестирование игры на фокус группах.

2. Разработка прототипа игры в среде Unity

Разработка прототипа игры «Шахматы для двоих» включает несколько последовательных этапов, каждый из которых направлен на создание базового функционала игры, визуального стиля и пользовательского интерфейса. Основная цель — реализовать все ключевые игровые механики, протестировать их работоспособность и убедиться, что игра выглядит и функционирует согласно изначальной концепции.

2.1. Создание фигур

Первый этап включает создание фигур. Для этого использовались средства Blender (рисунок 1, а). После этого фигуры импортированы в среду разработки Unity. Материал черных фигур создан с помощью средств Unity. С помощью поля Albedo добавлен к текстуре цвет.

Для всех фигур добавлен Box Collider. Он необходим, чтобы обрабатывать клики пользователей. С помощью скрипта upDown обрабатываем реакцию при нажатии на фигуру. При клике фигура поднимается на заданную высоту, чтобы визуально показать игроку, какую фигуру он выбрал. При повторном клике фигура опускается. После клика передаем в GameManager, какую фигуру выбрали. Также с помощью этого скрипта храним текущее положение фигуры и её цвет.

Когда фигуру «съедают» GameManager ее скрывает. Остальные фигуры в это время проверяют, не скрыты ли они. Если да, то они удаляются со сцены. Если съеденная фигура оказалась королем, тогда завершаем игру и показываем конечный экран (рисунок 1, б).



а



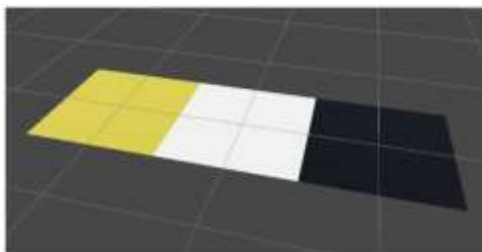
б

1. Создание фигур:

а — шахматные фигуры; б — конечный экран

2.2. Создание поля

Поле в данной игре создано внутри среды Unity. Это 64 независимых объектов plane (рисунок 2, а). Сделано это для обработки кликов. Когда клетка активна (то есть на неё можно переместить фигуру), она загорается желтым. К каждому полю добавлен mesh collider для обработки кликов. С помощью скрипта move, обрабатываем реакцию на клики (рисунок 2, б). Когда пользователь нажимает на активную клетку, в скрипт GameManager передаются ее координаты.



а



б

2. Создание поля:

а — независимые объекты plane; б — скрипт move

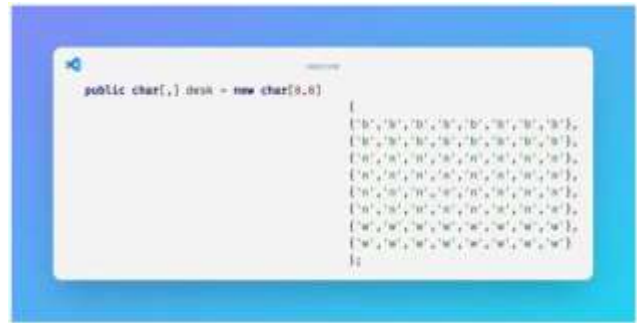
2.3. Подсвечивание возможных ходов

После поднятия фигуры выделяем ячейки в соответствии с правилами шахмат. Рассмотрим случай пешки. Она может перемещаться на две клетки вперёд изначально, на одну после первого перемещения и может «есть» по диагонали (рисунок 3, а). Мы задаем этим ячейкам новый материал желтого цвета.

Изначально в gameManager создан массив desk текущего расположения фигур (рисунок 3, б). С помощью него мы проверяем, что находится вокруг фигуры.



а



б

3. Подсвечивание возможных ходов:

а — подсвечивание ячеек шахмат; б — начальный массив desk

Когда фигура поднимается, скрипт GameManager с помощью тэга определяет правила перемещения фигуры. Далее скрипт просматривает окружающие фигуры вокруг поднятой и, если удовлетворяются условия перемещения, то выделяет данные ячейки.

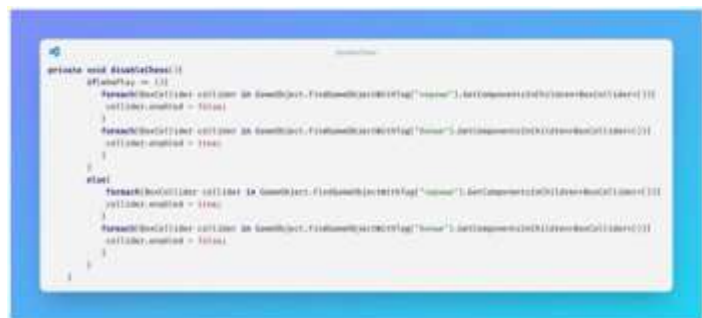
2.4. Перемещение фигуры

После того, как выделили клетку, пользователь может совершить на нее нажатие. После этого информация обновляется в массиве desk (рисунок 4, а). Если на новом месте оказалась фигура другого цвета, то она исключается из рендера, а в дальнейшем удаляется со сцены. Также, чтобы игра была интереснее, с каждым перемещением проигрывается звук с помощью функции «moveSpeed.Play()». Это короткий звук стука фигуры об доску.

После того, как мы переместили белую фигуру, необходимо активировать черные фигуры, а белые фигуры заблокировать. Это осуществляется с помощью функции disableChess (рисунок 4, б). Функция проверяет текущее состояние переменной whoPlay (которая меняется после перемещения) и делает одни фигуры активными, а другие заблокированными.



а



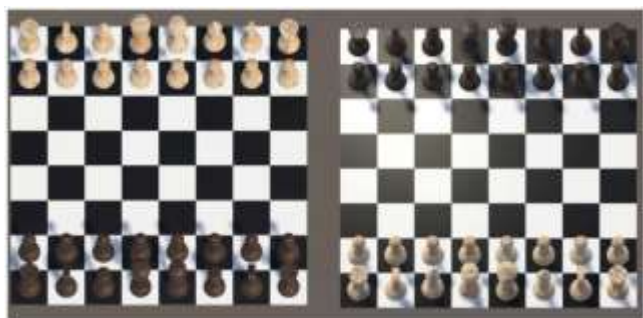
б

4. Фрагмент скрипта GameManager: а — перемещение фигуры; б — функция disableChess

2.5. Настройка камеры, конечного экрана и меню

В нашем варианте игры участвуют два пользователя. Поэтому для удобства экран разделен на две части с помощью добавления двух камер. Каждая камера направлена в нужную сторону (рисунок 5, а).

При запуске игры открывается меню (рисунок 5, б). Когда один из королей выбывает из игры, то игра останавливается, высвечивается конечный экран и можно либо закрыть игру, либо начать новую. Также отображается информация о том, кто победил.



а



б

5. Элементы интерфейса:

а — экран для двух пользователей; б — экран меню

3. Результаты проверки гипотез и выводы

Гипотеза 1: «Игроку будет неудобно управлять фигурами». Проверка: Фокус-группа протестировала прототип с использованием мыши или клавиатуры. Результаты: Игрок 1: с клавиатуры выделение фигур происходит медленно, невозможно быстро переместить фигуры. Игрок 2: Управление с помощью мыши дает быстрый отклик на перемещение фигур. Вывод: Управление клавиатурой выбивает игрока из состояния «потока». Решение: Выбрать управление мышью.

Гипотеза 2: «Вид сверху будет некомфортный для игрока». Проверка: Фокус-группа протестировала прототип. Разным игрокам представляли поле с разных точек зрения и под разным углом. Для первого игрока: угол наклона поля 30 градусов по оси X. Для второго игрока: повернуть поле перпендикулярно по оси Y. Для третьего игрока: угол наклона поля 60 градусов по оси X. Результаты: Игрок 1: Камера не позволяла чётко понять, какая фигура выбрана. Игрок 2: Не было чётко видно, на какие клетки можно было переместить фигуру. Игрок 3: Было удобно и чётко понятно, на какую клетку можно переместить фигуры. Вывод: Вариант 1 и 2 не даёт достаточно обзора. Решение: Выбрать вариант размещения камер игрока 3.

Заключение. Таким образом, разработан прототип 3D-игры в жанре настольной стратегии под названием «Шахматы для двоих». Основной целью проекта являлась реализация базовых механик игры, таких как перемещение фигур, подсвечиванием вариантов ходов и уничтожение фигур. Для достижения поставленной цели была выполнена последовательная работа по следующим этапам: разработка игровой документации, моделирование фигур, реализация перемещения фигур с помощью мыши, добавление звуков, настройка камеры, добавление меню, тестирование игры на фокус группах.

В процессе работы были проверены две гипотезы: первая гипотеза показала, что наиболее удобное управление осуществляется с помощью мыши; вторая гипотеза показала, что вид сверху под углом 60 градусов наиболее удобный.

В результате был создан полностью функциональный игровой прототип, который отвечает поставленным целям и может служить основой для дальнейшего развития игры. В будущем проект может быть расширен добавлением других фигур, режима игры на время и созданием искусственного интеллекта.

Список литературы

- Особенности прототипирования игр. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/573298/> (дата обращения: 10.04.2025)
- Проверка концепта игры минимальными средствами. URL: <https://vc.ru/pixononic/42293-proverka-koncepta-igry-minimalnymi-sredstvami> (дата обращения: 10.04.2025)
- Прототипирование в геймдеве. URL: <https://spiiin.github.io/blog/2537188794/> (дата обращения: 10.04.2025)
- Как создаются видеоигры: процесс разработки игры. URL: <https://itanddigital.ru/videogame> (дата обращения: 10.04.2025)

References

5. *Osobennosti prototipirovaniya igr.* URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/573298/> [Features of prototyping games]. (date accessed: 10.04.2025)
6. *Proverka koncepta igry minimal'nymi sredstvami.* URL: <https://vc.ru/pixononic/42293-proverka-koncepta-igry-minimalnymi-sredstvami> [Checking the concept of the game with minimal means]. (date accessed: 10.04.2025)
7. *Prototipirovanie v gejmdеve.* URL: <https://spiiin.github.io/blog/2537188794/> [Prototyping in Game Design]. (date accessed: 10.04.2025)
8. *Kak sozdajutsja videoigry: process razrabotki igry.* <https://itanddigital.ru/videogame> [How Video Games Are Created: The Game Development Process]. (date accessed: 10.04.2025)

А.М. Калгина , Л.Л.Азимова

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТОРГОВОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ООО «SOMON INTERNATIONAL».

©А.М. Калгина , Л.Л.Азимова

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

В статье показано, что активизация маркетинговой деятельности в странах дальнего зарубежья, таких как Китай и Индия, позволит диверсифицировать риски и увеличить объемы экспорта. Проведение маркетинговых исследований и участие в международных выставках и ярмарках поможет выявить новые возможности для реализации продукции. Инвестиции в информационные технологии и автоматизацию процессов управления помогут повысить эффективность операций. Развитие долгосрочных партнерских отношений с транспортными и страховыми компаниями, а также с зарубежными заказчиками позволит обеспечить стабильность поставок и минимизировать риски.

Ключевые слова: международная, рынки, риски, диверсификация экспорт, прибыль, конкурентоспособность, инвестиции, поставки, эффективность

A.M. Kalgina , L.L. Azimova

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

THE MAIN ASPECTS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE INTERNATIONAL ACTIVITIES OF THE TRADING ENTERPRISE “SOMON INTERNATIONAL” LLC.

The article shows that the intensification of marketing activities in non-CIS countries, such as China and India, will diversify risks and increase export volumes. Conducting marketing research and participating in international exhibitions and fairs will help identify new opportunities for product sales. Investments in information technology and automation of management processes will help improve operational efficiency. The development of long-term partnerships with transport and insurance companies, as well as with foreign customers, will ensure the stability of supplies and minimize risks.

Keywords: international, markets, risks, export diversification, profit, competitiveness, investments, supplies, efficiency

По результату анализа, сегмент на рынке Болгарии и Египта является средне привлекательным для выхода компании. Скорее всего, это связано с высоким уровнем развития сегмента, а также с крайней нестабильностью экономической ситуации в этих странах. [1]

Индия обладает высокой привлекательностью, как потенциальный рынок выхода компании при ее средней конкурентоспособности в сегменте. В связи с этим, дальнейшая часть нашей работы будет посвящена разработке программы выхода компании на рынок Индии с учетом всех особенностей компании, сегмента и рынка.

После детального анализа потенциальных стран и выбора конкретной страны проникновения необходимо определиться со стратегией выхода компании на международный рынок. Стратегия должна максимально соответствовать специфике бизнеса организации, стадии развития предприятия, а также предусматривать возможности и барьеры, которые могут возникнуть на конкретном рынке.

Как было отмечено, в качестве рынка выхода была выбрана Индия.

Первоначальной задачей на этапе выбора стратегии проникновения на зарубежный рынок является постановка целей и описание миссии организации за рубежом. Таким образом, автор разработал несколько основных стратегических целей для компании на ближайшие 5 лет на рынке Индии:

- Создание позитивного имиджа организации и ее продукции среди зарубежных потребителей.
- Создание прочных отношений с зарубежными партнерами и организация бесперебойного сбыта продукции.
- Занять 0,3% от доли рынка Индии, принадлежащего иностранным компаниям.

Сейчас объем рынка Индии оценивается в 15 млрд. долл. при годовом росте 14%. Доля индийских компаний составляет 36%. Соответственно в денежном выражении планируемая доля компании будет выглядеть следующим образом – 28 800 000 долл. США.

Миссия компании – обеспечение потребности потребителей в высококачественной продукции.

Для достижения заданных целей и миссии организации была выбрана экспортная стратегия выхода компании на международный рынок как самая подходящая из возможных. В отличие от промежуточных и иерархических

стратегий она предоставляет возможность пробного выхода на международную арену, постепенное изучение специфики ведения бизнеса в Индии, деловой культуры и правовых норм страны.

Так как компания до сих пор оперировала только на внутреннем рынке и не имеет опыта ведения бизнеса за рубежом, то данная стратегия позволит поэтапно и с минимальными затратами запустить новый рынок сбыта. Кроме того, ввиду специфики продукции, которую компания планирует поставлять на рынок Индии, ее производство очень дорогостоящее и требует наличия специального оборудования. Поэтому экспорт в данном случае является лучшей альтернативой. Вместе с тем компания молодая, не имеет выстроенного позитивного имиджа среди глобальных игроков мирового рынка и не обладает возможностью больших инвестиций в производство за рубежом, поэтому использование промежуточных стратегий исключено.

Таким образом, экспортная стратегия позволит получить максимальный эффект от выхода на зарубежный рынок на данном этапе развития компании. Если выбирать между прямым, косвенным и совместным экспортом, то для компании лучшим вариантом будет использование стратегии прямого экспорта при поддержке государства. Такой подход в отличие от косвенного и совместного экспорта позволит контролировать выбор иностранных компаний, с которыми будет сотрудничать организация, и обеспечит хорошую обратную связь с целевым рынком.

Также прямой экспорт обеспечит лучшую защиту патентов и престижа компании. Однако существуют и недостатки, связанные с данным способом выхода: большее время подготовки для выхода на международный рынок – анализ текущей ситуации и трендов на рынке, детальное изучение законодательства страны, поиск надежных партнеров, чтобы снизить риск возникновения ошибок и соответственно исключить незапланированные издержки.

Так как специфика стратегии прямого экспорта заключается в том, что производитель берет на себя полную ответственность за доставку продукции до покупателя, оформление документации и сертификацию, то необходимо тщательно изучить ставки таможенных пошлин, информация о которых публикуется в официальных справочниках и на сайте Главного управления косвенных налогов и таможни (Central Board of Indirect Taxes and Customs, www.cbic.gov.in), обеспечить соответствие продукции индийским стандартам качества и соблюсти требования маркировки, а также определиться с логистическим маршрутом доставки товаров.

Обычно при доставке грузов в Индию используются мультимодальные схемы доставки, то есть использующие два вида транспорта – чаще всего морской и железнодорожный. Однако, исходя из специфики продукции и необходимости максимально быстрой доставки, предлагается использовать авиатранспорт, который прибывает в аэропорты Дели, Мумбаи, Ченнаи. А для облегчения оформления документации необходимой для ввоза продукции в Индию, рекомендуется воспользоваться услугами логистического оператора. Логистический оператор – компания, оказывающая дополнительные услуги в сфере логистики, например, таможенное оформление, сертификация и получение разрешительных документов. Примерами логистических операторов могут служить: GPL-CARGO, DipLog, Секон Логистик.

Для организации прямых торговых контактов предлагается использовать следующие способы:

1. Деловая поездка – самый эффективный способ для изучения потенциального рынка сбыта и знакомства с контрагентами и их требованиями к продукции. Только посетив страну можно познакомиться с традициями и спецификой ведения переговоров и торговли. Целевая деловая поездка может быть организована при поддержке российских торговых представительств в Индии, Российского экспортного центра, а также при посредничестве деловых союзов и организаций.
2. Бизнес-миссия – организованная Министерством экономического развития РФ поездка за рубеж с целью проведения переговоров между заинтересованными экспортерами из России и потенциальными зарубежными партнерами. Принять участие в бизнес-миссии можно подав заявку на Едином портале международной информации (<http://www.ved.gov.ru/>) в разделе «Подать заявку на организацию бизнес-миссии». После рассмотрения заявок утверждается план бизнес-миссий на следующий календарный год.

Таким образом, прямой экспорт с поддержкой государства, является наиболее уместной стратегией выхода на рынок Индии. Такой подход поможет компании сформировать правильное представление о специфике рынка и ведения бизнеса на нем, получить первый опыт зарубежной торговли и впоследствии открыть офис в Индии для постоянного присутствия представителя в данной стране.[2]

Выбирая метод ценообразования, компания должна основываться на целях своей деятельности, уровне спроса на товар, стоимости на товар конкурентов и собственные издержки.

В случае с компанией ООО «Somon International» было принято решение остановиться на методе полных издержек. Данная методика основывается на анализе итоговых показателей полных затрат и ожидаемой прибыли. Главный плюс метода полных издержек заключается в том, что компания инвестирует определенную долю своего капитала в исследовательскую деятельность для разработки товаров-новинок.

При выходе на новый рынок компании разумно использовать ценовую стратегию «Проникновение на рынок». Эта стратегия подразумевает изначальную продажу товара по сниженным ценам. Это позволит компании завоевать долю рынка, наработать базу лояльных клиентов и расширить объемы производства. Эта стратегия позволит компании ООО «Somon International» достичь рентабельности бизнеса на рынке Индии в долгосрочной перспективе. После того, как компания достигнет поставленных целей, ценовая политика будет пересмотрена в сторону повышения цен на каждое из наименований.

В нашем случае будет разумным использовать стратегию интегрированного маркетинга, которая позволит достичь большой эффективности при снижении затрат. Более того, данная стратегия позволит кастомизировать рекламное сообщение благодаря использованию доступных технологий.

Говоря об особенностях продвижения продукции, стоит отметить, что основная цель взаимодействия с потенциальными конечными потребителями заключается в донесении информации о том или ином товаре, формировании знаний о нем и потребностях в его приобретении, а цель коммуникаций с потенциальными покупателями – в формировании представления о продукции.

Ввиду выбранной экспортной политики и факту наращивания влияния Интернета, как источника информации и инструмента продвижения, компании ООО «Somon International» рекомендуется усилить свою PR-деятельность на онлайн-платформах, в частности, усилить работу в следующих направлениях:

- распространение информации в различные Интернет-СМИ, взаимодействие с онлайн-сообществами и двусторонние партнерские программы с ресурсами по обмену информацией;
- организация специальных мероприятий и их онлайн-трансляция;
- разработка корпоративного сайта компании;
- разработка справочных узкотематических порталов;
- специализированные B2B-платформы по поиску партнеров, поставщиков и покупателей;
- консультации онлайн на сайтах;
- e-mail активность (все виды добровольных рассылок, когда подписавшийся посетитель регулярно получает интересную ему информацию);
- специальные активности в тематических форумах и чатах (посещение форумов профессиональным редактором и публикация там целевых сообщений о компании);
- специальные акции в интернет-аптеках (публикация расширенных материалов, промо-акции по увеличению продаж, опросы);
- рекламные и промо-кампании.

Для более полного эффекта рекламной кампании в дополнение к онлайн-деятельности компании предлагается усилить офлайн-присутствие бизнеса путем участия в тематических выставках, конференциях и симпозиумах. Подобные мероприятия представляют собой не только место встречи производителей и их потенциальных клиентов, но также позволяют оценить степень развития рынка, способствуют синергии.

Участие в международных выставках и ярмарках помогает предприятиям сделать свою продукцию доступной для зарубежных потребителей, что способствует увеличению потребления и расширению производства. Смыслом участия в международных выставках для большинства фирм традиционно остается **заклучение** как можно большего количества контрактов за те дни, в течение которых происходит мероприятие, а также высокая степень повышения осведомленности потенциальных клиентов или партнеров о фирме, ее деятельности и продукции или услугах.

К клиентам прежде всего относятся потребители, покупатели и посредники. Кроме того, к числу посетителей специализированных мероприятий помимо специалистов отрасли или смежных областей, могут относиться представители власти и руководители администраций всех уровней, и просто заинтересованные люди, желающие получить информацию. На выставках и ярмарках в разы облегчается процесс решения проблемы создания новых структур для работы с клиентами, а также проблема поиска новых агентов или дилеров, что вне данных мероприятий, как правило, требует большего количества ресурсов (причем как временных, так и финансовых), а также больших временных затрат на создание первоначальных контактов. Здесь компания может создать образ как предприятия, так и его продукта в полной мере в глазах потенциальных партнеров и клиентов. Для посетителей это возможность за короткое время ознакомиться с существующими на рынке предложениями, получить консультацию от специалистов, сделать необходимые сопоставления цен и качественных характеристик, провести переговоры, выторговать коммерческие условия и подписать контракт. Покупатель может ознакомиться с товаром в действии, что особенно важно при покупке.

Таким образом, рассмотрены основные направления коммуникационной политики, рекомендованные компании ООО «Somon International» для наиболее эффективной деятельности по формированию имиджа своего бренда на мировом рынке и его продвижению.

В связи с существующими обстоятельствами, а также для сохранения финансовых средств компании было предложено онлайн-продвижение, как предпочтительное.

Однако для полного эффекта необходимо обеспечивать так называемый клиентский опыт, а также способствовать обмену информации с другими игроками по всему миру.

Для того, чтобы понять будет ли рентабельным выход компании ООО «Somon International» на международный рынок, необходимо оценить эффективность всех предложенных мероприятий. Для этого воспользуемся показателем окупаемости инвестиций ROI (Return On Investment), который иллюстрирует уровень доходности или убыточности бизнеса, учитывая сумму сделанных в этот бизнес инвестиций. В нашем случае мы будем вычислять доходность от экспортной деятельности. [3]

Если ROI выше 100%, то это говорит о прибыльности капиталовложений, если ниже – об убыточности.

Таким образом, для расчета данного показателя необходимо определить доходы от международной деятельности компании и расходы, связанные с экспортом продукции в Индию. Начнем с доходов.

Исходя из средней стоимости продукции выбранного ассортимента и ее количества был определен прогнозируемый доход компании ООО «Somon International» от экспортной деятельности.

Затем подсчитаны расходы на коммуникационную политику в год с учетом участия в выставках и конференциях, а также онлайн и офлайн рекламы. Транспортные расходы на доставку продукции в Индию авиатранспортом включают стоимость работы логистического оператора по оформлению таможенной документации, сертификации продукции, страхованию груза на сумму 85 821 250 руб., а также уплату таможенных сборов. Предположительно компания будет доставлять продукцию два раза в месяц. Стоимость одного раза доставки составляет 1 060 903 руб., соответственно транспортные расходы и таможенное оформление в год составит 25 461 672 руб.

Таможенная пошлина в Индии составляет 10% от таможенной стоимости товара. В таможенную стоимость включаются затраты на транспортировку, страхование, лицензирование и другие затраты, фактически понесенные декларантом к моменту пересечения таможенной границы.

Исходя из расчетов, получаем значение ROI:

На основании данных расчетов, можно сделать вывод о том, что прибыль от экспортной деятельности компании превысит расходы на нее на 464,8%. Данный результат показывает высокую окупаемость инвестиций и означает, что за каждый рубль затрат на экспорт продукции компания получит около 5,65 рублей прибыли.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что предложенные мероприятия по выходу компании ООО «Somon International» на рынок Индии будут высокоэффективными для деятельности компании в целом.

На основании вышеизложенного можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее привлекательной стратегией для выхода компании ООО «Somon International» на рынок Индии будет стратегия прямого экспорта, которую стоит реализовывать с поддержкой государства.
2. В качестве основных направлений коммуникационной политики были выбраны: онлайн-продвижение и участие в выставках.

После расчета возврата инвестиций, был сделан вывод об эффективности экспортной деятельности для компании ООО «Somon

Список литературы

1. Заболотин Г. И., Каширина М. В. Экономический анализ деятельности предприятия: учебное пособие. Самара: Самарский государственный технический университет, 2020. 84 с.
2. Каменская Е. Н. Управление в производственной среде. Охрана труда: учебное пособие. Ростов-на-Дону, Таганрог: Издательство Южного федерального университета, 2021. 110 с.
3. Сухов В. Д., Киселев А. А., Сазонов А. И. Инвестиционный анализ: теория и практика: учебник для бакалавров. М. : Ай Пи Ар Медиа, 2022. 216 с.

References

1. Zabolotin G. I., Kashirina M. V. *E'konomicheskij analiz deyatel'nosti predpriyatiya: uchebnoe posobie*. Samara: Samarskij gosudarstvenny'j texnicheskij universitet, 2020. 84 pp. (in Rus).
2. Kamenskaya E. N. *Upravlenie v proizvodstvennoj srede. Oxrana truda: uchebnoe posobie*. Rostov-na-Donu, Taganrog: Izdatel'stvo Yuzhnogo federal'nogo universiteta, 2021. 110 pp. (in Rus).
3. Suxov V. D., Kiselev A. A., Sazonov A. I. *Investicionny'j analiz: teoriya i praktika: uchebnik dlya bakalavrov*. M. : Aj Pi Ar Media, 2022. 216 pp. (in Rus).

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО ВЫРАЩИВАНИЯ САДОВЫХ КУЛЬТУР С ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРОПОННОГО ПОЛИВА

© А.Д. Кезь, В.Ю. Иванов, 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна 1
91186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

В данной статье рассматривается разработка системы автоматического выращивания садовых культур с использованием гидропонного полива

Ключевые слова: Arduino, Гидропоника, автоматизация, микроконтроллер, микроклимат, датчики, LCD2004, DS3231, BME280, MQ-135, DHT22, реле, гидропонный полив, сельское хозяйство, DS18B20, EC11, печатная плата, EasyEDA.

А.К. Kez, V.Y. Ivanov

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design 191186, Saint Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR AUTOMATIC GROWING OF GARDEN CROPS USING HYDROPONIC IRRIGATION

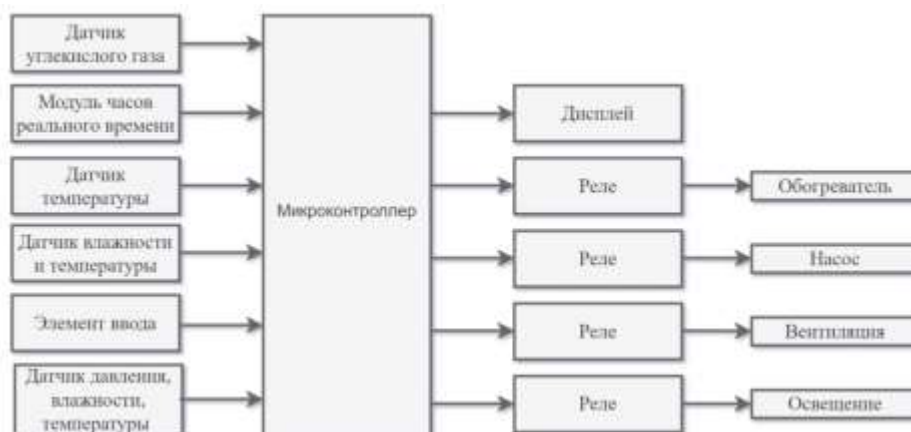
This article discusses the development of a system for the automatic cultivation of garden crops using hydroponic irrigation.

Keywords: Arduino, hydroponics, automation, microcontroller, microclimate, sensors, LCD2004, DS3231, BME280, MQ-135, DHT22, relay, hydroponic irrigation, agriculture, DS18B20, EC11, printed circuit board, EasyEDA.

В данной статье рассматривается разработка системы автоматического выращивания садовых культур с использованием гидропонного полива. Актуальность данной системы направлена на устойчивое, высокотехнологичное и экономически выгодное сельское хозяйство, отвечающее вызовам современности (нехватка воды, деградация почв, рост населения). Автоматизация процессов позволяет не только минимизировать человеческий фактор, но и обеспечить более точный контроль за условиями роста растений, что в свою очередь способствует улучшению качества продукции.

Принцип работы устройства заключается в автоматическом мониторинге и регулировании микроклимата и полива с помощью микроконтроллера ATmega328p на платформе Arduino Nano. Микроконтроллер обрабатывает данные от датчиков температуры (DS18B20), температуры (BME280), влажности (DHT22), качества воздуха (MQ-135) и влажности почвы, и на основе этих данных управляет обогревателями, увлажнителями, светильниками и насосами для поддержания оптимальных условий для роста растений. Центральное управляющее устройство также синхронизируется с модулем реального времени DS3231 для точного времени и обеспечивает пользовательский интерфейс через ЖК-дисплей LCD2004 и инкрементальный энкодер для настройки и управления системой.

Составные части устройства: Центральное управляющее устройство на основе микроконтроллера ATmega328p (Arduino Nano), датчик температуры DS18B20, датчик и атмосферного давления BME280, датчик качества воздуха MQ-135, датчик температуры и влажности DHT22 модуль реального времени DS3231, ЖК-дисплей LCD2004, инкрементальный энкодер EC11. Структурная схема системы представлена на рисунке 1.



В основе платы лежит микроконтроллер ATmega328 с тактовой частотой 16 МГц, он обладает 32 КБ памяти и имеет 20 контролируемых контактов для ввода и вывода. Arduino — это открытая платформа, что позволяет собирать всевозможные электронные устройств. Данная платформа состоит из двух частей - аппаратной и программной; каждая из двух частей крайне гибкая и простая в использовании. Для программирования микроконтроллера используется упрощённая версия C++, что также известна как Wiring. Разработку можно вести и с использованием бесплатной среды Arduino IDE, и с помощью графического языка программирования XOD IDE, также доступен вариант программирования с помощью произвольного инструментария C/C++. Поддерживаемые операционные системы - Windows, MacOS X и Linux. Для программирования и связи с компьютером вам понадобится USB-B кабель. Присутствует и возможность автономной работы с помощью отдельного блока питания Жидкокристаллический дисплей LCD2004: Используется для отображения информации о состоянии микроклимата в теплице и управления им. Подключается через I2C-конвертер для экономии выводов на плате Arduino. Дисплей имеет разрешение 20 символов на 4 строки и подсветку, что позволяет легко считывать данные в любых условиях.

Модуль реального времени DS3231: Используется для синхронизации времени в случае отключения платы от сети. Модуль оснащен литиевой батареей, которая питает его в момент отключения. Он обеспечивает точное время с погрешностью $\pm 0,432$ секунды в день и поддерживает два будильника.

Цифровой датчик температуры DS18B20: Высокоточный датчик температуры, который измеряет температуру с погрешностью не более $0,5^{\circ}\text{C}$ в диапазоне от -10°C до $+85^{\circ}\text{C}$. Он подключается к микроконтроллеру и передает данные о текущей температуре. Датчик питается напряжением от 3,3В до 5В и может быть подключен в режиме паразитного питания.

Ёмкостный датчик влажности BME280. Этот датчик измеряет влажность воздуха, а также температуру и атмосферное давление. Он обеспечивает точные данные о микроклимате в теплице. Датчик поддерживает два интерфейса – I2C и SPI, что позволяет подключать его к микроконтроллеру различными способами.

Аналоговый датчик качества воздуха MQ-135. Датчик, который измеряет концентрацию углекислого газа в воздухе. Он может быть использован для контроля качества воздуха в теплице и автоматического проветривания при высоких концентрациях CO_2 . Датчик имеет аналоговый выход и может быть подключен к микроконтроллеру для обработки данных.

Инкрементальный энкодер EC11. Используется для навигации по меню и настройки системы. Он позволяет легко перемещаться по меню и изменять параметры работы системы. Энкодер имеет два выхода, которые генерируют сигналы для определения направления вращения и количества оборотов.

Модуль на базе датчика температуры и влажности DHT-22 (AM2302). Цифровой датчик температуры и влажности DHT22 - это калиброванный цифровой модуль измерения температуры и влажности, который имеет высокую точность и широкий диапазон измерения/

Насос для полива. Используется для автоматической подачи питательного раствора в гидропонную систему. Насос под управлением микроконтроллера обеспечивает оптимальное увлажнение почвы в зависимости от потребностей растений.

Система искусственного освещения. Состоит из светильников, которые включаются и выключаются автоматически в зависимости от времени суток. Это позволяет обеспечить достаточное количество света для роста растений в условиях ограниченного естественного освещения.

Модуль электромеханического четырехканального реле SDR-12VDC-SL-C с опторазвязкой и управляющим напряжением 12В. Подключаемая нагрузка до 10А, 30В DC, 250В AC. Отличительной особенностью данных модулей, является выбор уровня срабатывания переключателя на плате, причем для каждого канала предусмотрена своя переключатель.

Специально для данного проекта была спроектирована печатная плата. Разработка была выполнена в среде EasyEDA — облачном САПР для проектирования электронных устройств, сочетающем редактор принципиальных схем, трассировщик печатных плат и симулятор цепей. На первом этапе была создана принципиальная электрическая схема устройства с использованием встроенных библиотек компонентов. (рисунок 2)

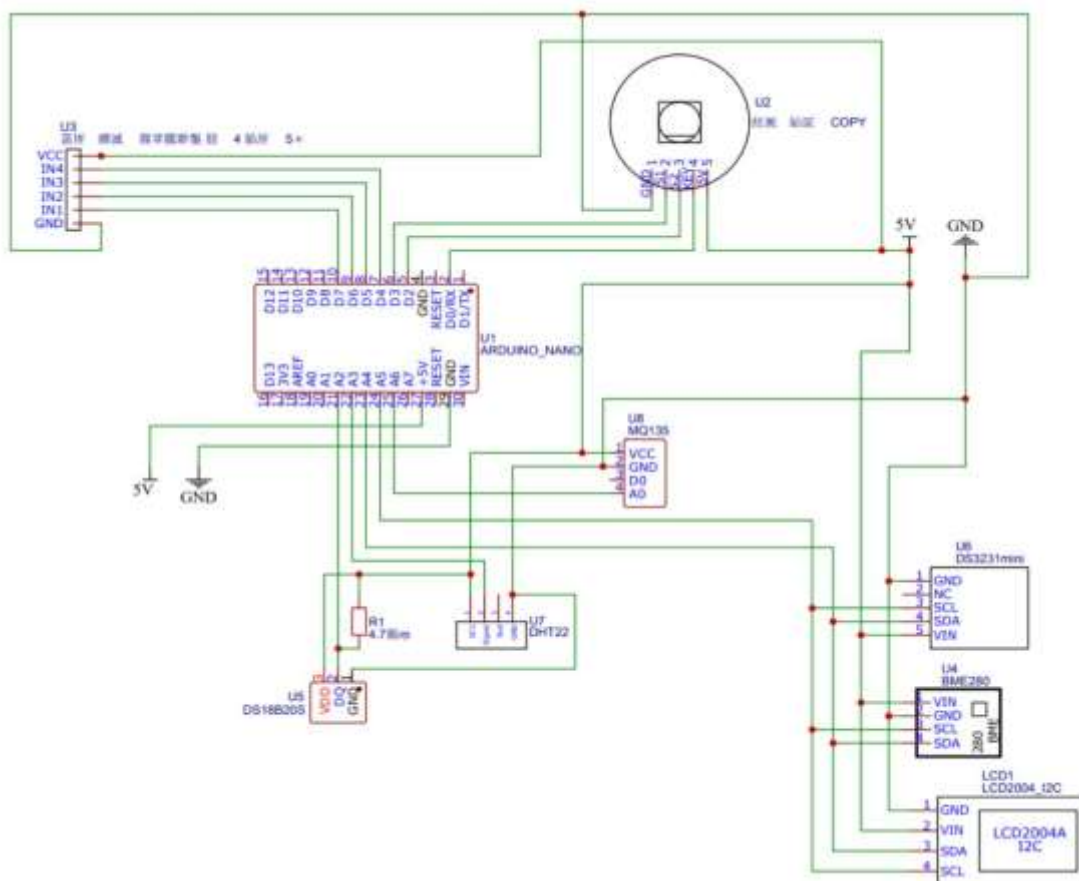


Рисунок 2 – Принципиальная электрическая схема

Далее выполнена компоновка РСВ с учётом электромагнитной совместимости и минимизации паразитных наводок: ширина дорожек и зазоры выбраны исходя из тока нагрузки (до 3 А) и напряжения (12 В), применены полигоны для разводки земли и питания. Для обеспечения повторяемости проекта параметры слоёв (толщина меди 35 мкм, материал FR-4) и маски (синяя LPI) соответствовали стандартным возможностям промышленного производства. Файлы Gerber и сверловки (Excellon) экспортированы для изготовления на стороннем предприятии. (рисунок 3)

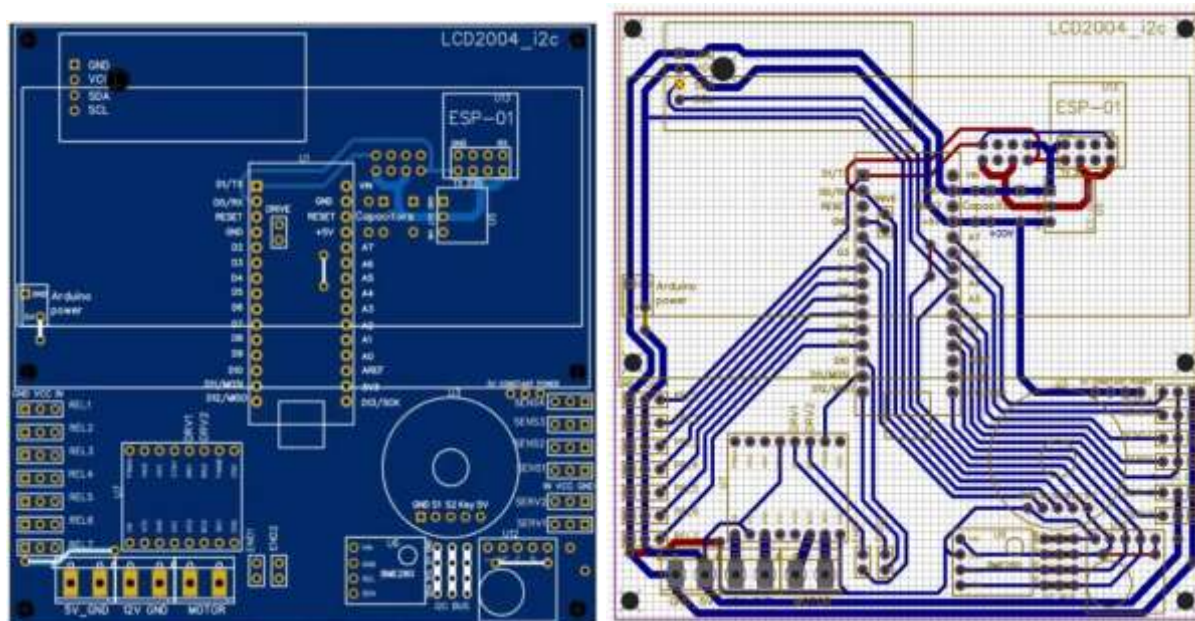


Рисунок 3– Печатная плата

Список литературы

1. Иванов В.Ю., Масжов Е.Г. Средства автоматизации и управления // СПбГУПТД. 2018.
2. Иванов В.Ю., Масжов Е.Г., Энтин В.Я. Вычислительные машины, системы и сети // СПбГУПТД. 2017.
3. Иванов В.Ю., Масжов Е.Г., Платонова Т.Л. Распределенные компьютерные информационно управляющие системы // СПбГУПТД. 2019.
4. Иванов В.Ю., Масжов Е.Г., Логинов В.В. Сопряжение однокристалльных микроконтроллеров с датчиками и исполнительными механизмами // СПбГУПТД. 2013.

References

1. Ivanov V.Ju., Maezhov E.G. Sredstva avtomatizacii i upravlenija // SPbGUPTD. 2018.
2. Ivanov V.Ju., Maezhov E.G., Jentin V.Ja. Vychislitel'nye mashiny, sistemy i seti // SPbGUPTD. 2017.
3. Ivanov V.Ju., Maezhov E.G., Platonova T.L. Raspredeennye komp'juternye informacionno upravljajushhiesistemy // SPbGUPTD. 2019.
4. Ivanov V.Ju., Maezhov E.G., Loginov V.V. Sopryazhenie odnokristal'nyh mikrokontrollerov s datchikami i ispolnitel'nymi mehanizmami // SPbGUPTD. 2013.

УДК 667.074.164

Н.А. Ковалева, М.В. Ермакова

РАЗРАБОТКА ПЕРЕПЛЕТЕНИЯ ДВУХСЛОЙНОЙ ЖАККАРДОВОЙ ТКАНИ

© Н.А. Ковалева, М.В. Ермакова, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

В работе исследована методика построения двухслойной жаккардовой ткани с переходом слоев по заданному контуру.

Ключевые слова: жаккардовая ткань, двухслойное переплетение, основа, уток, раппорт цвета.

N.A. Kovaleva, M.V. Ermakova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DOUBLE-WEAVE JACQUARD FABRIC DESIGNING

The paper examines the technique of designing a double-weave jacquard fabric.

Keywords: jacquard fabric, double weave, warp, weft, color rapport.

В производстве жаккардовых мебельно-декоративных тканей и декоративных тканей для покрывал часто используют переплетения или отделку, создающие объемный эффект. Характерный пример таких тканей и тканых изделий – покрывала пике. Однако переплетение пике довольно трудоемко для выработки, поэтому тканые изделия пике не очень широко представлены на отечественном рынке и имеют довольно высокую стоимость. Более распространенны структуры, имитирующие объемный эффект пике. К ним относятся в первую очередь ткани двухслойного переплетения с переходом слоев по заданному контуру. Такие ткани строятся по принципу полых (мешковых) тканей, когда цветовые эффекты выявлены за счет смены слоев различных цветов. Каждый слой двухслойной ткани представляет собой отдельную ткань, чаще всего полотняного переплетения, слои располагаются один над другим. Перемещение их происходит только по контурам каждого цветового эффекта рисунка ткани.

Цветовые эффекты двуслойных тканей могут быть чистыми, когда переплетение определенного эффекта производится нитями основы и утка одного цвета, и смешанными, когда в данном эффекте нити основы и утка различны по цвету.

Применяя в основе и в утке системы нити одного цвета, можно достигнуть при двухслойном строении ткани два чистых эффекта и один смешанный. При использовании по ширине основы сложного манера снования, состоящего из больших групп нитей различных цветов, в сочетании с многоцветным утком возможно получение для тканей данного типа цветных рисунков, состоящих из большого количества цветовых эффектов, чистых и смешанных.

Современные методы компьютерного проектирования жаккардовых тканей значительно облегчают процесс патронирования ткани, поэтому в качестве базовых переплетений все чаще используют различные виды производных и комбинированных переплетений, что позволяет получать не только требуемый полый эффект, но и разнообразную фактуру поверхности ткани.

При применении в утке двух различных видов сырья, имеющих различную способность к усадке после отделки, можно получить эффекты гофре в местах полого (мешкового) соединения, такие ткани носят название флоксе.

Таким образом, в качестве объекта исследования была выбрана жаккардовая ткань мебельно-декоративного назначения, предмет исследования – двухслойное переплетение с переходом слоев по заданному контуру. Цель исследования – разработка рисунка переплетения жаккардовой ткани с полым эффектом. Задачи исследования включали в себя исследование методики разработки переплетения двухслойной жаккардовой ткани с переходом слоев по заданному контуру применительно к узорам различного вида и разработку рисунка переплетения жаккардовой ткани по заданному узору. В работе использовались методы проектирования переплетений жаккардовых тканей, методы компьютерного проектирования тканей.

Двухслойные переплетения с переходом слоев по заданному контуру, создающим полый (мешковый) эффект применяются как в ремизном, так и в жаккардовом ткачестве. Рассмотрим методику проектирования двухслойных тканей с полым эффектом применительно к жаккардовому ткачеству.

Для тканей с полым эффектом, вырабатываемых на базе полотняного переплетения, чаще всего используют соотношения нитей основы и утка 1:1.

Для двухслойной ткани с двумя чистыми эффектами и соотношением нитей основы и утка 1:1 используют раппорты цвета по основе и по утку, равные двум нитям, $R_{цв} = 2 (1a, 1б)$, где $R_{цв}$ – раппорт цвета; а, б – условное обозначение цветов нитей.

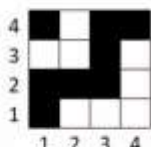
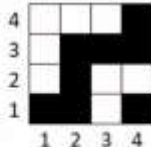
На первом этапе проектирования ткани осуществляют разработку цветного узора, состоящего из заданного числа эффектов: двух или трех (два чистых и один смешанный эффект). После этого принимают, какие нити основы и утка будут участвовать в формировании эффектов. Например, в формировании цветового эффекта 1 на лицевой стороне ткани будут участвовать нечетные нити основы и утка – цвет а, а в формировании цветового эффекта 2 будут участвовать четные нити основы и утка – цвет б.

Далее для каждого эффекта разрабатывают двухслойное переплетение. Методика построения переплетений двухслойных тканей с переходом слоев по заданному контуру приведена в литературе [1].

Разработка переплетения, соответствующего заданному цветовому эффекту, осуществляется в несколько этапов с построением частных рисунков переплетений: 1) переплетение нитей верхнего слоя; 2) переплетение нитей нижнего слоя; переплетение нижнего слоя проектируется лицевой стороной вниз; 3) активная изоляция верхней основы над нижним утком; 4) объединение частных рисунков переплетений в общий рисунок переплетения для заданного эффекта.

Таблица цветовых эффектов жаккардовой ткани с двумя чистыми эффектами представлена в таблице 1. Рисунок для этой ткани разрабатывается в двух цветах – в двух чистых эффектах, светлом и темном. В светлом эффекте переплетаются светлые нити основы со светлым утком (цвет а). В темном эффекте переплетаются темные нити основы с темным утком (цвет б). Переплетение ткани во всех эффектах с лицевой и изнаночной стороны полотняное. Узор выявлен на ткани за счет смены темных и светлых слоев. При этом лицевая сторона по рисунку является негативом изнаночной. Нечетные нити основы и утка светлые, четные – темные, чередование нитей верхнего и нижнего слоев 1:1.

Таблица 1. Таблица цветовых эффектов жаккардовой ткани

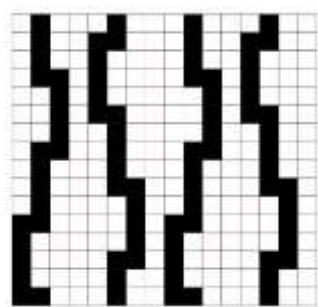
Номер эффекта	Цвет	Переплетение
1	светлый	
2	темный	

При выполнении патрона жаккардовой ткани методом сплошной закраски, т. е. при сокращенном методе патронирования, одно вертикальное междустрочие патрона будет соответствовать двум нитям основы, а одно горизонтальное междустрочие патрона будет соответствовать двум нитям утка. Одна клетка патрона в этом случае является местом пересечения двух основных, светлой и темной, и двух уточных нитей, также светлой и темной. Патрон выполняется в двух цветах, темный эффект закрашивается, светлый остается незакрашенным.

При развернутом патронировании одна клетка патрона соответствует пересечению одной нити основы и одной нити утка, светлым либо темным. При развернутом патронировании незакрашенная область патрона заполняется непосредственно переплетением эффекта 1, а закрашенная заполняется переплетением эффекта 2 (таблица 1).

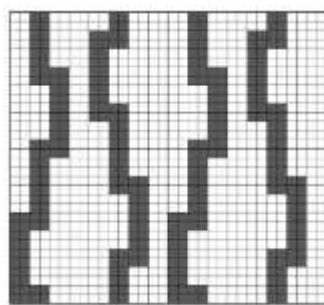
При разработке двухслойных жаккардовых тканей с переходом слоев по заданному контуру можно выделить два варианта задач, соответствующих двум типам узора ткани. В первом варианте узор состоит из соразмерных по площади областей, соответствующих каждому цветовому эффекту. Отдельные элементы узора при этом содержат большее число нитей, чем раппорт переплетения, формирующий эффект. Во втором варианте на лицевой стороне ткани один эффект является доминирующим, а второй эффект выполняет функцию формирования контура отдельных элементов узора, а также может создавать имитацию стежки (пике). Таким образом, элементы узора, выявленные вторым эффектом, могут являться весьма небольшими по площади, включать в себя малое число нитей основы и утка. В этом случае при проектировании ткани необходимо учитывать минимально возможный размер элемента узора.

Рассмотрим процесс разработки переплетения двухслойной ткани с переходом слоев по заданному контуру по узору второго типа на конкретном примере. Чередование нитей слоев 1:1, переплетение слоев – полотняное. На 1 показан характерный мотив, по которому может осуществляться разработка узора второго типа, размер мотива 8 x 16 клеток, раппорт по основе мотива повторяется на 1 два раза. Небольшой размер мотива выбран для удобства представления.



1. Мотив

Построим переплетение ткани, в котором элементы узора будут включать в себя как минимум одну нить верхнего слоя и одну нить нижнего слоя. Для этого преобразуем мотив на 1 в развернутый патрон, развернув каждую клетку мотива до четырех клеток: две основных нити и две уточных нити. На 2 показан развернутый патрон жаккардовой ткани, разработанный на базе мотива (1), до нанесения на него переплетений эффектов. В данном патроне незакрашенная область соответствует эффекту 1, а закрашенная область соответствует эффекту 2 из таблицы 1.



2. Патрон жаккардовой ткани

При разработке развернутого патрона при решении данной задачи вызывает сложность корректное заполнение переплетением элементов узора малой величины, содержащих число нитей основы или утка меньше раппорта переплетения цветового эффекта.

Заполнение области патрона переплетением, в рассматриваемом примере переплетением эффекта 2, осуществляется по следующему принципу: вся площадь патрона (условно) заполняется требуемым переплетением и затем в области построения оставляется только тот участок, который соответствует области данного эффекта. По такому же принципу заполняются области патрона с оставшимися эффектами. Следует отметить, что в современных САПР жаккардовых тканей наложение переплетений эффектов на области патрона происходит автоматически.

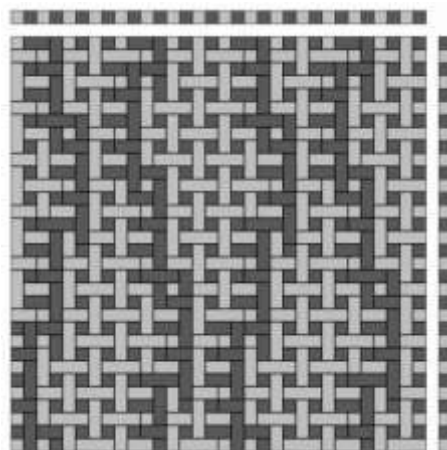
На 3, а представлен разработанный рисунок переплетения жаккардовой ткани по заданному мотиву. На 3, б показана визуализация структуры переплетения данной ткани, справа от рисунка указан раппорт цвета уточных нитей, сверху от рисунка – раппорт цвета основных нитей. На 3, б нити основы и утка верхнего и нижнего слоя расположены рядом в пределах одного эффекта, в реальной ткани они будут располагаться одна над другой.

Проанализируем полученное переплетение жаккардовой ткани. Как видим из 3, соединение слоев в направлении основы осуществляется одной светлой нитью и одной темной нитью основы. Также и в направлении утка соединение слоев осуществляет одна темная нить утка и одна светлая. При этом максимальная длина настилов основной и уточной нитей, соединяющих слои, не превышает три перекрытия, как в базовых переплетениях эффектов.

В ходе исследований было определено, что при чередовании нитей верхнего и нижнего слоев 1:1 минимальное число нитей в элементе узора должно быть равно двум нитям основы и двум нитям утка (одна верхняя и одна нижняя нить) независимо от переплетения слоя. В этом случае при разработке двухслойного переплетения с переходом слоев будет обеспечиваться соединение слоев ткани по заданному контуру узора.



а



б

3. Рисунок переплетения жаккардовой ткани:

а – рисунок переплетения; б – визуализация переплетения

Заключение

1. Проведено исследование методики разработки переплетения двухслойной жаккардовой ткани с переходом слоев по заданному контуру применительно к узорам различного вида.
2. Определено минимально возможное число нитей в элементе узора в двухслойных тканях с переходом слоев по заданному контуру, обеспечивающее соединение слоев.
3. В ходе работы была спроектирована жаккардовая ткань с полым объемным эффектом и выработаны образцы тканей.

Список литературы

1. Толубеева Г. И. Основы проектирования крупноузорчатых тканей: учебник. Иваново: ИГТА, 2012. 344 с.

References

1. Tolubeeva G.I. Osnovy proektirovaniya krupnouzorchatyh tkaney: uchebnik [Fundamentals of designing large-pattern fabrics: textbook]. Ivanovo: IGTA, 2012. 344 pp. (in Rus.).

РАЗРАБОТКА ПРОТОТИПА КАЗУАЛЬНОЙ 2D-ИГРЫ ЖАНРА POINT-AND-CLICK В СРЕДЕ UNITY

© Э.А. Кокова, Е.Н. Дроздова, 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Аннотация. Статья посвящена разработке демонстрационной версии казуальной 2D-игры жанра point-and-click с использованием среды Unity. Определена концепция игры: ее сюжет, стиль, жанр, сеттинг. Приведены и проанализированы способы реализации прототипа. Описаны особенности создания визуальной составляющей и звукового сопровождения, а также сборка прототипа с использованием средств Unity.

Ключевые слова: игровая разработка, казуальная игра, Unity, прототипирование, геймплей, игровая механика

Е.А. Kokova, E.N. Drozdova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DEVELOPING A PROTOTYPE OF A POINT-AND-CLICK CASUAL 2D-IGRY IN UNITY

Abstract. The article is devoted to the development of a demo version of a casual 2D game of the point-and-click genre using the Unity environment. The concept of the game is defined: its plot, style, genre, setting. Methods of prototype implementation are given and analyzed. The features of creating a visual component and sound, as well as assembling a prototype using Unity tools are described.

Keywords: game development, casual game, Unity, prototyping, gameplay, game mechanics.

Введение

На сегодняшний день игры в жанре point-and-click остаются актуальными, поскольку дают возможность разработчикам рассказать историю в уникальном формате, механики таких игры позволяют постепенно раскрывать сюжет и персонажей. Также игры этого жанра доступны для разных возрастных групп, поскольку не требуют быстрой реакции или использования сложных комбинаций клавиш.

Жанр Point-and-click (от англ. point and click — укажи и щёлкни) — поджанр видеоигр, разновидность квеста, в котором игрок управляет своим персонажем с помощью механики наведения курсора мыши. С помощью мыши игрок может перемещать персонажа в игровом пространстве, взаимодействовать с NPC (неигровые персонажи), запускать диалоговые окна и т. д. Часто наведение курсора на объект взаимодействия открывает список конкретных действий, доступных для выполнения. Гейм-дизайнеры современных игр текстовому взаимодействию предпочитают более контекстно зависимый интуитивный пользовательский интерфейс. Геймплей игр поджанра point-and-click часто сводится к сбору предметов в инвентарь персонажа и определению нужного момента для их использования. Игрок ориентируется на подсказки в виде визуальных элементов игры, описаний различных предметов и диалогов с другими персонажами.

Данная статья посвящена созданию 2D-игры в жанре квеста (point-and-click). Рассмотрим основные этапы работы над проектом [1]–[4].

1. Концепция игры

Опишем ключевую игровую механику. Игровое поле представлено в виде горизонтально вытянутой лесной опушки. Игрок исследует локацию Лисичкой, кликая по её разным частям левой кнопкой мыши, камера следует за ним. Взаимодействуя с разными объектами (персонажами или предметами), игрок продвигается дальше по сюжету. Некоторые предметы можно собрать и при взаимодействии с капканом откроется инвентарь с имеющимися предметами. Задача игрока – помочь Лисе выбраться из капкана и избежать гибели от рук охотника.

Рассмотрим ключевые элементы интерфейса.

Игровое меню: в главном меню должны располагаться название игры, кнопка «Играть», кнопка выхода из игры.

Игровой экран: игровое поле представлено в виде горизонтально вытянутой лесной опушки, по мере продвижения по которой камера следует за игроком.

Экран окончания игры: после спасения Лисы из капкана появляется кат-сцена, где обе лисицы отдыхают на полянке и наслаждаются свободой. После кат-сцены открывается главное меню.

Представим список контента и описание игровой логики.

Игровая локация: протяженное изображение, разделенное на слои с объектами фона разных уровней глубины.

Модель игрока: 2D-модель лисы, перемещающаяся по клику ЛКМ.

Предметы: вещи, которые может собрать игрок и использовать для решения главной задачи игры.

Персонажи: неигровые персонажи, дающие подсказки игроку.

Кат-сцены: рисованные вставки, сопровождающие начало и завершение игры.

Определим важность различных элементов игрового процесса.

Скорость работы и быстродействие: Некритичный фактор, в игре не ведется отслеживание времени действий игрока.

Визуальные эффекты: Невысокие требования к графике: все предметы и кат-сцены выполнены в простой красочной стилистике, используется простая анимация. Музыка и звуковое сопровождение: Обязательны для создания нужного настроения; на фоне присутствует ненавязчивое музыкальное и звуковое сопровождение (звуки леса: шелест листьев, пение птиц и пр.), погружающее игрока в атмосферу игры. Дополнительно могут озвучиваются действия игрока (шаги, диалоги, попытки открыть капкан).

2. Проработка визуальной составляющей и звукового сопровождения

После разработки концепции игры можно перейти к созданию самого прототипа. Для начала необходимо проработать визуальную составляющую игры — текстуры, модели персонажей, анимации, элементы интерфейса и фоновые изображения. Для этого было выбрано бесплатное программное обеспечение Krita. Это редактор растровой графики с открытым исходным кодом, предоставляющий широкий набор инструментов, возможность настраивать и создавать собственные кисти, а также импортировать готовые наборы кистей.

Для создания прототипа игры необходимо подготовить: спрайт лисы, которой управляет игрок, и анимацию ее ходьбы; два спрайта лисы — до и после спасения игроком; спрайт филина, который дает подсказку, и анимацию диалога; «пузырьки» диалога; спрайты палки и камня; спрайты кнопок и названия игры в главном меню; курсор; игровую локацию; кадры кат-сцен в начале и конце игры.

Все изображения созданы с использованием одной и той же кисти с текстурой карандаша для поддержания единого стиля в игре. Для прорисовки лисиц был выбран размер холста 1080 на 390 пикселей. Обе лисы имеют один вид за исключением окраса — та, которой управляет игрок, ярко-оранжевая с белым животом и ушами, вторая же более темная с белым животом и черными «носками» на лапах.

Набор инструментов Krita включает в себя также покадровую анимацию, с помощью которой можно создать и экспортировать кадры анимации ходьбы лисы, которой управляет игрок. Персонажем, дающим подсказку игроку, был выбран мудрый филин, для создания анимации диалога было необходимо нарисовать два дополнительных кадра, на которых он поднимает крыло. В качестве предметов, которые игрок может собрать и использовать для попытки открыть капкан, были выбраны палка и камень.

Самым долгим и трудоемким в создании визуальной составляющей прототипа является прорисовка игровой локации. Она представляет собой горизонтальное изображение размером 5690 на 3420 пикселей. Для облегчения работы над таким большим полотном и упрощения заполнения повторяющимися элементами можно воспользоваться функционалом программы Krita — создать кисти-штампы. Для создания кисти-штампа необходимо отрисовать несколько вариантов элемента, например ёлок. На основе этих вариантов была создана кисть-штамп для прорисовки леса. Аналогичным образом были созданы кисти для прорисовки травы и кучи камней.

В середине игровой локации, перед развилкой, изображен большой дуб, под которым сидит филин. Также для создания глубины было создано отдельное изображение для переднего плана с ёлками, за которыми не будет видно игрока. Готовая игровая локация представлена на рисунке 1, а.

Далее были созданы элементы интерфейса и курсор. Завершающим этапом в создании визуальной составляющей является прорисовка фонового изображения для меню и кадров кат-сцен (рисунок 1, б, в, г). Кат-сцена в начале игры рассказывает о лисе, попавшей в капкан и ее переживаниях о том, что она попадет в руки охотника. Кат-сцена в конце изображает обеих лисиц, счастливо отдыхающих на опушке леса.



а



б



в

г

1. Проработка визуальной составляющей: а — игровая локация; б — фоновое изображение главного меню; в — кадры кат-сцены в начале игры; г — кат-сцена в конце игры

Правильный подбор звуков для игры очень важен, поскольку качественный звуковой дизайн улучшает погружение в игру, создает подходящую атмосферу, а также помогает игрокам лучше ориентироваться и понимать, что происходит. Для прототипа было необходимо подобрать звуки для озвучивания: плача лисы в капкане; шагов игрока; диалога с филином; неудачной попытки открыть капкан; фонового сопровождения в меню и игре (пение птиц и шелест листьев). Для поиска подходящих звуков был использован сайт с бесплатным аудиоконтентом Freesound

3. Сборка прототипа

Начальными этапами создания прототипа игры является добавление всех спрайтов в сцену. После этого можно перейти к их настройке и написанию скриптов языке программирования C#. Вся игровая логика будет описана в скрипте Adventure Manager, который добавлен к одноименному пустому игровому объекту. На спрайт локации необходимо добавить тэг «Ground» и компонент Polygon Collider 2D, чтобы обозначить область, по которой сможет передвигаться игрок.

После обозначения области перемещения игрока необходимо написать скрипт (рисунок 2, а, б), передвигающий лису по щелчку левой кнопки мыши в пределах этой области, а также меняющий анимацию с бездействия на ходьбу и обратно. По ранее добавленному тегу Ground можно отследить, нажал ли игрок на коллайдер игровой локации или нет.

Далее необходимо написать скрипт для обработки нажатия ЛКМ по другим предметам: вызов диалога для персонажей, скрытие предметов. Для этого аналогично были добавлены соответствующие теги, в скрипте объявлены булевые переменные для сохранения состояния, и с помощью функции `object.SetActive(true/false)` скрыты или показаны объекты. Для диалоговых «пузырьков» прописано отложенное скрытие с помощью асинхронной функции (рисунок 2, в).

Далее на объекты, издающие звуки, такие как: лиса в капкане, лиса-игрок, филин и игровая локация, необходимо добавить компонент Audio Source. После этого с помощью функций `audio.Play()` и `audio.Stop()` в скрипте для некоторых объектов нужно прописать такой код, чтобы аудиодорожка включалась и выключалась при определенных условиях: звуки шагов, когда игрок передвигается; диалог с филином при нажатии на него; звук плача лисы при выборе неправильного предмета для открытия капкана (рисунок 2, г); звук радости при выборе правильного предмета для открытия капкана (рисунок 3, а).



а



б

```
trap2.SetActive(true);

async Task TrapDialog()
{
    await Task.Delay(1500);
    trap2.SetActive(false);
    await Task.Delay(2500);
    answer.SetActive(true);
    await Task.Delay(2000);
    answer.SetActive(false);
}

_ = TrapDialog();
```

```
trap.SetActive(true);

async Task TrapDialog()
{
    await Task.Delay(3500);
    trap.SetActive(false);
}

_ = TrapDialog();
```

```
async Task IncorrectItem()
{
    audioFoxie.Stop();
    audioFoxie.clip = cry;
    audioFoxie.Play();

    await Task.Delay(1230);

    audioFoxie.Stop();
    audioFoxie.clip = whimper;
    audioFoxie.Play();
}

_ = IncorrectItem();
```

г

2. Фрагменты программного кода: а — обработка нажатия на игровую локацию; б — передвижение спрайта и переключение анимации; в — показ и отложенное скрытие диалогов; г — скрипт, запускающий плач лисы, с отложенным включением аудиодорожки по умолчанию

С помощью инструмента Timeline была создана начальная кат-сцена. С помощью анимации был создан плавный переход между кадрами, создающий ощущение единой картинки (рисунок 3, б). Переход от кат-сцены создан с помощью постепенно уменьшающейся круглой спрайт маски.

Аналогичным образом в отдельной сцене создана финальная кат-сцена после прохождения игры — изображение отдыхающих лисиц постепенно отдаляется, после происходит переход в главное меню. Также на спрайт кат-сцены был добавлен компонент Audio Source со звуками леса.

Далее в сцену главного меню были добавлены спрайты фонового изображения и названия игры, также были созданы две кнопки, в источниках изображения которых выбраны спрайты кнопок «играть» и «выхода». На фон был добавлен компонент Audio Source со звуками пения птиц. На кнопки в параметре On Click() добавлен скрипт LevelManager и выбрана соответствующая функция — для кнопки «играть» выбрана LoadGame(), запускающая сцену с игрой, для кнопки «выход из игры» выбрана QuitGame(), закрывающая игру. Скрипт LevelManager представлен на рисунке 3, в.

Также на кнопки добавлен компонент Event Trigger, с помощью которого меняется вид курсора при наведении. Аналогичным образом в компонент добавляется скрипт и выбирается определенная функция, прописанная в нем. Скрипт, подключенный к компоненту, представлен на рисунке 3, г.

```
audioFoxie.Stop();
audioFoxie.clip = yay;
audioFoxie.Play();

async Task EndingSceneLoad()
{
    await Task.Delay(2000);
    SceneManager.LoadScene("Ending");
}

_ = EndingSceneLoad();
```

а



б



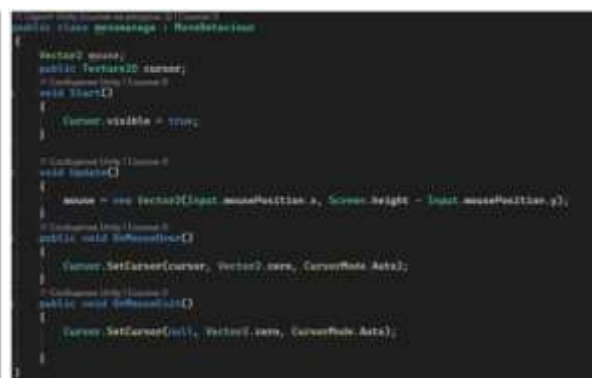
```

Скрипт Unity (1 ссылка на ресурсы) | Ссылка: 0
public class LevelManager : MonoBehaviour
{
    public string sceneToLoad = "Game";

    Ссылка: 0
    public void LoadGame ()
    {
        SceneManager.LoadScene(sceneToLoad);
    }

    Ссылка: 0
    public void QuitGame ()
    {
        Application.Quit();
    }
}

```



```

Скрипт Unity (1 ссылка на ресурсы) | Ссылка: 0
public class MenuManager : MonoBehaviour
{
    Vector2 mouse;
    public Texture2D cursor;
    // Ссылка: 0
    void Start()
    {
        Cursor.visible = true;
    }

    // Ссылка: 0
    void Update()
    {
        mouse = new Vector2(Input.mousePosition.x, Screen.height - Input.mousePosition.y);
    }

    // Ссылка: 0
    public void OnMouseDown()
    {
        Cursor.SetCursor(cursor, Vector2.zero, CursorMode.Auto);
    }

    // Ссылка: 0
    public void OnMouseUp()
    {
        Cursor.SetCursor(null, Vector2.zero, CursorMode.Auto);
    }
}

```

Г

В

3. Сборка прототипа: а — скрипт, запускающий звук радости лисы, с отложенным переключением на сцену конца игры; б — Timeline с кадрами кат-сцены; в — скрипт LevelManager; г — скрипт MenuManager

В завершении работы над прототипом была изменена иконка в настройках сборки File > Build Settings > Player Settings. Далее была произведена сборка и создан исполняемый файл.

Заключение. Таким образом, разработан прототип десктопной 2D-игры жанра point-and-click в сказочном сеттинге при помощи программного обеспечения Unity. Этап прототипа не обязателен для некоторых продуктов, но все игры, имеющие высокую долю инновации, обычно через него проходят. Также, следует отметить, что изучение игр-представителей жанра point-and-click позволяет определить основные факторы, привлекающие игроков: приятная стилизованная графика, незамысловатый сюжет и интересные головоломки. Также можно визуализировать диалоги, а не прописывать их текстом, чтобы иноязычные игроки могли играть.

Список литературы

12. Казуальные игры: разбираемся в вопросе. URL: <https://mistle-gamer.livejournal.com/6695.html> (дата обращения: 02.04.2025)
13. Семькин В. Разработка игр на Unity: почему этот движок так популярен, кто работает с ним и сколько зарабатывает. URL: <https://netology.ru/blog/01-2022-unity-development> (дата обращения: 02.04.2025)
14. Визуальный скриптинг Unity. URL: <https://unity.com/ru/features/unity-visual-scripting> (дата обращения: 02.04.2025)
15. Прототипирование в геймдеве. URL: <https://spiiin.github.io/blog/2537188794/> (дата обращения: 31.03.2025)

References

1. *Kazual'nye igry: razbiraemsya v voprose*. URL: <https://mistle-gamer.livejournal.com/6695.html> [Casual games: we understand the question]. (date accessed: 02.04.2025)
2. *Semykin V. Razrabotka igr na Unity: pochemu etot dvizhok tak populyaren, kto rabotaet s nim i skol'ko zarabatyvaet*. URL: <https://netology.ru/blog/01-2022-unity-development> [Semykin V. Game development on Unity: why this engine is so popular, who works with it and how much he earns]. (date accessed: 02.04.2025)
3. *Vizual'nyj skripting Unity*. URL: <https://unity.com/ru/features/unity-visual-scripting> [Unity visual scripting]. (date accessed: 02.04.2025)
4. *Prototipirovanie v gejmdve*. URL: <https://spiiin.github.io/blog/2537188794/> [Prototyping in Game Design]. (date accessed: 31.03.2025)

НОВЫЕ ГРАНИЦЫ РЕАЛЬНОСТИ: КАК ТЕХНОЛОГИИ AR, XR, WEBGL И AI МЕНЯЮТ НАШЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ С МИРОМ

© А.В. Колотова 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

В статье рассматриваются такие современные технологии, как дополненная реальность (AR), расширенная реальность (XR), веб-графика (WebGL) и искусственный интеллект (AI), описываются принципы их работы, области применения и конкретные примеры взаимодействия человека с окружающим миром при помощи данных технологий.

Ключевые слова: тренды технологий, интерактивные технологии, моделирование реальности, пользовательский опыт, виртуальная реальность (VR), дополненная реальность (AR), расширенная реальность (XR), веб-графика (WebGL), искусственный интеллект (AI).

A. V. Kolotova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

NEW FRONTIERS OF REALITY: HOW AR, XR, WEBGL AND AI TECHNOLOGIES ARE CHANGING OUR INTERACTION WITH THE WORLD

The article discusses such modern technologies as Augmented Reality (AR), Extended Reality (XR), Web Graphics (WebGL) and Artificial Intelligence (AI), describes the operating principles of each technology, their fields of application and specific examples of human interaction with the outside world using these technologies.

Keywords: technology trends, interactive technologies, reality modeling, user experience, virtual reality (VR), augmented reality (AR), extended reality (XR), web graphics (WebGL), artificial intelligence (AI).

Введение

Благодаря развитию технологий появились новые способы взаимодействия с окружающим миром. Прямо сейчас они меняют наше восприятие действительности и процесс работы с информацией.

Далее в статье будут рассмотрены наиболее актуальные технологии, как дополненная и расширенная реальности, WebGL и искусственный интеллект. Изучение их принципа работы, сфер применения и взаимосвязей друг с другом даст понимание о том, как же они формируют у нас совершенно новый взгляд на контакт внешнего мира с цифровым.

Дополненная реальность

Одной из более известных технологий приведенного списка является AR (сокращение от Augmented Reality) или дополненная реальность. Ее суть заключается в том, чтобы использовать устройства с камерой и сенсорами, включая смартфоны, планшеты и AR-очки, для анализа окружающей среды и последующего наложения на нее виртуальных объектов [1].

AR можно разделить на три основных типа:

- маркерная дополненная реальность, где для активации виртуального содержимого используется предопределенный маркер или триггерное изображение;
- безмаркерная, которая использует GPS, компас и другие датчики для определения местоположения пользователя и окружающую среду в качестве триггеров для наложения виртуального контента;
- дополненная реальность на основе проекции, когда для создания дополненного изображения используются специализированные проекторы, а виртуальный контент выравнивается с физическими объектами в режиме реального времени.

К популярным ПО для разработки AR-приложений относятся:

- ARKit и ARCore – два самых популярных фреймворка, разработанные компаниями Apple и Google соответственно для своих устройств;
- Vuforia – платформа от компании Qualcomm по созданию AR-игр и других приложений;
- Unity и Unreal Engine – игровые движки, которые предоставляют удобные инструменты для создания графики и анимации высокого качества;
- WebAR – технологии дополненной реальности, работающие в вебе.

Технология AR применяется в различных сферах:

- в розничной торговле для примерки одежды или мебели в режиме онлайн перед покупкой;
- в образовании при создании интерактивных учебников и обучающих приложений;
- в промышленности для обучения сотрудников, проведения удаленного обслуживания и ремонта оборудования;

- в медицине для визуализации данных и помощи в проведении хирургических операций, а также для обучения студентов-медиков;
- в индустрии развлечений, начиная от AR-игр и заканчивая проведением мероприятий и выставок.

Популярность этой технологии среди различных компаний привела к появлению новых узконаправленных специалистов – AR-дизайнеров и разработчиков VR и AR приложений.

Расширенная реальность

Расширенная реальность или XR является общим термином для всех видов реальных и виртуальных окружений (1), созданных компьютерными технологиями. В них входят дополненная (AR), виртуальная (VR) и смешанная реальности (MR). AR накладывает цифровой контент на реальный мир, VR полностью погружает пользователей в виртуальную среду, а MR органично сочетает реальные и виртуальные элементы, обеспечивая взаимодействие между ними. Эти возможности основаны на передовом оборудовании: графические процессоры NVIDIA, оптимизированные драйверы и универсальные SDK. Они обрабатывают сложные данные в режиме реального времени, обеспечивая реалистичные визуальные эффекты, синхронизированное взаимодействие и среды, реагирующие на действия пользователей.



1. Различие между виртуальной, дополненной и смешанной реальностями

Аппаратное обеспечение XR обычно включает в себя гарнитуры виртуальной реальности, очки дополненной реальности и другие носимые или портативные аксессуары. Например, VR-гарнитуры Oculus Rift или HTC Vive полностью погружают пользователей в цифровую среду, блокируя внешние раздражители из физического мира. Очки дополненной реальности Microsoft HoloLens накладывают цифровую информацию на представление пользователя о реальном мире, чтобы взаимодействовать с контентом более естественным образом.

Пользовательский опыт (UX) в XR имеет решающее значение для создания привлекательной и иммерсивной среды. UX для XR выходит за рамки традиционных 2D-интерфейсов. Перед дизайнерами стоит задача учитывать пространственные и экологические контексты, чтобы делать работу XR-устройств с пользователем более понятной и доступной.

XR дает пересматривать привычные подходы решения задач во многих сферах, начиная от развлечений и образования и заканчивая маркетингом и дизайном, благодаря своей способности бесшовно интегрировать цифровую информацию в реальный мир.

Технология WebGL

WebGL (сокращение от Web Graphics Library) – это JavaScript API, позволяющее рендерить 2D и 3D графику в браузере без использования дополнительных плагинов. Эта технология делает возможным создание интерактивных визуализаций и анимаций на веб-сайтах. WebGL использует GPU (графический процессор) для ускорения рендеринга, обеспечивая высокую производительность графики в браузере [2].

На текущий момент WebGL используется для:

- разработки браузерных 3D-игр с высоким качеством графики;
- визуализации данных, например, при создании интерактивных графиков, диаграмм и карт для анализа и представления данных;
- разработки онлайн-инструментов для 3D-моделирования, архитектурной визуализации и проектирования;
- создания виртуальных туров по историческим местам, музеям и галереям.

Искусственный интеллект

Искусственный интеллект (ИИ, AI) – это широкая область компьютерных наук, занимающаяся созданием интеллектуальных систем, способных выполнять такие задачи, как:

- распознавание изображений и объектов, что используется в создании умных камер, систем безопасности и приложений для редактирования фотографий;
- обработка естественного языка (NLP), то есть компьютеры могут понимать и генерировать человеческий язык, что применяется в чат-ботах, голосовых помощниках и системах машинного перевода;

- рекомендательные системы для анализа данных о пользователях, чтобы предлагать персонализированные рекомендации товаров, фильмов, музыки и другого контента;
- автоматизация рутинных задач, оптимизация производственных процессов и управление сложными системами.

AI становится неотъемлемой частью всех вышеперечисленных технологий, улучшая их функциональность. Например, AI может анализировать движения глаз пользователя в VR и подстраивать графику для повышения комфорта и снижения укачивания.

Примеры и кейсы

Одним из самых популярных примеров применения AR является игра Pokémon GO, выпущенная компанией Niantic в 2016 году. Игра использует GPS и AR-технологии, чтобы игроки могли ловить покемонов в реальном мире через экран своего смартфона. Благодаря использованию ARKit и ARCore, Pokémon GO создала уникальный опыт взаимодействия пользователей с игровым миром, накладывая виртуальных покемонов на реальные локации. Игра привлекла миллионы пользователей по всему миру и вдохновила множество других разработчиков на создание аналогичных проектов.

Дополненная реальность имеет спрос и в организациях концертов и мероприятий. Например, в 2023 году прошел первый в мире музыкальный фестиваль Coachella с интерактивной WebAR-сценой [3].

Команда разработчиков EVR Systems собрала дополненную реальность и двустороннюю систему связи, в которой участники могли управлять светом и контентом на LED экране через взаимодействие с 3D-объектами на своих смартфонах (2).



2. Скриншот из видео фестиваля Coachella, на котором зафиксировано управление светом и контентом на LED экране через нажатие на виртуальные грибы

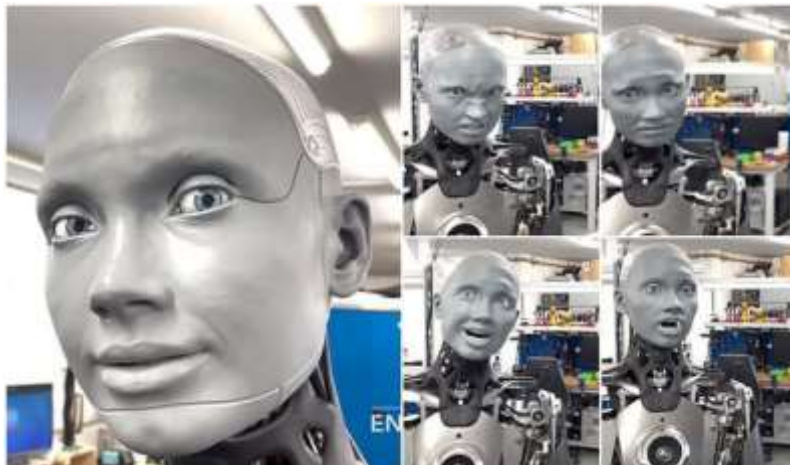
Примером продвинутой веб-графики является платформа Eyes on the Solar System от NASA [4]. Она была запущена в 2010 году и до сих пор постоянно обновляется. Платформа стала ценным инструментом для обучения астрономии, физике и космическим наукам. Eyes on the Solar System представляет из себя трехмерную интерактивную визуализацию Солнечной системы. Благодаря ей можно исследовать планеты, астероиды, космические аппараты в реальном времени или в прошлом, просматривать траектории полетов и получать доступ к подробной информации о каждом объекте (3). Основной технологией рендеринга 3D-графики в браузере стала WebGL, что продемонстрировало ее возможности для создания сложных и интерактивных визуализаций.



3. Скриншот 3D-модели Меркурия с веб-сайта Eyes on the Solar System

Помимо указанного выше примера, технология WebGL используется в сервисе Google Maps для отображения трехмерных моделей зданий и рельефа местности, а также в сфере моды для создания интерактивных онлайн-магазинов, где пользователи могут виртуально примерять одежду (Zara) или просматривать обувь в 3D (Nike).

В свою очередь, искусственный интеллект активно используется в робототехнике. Созданный в 2021 году компанией Engineered Arts, гуманоидный робот Амеса демонстрирует успех в этих отраслях [5]. Он обладает широким диапазоном движений лица, шеи и рук. Это позволяет ему выражать эмоции (4) и взаимодействовать с людьми в естественной манере. Помимо сложных механик и сервоприводов управления движениями, в устройстве робота используются датчики и камеры для идентификации лиц, жестов и других элементов окружающей среды, алгоритмы машинного обучения для обработки данных, распознавания речи, генерации ответов и имитации человеческого поведения. Все это позволяет использовать Амеса в различных областях: от образования до исследований в области взаимодействия «человек-робот».



4. Пример изменения мимики робота Амеса

В 2024 году Google в партнерстве с Samsung и Qualcomm анонсировал Android XR – новую операционную систему для устройств расширенной реальности (XR) [6]. Особенности этой разработки являются:

- интеграция искусственного интеллекта Gemini для анализа действий пользователя и предложений подсказок;
- поддержка приложений из Google Play, что означает доступность бытовых, рабочих и развлекательных платформ Google, таких как Chrome, Gmail, Calendar и Drive;
- поддержка софта с трёхмерными интерфейсами, что открывает возможности для мультимедийного контента с эффектом погружения;
- возможность работы с устройствами, ориентированными исключительно на аудио, причем некоторые из них могут быть автономными, другие – дополнениями к смартфонам.

По информации на декабрь 2024 года, Android XR находится на ранней стадии разработки. Ожидается, что первые устройства на базе новой ОС выйдут в 2025 году.

Описанные выше примеры применения AR, XR, WebGL и AI показывают, что эти технологии действительно меняют наше взаимодействие с миром, делая его более эффективным и впечатляющим.

Проблемы и ограничения

Несмотря на позитивные тенденции, существует несколько проблем, связанных с техническими и этическими препятствиями.

Так технология XR, в частности AR, требует мощных устройств и графических процессоров (GPU) для бесперебойной работы и обеспечения полного погружения. Проблемы с задержкой и потребность в высокоскоростном подключении к интернету могут препятствовать бесшовной интеграции технологий XR в различные программы. Это приводит к тому, что разработка надежных и удобных для пользователя приложений является трудоемкой и дорогостоящей.

Одной из социально-этических проблем становится потенциальное вторжение в частную жизнь, которое может возникнуть из-за сбора личной информации. Эти данные могут быть использованы злоумышленниками и нарушит конфиденциальность пользователя. Также у некоторых людей возможно появление потенциальной зависимости и негативных психологических последствий. Например, длительное и чрезмерное использование XR может привести к социальной изоляции в связи с заменой реального взаимодействия на виртуальное.

Похожие ограничения встречаются и у искусственного интеллекта. Процесс разработки и внедрения AI поднимает вопросы об этических последствиях его решений и действий. Например, системы видеонаблюдения, на которых работает искусственный интеллект, являются проблемой конфиденциальности. Кроме того, интеграция искусственного интеллекта в существующие процессы и системы является сложной задачей. Это подразумевает определение соответствующих планов применения, специальных настроек моделей AI в соответствии с конкретными задачами и обеспечение бесшовного сочетания AI с системой предприятия.

WebGL имеет другие сложности. Распространены проблемы рендеринга, начиная от неправильного позиционирования объектов до отсутствующих текстур и сломанных шейдеров. WebGL по-разному работает в тех или иных браузерах, что может повлиять на восприятие пользователем программного продукта. Часто сложные решения в вебе приводят к проблемам производительности на мобильных устройствах. Но перечисленные трудности в этой области, как показывает практика, преодолеваются простым тестированием приложений.

Заключение

Текущие успехи в использовании данных технологий и вызовы определяют следующие тенденции:

- разработка более легких, компактных и мощных AR и XR устройств с такими свойствами, как высокое разрешение, широкое поле обзора, улучшенная графика и тактильная обратная связь, обеспечит еще более гибкое и реалистичное взаимодействие с виртуальным пространством;
- развитие технологий рендеринга, в частности трассировка лучей и нейронный рендеринг, позволит создавать более реалистичные цифровые миры и объекты;
- концепция метавселенных, представляющих собой постоянно существующие виртуальные миры, будет стимулировать развитие XR и WebGL, что откроет новые возможности для социальных взаимодействий, бизнеса и развлечений;
- автоматическая генерация контента с помощью AI, а также адаптивное изменение окружения под пользователя, могут стать ключевыми факторами успеха AR и XR приложений;
- для преодоления вычислительных ограничений может оказаться полезным использование распределенных вычислений и облачных сервисов.

Таким образом, человечество находится на пороге новой эры, где границы между физическим и цифровым мирами продолжают размываться. Следует быть готовыми к новым вызовам и возможностям, которые появляются, а также активно изучать подходы к обеспечению безопасного и этического применения новых технологий.

Научный руководитель: ассистент ИиУС Смирнов А.М.

Scientific supervisor: assistant IiUS Smirnov A.M.

Список литературы

1. What is Augmented Reality (AR)? URL: <https://www.adtance.com/en/blog/2023/what-is-augmented-reality> (дата обращения: 12.03.2025).
2. WebGL: 2D and 3D graphics for the web. URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebGL_API (дата обращения: 12.03.2025).
3. Первая в мире AR-сцена на музыкальном фестивале. Кейс EVR.Systems X Coachella. URL: <https://event.ru/reports/pervaya-v-mire-ar-stsena-na-muzyikalnom-festivale-keys-evr-systems-x-coachella/?ysclid=m88ji46maw930392971> (дата обращения: 12.03.2025).
4. Eyes on the Solar System. URL: <https://eyes.nasa.gov/apps/solar-system/#/home> (дата обращения: 12.03.2025).
5. Engineered Arts. Ameca The Future Face of Robotics. URL: <https://engineeredarts.com/robot/ameca/> (дата обращения: 12.03.2025).
6. Android XR: The Gemini era comes to headsets and glasses. URL: <https://blog.google/products/android/android-xr/> (дата обращения: 12.03.2025).

References

1. *What is Augmented Reality (AR)?* URL: <https://www.adtance.com/en/blog/2023/what-is-augmented-reality> (date accessed: 12.03.2025).
2. *WebGL: 2D and 3D graphics for the web.* URL: https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/API/WebGL_API (date accessed: 12.03.2025).
3. *Pervaya v mire AR-scena na muzykal'nom festivale. Keys EVR.Systems X Coachella.* URL: <https://event.ru/reports/pervaya-v-mire-ar-stsena-na-muzyikalnom-festivale-keys-evr-systems-x-coachella/?ysclid=m88ji46maw930392971> [The first in the world AR stage at a music festival. EVR.Systems X Coachella case]. (date accessed: 12.03.2025).
4. *Eyes on the Solar System.* URL: <https://eyes.nasa.gov/apps/solar-system/#/home> (date accessed: 12.03.2025).
5. *Engineered Arts. Ameca The Future Face of Robotics.* URL: <https://engineeredarts.com/robot/ameca/> (date accessed: 12.03.2025).
6. *Android XR: The Gemini era comes to headsets and glasses.* URL: <https://blog.google/products/android/android-xr/> (date accessed: 12.03.2025).

УДК 004.92

К.В. Куралов, И.К. Князева

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ АВТОНОМНОГО ГРУЗОВОГО БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ УДАЛЕННЫХ И ТРУДНОДОСТУПНЫХ МЕСТ

© К.В. Куралов, И.К. Князева, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

В статье рассматривается концепция автономного грузового беспилотного летательного аппарата, предназначенного для доставки грузов в удаленные и труднодоступные регионы. Актуальность темы обусловлена необходимостью повышения эффективности логистических операций в условиях, когда традиционные виды транспорта недоступны или экономически нецелесообразны. Представлен обзор современных решений в области беспилотной авиации, проанализированы технологические и конструктивные особенности, обеспечивающие автономность, надежность и безопасность полетов. Особое внимание уделено автономным системам управления, сенсорному оборудованию и возможности адаптации к сложным погодным и географическим условиям. Рассмотрены области применения, включая экстренную доставку медицинских и гуманитарных грузов, мониторинг инфраструктуры и логистику. Полученные результаты могут быть использованы при проектировании новых моделей беспилотных летательных аппаратов и их интеграции в логистические процессы.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, грузовой дрон, автономная система управления, доставка в труднодоступные районы, беспилотная логистика, экстренная доставка, моделирование, транспортировка грузов, интеллектуальные системы, логистические технологии.

K. V. Kuralov, I. K. Knyazeva

St. Petersburg State University of Industrial Technologies and Design, 18 Bolshaya Morskaya Street, Saint Petersburg, 191186

SIMULATION OF THE CONCEPT OF AN AUTONOMOUS CARGO UNMANNED AERIAL VEHICLE FOR REMOTE AND HARD-TO-REACH LOCATIONS

The article describes the simulation of an autonomous cargo drone designed to deliver goods to remote, hard-to-reach areas. The topic is relevant due to the need to increase the efficiency of logistics operations in the absence or economic impracticability of traditional modes of transport. An overview of modern solutions in the field of unmanned aviation is presented, technological and design features that ensure autonomy, reliability and flight safety are analysed. Special attention is paid to autonomous control systems, sensor equipment and the ability to adapt to difficult weather and geographical conditions. Areas of application are considered, including emergency delivery of medical and humanitarian supplies, infrastructure monitoring and logistics. The results obtained can be used in the design of new models of unmanned aerial vehicles and their integration into logistics processes.

Keywords: unmanned aerial vehicle, cargo drone, autonomous control system, delivery to remote areas, unmanned logistics, emergency delivery, modelling, cargo transportation, intelligent systems, logistics technologies.

В наши дни логистика имеет ряд серьезных вызовов при осуществлении доставки грузов в труднодоступные и удаленные территории. Такие места в основном характеризуются сложными климатическими условиями и отсутствием развитой транспортной инфраструктуры. Если же при доставке использовать традиционные виды транспорта, то можно столкнуться с высокими финансовыми затратами и рисками для людей. Особенно эти проблемы затрагивают северные, заболоченные, прибрежные и горные районы, а также те места, где требуется быстрая и надежная

доставка груза. В этих условиях особенно важной становится разработка и внедрение автономных беспилотных летательных аппаратов, способных не только эффективно решать логистические задачи без участия человека, но и обеспечивать высокую мобильность и оперативность реагирования, минимизируя зависимость от местной инфраструктуры. «Беспилотники способны работать даже при ограниченной или недостаточной видимости, а также в условиях, где нет дорог, из-за чего с каждым днем все больше и больше становятся ценными для доставки медикаментов, гуманитарной помощи, деталей, и прочих необходимых грузов» [1].

Благодаря этим достоинствам использование дронов в последние годы имеет явный рост спроса, так как существует необходимость быстрой и автономной доставки. Это заметно и при исследованиях окружающей среды, в логистике и экстренных ситуациях, а также в развлекательных индустриях. Из-за чего автономные беспилотные летательные аппараты становятся не только технологическим трендом, но и неотъемлемым элементом развития транспортной и логистической системы. Стремительно развивающиеся авиационные системы дали сильный толчок для поиска новых логистических решений, в том числе и для сферы доставки грузов в труднодоступные и удаленные места. Существующие проекты на сегодняшний день активно развиваются, что означает, что такие проекты действительно необходимы.

Одним из наиболее известных и успешных примеров применения беспилотных технологий является проект Zipline, реализуемый в ряде стран Азии и Африки. Основная цель этого проекта заключается в доставке медицинских препаратов с помощью дронов, что оказалось особенно эффективно в условиях ограниченного доступа, слаборазвитой инфраструктуры и плохого состояния дорог. «Беспилотники доставляют вакцину, кровь и другие необходимые грузы, которые должны быть срочно доставлены, а все это происходит в течение получаса, что дает особое преимущество перед традиционными способами доставки, например, такими как автомобили и прочий наземный транспорт, ведь он в свою очередь тратит целые часы или вовсе не может проехать» [2]. На рисунке 1 показан беспилотный летательный аппарат Zipline, который задействован в странах Азии и Африки.



1. Беспилотный летательный аппарат Zipline.

«Также ярким примером является компания Amazon со своим проектом Prime Air, в котором активно внедряет беспилотные летательные аппараты в доставку для городских и пригородных условий» [3]. Несмотря на ориентированность проекта преимущественно на массовый и потребительский рынок, его технологические достижения в области автономной навигации и управления могут быть успешно адаптированы для решения задач доставки в удалённые и труднодоступные места. На рисунке 2 продемонстрирован беспилотник от компании Amazon.



Рис. 2. Беспилотный летательный аппарат от компании Amazon.

Кроме того, в России также ведутся разработки в сфере беспилотной логистики. Среди таких проектов можно выделить Груз, Геоскан и ZALA, именно они представляют собой перспективные решения, способные эффективно функционировать в суровых климатических условиях Сибири и Крайнего Севера. «В проектах основной упор делается на работу в тяжелых климатических условиях, благодаря чему дроны имеют увеличенную устойчивость к отказам и автономность» [4]. На рисунке 3 показан беспилотный летательный аппарат Геоскан.



3. Беспилотный летательный аппарат от компании Геоскан.

Все перечисленные проекты несомненно имеют свои успехи и достижения, но несмотря на это, все равно имеют и свои ограничения. У какого-то проекта это малая грузоподъемность, у другого ограниченная дальность полета, и таких недостатков много, вплоть до ограниченной дальности полета или даже высокой стоимости оборудования. Но самой важной проблемой остается создание надежной системы автономного управления, которая позволит самостоятельно и эффективно работать беспилотному летательному аппарату в условиях ограниченной видимости. Данный анализ свидетельствует о том, что существуют различные интересные проекты, которые демонстрируют как потенциал, так и некоторые технологические барьеры. Из-за этого актуальность разработки новой концепции автономного беспилотного летательного аппарата приобретает актуальность и становится действительно необходимой. «Дрон должен быть не только ориентирован на сложно проходимые местности, но и иметь повышенную устойчивость к тяжелым погодным условиям» [5].

Разработка такого беспилотного летательного аппарата для работы в удаленных местах требует комплексного подхода к проектированию, где важную роль играют как программные компоненты, так и аппаратные. Все основные технические характеристики в свою очередь должны обеспечивать высокую надежность и самое главное – функционирование в различных условиях. Точный выбор конфигурации напрямую зависит от задач и условий эксплуатации. Например, для доставки грузов на большие расстояния, наиболее правильным решением будет использование схемы с фиксированным крылом, потому что такое решение способно обеспечить более высокую энергоэффективность и дальность полета. Кроме того, для приспособления к сложному рельефу беспилотнику просто необходима возможность вертикального взлета и посадки, ведь не везде возможна организация взлетно-посадочных полос.

Также неплохим решением было бы использование гибридной конструкции, которая сочетает в себе обе схемы. Сам корпус у дрона должен быть из легких и в то же время прочных материалов, например, карбона или же влагонепроницаемых и морозостойких сплавов, которые устойчивы как к механическим повреждениям, так и к резким перепадам температур. Помимо этого, в конструкции должны быть модульные отсеки, для возможности размещения различной нагрузки, от медицинских контейнеров до гуманитарных пакетов и любого рода технического оборудования.

Тем не менее, для беспилотного летательного аппарата, а именно для автономности крайне важно хорошее энергообеспечение. Одним из наиболее популярных решений являются литий-ионные аккумуляторы, они имеют ограниченный ресурс, особенно в условиях сильного холода. Также можно использовать и гибридные источники питания, это может обеспечить существенное увеличение продолжительности использования.

Для наиболее точного маршрута беспилотник должен быть оснащен GPS или же Глонасс, а также различными полезными сенсорами, такими как лидар и камеры ночного видения. Благодаря этому аппарат сможет не только точно следовать маршруту, но и реагировать на неожиданные препятствия, что позволит ему закончить доставку целым и невредимым.

Кроме того, есть требование и для механизма захвата груза, оно должно быть универсальным. «Необходимо учесть адаптивность механизма крепления или модульных контейнеров» [5]. Если учесть данные факторы, то можно будет спокойно увеличить сферы, в которых может применяться данный беспилотный летательный аппарат.

В итоге не менее важным требованием является программная составляющая, а именно то, как алгоритмы автономного управления будут учитывать погодные условия, уровень заряда, и прочие факторы во время работы. «Хорошим решением может быть интеграция искусственного интеллекта, ведь с помощью более умных алгоритмов она позволит спрогнозировать потенциальные сложности и оптимизировать маршрут таким образом, чтобы максимально минимизировать затраты на время доставки» [6].

В совокупности с дистанционным мониторингом и возможностью вмешательства оператора в процесс доставки, это может стать идеальным решением для беспилотного летательного аппарата. Также при разработке подобных

решений важно учитывать и габариты самого беспилотника. Оптимальной в данном случае представляется способность перевозить от 5 до 20 килограммов полезной нагрузки. Исходя из этого, можно предположить, что дрон должен иметь размах крыльев порядка 2–3 метров и взлётную массу около 25–35 килограммов. Такие параметры остаются совместимыми с возможностью вертикального взлёта и посадки, о которой упоминалось ранее. Что касается дальности полёта, то разумным диапазоном считается расстояние от 50 до 150 км без подзарядки, в зависимости от веса и характера перевозимого груза. «Чем тяжелее груз, тем больше энергии тратится на поддержание дрона в воздухе, за счет того, что моторам придется крутиться быстрее и с большей силой, тем самым потреблять больше энергии» [7].

Тем не менее, разработка беспилотного летательного аппарата заключается не только в продуманном инженерном плане и проектировании, но и в предварительной симуляции, она необходима для того, чтобы пройти апробацию. Это может быть полезно для того, чтобы протестировать самые необходимые функции беспилотного летательного аппарата еще до момента создания его реального физического прототипа, что позволит не только сэкономить время, но и деньги.

Ярким примером инструментов для этой сферы является Gazebo, представляет из себя высокоточную платформу для моделирования и часто используется в авиации и робототехнике. С помощью нее можно создавать не только реальные условия окружающей среды, но и симулировать поведение беспилотника с учетом инерции, массы, сопротивления воздуха и даже погодных факторов.

Чтобы совершенно точно оценить аэродинамику, используется ANSYS Fluent или SimScale. Данные программы позволяют проводить CFD-анализ, это такое численное моделирование воздушных потоков вокруг корпуса беспилотника. Данный критерий особенно важно учитывать при создании подобных проектов, которые рассчитаны на длительные полеты и где аэродинамика напрямую влияет на поведение и процесс работы.

Не стоит забывать и о таких программах, как MATLAB или же Simulink, ведь с помощью них можно построить математические модели систем управления, проверить устойчивость полетной динамики и симулировать реакцию дрона на внешние воздействия. А в Simulink можно работать еще и с GPS, акселерометрами и другими датчиками.

Для интерфейсов активно применяются QGroundControl или же Mission Planner, с помощью них можно создавать маршруты и задавать высоту, а также следить за телеметрией и моделировать автономные сценарии, например возврат на базу или уклонение от препятствий и даже управление в случае потери сигнала.

«Также есть такой инструмент как AirSim – это симулятор от Microsoft, который разработан на базе Unreal Engine» [8]. В нем не только реалистично передается физика полета, как в раннее упомянутых программах, но и есть поддержка машинного обучения и компьютерного зрения, что в свою очередь дает возможность для тренировки искусственного интеллекта в дроне в условиях города, леса или открытой местности.

И также стоит упомянуть о виртуальных полигонах, а также open-source сред, где существует возможность смоделировать целую логистическую сеть с участием беспилотных летательных аппаратов. «Это позволяет спрогнозировать эффективность маршрутов, рассчитать потребление энергии при различных типах нагрузки и погодных условиях, а также оценить финансовые затраты и окупаемость» [8].

Учитывая все эти аспекты, вполне реально создать универсальную модель дрона, которая способна работать в совершенно различных условиях, особенно в тех, где привычные для всех способы доставки никак не справляются поставленными задачами. Такая модель могла бы применяться как в важных гуманитарных миссиях, так и в коммерческой логистике.

Внедрение такого беспилотника в реальные процессы логистики представляет собой не только технологический, но и логический вызов. Но учитывая возможности значительных улучшений в области доставки грузов в такие места, применение этих беспилотных летательных аппаратов обещает стать важным шагом в развитии всей логистики.

Одним из самых важных направлений доставки является экстренная доставка медицинских грузов и гуманитарной помощи. Иногда, возникают ситуации, в которых наземный транспорт становится либо слишком медленным, либо и вовсе непригодным для использования каких-либо задач. В таких ситуациях сразу же на помощь приходят беспилотники. Раннее упомянутый проект Zipline не только продемонстрировал возможность доставки в труднодоступные зоны Африки и Азии, но и показал, что можно запросто сократить время доставки в несколько раз, а также избежать риска для людей.

Также такой опыт можно использовать и для других задач, например, доставки автономных источников питания, который необходим для работы приборов, а также другой техники в случае аварийно-спасательных работ. Благодаря возможности работать в условиях недостаточной видимости, недобрых погодных условий, а также мобильности его используют также для мониторинга лесного пожара, разлива химикатов и многое другое. «В таких ситуациях дрон может и доставить необходимые ресурсы, и оперативно оповестить о текущей опасности, из-за чего вскоре будет организована более эффективная и необходимая помощь для предотвращения чрезвычайной угрозы» [9].

Кроме того, необходимо учесть и аспект интеграции автономного беспилотного летательного аппарата в логистические цепочки. Никто не будет спорить с тем, что беспилотники на сегодняшний день не могут полностью заменить другие способы доставки, но и нельзя отрицать то, что дроны можно использовать вместе с другим видом перевозки. К примеру, беспилотный летательный аппарат может доставить груз в то место, где его уже заранее ждет другое транспортное средство, которое далее будет осуществлять доставку уже без помощи дрона.

В Российских условиях, а именно там, где существует и находится очень много холодных регионов, имеется ряд ограничений для привычных всеми способов доставки. Такими регионами может быть Сибирь, или же Крайний Север и именно там автономный беспилотный летательный аппарат способен заметно улучшить процесс логистики. Например, для «доставки груза в северных регионах, нужно не только учесть трудности доступа, но и экстремальные погодные условия, это может быть как метель с недостаточной видимостью, так и попросту сильные морозы» [10].

Оснащённый всеми необходимыми датчиками, беспилотник становится значительно более эффективным по сравнению с традиционными средствами доставки.

Кроме того, в перспективе стоит ожидать значительное развитие нормативно-правовой базы для использования автономных дронов в воздушном пространстве. В настоящее время многие страны разрабатывают или уже внедряют правила для эксплуатации беспилотных летательных аппаратов, однако создание универсальной международной системы регулирования воздушного движения дронов остаётся задачей на будущее. Важно, чтобы правовая база обеспечивала безопасность как для пользователей беспилотных аппаратов, так и для людей и объектов на земле, минимизируя риски аварийных ситуаций.

Также важную роль во внедрении беспилотников и их технологий играет общественное восприятие и готовность людей к жизни с новыми методами доставки. Даже учитывая тот факт, что использование беспилотников может быть и дешевле, и быстрее, люди все равно могут относиться к этому с осторожностью, так как могут бояться по поводу безопасности и конфиденциальности.

Тем самым, становится ясно, что перспективы внедрения автономных беспилотных летательных аппаратов хоть и есть, но все равно для них нужно решить целую кучу технологических, инфраструктурных и правовых проблем и вопросов. Разработка и внедрение беспилотников несомненно является большим прогрессом в развитии логистики и транспортных технологий, потому что их использование открывает не только новые возможности для быстрой и эффективной доставки, но также и для оказания необходимой экстренной помощи в ситуациях, когда традиционные способы доставки груза являются либо совершенно невозможными, либо вовсе дорогими и очень медленными.

И даже несмотря на ранее перечисленные проблемы и вопросы, с которыми сталкивается разработка и внедрение данной концепции в жизнь, все равно есть перспективы ее развития, которые в свою очередь выглядят многообещающими. Так как уже сегодня существуют успешные примеры использования беспилотных летательных аппаратов и в экстренной доставке, и в гуманитарной помощи, и в отслеживании каких-либо катастроф.

Список литературы

1. А. И. Болотова, Е. В. Белякова Возможности использования беспилотного летательного аппарата для развития транспортно-логистических систем // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2020.
2. Матюха С. В. Беспилотные авиационные системы в грузоперевозках // ТДР. 2022. №1.
3. Абрамова М. Ю. Перспективы применения беспилотных летательных аппаратов международными розничными сетями (на примере компании Amazon) // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2020. №12-4.
4. Просвирина Наталья Викторовна Анализ и перспективы развития беспилотных летательных аппаратов // Московский экономический журнал. 2021. №10.
5. Альгирдас Руйбис Беспилотные летательные аппараты: новейшие разработки // ВКС. 2016. №3-4 (88-89).
6. Коробеев Александр Иванович, Чуцаев Александр Иванович Беспилотные транспортные средства, оснащённые системами искусственного интеллекта: проблемы правового регулирования // Азиатско-Тихоокеанский регион: экономика, политика, право. 2018. №3.
7. Шутов Константин Станиславович, Гриняк Виктор Михайлович, Артемьев Андрей Владимирович Аппаратно-программный прототип беспилотного транспортного средства, сочетающего в себе автономный и управляемый режимы работы // Территория новых возможностей. 2024. №2.
8. Борисов-Потоцкий Андрей Сергеевич Противодействие беспилотным летательным аппаратам с использованием информационных технологий // Инновации и инвестиции. 2023. №10.
9. Ноева А. А. Повышение эффективности грузовых авиаперевозок в труднодоступных регионах РФ с использованием беспилотных летательных аппаратов // Символ науки. 2022. №4-1.
10. Кузин К. А., Ширко А. И. Применение беспилотных летательных аппаратов в районах Крайнего Севера // Символ науки. 2018. №7.

References

1. A. I. Bolotova, E. V. Belyakova *Vozmozhnosti ispol'zovaniya bespilotnogo letatel'nogo apparata dlya razvitiya transportno-logisticheskikh sistem*. [The possibilities of using an unmanned aerial vehicle for the development of transport and logistics systems]. // Aktual'nye problemy aviacii i kosmonavтики. [Actual problems of aviation and cosmonautics]. 2020. (in Rus.).
2. Matyukha S. V. *Bespilotnye aviacionnye sistemy v грузоперевозках* [Unmanned aircraft systems in cargo transportation] // TDR. 2022. No. 1. (in Rus.).
3. Abramova M. Y. *Perspektivy primeneniya bespilotnykh letatel'nykh apparatov mezhdunarodnymi roznichnymi setyami (na primere kompanii Amazon)* [Prospects for the use of unmanned aerial vehicles by international retail chains (using the example of Amazon)] // Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk. [International Journal of Humanities and Natural Sciences]. 2020. No. 12-4. (in Rus.).
4. Prosvirina Natalia Viktorovna *Analiz i perspektivy razvitiya bespilotnykh letatel'nykh apparatov*. [Analysis and development prospects of unmanned aerial vehicles]. // Moskovskiy ekonomicheskij zhurnal. [Moscow Economic Journal]. 2021. No. 10. (in Rus.).
5. Algirdas Ruibis *Bespilotnye letatel'nye apparaty: noveyshie razrabotki*. [Unmanned aerial vehicles: the latest developments]. // VKS. 2016. No. 3-4 (88-89). (in Rus.).

6. Korobeev Alexander Ivanovich, Chuchaev Alexander Ivanovich *Bespilotnye transportnye sredstva, osnashchyonnye sistemami iskusstvennogo intellekta: problemy pravovogo regulirovaniya*. [Unmanned vehicles equipped with artificial intelligence systems: issues of legal regulation]. // *Aziatsko-Tikhookeanskiy region: ekonomika, politika, pravo*. [Asia-Pacific Region: Economy, Politics, Law]. 2018. No. 3. (in Rus.).
7. Shutov Konstantin Stanislavovich, Grinyak Viktor Mikhailovich, Artemyev Andrey Vladimirovich *Apparatno-programmnyy prototip bespilotnogo transportnogo sredstva, sochetayushchego v sebe avtonomnyy i upravlyaemyy rezhimy raboty*. [Hardware-software prototype of an unmanned vehicle combining autonomous and controlled operating modes]. // *Territoriya novykh vozmozhnostey*. [Territory of New Opportunities]. 2024. No. 2. (in Rus.).
8. Borisov-Pototsky, Andrey Sergeevich, *Protivodeystvie bespilotnym letatel'nykh apparatam s ispol'zovaniem informatsionnykh tekhnologiy*. [Countering unmanned aerial vehicles using information technologies]. // *Innovatsii i investitsii*. [Innovations and Investments]. 2023. No. 10. (in Rus.).
9. Noeva A. A. *Povyshenie effektivnosti gruzovykh aviaperevozok v trudnodostupnykh regionakh RF s ispol'zovaniem bespilotnykh letatel'nykh apparatov*. [Improving the efficiency of cargo air transportation in hard-to-reach regions of the Russian Federation using unmanned aerial vehicles]. // *Simvol nauki*. [Symbol of Science]. 2022. No. 4-1. (in Rus.).
10. Kuzin K. A., Shirko A. I. *Primenenie bespilotnykh letatel'nykh apparatov v rayonakh Krainego Severa*. [The use of unmanned aerial vehicles in the regions of the Far North]. // *Simvol nauki*. [Symbol of Science]. 2018. No. 7. (in Rus.).

УДК 004.415.53

Д.П. Лебедин, Е.Н. Дроздова

ОСОБЕННОСТИ ТЕСТИРОВАНИЯ BACKEND-ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА

© Д.П. Лебедин, Е.Н. Дроздова, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

Аннотация. В современных интернет-магазинах backend-системы играют ключевую роль, обеспечивая обработку заказов, управление пользователями и интеграцию с внешними сервисами. Надежность и стабильность этих систем критически важны для успешной работы бизнеса. В данной статье рассматривается процесс тестирования backend-процессов, разработанных на языке Java, с акцентом на автоматизацию тестирования в разных конфигурациях, а также автоматизация этого процесса с помощью конвейеров непрерывной интеграции (CI/CD pipelines).

Ключевые слова: backend, тестирование, интернет-магазин, фреймворк.

D.P. Lebedin, E.N. Drozdova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

FEATURES OF TESTING BACKEND PROCESSES FOR AN ONLINE STORE

Abstract. In modern online stores, backend systems play a key role, providing order processing, user management, and integration with external services. The reliability and stability of these systems are critically important for a successful business. This article discusses the process of testing backend processes developed in Java, with an emphasis on automating testing in different configurations, as well as automating this process using continuous integration pipelines (CI/CD pipelines).

Keywords: backend, testing, online store, framework.

Введение. Интернет-магазин — это сложная система, которая требует надежного и производительного backend. Именно backend отвечает за обработку заказов, управление каталогом товаров, интеграцию с платежными системами и многое другое. Качественный backend будет обеспечивать стабильную работу онлайн-бизнеса и способствовать увеличению продаж.

Разработка backend включает следующие этапы: анализ требований и выбор оптимального решения; проектирование архитектуры, которая соответствует потребностям заказчика и обеспечивает масштабируемость и надежность; разработка backend приложения в соответствии с требованиями и с использованием современных технологий; тестирование приложения, чтобы гарантировать его безупречную работу; развертывание приложения на сервере и обеспечение его стабильной работы; техническая поддержка и обслуживание backend приложения.

В данной статье рассматриваются особенности этапа тестирования на примере интернет-магазина поставщика электроники [1]-[4]. Заказчик — это крупная компания, специализирующаяся на продаже бытовой техники и электроники. Она управляет сетью розничных магазинов и интернет-магазином, предлагая широкий ассортимент товаров: смартфоны, ноутбуки, телевизоры, бытовую технику, гаджеты и аксессуары. Компания также предоставляет дополнительные услуги, такие как доставка, установка, настройка техники и расширенная гарантия.

Общая структура backend интернет-магазина. Backend интернет-магазина — это совокупность сервисов, которые отвечают за:

- обработку заказов: создание, обновление статусов, расчет стоимости;
- управление пользователями: регистрация, аутентификация, профильные данные;
- работу с базой данных;
- интеграцию с платежными системами: обработка платежей, возвраты;
- управление каталогом товаров: добавление, обновление, удаление товаров;
- взаимодействие с внешними API - партнерские программы, службы доставки.

Основные компоненты общей архитектуры. Архитектура backend для интернет-магазина состоит из нескольких ключевых компонентов. Она строится по принципу микросервисного подхода:

- клиентский уровень (Frontend & API Gateway): веб-приложение, мобильное приложение, API Gateway;
- сервисный уровень (Backend, бизнес-логика), основные микросервисы: управление заказами (создание, отмена, статусы); аутентификация, регистрация, профили пользователей; каталог товаров, поиск, фильтрация; обработка платежей, возвраты; отправка email/SMS/Push-уведомлений; персонализированные рекомендации товаров;
- уровень данных (базы данных и хранилище информации): реляционные базы данных (хранение заказов, пользователей, транзакций); NoSQL базы (кеширование данных, хранение сессий пользователей); очереди сообщений (асинхронное взаимодействие между сервисами).

Архитектура backend внутренних проектов. Архитектура внутренних проектов заказчика выглядит следующим образом:

- все бизнес-приложения — это микросервисная архитектура на языке Java 17 + веб-платформа Java Spring Boot;
- REST API для взаимодействия между сервисами;
- очередь сообщений Apache Kafka для взаимодействия процессов, которые позволяют асинхронную обработку;
- в качестве базы данных в основном используется PostgreSQL;
- для некоторых внутренних проектов применяются нереляционные базы данных (пример — MongoDB или Couchbase).

Особенности тестируемых процессов. Все приложения заказчика тестируются в gitlab, т.е. локально изолированно (используется docker-compose). Применяется процесс «непрерывной интеграции» или конвейерный подход (CI/CD pipeline).

Каждый запуск конвейера (pipeline) прогоняется с образом (image) текущей ветки. Для реализации межсервисных взаимодействий поднимаются сущности, с которыми он работает (Kafka, Couchbase, WireMock, Postgre, Elastic, RabbitMQ и т.д.), а все сервисы, с которыми общается тестируемое приложение, имитируются с помощью создания заглушек («мокаются») через WireMock. Таким образом реальные зависимости заменяются тестовыми версиями для удобства и скорости разработки. У заказчика есть и другие проекты, где тестировщики-автоматизаторы поднимают тестируемый сервис и связанные с ним реальные сервисы, с которыми он общается, и уже их наполняют тестовыми данными.

Это не всё тестирование приложений заказчика в широком смысле. Имеется отдельная специальная команда e2e-testing (сквозное тестирование от начала до конца бизнес-сценария), которая уже вручную проводит тестирование от самой начальной точки «А» (первичный вход на сайт) до точки «Б» (полного получения заказа), а за этим кроется огромное множество внутренних систем. Каждая команда отдельно взятого проекта заказчика занимается в 90% изолированным тестированием, а 10% - интеграционное тестирование.

Интеграционное тестирование на stage-стендах проводится редко, не на каждое небольшое изменение, а в основном, когда нужно проверить маленькую, но важную правку/фичу, либо большой релиз, а также при переходе с одного эндпойнта на другой.

Инструмент тестирования. Фреймворк автотестов построен на базе следующего программного обеспечения/компонентов - Cucumber 6, Java 14, Apache Maven, Allure TestOps. Набор тестовых сценариев (файлы .features) и тестовых данных хранится в директории приложения отдельным подпроектом со своим конфигурационным файлом проекта в Maven (pom.xml). Используется система контейнеризации Docker для создания изолированных сред. Конвейер CI/CD для автоматизации тестов - GitLab CI/CD pipelines.

Настройка инфраструктуры для автоматических тестов. Основная задача тестирования — покрыть тестами объект тестирования (имеющееся приложение), настроив тест-инфраструктуру с нуля. Для этого есть репозиторий с шаблоном, представляющий собой набор файлов:

- TestRunner.java: содержит различные общие утилитные методы и методы по подключению к сущностям, @after/@before и т.д.;
- папка с features + testdata: просто пример по структуре хранения тест-данных;
- collect-logs.sh: собирает логи со всех контейнеров после прогона в CI в виде артефактов;
- docker-compose.yml: настройка инфраструктуры приложения (app, kafka, wiremock, etc);
- healthcheck.sh: проверяет состояние самого приложения в CI перед прогоном тестов. Для этого в каждом нашем приложении подключается Spring Boot Actuator;
- test-env.yml: содержит url, ports, etc для инфраструктуры, используемая шагами тестов. Может содержать неограниченное кол-во профилей;

- pom.xml: наборы шагов хранятся в различных библиотеках, поэтому есть возможность подключать только необходимые зависимости.

Любое Spring Boot приложение (в том числе и рассматриваемый объект тестирования) подразумевает возможность настраивать профили Spring Boot Profiles. Для настройки профиля под автотесты необходимо сделать отдельный конфигурационный файл application.yml. Для этого нужно пойти в корень проекта, сделать копию с припиской -autotest и также настроить для конкретного проекта: изменить все url's на docker_container_name:port, выставить меньшее кол-во ретраев, таймаутов и прочее. Данный профиль указывается как переменная в контейнере приложения в файле docker-compose.yml.

Библиотека АТ. Шаги отдельно взятого теста (Feature-steps) хранятся в отдельном репозитории, являющимся библиотекой АТ. Там же имеются различные классы по обработке окружения из конфигурационного файла test-env.yml и работа с ними. В библиотеке также присутствуют кастомные классы, которые используются в 99% случаев:

- обработка дат - можно в тест-данные вставлять кастомные заглушки, (например, today#HOURS#0#yyyy-MM-dd\T\HH:00:00.s\Z>), которые при сравнении конвертируются в дату и обрезаются до часов, как в ожидаемом результате, так и в фактическом результате;
- при создании переменных в шагах, которые пробрасываются в файлы, в шаги;
- классы по работе с файлом test-env.yml - собираются все тест-данные (url, ports, etc) и преобразуются в объекты, данные которых используются при отправке данных в приложение;
- классы сравнения данных: при сравнении JSON можно выбрать тип сравнения (целые числа, порядок полей, их отсутствие). Используется библиотека io.qameta.allure.jsonunit. Как правило, проверяется, чтобы набор данных совпадал, независимо от порядка параметров/объектов внутри набора. При сравнении xml используется библиотека XMLUnit;
- прочие шаги по конвертации данных в base64 и обратно, создание переменных и т.д.

Описание процесса непрерывной интеграции/непрерывной доставки. Непрерывная интеграция (CI, Continuous Integration) – это только самый начальный этап нашего конвейера (pipeline). Здесь подразумевается именно интеграция нового кода разработчика с уже существующим кодом, находящимся у нас в репозитории. При отправке кода на сервер запускаются быстрые unit тесты и статические анализаторы кода, проверяющие, например, соответствие установленным стандартам кодирования. Также на этом этапе запускаются интеграционные тесты, поскольку тестовый стенд не требуется. Этот этап быстр в прохождении (речь идет о минутах) и прост в установке.

Непрерывная доставка (CD, Continuous Delivery) выводит конвейер непрерывной интеграции (pipeline) уже на другой уровень. Для начала собирается наше приложение. Далее изменения попадают на тестовый стенд. Здесь понадобится нужное количество дополнительных компонентов: сервер базы данных, сервера для тестового стенда, механизм для развертывания кода, эмуляторы для запуска тестов, механизм балансировки нагрузки. Все это требует большой нагрузки на CPU и память тестового стенда.

Пример настройки Gitlab CI/CD для автоматического тестирования приложения (обобщенный). На любом из проектов данного заказчика набор заданий (jobs) в конвейере (pipeline) выглядит следующим образом:

- test-and-publish: собирается проект и прогоняются unit тесты;
- build-docker: приложение собирается в docker образ (image) и загружается в локальный репозиторий образов;
- autotests: автотесты проекта.

Далее рассмотрим пример конфигурационного файла .gitlab-ci.yml для настройки конвейера GitLab CI/CD pipeline, который выполняет тестирование Java-приложения с использованием Cucumber, Maven и Allure TestOps.

Предположим, что имеется стандартный Maven-проект со следующими каталогами:

- /project-root;
- |— src/;
- |— pom.xml;
- |— .gitlab-ci.yml.

Рассмотрим пример настройки конфигурационного файла .gitlab-ci.yml конвейера Gitlab CI/CD из проекта:

stages:

- test
- report

variables:

```
MAVEN_CLI_OPTS: "-s settings.xml --batch-mode"
ALLURE_ENDPOINT: "https://allure.example.com"
ALLURE_TOKEN: "your_allure_token"
ALLURE_PROJECT_ID: "your_project_id"
```

cache:

- key: maven
- paths:
 - .m2/repository/

test:

```
stage: test
image: maven:3.9.6-eclipse-temurin-17
before_script:
```

```

- echo "Running tests..."
script:
- mvn $MAVEN_CLI_OPTS clean test -Dcucumber.plugin=pretty,json:target/cucumber.json
- mvn $MAVEN_CLI_OPTS allure:report
artifacts:
when: always
paths:
- target/cucumber.json
- target/site/allure-maven-plugin/**
reports:
junit: target/surefire-reports/*.xml
allure_upload:
stage: report
image: curlimages/curl:latest
dependencies:
- test
script:
- echo "Uploading results to Allure TestOps"
- curl -X POST "$ALLURE_ENDPOINT/api/rs/testresult" \
  -H "Authorization: Bearer $ALLURE_TOKEN" \
  -F "projectId=$ALLURE_PROJECT_ID" \
  -F "file=@target/cucumber.json"
only:
- main

```

Приведем разбор конфигурации:

- кэширование Maven-зависимостей (cache): ускоряет сборку.
- этапы (stages): test — выполняет тестирование с Cucumber и создает Allure-отчет; report — отправляет результаты в Allure TestOps;
- переменные окружения (variables): ALLURE_ENDPOINT — URL вашего сервера Allure TestOps; ALLURE_TOKEN — токен авторизации в Allure TestOps; ALLURE_PROJECT_ID — ID проекта в Allure;
- артефакты (artifacts): для сохранения результатов тестирования;
- загрузка отчета в Allure TestOps (allure_upload): отправляет JSON-отчет о тестировании через curl.

Этот пайплайн автоматически запускает тесты при каждом коммите и отправляет результаты в систему тест-менеджмента и генерации отчетов Allure TestOps.

Анализ результатов тестирования. Данная методика тестирования обеспечивает автоматическую проверку корректности работы различных сценариев сервиса в различных средах, что снижает вероятность нахождения ошибок в продуктивной среде.

Тестировщики-автоматизаторы на подобных проектах заказчика занимаются и тест-дизайном, и сами настраивают тестовую инфраструктуру, и отвечают за весь цикл тестирования (включая интеграционное тестирование и консультации тестируемых при e2e-testing (сквозное тестирование от начала до конца бизнес-сценария)) и занимаются, по возможности, развитием фреймворка.

Заключение. Таким образом, рассмотрено тестирование backend Java-приложения для крупного магазина. Настроены интеграционные и API-тесты, а также автоматизирован процесс с помощью конвейера непрерывной интеграции и непрерывного развертывания (CI/CD pipeline).

По результатам работы можно сделать следующие выводы: автоматизация тестирования и настройка конвейера CI/CD повышает надежность системы и ускоряет процесс разработки; использование Docker позволяет тестировать приложение в разных средах, и главное — изолированно от других сервисов, что помогает выявлять ошибки и делает приложение более гибким для развертывания; CI/CD помогает отслеживать стабильность системы, а также облегчает отладку за счет логирования и сохранения результатов тестов, которые в любой момент времени доступны всем участникам команды.

Список литературы

16. Уоллис К. Spring в действии. М.: ДМК Пресс, 2022. 544 с.
17. Хамбл Д., Фарли Д. Непрерывное развертывание ПО. М.: Диалектика-Вильямс, 2019. 432 с.
18. Бек К. Экстремальное программирование. Разработка через тестирование. СПб.: Питер, 2022. 224 с.
19. Фаулер М. Рефакторинг. Улучшение существующего кода. М.: Вильямс, 2017. 448 с.

References

9. Uolls K. *Spring v dejstvii* [Spring in action]. Moscow. DMK Press, 2022. 544 pp. (in Rus.).
10. Hambl D., Farli D. *Neprieryvnoe razvertyvanie PO* [Spring in action Continuous Software deployment]. Moscow. Dialektika-Vil'jams, 2019. 432 pp. (in Rus.).

11. Bek K. *Jekstremal'noe programirovanie. Razrabotka cherez testirovanie* [Extreme programming. Development through testing]. SPb. Piter, 2022 224 pp. (in Rus.).
12. Fauler M. Refaktoring. *Uluchshenie sushhestvujushhego koda* [Refactoring. Improving existing code]. Moscow. Vil'jams, 2017. 448 pp. (in Rus.).

УДК 004.415.53

Д.П. Лебедин

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ BACKEND-ПРОЦЕССОВ ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИНА: ТЕСТИРОВАНИЕ УЯЗВИМОСТЕЙ

© Д.П. Лебедин, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

В современных интернет-магазинах backend-системы играют ключевую роль, обеспечивая обработку заказов, управление пользователями и интеграцию с внешними сервисами. Надежность, стабильность и безопасность этих систем критически важны для успешной работы бизнеса. В данной статье рассматриваются методы обеспечения безопасности backend-процессов интернет-магазина, а также тестирование уязвимостей.

Ключевые слова: backend, тестирование, безопасность, уязвимость.

D.P. Lebedin

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

SECURING BACKEND PROCESSES OF THE ONLINE STORE: VULNERABILITY TESTING

In modern online stores, backend systems play a key role, providing order processing, user management and integration with external services. Reliability, stability and security of these systems are critical for successful business operation. This article discusses methods of securing the backend processes of an online store, as well as vulnerability testing.

Keywords: backend, testing, security, vulnerability.

Введение. Цель каждого разработчика – сохранять свой исходный код в безопасности. Часто бывает так, что разработчики не имеют достаточных навыков для того, чтобы вовремя избежать небезопасных подходов при написании кода, умения использовать безопасные API или определить потенциальные проблемы в разных частях приложения, над которыми, например, работали разные команды.

Вот почему считается лучшей практикой проводить статическое тестирование безопасности приложений как часть общей стратегии безопасности приложений. Статическое тестирование анализирует исходный код на наличие уязвимостей безопасности, поэтому вам не нужно этого делать. Интеграция этого процесса на раннем этапе в конвейер непрерывной интеграции (CI) или в интегрированную среду разработки (IDE) с помощью плагина во время кодирования позволяет инструменту проверять код в режиме реального времени и предотвращать попадание потенциальных проблем безопасности в кодовую базу.

Безопасность приложений критична для сферы e-commerce, так как такие системы обрабатывают персональные и платёжные данные пользователей, а их эффективность и успешность напрямую зависят от доверия клиентов, особенно при повторных покупках, когда клиент принимает решение вернуться за покупкой в известный и проверенный им магазин. По этим причинам такие системы становятся целью мошенников и хакеров. Любая уязвимость может привести к утечке информации, финансовым потерям, остановке продаж и урону репутации. Кроме того, e-commerce платформы обязаны соблюдать стандарты безопасности (например, PCI DSS - международный стандарт безопасности, созданный специально для защиты данных платёжных карт), а сложная архитектура с множеством точек входа (frontend, API, мобильные приложения, партнерские интеграции) повышает риск атак.

Основные угрозы: атаки (**SQL-инъекции, XSS, CSRF**), **утечки данных**. Атаки (например, SQL-инъекции, XSS, CSRF) в сфере e-commerce могут привести к:

- кражам средств с аккаунтов пользователей;
- подделке заказов или скидок;
- полной остановке продаж (например, DDoS-атаки или выведение из строя платёжной системы).

SQL-инъекции (SQLi). SQL-инъекции позволяют злоумышленнику внедрить вредоносные SQL-запросы в поля ввода (например, логин, поиск товаров, фильтры, скидки). В результате успеха такого запроса злоумышленник:

- может получить доступ к базе данных клиентов, заказов, платёжной информации;

- может осуществить подмену или удаление данных (например, изменение цен, заказов, акций, скидок);
- может даже получить полный контроль над сервером базы данных.

Пример: атакующий отправляет в поле поиска фальшивый запрос «1 OR 1=>1», получая доступ ко всем записям.

XSS (межсайтовый скриптинг). XSS - подтип атаки на веб-системы, заключающийся во внедрении в выдаваемую веб-системой страницу вредоносного кода (который будет выполнен на компьютере пользователя при открытии им этой страницы) и взаимодействии этого кода с веб-сервером злоумышленника.

Такая атака на интернет-магазин может быть теоретически осуществлена через комментарии, отзывы, чат или поля профиля.

- атаки на пользователей: кража cookies (в том числе сессий), редиректы на фишинговые сайты;
- проведение “фишинга внутри сайта”, когда для пользователя визуально всё выглядит как обычно и не вызывает подозрений;
- потеря доверия пользователей из-за поведения сайта, которое не поддаётся объяснению.

CSRF (межсайтовая подделка запроса). CSRF позволяет злоумышленнику заставить пользователя выполнить несанкционированное действие от своего имени, если у него открыта сессия на сайте (например, если пользователь залогинен на сайте магазина).

Примеры: изменение пароля, добавление адреса доставки, оформление заказа, перевод денег. Такая атака особенно опасна, если злоумышленник получит доступ к административному аккаунту: можно создать вредоносного пользователя или изменить настройки магазина.

Утечки данных. Даже без активной атаки магазин e-commerce может пострадать от:

- неправильно настроенного доступа к данным (например, открытые S3-бакеты в базе данных или настройки поиска Elastic Search);
- логирования чувствительной информации (например, пароли, токены доступа);
- неправильно с точки зрения безопасности настроенной авторизации в API — возможность злоумышленнику получить чужие заказы, адреса, историю покупок.

Последствия от такой атаки могут быть следующие:

- нарушение законодательства в области защиты персональных данных;
- штрафы и иски к магазину;
- массовые отписки и падение продаж.

Как тестировать на уязвимости. Основные методики тестирования уязвимостей – SAST (статическое тестирование безопасности), DAST (динамическое тестирование безопасности), IAST (интерактивное тестирование безопасности), SCA (анализ состава программного обеспечения). Эти методики могут дополнять друг друга при совместном использовании в проекте, так как в зависимости от особенностей используемых подходов к разработке и тестированию в проекте выборочное комбинирование этих подходов может дать наилучший результат в достижении конечной цели обеспечения безопасности.

SAST. Статическое тестирование анализирует исходный код на наличие уязвимостей безопасности, поэтому этого не придется делать вручную. Интеграция этого процесса на раннем этапе в конвейер непрерывной интеграции (CI) или в интегрированную среду разработки (IDE) с помощью плагина во время кодирования позволяет инструменту проверять код в режиме реального времени и предотвращать попадание потенциальных проблем безопасности в кодовую базу.

Преимущества использования этого подхода:

- анализ на ранних этапах разработки: большинство инструментов SAST работают напрямую с исходным кодом, проверяя его на соответствие лучшим практикам. Это позволяет применять SAST ещё на этапе написания кода. Плагины для IDE встречаются довольно часто и позволяют находить проблемы до того, как код попадёт в систему контроля версий. Это особенно важно при использовании инструментов на базе ИИ, которые могут генерировать ошибки с большой скоростью;
- указание проблемных участков кода и объяснение найденных уязвимостей: SAST показывает точное место каждой уязвимости и объясняет путь прохождения данных. Это облегчает понимание и устранение проблем;
- не требует тест-кейсов: в отличие от нестатических инструментов, которые требуют определения сценариев тестирования, инструменты SAST просто применяют весь набор правил ко всему коду. Эти правила могут быть разработаны создателями инструмента или сообществом, часто на основе множества проектов и многолетнего опыта программирования. Это позволяет находить уязвимости, о существовании которых вы могли даже не догадываться;
- не требует запуска приложения: SAST анализирует исходный код до запуска приложения, поэтому такие сканы выполняются гораздо быстрее по сравнению с другими методами тестирования приложений;
- прост в автоматизации: файлы исходного кода можно автоматически сканировать на любом этапе жизненного цикла разработки (SDLC). Это позволяет использовать SAST как точку контроля безопасности на любом этапе жизненного цикла.

DAST. Динамическое тестирование безопасности приложений (DAST) — это вид тестирования по принципу «чёрного ящика», при котором приложение проверяется извне. Программные системы работают на основе входных и выходных данных. Инструмент DAST использует эти данные для поиска проблем с безопасностью непосредственно во время работы приложения.

DAST применяется на более поздних этапах CI конвейера непрерывной интеграции. Эта методика хорошо подходит для предотвращения регрессий (т.е. повторного появления исправленных ошибок) и, в отличие от SAST, не зависит от используемого языка программирования.

Фаззинг — это разновидность DAST, при которой на приложение подаётся множество случайных, некорректных или неожиданных входных данных с целью вызвать нестандартное поведение, сбои или утечки ресурсов. Это помогает разработчикам глубже понять, как приложение ведёт себя в нестабильных условиях и где находятся его уязвимости.

IAST. Интерактивное тестирование безопасности приложений (IAST) — это метод тестирования, при котором уязвимости выявляются во время выполнения приложения, в процессе его реального использования (пользователем или автоматическим тестом). Некоторые инструменты IAST даже имеют интеграции с IDE, позволяя запускать анализ безопасности прямо в процессе разработки.

В основе работы IAST лежат сенсорные модули — программные библиотеки, встраиваемые в код приложения. Эти модули отслеживают поведение приложения во время интерактивных тестов. При обнаружении уязвимости генерируется предупреждение.

Примеры таких уязвимостей: жёстко прописанные в коде API-ключи в открытом виде, отсутствие очистки пользовательского ввода, или использование соединений без SSL-шифрования.

IAST похож на DAST тем, что применяется во время выполнения приложения. Однако анализ IAST основан на сочетании тестирования по принципу «чёрного ящика», сканирования и анализа внутренних потоков выполнения приложения. Преимущество IAST заключается в способности связывать находки, похожие на те, что обнаруживает DAST, с исходным кодом, как это делает SAST. Недостатком такого подхода является зависимость от языка программирования и то, что IAST можно применять только на более поздних этапах CI конвейера непрерывной интеграции.

SCA. Анализ состава программного обеспечения (SCA) — это методология обеспечения безопасности приложений, направленная на управление компонентами с открытым исходным кодом. С помощью SCA команды разработки могут быстро отслеживать и анализировать любые open-source компоненты, включённые в проект. Инструменты SCA способны выявлять все связанные компоненты, их вспомогательные библиотеки, а также прямые и косвенные зависимости. Кроме того, они могут обнаруживать лицензии ПО, устаревшие зависимости, уязвимости и потенциальные эксплойты (вид вредоносного ПО, который использует ошибки или уязвимости, чтобы дать киберпреступникам нелегальный доступ к системе).

Анализ состава программного обеспечения (SCA) фокусируется на зависимостях стороннего кода в приложении. Он обнаруживает больше подробностей о компонентах с открытым исходным кодом, чем SAST, например, сведения о лицензировании и историю версий, что делает SCA более подходящим для защиты зависимостей сторонних разработчиков. SCA очень эффективен в приложениях, которые используют много библиотек с открытым исходным кодом, это обычная практика — использовать много библиотек с открытым исходным кодом во время разработки, поэтому SCA становится важнее, чем когда-либо, но этот метод также зависит от языка программирования.

Инструменты тестирования безопасности: OWASP ZAP, SonarQube. Рассмотрим в этом разделе некоторые из наиболее популярных инструментов для решения задачи тестирования безопасности, которые применяются в том числе в области бэкенда веб-приложений.

OWASP ZAP - инструмент для динамического тестирования безопасности, разработанный OWASP. ZAP моделирует действия злоумышленника и проверяет веб-приложение «снаружи», анализируя его поведение во время выполнения. ZAP перехватывает HTTP-запросы между клиентом и сервером, сканирует их на наличие уязвимостей, а также может проводить имитацию атаки для оценки устойчивости системы.

Возможные области применения в интернет-магазине:

- проверка API и фронтенда на уязвимости, особенно при работе с заказами, оплатой и авторизацией;
- тестирование защищённости REST- или GraphQL-эндпоинтов, которые обрабатывают персональные и платёжные данные;
- проверка политик авторизации: например, можно ли обычному пользователю получить доступ к заказу другого пользователя;
- интеграция в CI/CD для регулярного DAST-сканирования после деплоя.

SonarQube - инструмент для анализа качества и безопасности кода, фокусируется на статическом анализе (SAST). Проверяет исходный код на наличие багов, потенциальных уязвимостей, дублирования, плохих практик и нарушений стиля кодирования. SonarQube использует набор правил (включая OWASP Top 10, CWE и собственные) и применяет их к исходному коду. Может быть задействован в CI/CD конвейере или в IDE, предоставляет итоговые отчёты в виде дашбордов.

Возможные области применения в интернет-магазине:

- анализ Java-бэкенда на уязвимости: неправильную работу с вводом пользователя, некорректную авторизацию, утечки конфиденциальных данных;
- контроль качества кода — снижение технического долга, повышение читаемости и поддерживаемости;
- проверка на уязвимости, связанные с безопасностью конфигурации, hardcoded credentials (например, не записан ли в код пароль от базы данных в открытом незашифрованном виде) и неправильным использованием библиотек;
- проверка кода микросервисов: заказ, корзина, каталог, платёжный сервис.

Если подвести итог по этим двум инструментам, то OWASP ZAP помогает «атаковать» работающий интернет-магазин снаружи и найти реальные уязвимости. SonarQube позволяет предотвратить уязвимости ещё до деплоя, на уровне кода и архитектуры. Они отлично дополняют друг друга и часто используются вместе как часть DevSecOps-практик.

Заключение. Обеспечение безопасности backend-процессов интернет-магазина — это непрерывный процесс, охватывающий все этапы жизненного цикла разработки. Учитывая высокие риски, связанные с утечками данных, финансовыми потерями и потерей доверия клиентов, особенно важно применять системный подход к тестированию безопасности. Комбинируя статическое (SAST), динамическое (DAST), интерактивное (IAST) тестирование и анализ состава ПО (SCA), можно значительно повысить устойчивость системы к атакам. Такие инструменты, как SonarQube и OWASP ZAP, позволяют автоматически находить уязвимости как на уровне кода, так и во время выполнения приложения, обеспечивая более глубокий контроль над качеством и безопасностью.

В условиях постоянно растущих требований к скорости разработки и качеству продукта, интеграция инструментов безопасности в CI/CD конвейер становится обязательной практикой. Только так можно создать действительно надёжный и безопасный e-commerce backend, который будет и функциональным, и готовым к противостоянию современным угрозам.

Научный руководитель: доцент Горина Е.В. SPIN-код: 7712-7376, AuthorID: 1030668

Scientific supervisor: Associate Professor Gorina E.V. SPIN-code: 7712-7376, AuthorID: 1030668

Список литературы

20. Grossman J., Barnett R. C. Web Application Defender's Cookbook. Battling Hackers and Protecting Users. John Wiley & Sons Limited, 2017. 560 с.
21. SAST testing: how it works and why do you need it. URL: <https://snyk.io/articles/application-security/static-application-security-testing/> (дата обращения 01.04.2025)
22. SonarQube Docs. URL: <https://docs.sonarsource.com/sonarqube-server/latest/> (дата обращения: 01.04.2025)
23. ZAP documentation. URL: <https://www.zaproxy.org/docs/> (дата обращения: 01.04.2025)
24. Хамбл Д., Фарли Д. Непрерывное развертывание ПО. М.: Диалектика-Вильямс, 2019. 432 с.

References

1. Grossman J., Barnett R. C. Web Application Defender's Cookbook. Battling Hackers and Protecting Users. John Wiley & Sons Limited, 2017. 560 pp.
2. SAST testing: how it works and why do you need it. URL: <https://snyk.io/articles/application-security/static-application-security-testing/> (date accessed 01.04.2025)
3. SonarQube Docs. URL: <https://docs.sonarsource.com/sonarqube-server/latest/> (date accessed: 01.04.2025)
4. ZAP documentation. URL: <https://www.zaproxy.org/docs/> (date accessed: 01.04.2025)
5. Humble D., Farley D. *Непрерывное развертывание ПО* [Continuous Software Deployment]. Moscow. Dialectica-Williams, 2019. 432 pp. (in Rus.).

М.В. Ленгрен, Е.Н. Дроздова

СОЗДАНИЕ ИГРОВОГО ПРИЛОЖЕНИЯ В КРОССПЛАТФОРМЕННОЙ СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ UNITY

© М.В. Ленгрен, Е.Н. Дроздова, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна**191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

Аннотация. В статье рассматриваются особенности разработки прототипа десктопной пиксельной 2D-игры в жанре платформера. Обсуждается концепция игры. Рассматривается разработка графического материала. Разбирается программная реализация прототипа игры с использованием кроссплатформенной среды разработки компьютерных игр Unity. Приводятся результаты тестирования игры и обсуждается проверка гипотез.

Ключевые слова: прототипирование, видеоигра, Unity, геймплей, проверка гипотез

M.V. Lengren, E.N. Drozdova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design

191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

BUILDING A GAMING APPLICATION IN A CROSS-PLATFORM UNITY DEVELOPMENT ENVIRONMENT

Abstract. The article discusses the features of developing a prototype desktop 2D pixel game in the platformer genre. The concept of the game is discussed. The development of graphic material is being considered. Disassembles the software implementation of the prototype game using the Unity cross-platform computer game development environment. The results of testing the game are given and hypothesis testing is discussed.

Keywords: prototyping, video game, Unity, gameplay, hypothesis testing.

Введение. Разработка видеоигры — это процесс создания игры от формулировки концепции и дизайна до выпуска. Он включает в себя определение идеи и концепции, разработку дизайна, программирование, графику и анимацию, тестирование и отладку, и может различаться в зависимости от целевой платформы. Игры могут классифицироваться по жанрам, типу игрового процесса, стилю визуализации, целевой аудитории и уровню реализации.

2D-платформеры — один из жанров видеоигр, который остается популярным благодаря своей простоте и увлекательности, моде на ретро, а также ностальгическому ощущению, которое игры этого жанра вызывают у игроков.

Платформер — жанр компьютерных игр, где основное внимание уделяется прыжкам по платформам, лазанию по лестницам и сбору предметов, необходимых для победы над врагами или завершения уровня. Жанр характеризуется нереалистичной рисованной графикой, а персонажами часто становятся вымышленные или антропоморфные животные. Платформеры представляют собой поджанр экшн-видеоигр, где основная цель — перемещение игрового персонажа между различными точками в окружающей среде.

Рассмотрим особенности разработки прототипа десктопной пиксельной 2D-игры в жанре платформера под названием «Easy mushroomer» [1]–[4].

1. Концепция игры

Игровой цикл: игрок (в образе бабушки) идет по тропинке через лес и болото. Его цель — выйти из леса к своему дому и по пути собрать как можно больше съедобных грибов, приносящих очки. На пути встречаются препятствия: ядовитые грибы, отнимающие игровые жизни, болото, попадание в которое приводит к поражению, и медведь. В игре встречаются бонусы в виде ягод, которыми можно восстановить здоровье. Медведя можно обойти или принять бой, у игрока есть оружие — палка.

Референсы по стилистике: Leaper, Shovel Knight. Референсы по механике: Лесное Путешествие от ScoriaLudos, Super adventure retro games (Ahaha).

Игра представляет собой 2D-платформер с боковой прокруткой. Игрок управляет горизонтальным движением, прыжками персонажа и ближним боем. Перемещение персонажа вперед-назад осуществляется с помощью стрелок вправо/влево на клавиатуре, прыжок осуществляет стрелкой вверх. Задача игрока — продвигаться вперед по игровому полю, перемещаясь по платформам, избегая препятствия и собирая бонусы. На игровом поле встречаются объекты-бонусы, приносящие очки или здоровье (2 вида), и объекты-препятствия, отнимающие здоровье (3 вида). Один из видов препятствия — противник, с которым игрок может сражаться. Для нанесения удара игрок использует клавишу «пробел» на клавиатуре. Основная цель игры: пройти всю дорогу до финиша, заработав как можно больше очков.

Игровое меню. Главное меню, стартовый экран игры, на котором располагается название игры, кнопка начала игры, кнопка выхода из игры.

Игровой экран. Переход на игровой экран осуществляется при нажатии на кнопку начала игры в игровом меню. Локация представляет собой лес в пиксельной 2D-графике с боковой прокруткой по мере продвижения героя вперед. На экране расположены платформы, по которым должен прыгать игрок. В левой верхней части экрана расположен счетчик жизней игрока и количество заработанных за текущую игру очков. В правой верхней части экрана располагается кнопка паузы.

Экран успешного окончания уровня. Когда уровень пройден, запускается кат-сцена, где появляется домик персонажа, в который персонаж заходит. На экране появляется надпись «Игра пройдена» и кнопка возвращения в главное меню.

Экран проигрыша. Если игра закончилась поражением, запускается кат-сцена, где персонаж падает, и появляется вертолет, который забирает персонажа и уносит его. На экране появляется надпись «Игра окончена», кнопка для перезапуска уровня и кнопка возвращения в главное меню.

Игровая локация: протяженное изображение, разделенное на слои с объектами фона разных уровней глубины, слои с платформами, слои с бонусами и препятствиями.

Платформы: объекты, по которым может перемещаться персонаж. Два вида платформ: обычные платформы, через которые нельзя пройти насквозь или сдвинуть их, и платформы-ловушки («болото»), попав на которые, игрок погибает.

Модель игрока: 2D-модель персонажа, перемещающаяся вперед-назад при нажатии стрелок влево/вправо, и совершающая одинарный прыжок при нажатии стрелки вверх. При нажатии клавиши «пробел» происходит нанесение удара игроком с помощью оружия ближнего боя.

Бонусы: два вида бонусов; при соприкосновении с объектами-бонусами первого вида (гриб) игрок зарабатывает очки (при этом сам объект-бонус пропадает, меняется счет игрока). При соприкосновении с объектами-бонусами второго вида (ягода), игрок зарабатывает здоровье (при этом объект-бонус пропадает), восстанавливается одна потерянная жизнь. Если достигнут лимит запасных жизней (3 шт.) – бонус не оказывает эффекта.

Препятствия: три вида препятствий; при соприкосновении с препятствием первого типа (ядовитый гриб) игрок теряет одну жизнь (при этом сам объект-препятствие пропадает). Препятствие второго типа представляет собой платформы, попав на которые, игрок погибает. При попадании на препятствие второго типа (болото), игрок теряет все жизни и проигрывает, игра оканчивается. При столкновении с третьим видом препятствия (медведь) игрок может драться: применить технику ближнего боя, используя клавишу «пробел» для нанесения ударов. У противника пять жизней. Каждый удар противника по игроку, в свою очередь, отнимает по одной жизни. Поведение противника при столкновении с игроком генерируется случайно (напасть/уйти).

Кат-сцены: анимационные вставки, сопровождающие завершение игры.

Быстродействие: не критичный фактор, в игре не учитывается скорость прохождения.

Визуальные эффекты: важный фактор, яркие визуальные эффекты призваны улучшить игровой опыт.

Графика: важный фактор, концепция игры подразумевает красочную пиксельную графику, которая создает визуально привлекательную игровую среду.

Музыка и звуки: необходимый фактор; присутствует фоновая музыка, дополняющая атмосферу игры, а также звуки взаимодействия игрока с объектами игры (сбор бонусов, столкновение с препятствием).

2. Разработка графического материала

2.1. Создание игрового уровня

Локация игрового уровня была создана с использованием Tilemap. Tilemap в Unity — это система, позволяющая создавать 2D-уровни с использованием сетки тайлов (плиток). Tilemap предоставляет удобный способ размещения и управления графическими элементами на сцене.

Для создания фона были использованы тайлы из ассета 2D Pixel Art Platformer | Biome — American Forest. Набор тайлов был создан с помощью инструмента Tile Palette, на сцену был добавлен объект Tilemap и собрана игровая локация. На объект Tilemap был добавлен Tilemap Collider 2D для обеспечения возможности взаимодействия объектов с тайлами.

Элементы фона локации были созданы с использованием спрайтов ассета 2D Pixel Art Platformer | Biome — American Forest. Собранный игровой уровень представлен на рисунке 1.



1. Игровая локация

2.2. Игровые объекты, персонажи и их анимации

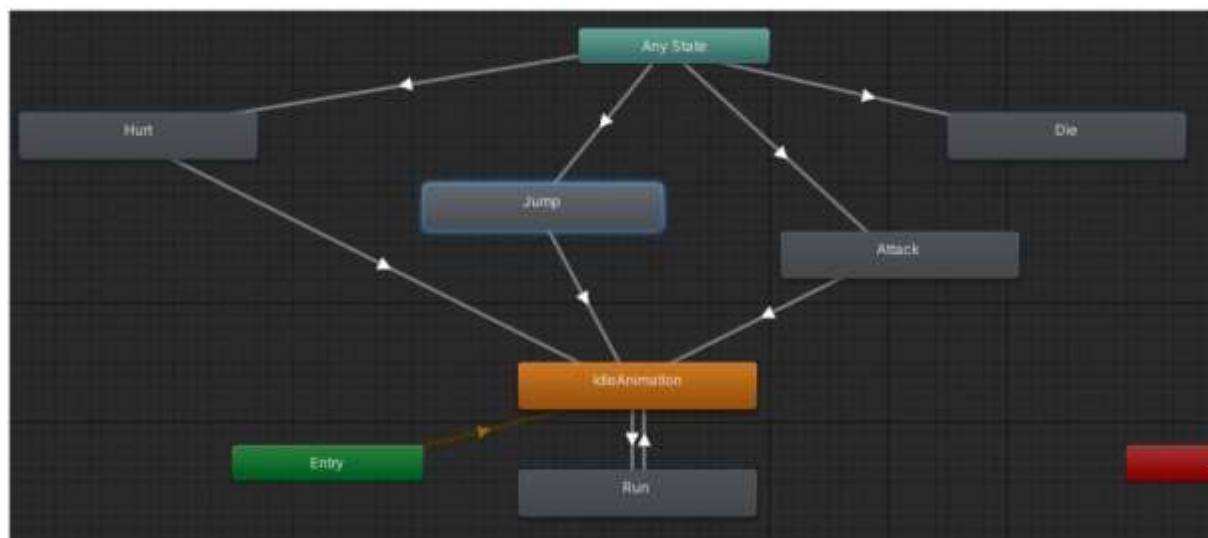
Создание персонажа игрока и персонажа врага (медведя) происходило в графическом редакторе для создания иллюстраций в стиле pixel art Pixaki intro.

Для игровых персонажей были подготовлены и импортированы в Unity спрайты для дальнейшей анимации (рисунок 2, а – г).



2. Спрайты для игровых персонажей: а — спрайт игрока для анимации покоя; б — спрайт медведя для анимации испуга; в — спрайт медведя для анимации ранения; г — спрайт медведя для анимации смерти

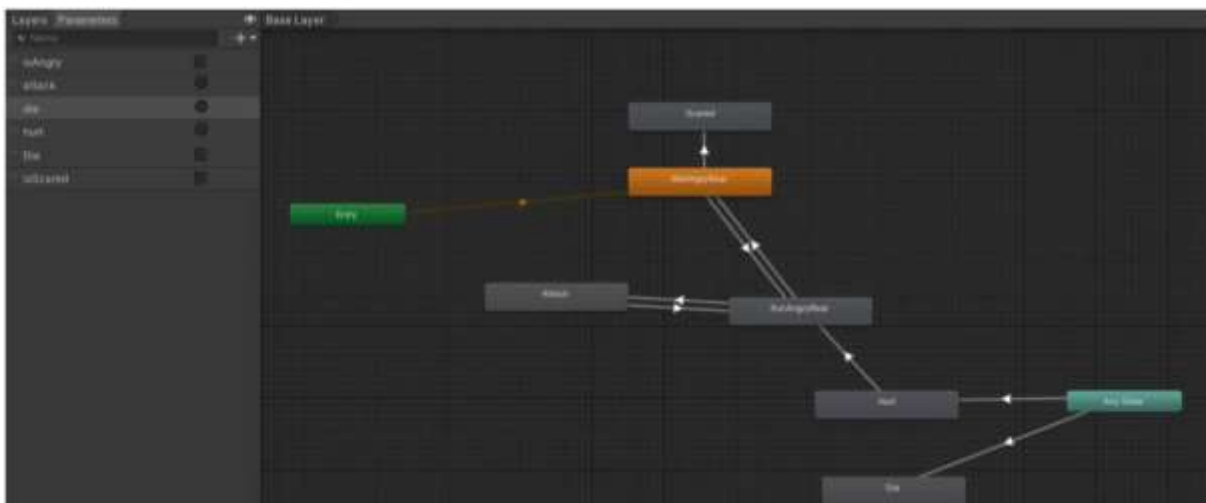
На основе спрайтов были созданы анимации персонажа в Unity. Игроку был добавлен компонент Animator и создан Animator Controller. Затем в окне Animation были созданы анимации персонажа для состояний Idle, Run, Hurt, Attack, Die и Jump. Далее были настроены переходы между анимациями (рисунок 3).



3. Настройка переходов между анимациями игрока

Для осуществления переходов между состояниями были созданы переменные, задающие параметры перехода. Для перехода между состояниями Idle и Run была создана переменная speed. Если значение переменной больше 0.01 – состояние сменяется на Run, и наоборот. Для перехода в состояние смерти были созданы триггер die и логическая переменная Die, для перехода в состояния атаки и ранения триггеры Attack и hurt. Для анимации прыжка было добавлено условие с использованием логической переменной Groun.

Аналогично были созданы анимации врага-медведя (рисунок 4). Логические параметры isAngry и isScared отвечают за переходы в состояние атаки или испуга в зависимости от траектории поведения медведя при взаимодействии с игроком. На объекты игрока и медведя были добавлены компоненты Collider2D и Rigidbody2D для обеспечения физического взаимодействия с объектами сцены.



4. Настройка переходов между анимациями медведя

Далее были созданы неигровые элементы сцены: бонусы, приносящие очки (съедобные грибы), препятствия, отнимающие жизни (ядовитые грибы) (рисунок 5, а), бонусы, восстанавливающие утраченные жизни (целебные ягоды) (рисунок 5, б). Были использованы спрайты ассета Fantasy Mushroom Pack by ssugmi.



а



б

5. Неигровые элементы сцены: а — бонусы, приносящие очки и препятствия, отнимающие жизни;
б — бонусы, восстанавливающие утраченные жизни (целебные ягоды)

3. Игровая логика

3.1. Управление персонажем

Для управления перемещениями игрока был создан скрипт `CharacterControllerScript`. За горизонтальное перемещение отвечает метод `Run` (рисунок 6, а). Метод получает направление движения (лево/право) с помощью функции `Input.GetAxis(«Horizontal»)`, обновляет скорость в зависимости от ввода, и проверяет, было ли изменено направление. Метод `Flip` осуществляет поворот игрока. Прыжком персонажа управляет метод. Переменная `isGrounded` отвечает за то, находится ли персонаж на земле. Это предотвращает возможность прыжка в момент, когда персонаж в воздухе.

Далее была настроена атака игрока. За атаку отвечает скрипт `PlayerAttack` (рисунок 6, б). При нажатии клавиши «пробел» вызывается метод `Attack`, который устанавливает соответствующий триггер в аниматоре, запуская анимацию атаки, выполняет обнаружение врага и наносит врагу урон методом `TakeDamage(1)` скрипта `Health`.

```
public void Run()
{
    float move = Input.GetAxis("Horizontal");
    anim.SetFloat("speed", Mathf.Abs(move));

    rigidBody.velocity = new Vector2(move * moveSpeed, rigidBody.velocity.y);
    if(move > 0 && !isFacingRight)
    {
        Flip();
    }
    else if(move < 0 && isFacingRight)
    {
        Flip();
    }
}

// Chapter 3
void Flip()
{
    isFacingRight = !isFacingRight;
    Vector2 theScale = transform.localScale;
    theScale.x *= -1;
    transform.localScale = theScale;
}
```

a

[illegible]

6

6. Программный код: а — методы Run и Flip; б — скрипт PlayerAttack

После реализации перемещения игрока было реализовано перемещение камеры следом за ним с использованием компонента Cinemachine. На сцене была создана и настроена виртуальная 2D-камера. В качестве объекта слежения камеры был добавлен объект игрока

3.2. Реализация системы здоровья и обработка получения ущерба

За здоровье и потери жизни игрока, а также врага-медведя, отвечает скрипт Health. Он отслеживает текущее здоровье объекта, обрабатывает получение урона и восстановление здоровья игрока. Метод TakeDamage (рисунок 7, а) вычитает количество нанесенного ущерба из текущего здоровья и, если значение переменной currentHealth больше 0 (то есть персонаж жив), запускается анимация hurt с помощью установки соответствующего триггера.

Если значение `currentHealth` меньше или равно 0 (то есть персонаж умирает), то, если объект еще не мертв (!`dead`), срабатывает триггер `die`, активируя анимацию смерти, и значение параметра `Die` в аниматоре устанавливается `true`, останавливая переходы во все прочие анимации. Далее, если обрабатывается смерть игрока, у персонажа отключается физика и сам скрипт управления игроком `CharacterControllerScript`. Если обрабатывается смерть медведя – компонент медведя отключается. Метод `AddHealth` восстанавливает здоровье игрока.

Для отображения шкалы здоровья на экране, был создан элемент Canvas и пустой игровой объект Healthbar, позиционированный в левом верхнем углу. В нем были созданы дочерние объекты HealthbarTotal и HealthbarCurrent для отображения общего и текущего количества жизней игрока. Игрок имеет три жизни, для визуализации которых был использован спрайт в виде сердца. Параметры заливки были установлены как Image Type:Filled, Fill Method:Horizontal, цвет заливки черный, для отображения утраченных жизней черным цветом.

Для отображения текущей шкалы здоровья HealthbarCurrent, объект HealthbarTotal был продублирован и цвет заливки был изменен на белый, для того, чтобы при помощи регулирования параметра Fill Amount можно было управлять количеством «активных» сердечек (рисунок 7, б).

```
public void FixedUpdate() {
    currentHealth = Mathf.Clamp(currentHealth - _damage, 0, startingHealth);
    if (currentHealth < 0) {
        //Player needs to die
        SoundManager.Instance.PlaySound(hitSound);
        anim.SetTrigger("hit");
    }
    else {
        if (IsDead()) {
            anim.SetTrigger("die");
            anim.SetTrigger("die");
        }
        //Player is
        if (GetComponent<CharacterController>().isGrounded) {
            rb = GetComponent<Rigidbody>();
            rb.velocity = Vector3.zero; // Automatically make the player
            rb.isKinematic = true;
            GetComponent<CharacterController>().enabled = false;
            SoundManager.Instance.PlaySound = true;
        }
        //Dead
        if (GetComponent<Animator>().isInAnimation) {
            GetComponent<Animator>().enabled = false;
        }
        dead = true;
        SoundManager.Instance.PlaySound(deadSound);
    }
}
```

a



6

7. Реализация системы здоровья и обработка получения ущерба: а — метод TakeDamage; б — управление количеством жизни на шкале Healthbar с помощью параметра Fill Amount

Далее был создан скрипт Healthbar для управления отображением количества жизней игрока.

3.3. Игровые механики

В процессе игры персонаж игрока взаимодействует с двумя типами бонусов: восстанавливающими здоровье, и приносящими очки. Для объектов этого типа были созданы префабы, добавлены компоненты BoxCollider2D и активирован параметр IsTrigger (рисунок 8, а).

Для того, чтобы при столкновении с объектом игроку возвращалась утраченная жизнь, префабу бонуса был добавлен скрипт HealthCollectible (рисунок 8, б). Когда игрок сталкивается с объектом, метод AddHealth скрипта Health добавляет игроку жизнь. Объект-бонус становится неактивным.

Аналогичным образом были созданы бонусы, приносящие очки. Для отображения шкалы очков на ранее созданном объекте Canvas был добавлен объект Scorebar для учета счета (рисунок 8, в). Для текста был использован шрифт Silkscreen.

Далее был создан скрипт ScoreCollectible (рисунок 8, г), отвечающий за увеличение числа очков игрока при столкновении с бонусным объектом.



а

```
public class HealthCollectible : MonoBehaviour
{
    [SerializeField] private float healthValue;
    [SerializeField] private AudioClip plusLife;

    // Configure Unity | Course 0
    private void OnTriggerEnter2D(Collider2D collision)
    {
        if (collision.tag == "Player")
        {
            SoundManager.instance.PlaySound(plusLife);
            collision.GetComponent<Health>().AddHealth(healthValue);
            gameObject.SetActive(false);
        }
    }
}
```

б



в

```
public class ScoreCollectible : MonoBehaviour
{
    [SerializeField] private AudioClip plusScore;

    // Configure Unity | Course 0
    private void OnTriggerEnter2D(Collider2D collision)
    {
        if (collision.tag == "Player")
        {
            SoundManager.instance.PlaySound(plusScore);
            CharacterControllerScript.score++;
            gameObject.SetActive(false);
        }
    }
}
```

г

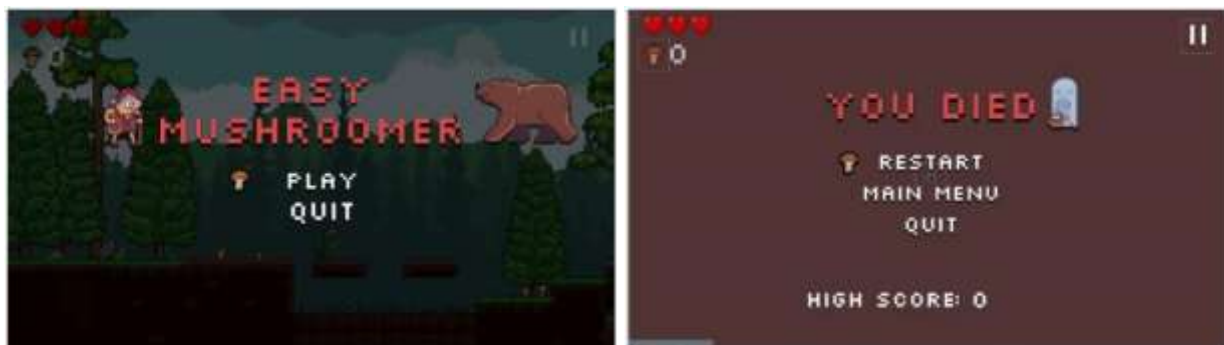
8. Игровые механики: а — префаб HealthCollectible; б — скрипт HealthCollectible; в — объект Scorebar; г — скрипт ScoreCollectible

3.4. Основное меню и экраны навигации

Основное меню — сцена, которая отображается при запуске игры. Была создана новая сцена, на которую был добавлен элемент Canvas, на котором были реализованы кнопки навигации (рисунок 9, а).

При нажатии на кнопку Play осуществляется переход на сцену с игрой, кнопка Quit осуществляет выход из приложения. Управление состояниями игры осуществляется с помощью менеджера игры MenuManager. Управление стрелкой-указателем осуществляется с помощью скрипта SelectionArrow. Стрелка перемещается между опциями меню при нажатии клавиш вверх/вниз или W/S клавиатуры, выполнение опции, прикрепленной к соответствующей кнопке, происходит при нажатии Enter.

Аналогичным образом реализованы меню окончания игры, выигрыша и паузы. Управление состоянием игры контролирует менеджер игры GameManager, скрипт GameManager. Для реализации меню проигрыша был создан элемент Canvas, на который были добавлены кнопки навигации (рисунок 9, б).



а

б

9. Реализация меню: а — сцена основного меню; б — панель проигрыша GameOverPanel

Аналогичным образом были созданы панели выигрыша и паузы.

4. Тестирование и проверка гипотез

После завершения разработки прототипа было проведено его тестирование на фокус группе из 3 человек. Оценка фокус-группой составляющих игры по 5-балльной шкале представлена в таблице 1. Оценка прохождения участка с медведем представлена в таблице 2.

Таблица 1. Оценка составляющих игры фокус-группой

Пол, возраст	Сюжет игры	Сложность механики игры	Графика
Ж, 11 5		4	5
Ж, 11	5	4	5
Ж, 22	5	2	5

Таблица 2. Оценка фокус-группой прохождения участка с медведем

Пол, возраст	Насколько легко было пройти участок с медведем (от 1 до 5)	Возникало ли у вас желание бросить прохождение игры? Если да, то в какой ситуации?	Бросили бы вы игру до первой победы над медведем, если бы его поведение было всегда атакующим?	Общее впечатление от прохождения участка с медведем
Ж, 11	3	нет	скорее нет	«Участок с медведем самый сложный и интересный одновременно. Сложно пройти медведя и болото сразу после него.»
Ж, 11	4	нет	нет	«Медведь смешной, и если он прячется, его легко пройти. Интереснее, когда он злой.»
Ж, 22	2	нет	да	«Медведь – “приятная” неожиданность, которая добавляет в игру разнообразие и динамику. Радует, что можно бить его палкой. Бить медведя палкой приятно!»

По результатам тестирования были сделаны следующие выводы касательно гипотез.

Гипотеза 1: сюжет игры не нов и однообразен, а механика проста – игра может быстро наскучить пользователям. Результат тестирования: сюжет игры показался игрокам увлекательным, впечатления от графики и визуальной составляющей положительные. Вывод: было принято решение сделать несколько уровней игры в разных локациях и добавить возможность менять скин персонажа за набранные очки.

Гипотеза 2: если оставить возможность при столкновении с препятствием-медведем обойти его, а не вступать в бой, то градус напряжения игрового процесса снижается, игроки могут полностью проигнорировать возможность драться. Тестирование: в процессе разработки прототипа в поведение медведя был добавлен элемент случайности (нападает и преследует/не нападает, в первом случае обойти медведя без боя проблематично). Результаты тестирования: тестирование показало, что участок с медведем пройти довольно сложно, когда медведь атакует. Чаще всего начинающие игроки погибали именно на этом участке. Однако разные модели поведения медведя при многократном прохождении уровня делают игровой процесс разнообразным и значительно уменьшают у игроков желание сдаться и бросить игру при неудачных попытках пройти участок с медведем. Вывод: было принято решение оставить поведение медведя случайным.

Заключение. Визуальная поэтика, музыка и звуковой дизайн, а также основы и процесс проектирования двухмерных платформеров — все это важные аспекты создания игр. Художественный стиль, анимация и визуальные эффекты играют ключевую роль в подчеркивании повествовательной составляющей двухмерных платформеров. Музыка и звуковой дизайн дополняют повествование и создают атмосферу, погружая игрока в игровой мир. Основы создания двухмерных платформеров на Unity, а также процесс проектирования уровней и персонажей могут быть изучены и применены на практике каждым разработчиком, стремящимся создать свою игру.

Список литературы

25. Особенности прототипирования игр. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/573298/> (дата обращения: 03.04.2025)
26. Unity Documentation: Официальная документация Unity. URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> (дата обращения: 03.04.2025)
27. Unity Developer Community. URL: <https://unity3d.com/ru/community> (дата обращения: 03.04.2025)
28. Как создаются видеоигры: процесс разработки игры. <https://itanddigital.ru/videogame> (дата обращения: 03.04.2025)

References

13. *Osobennosti prototipirovaniya igr*. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/573298/> [Features of prototyping games]. (date accessed: 03.04.2025)
14. *Unity Documentation: Oficial'naya documentaciya Unity*. URL: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> [Unity Documentation: Official Unity documentation]. (date accessed: 03.04.2025)
15. *Unity Developer Community*. URL: <https://unity3d.com/ru/community> [Unity Developer Community]. (date accessed: 03.04.2025)
16. *Kak sozdajutsja videoigry: process razrabotki igry*. <https://itanddigital.ru/videogame> [How Video Games Are Created: The Game Development Process]. (date accessed: 03.04.2025)

ПРОТОТИПИРОВАНИЕ ДЕСКТОПНОЙ СЮРРЕАЛИСТИЧНОЙ 2D-ИГРЫ В ЖАНРЕ ГРАФИЧЕСКОГО КВЕСТА

© К.Д. Мельникова, Е.Н. Дроздова, 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Аннотация. В статье рассматривается процесс разработки прототипа десктопной сюрреалистичной 2D-игры в жанре графического квеста. На конкретном примере рассматриваются основные этапы процесса разработки игры данного жанра: создание Vision-документа с описанием продукта, целевой аудитории и игрового цикла; выдвижение гипотез о механике игры; составление технического задания с ключевыми элементами интерфейса, игровой логикой и требованиями к игровой сцене; процесс разработки готового прототипа игры с использованием игрового движка Unity. тестирование и проверка гипотез.

Ключевые слова: прототипирование, видеоигра, Unity3D, геймплей, проверка гипотез.

K.D. Melnikova, E.N. Drozdova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

PROTOTYPING DESKTOP SURREAL 2D-IGRY IN THE GENRE OF GRAPHIC QUEST

Abstract. The article examines the process of developing a prototype of a desktop surreal 2D game in the genre of a graphic quest. A specific example examines the main stages of the game development process of this genre: creating a Vision document with a description of the product, target audience and game cycle; hypothesizing the mechanics of the game; drawing up a technical task with key interface elements, game logic and requirements for the game scene; the process of developing a finished prototype game using the Unity game engine. testing and hypothesis testing.

Keywords: prototyping, video game, Unity3D, gameplay, hypothesis testing.

Введение

Графический квест — это приключенческая компьютерная игра с механикой point-n-click, в которой делается упор на изучение игровых локаций с помощью курсора. Зачастую основной целью игрока является выход из закрытого помещения. Первый графический квест был разработан в 1980 году супругами Кеном и Робертой Уильямс, основателями компании Sierra On-Line.

Особенностью данного жанра является исследование окружающей среды и решение головоломок с помощью простого механизма управления. Дословный перевод названия механики — «укажи-и-щелкни», что всецело отражает процесс взаимодействия пользователя с игровыми элементами. Управление персонажем графического квеста может вестись как от первого, так и от третьего лица. Прохождение данных игр сводится преимущественно к решению головоломок или сбору предметов, которые позднее понадобятся игроку для продвижения по сюжетной линии.

Как правило, графические квесты ограничены небольшим пространством и подразумевают полное прохождение игры за один или несколько раз. Игрок редко взаимодействует с персонажами, большую часть времени занимает решение головоломок.

Благодаря простой механике взаимодействия с игровыми элементами графические квесты доступны для широких масс пользователей и популярны среди разных возрастных и гендерных групп.

В данной статье рассматривается разработка прототипа десктопной сюрреалистичной 2d-игры в жанре графического квеста. Для реализации данного проекта требуется составить детальную концепцию игры: создать Vision-документ с описанием продукта, целевой аудитории и игрового цикла, а также написать гипотезы о механике игры и составить техническое задание с ключевыми элементами интерфейса, игровой логикой и требованиями к игровой сцене. После составления детальной концепции, необходимо разработать готовый прототип игры, используя игровой движок Unity [1-4]. Далее рассмотрим основные этапы процесса разработки данной игры.

1. Разработка концепции игры

Прежде, чем приступить к созданию прототипа необходимо составить документацию.

1.1. Vision-документ

Vision-документ — это самый верхнеуровневый документ, который описывает основную идею продукта, содержит описание игры и его целевой аудитории, на которую ориентирована логика маркетинга.

Описание продукта:

- платформа: PC (Windows);
- сегмент: casual;
- модель монетизации: F2P;

- жанр: казуальные, головоломки, point-and-click;
- сеттинг: комната главного героя;
- движок: Unity;
- арт-стиль: 2D.

Целевая аудитория:

- сегмент ЦА: молодые люди, которых привлекают сюрреалистичные сюжеты;
- пол/возраст: женщины/мужчины, 16-30 лет;
- поведение: любят квесты и головоломки, увлекаются литературой; Каналы: контекстная реклама в социальных сетях;
- каналы: реклама в социальных сетях, реклама у блогеров, таргет, контекстная реклама;
- референсы по ЦА: любители игры The White Door, а также серии игр Cube Escape и Rusty Lake;
- есть ли франшиза: возможно продолжение по другим рассказам или романам Франца Кафки;
- целевой рынок: СНГ, западные страны.

Игровой цикл: Проснувшись однажды утром после беспокойного сна, игрок (Грегор Замза) обнаруживает, что он у себя в постели превратился в страшное насекомое. Семья не хочет с ним контактировать и запирает его в комнате. Игрок, исследуя комнату, обнаруживает подсказки, связанные с жизнью писателя и помогающие ему вернуть человеческий вид.

Референсы на геймплей и механики: игра The White Door (простая монохромная графика; линейный, но интерактивный сюжет; действие в рамках одной локации; кат-сцены); игра Cube Escape (сюрреалистичные головоломки, связанные с историей персонажа; «багаж» в виде боковой панели; угнетающее звуковое сопровождение).

Риски: возможные проблемы с разработкой головоломок; ограниченность аудитории, тематика и стиль игры не ориентированы на массового игрока; поскольку Франц Кафка умер в 1924 году, его работы находятся в общественном достоянии, однако все равно необходимо проверять элементы игры на авторское правообладание.

1.2. Список гипотез о механике игры «Hidden Cities»

Гипотезами являются предположения о будущем прототипе игры, истинное значение которых требует доказательств.

Ключевая механика игры. Игровое поле схематично представлено в виде комнаты героя и предметов, окружающих его. Игра ведется от первого лица, взаимодействие с окружением происходит методом point-n-click. После нажатия на предмет в комнате открывается сцена с более детальным отображением игровых элементов. Далее, кликая на предмет, игрок активирует следующую сцену с головоломкой. Если элемент не связан с головоломкой, он не кликабельный. Все головоломки спрятаны в рамках одной локации, для прохождения игры необходимо решить их в любой последовательности..

Гипотеза №1. Описание: игроки могут не понять, как решать головоломки. Проверка: проведение наблюдений за игроками при тестировании прототипа, фиксирование случаев затруднений и недоумений.

Гипотеза №2. Описание: игроки могут быть не заинтересованы в истории, если будет недостаточно контекста. Проверка: создание прототипа с разъяснения предыстории и проведение опросов среди игроков.

1.3. Техническое задание

Техническое задание — это документ, который содержит спецификацию требований к разрабатываемому прототипу игры, описывает его функциональные и нефункциональные характеристики, а также — особенности его реализации и использования.

Ключевые элементы интерфейса:

- игровое меню (на стартовом экране должны располагаться следующие элементы: кнопка начала игры, логотип, настройки, выход из игры; фон — монохромное изображение, на котором должна быть четко выделена кнопка начала игры);
- игровой экран (главная локация — простая, минималистичная графика с изображением комнаты; после нажатия на предмет или группу предметов на главной локации открывается новая локация с более детальным отображением предметов и кнопкой для возвращения на главную локацию в левом верхнем углу в виде стрелки влево; если игрок нажимает на предмет, который активирует головоломку, запускается новая сцена с ней, а в левом верхнем углу появляется знак вопроса для получения подсказки).

Основные элементы игрового процесса:

- игровые локации (представляют собой статичные сцены, состоящие из кликабельных и не кликабельных предметов);
- предметы (объекты, с которыми может взаимодействовать игрок для решения головоломок или для раскрытия сюжета и более глубокого погружения в сюжет игры);
- головоломки (линейные задачи на сопоставление предметов, поиск предметов, решение задач);
- подсказки (текстовые сообщения, помогающие игрокам решать головоломки);
- кат-сцены (текстовые и графические вставки повествования сюжета или флэшбеков).

Важность различных элементов игрового процесса:

- скорость работы и быстродействие (некритичный фактор, в игре не ведется отслеживание времени действий игрока);
- визуальные эффекты (невысокие требования к графике: все предметы и кат-сцены выполнены в монохромной стилистике, используется простая анимация);

- музыка и звуковое сопровождение (обязательны для создания нужного настроения; на фоне всегда присутствует музыкальное сопровождение, погружающее игрока в атмосферу игры; дополнительно могут озвучиваться действия игрока).

2. Разработка прототипа игры

Прототип является одной из самых важных составляющих разработки компьютерной игры, поскольку благодаря ему проверяются гипотезы относительно механики геймплея и возможных проблем, с которыми могут столкнуться игроки.

2.1. Создание графического материала

Прежде чем приступать к разработке игры в Unity необходимо отрисовать графический материал, на основе которого будет создаваться прототип. Всего нужно создать четыре категории элементов: фон локаций, игровые элементы, кнопки интерфейса, кат-сцены.

Для данной игры было необходимо создать много игровых элементов: мебель, главный герой, пазлы и другие. Например, в комнате главного героя на кровати будет находиться жук с шевелящимися лапками. Для этого в графическом редакторе необходимо создать как минимум два изображения, на которых лапки жука находятся в разном положении. В дальнейшем данные кадры будут анимированы в Unity. В качестве элементов интерфейса необходимо создать шесть кнопок и четыре подсказки.

Также было необходимо создать две кат-сцены: вступительную и заключительную. Основа для кат-сцен также создавалась в Adobe Illustrator, после чего элементы были анимированы в программном обеспечении Adobe After Effects и конвертированы в необходимый видео-формат в Adobe Media Encoder.

Первая кат-сцена создавалась на основе четырех изображений: Грегор с открытыми глазами, Грегор с закрытыми глазами и два изображения с жуком. Для заключительной сцены требовалось больше материала: дверь, дверной проем, комната и изображение героя, отражения в зеркале. Далее в After Effects были добавлены плавные передвижения кадров и переходы между ними.

2.2. Сборка игровых сцен

Прежде чем приступить к сборке сцен и написанию скриптов необходимо загрузить все созданные элементы в проект в Unity. Для удобства в папке «Assets» настроим структуру доступа к файлам, создав папки для графики, музыки, префабов и скриптов. Также в папке «Scenes» создадим все необходимые сцены, с которыми дальше будем работать: cabinet, closet, desk, door, endCutScene, letter, letters, main, menu, photo, settings, startCutScene.

2.2.1. Сцена «Комната»

Сцена комнаты Грегора — главная локация, которая является связующим звеном между всеми остальными сценами. В данную сцену необходимо добавить шесть элементов: стол, тумба, шкаф, дверь, жук, кровать. Первые четыре элемента кликабельны, по нажатию на них открываются соответствующие сцены.

Создадим анимацию жука. Для этого необходимо задать множественный режим 2D спрайту и выделить кадры с помощью инструмента Sprite Editor. На следующем шаге данные кадры необходимо добавить на сцену и задать название созданной анимации. При запуске сцены лапки жука будут шевелиться. При необходимости можно настроить скорость анимации в окне «Animator».

На следующем этапе необходимо осуществить переход на другие сцены путем нажатия на элементы мебели. Для этого, во-первых, добавим на шкаф, тумбу, стол и дверь компонент «Box Collider 2D», с помощью которых система будет считывать нажатия в рамках выделенной зоны.

Далее создадим общий скрипт на C#, который будет осуществлять смену сцены по нажатию (рисунок 1). Также, чтобы пользователь интуитивно мог понимать, что данные объекты кликабельны, добавим изменение цвета спрайта при наведении на него.



```

1  using System.Collections;
2  using System.Collections.Generic;
3  using UnityEngine;
4  using UnityEngine.SceneManagement;
5  using UnityEngine.EventSystem;
6
7  public class sceneSwitcher : MonoBehaviour
8  {
9      public string sceneName;
10     public void OnMouseDown()
11     {
12         SceneManager.LoadScene(sceneName);
13     }
14     public void OnMouseEnter()
15     {
16         GetComponent<SpriteRenderer>().color = new Color(200.0f/255.0f, 200.0f/255.0f, 200.0f/255.0f, 1);
17     }
18     public void OnMouseExit()
19     {
20         GetComponent<SpriteRenderer>().color = new Color(1, 1, 1, 1);
21     }
22 }

```

1. Программный код для смены сцены по нажатию

Добавим написанный скрипт для каждого объекта и запишем в поле «Scene Name» название сцены, которая должна открываться (рисунок 2)



2. Сцена «main»

Также на каждой сцене должны располагаться две кнопки вне игрового поля для выхода в меню и отключения музыки. Расположим спрайты и добавим компонент «Circle Collider 2D». Далее создадим два скрипта для каждой кнопки. Для выхода из игры создадим скрипт, в котором не только осуществляется смена сцены, но и сохраняется название сцены, в которой осуществлен выход из игры (рисунок 3). Это создано для того, чтобы после возвращения в игру из меню загружалась последняя открытая локация.

```
leaveGame.cs
Assets > scripts > leaveGame.cs
1  using System.Collections;
2  using System.Collections.Generic;
3  using UnityEngine;
4  using UnityEngine.SceneManagement;
5  using UnityEngine.EventSystem;
6
7  public class leaveGame : MonoBehaviour
8  {
9      public void OnMouseDownButton()
10     {
11         SceneManager.LoadScene("menu");
12         PlayerPrefs.SetString("SceneToLoad", SceneManager.GetActiveScene().name);
13     }
14
15     public void OnMouseEnter()
16     {
17         GetComponent().color = new Color(200.0f/255.0f, 200.0f/255.0f, 200.0f/255.0f, 1);
18     }
19
20     public void OnMouseExit()
21     {
22         GetComponent().color = new Color(1, 1, 1, 1);
23     }
24 }
```

3. Программный код для выхода из игры

Также создадим скрипт для регулировки музыки (рисунок 4). Здесь мы будем работать с глобальным слушателем звуков `AudioListener`. Если он не равен нулю, то по нажатию на кнопку звуки должны отключаться, иначе мы считываем значение переменной со звуковым значением из сохранений `PlayerPrefs`. Если переменная еще не была создана, то устанавливается значение по умолчанию 0,5. Также с помощью метода `Update` проверяется значение аудио-слушателя, чтобы кнопка меняла цвет в зависимости от уровня звука. Функция `setVolume` понадобится в дальнейшем для тонких настроек звука.


```

1 public class soundControl : MonoBehaviour
2 {
3     public void setVolume(float vol)
4     {
5         PlayerPrefs.SetFloat("musicVol", vol);
6         AudioListener.volume = vol;
7     }
8
9     public void OnMouseDownButton()
10    {
11        if (AudioListener.volume != 0f)
12        {
13            AudioListener.volume = 0f;
14        }
15        else
16        {
17            if (PlayerPrefs.HasKey("musicVol"))
18            {
19                AudioListener.volume = PlayerPrefs.GetFloat("musicVol");
20            }
21            else
22            {
23                AudioListener.volume = 0.5f;
24            }
25        }
26    }
27
28    public void OnMouseEnter()
29    {
30        GetComponent().color = new Color(200.0f/255.0f, 200.0f/255.0f, 200.0f/255.0f, 1);
31    }
32
33    public void OnMouseExit()
34    {
35        GetComponent().color = new Color(1, 1, 1);
36    }
37
38    void Update()
39    {
40        if (AudioListener.volume != 0f)
41        {
42            GetComponent().color = new Color(1, 1, 1);
43        }
44        else
45        {
46            GetComponent().color = new Color(210.0f/255.0f, 210.0f/255.0f, 210.0f/255.0f, 1);
47        }
48    }
49 }

```

4. Программный код для регулировки музыки

Рассмотренные кнопки будут добавлены на все следующие игровые сцены как префабы.

2.2.2. Сцена «Тумба» и головоломка «Фотография»

Сцена «Тумба» (cabinet) необходима для перехода к головоломке «Фотографии». Также на ней содержится подсказка для головоломки с часами. На данную сцену необходимо добавить один элемент — рамку с фотографией, которая активирует сцену с головоломкой. Настройки данного объекта аналогичны рассмотренным ранее элементам для запусков сцен (рисунок 5).



5. Сцена «Тумба»

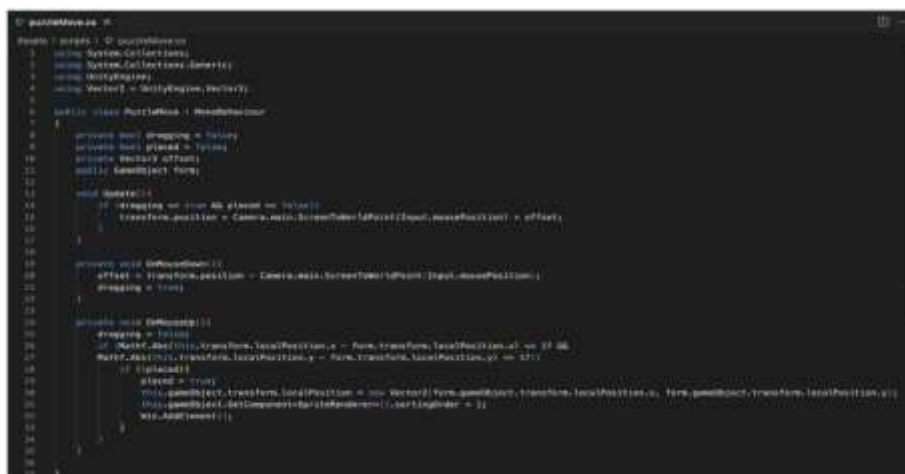
Также на игровое поле необходимо добавить кнопку, с помощью которой пользователь сможет вернуться на предыдущую сцену. Переход также осуществляется с помощью скрипта, отраженного на рисунке 1. Данный элемент будет присутствовать во всех сценах, кроме комнаты героя.

На следующем этапе необходимо настроить головоломку, в которой игроку требуется собрать воедино кусочки фотографии. Для этого создадим пустой объект «form», добавим в него все фотографии в собранном варианте и сделаем их прозрачными. После создадим еще один пустой объект, добавим кусочки фотографии, расположим их хаотично и добавим коллайдеры (рисунок 6).



6. Головоломка «Фотографии»

На следующем этапе необходимо создать скрипт, который позволяет пользователю перемещать элементы и проверяет, расположены ли они достаточно близко к эталонному элементу объекта «form» (рисунок 7).



7. Программный код для перемещения элементов головоломки

Как видно, если пазл установлен на свое место, программа вызывает функцию AddElement из другого скрипта, который проверяет, собрана ли фотография. Для этого добавим на сцену пустой объект и создадим скрипт, отраженный на рисунке 8. В нем задается ссылка на ключ, который отображается при выигрыше, а также подсчитывается суммарное количество правильно расставленных элементов. Для отображения ключа необходимо предварительно добавить на сцену подсказку и разместить ее за всеми добавленными элементами.



8. Программный код для подсчета количества элементов головоломки

Также на игровое поле необходимо разместить кнопку для вывода подсказок. Данный элемент добавляется на все сцены с головоломками. Дополнительно разместим на сцене спрайт с подсказкой и спрячем его за всеми объектами. Создадим скрипт, который меняет расположение подсказки при наведении на кнопку (рисунок 9).

```

showTip.cs
Assets > scripts > showTip.cs
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class showTip : MonoBehaviour
6 {
7     public GameObject tip;
8
9     void OnMouseEnter()
10    {
11        tip.GetComponent<SpriteRenderer>().sortingOrder = 10;
12    }
13
14    void OnMouseExit()
15    {
16        tip.GetComponent<SpriteRenderer>().sortingOrder = -4;
17    }
18 }

```

9. Программный код для смены расположения подсказки

Поскольку игрок может выйти со сцены с головоломкой, не решив ее до конца, необходимо создать менеджер сохранений. Добавим пустой объект и создадим скрипт, который сохраняет положение фотографий и слой ключа, а также задает объектам сохраненные значения при запуске сцены (рисунок 10). Сохранение состояния других сцен с головоломками будет происходить аналогичным образом.

```

savePhoto.cs
Assets > scripts > savePhoto.cs
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class savePhoto : MonoBehaviour
6 {
7     public GameObject photo;
8     public GameObject photo;
9     public GameObject photo;
10    public GameObject photo;
11    public GameObject photo;
12    public GameObject photo;
13    public GameObject photo;
14    public GameObject photo;
15    public GameObject photo;
16    public GameObject photo;
17    public GameObject key;
18
19    void Start()
20    {
21        GameObject[] photos = {photo, photo, photo, photo, photo, photo, photo, photo};
22        for (int i = 0; i < 8; i++)
23        {
24            if (PlayerPrefs.HasKey("photo" + i)) is valid
25                photos[i].gameObject.transform.position = new Vector3(PlayerPrefs.GetFloat("photo" + i), 0);
26
27            if (PlayerPrefs.HasKey("keyIndex") is valid)
28                key.gameObject.GetComponent<SpriteRenderer>().sortingOrder = PlayerPrefs.GetInt("keyIndex");
29        }
30    }
31
32    void Update()
33    {
34        GameObject[] photos = {photo, photo, photo, photo, photo, photo, photo, photo};
35        for (int i = 0; i < 8; i++)
36        {
37            PlayerPrefs.SetFloat("photo" + i, photos[i].gameObject.transform.position.x);
38            PlayerPrefs.SetFloat("photo" + i, photos[i].gameObject.transform.position.y);
39
40            PlayerPrefs.SetInt("keyIndex", key.gameObject.GetComponent<SpriteRenderer>().sortingOrder);
41        }
42    }
43 }

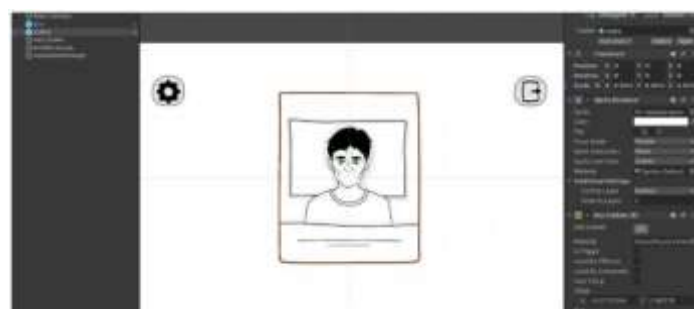
```

10. Программный код для сохранения состояния сцены с головоломкой

Таким образом, мы рассмотрели процесс создания сцены «Гумба» и головоломки «Фотография». Аналогично созданы еще три сцены: сцена «Стол» и головоломка «Письмо», сцена «Шкаф» и головоломка «Сейф», сцена «Дверь» и головоломка «Часы».

2.3. Создание меню и настройка управления звуковыми эффектами

На последнем этапе разработки прототипа создадим меню и настройки звука. Именно эта сцена будет автоматически загружаться при запуске игры. Здесь должны располагаться кнопки меню, кнопка выхода из игры и изображение главного героя. Начало игры осуществляется после нажатия на глаза Грегора. Для этого на последний спрайт добавим коллайдер так, чтобы были выделены только глаза (рисунок 11) и добавим скрипт, запускающий вступительную кат-сцену, в которой главный герой засыпает.



11. Коллайдер для запуска игры

Основные настройки стартовой кат-сцены аналогичны заключительной, за исключением двух моментов: в стартовой кат-сцене располагается кнопка, по нажатию на которую можно сразу запустить сцену с комнатой и пропустить видеоклип; в стартовой кат-сцене формируется аудио-объект с фоновой музыкой игры, который не уничтожается во время смены сцен благодаря скрипту. Далее создадим настройки, в которых можно регулировать громкость музыки. Разместим на сцене иконку со звуком, слайдер, префаб кнопки для выключения музыки и анимацию с жуком. Чтобы связать слайдер с уровнем громкости, привяжем функцию `setVolume` скрипта к событию передвижения ползунка. Таким образом, при изменении значения слайдера оно будет сохраняться в переменную с помощью `PlayerPrefs`, а также глобальный слушатель `AudioListener` будет принимать заданное значение.

3. Тестирование и проверка гипотез

После завершения разработки прототипа было проведено тестирование на фокус группе из трех человек. В конце игрокам было предложено оценить аспекты игры, относительно которых выдвигались гипотезы, по десятибалльной шкале.

Таким образом, для каждой гипотезы можно сделать следующие выводы.

Гипотеза №1: Игроки могут не понять, как решать головоломки. Вывод: Все четыре головоломки не показались игрокам слишком сложными или нерешаемыми, при необходимости они обращались к подсказкам.

Гипотеза №2: Игроки могут быть не заинтересованы в истории, если будет недостаточно контекста. Вывод: Наличие реальных писем и фотографий Франца Кафки, а также кат-сцены помогли игрокам погрузиться в игру и высоко оценить уровень своей заинтересованности в истории.

Заключение

Таким образом, создан и протестирован прототип, на основе чего можно сделать следующие выводы: разработка графических квестов подразумевает самостоятельное создание графического материала, поскольку для каждой истории необходимо создать уникальные игровые элементы в соответствии с созданными головоломками; игровой движок Unity поддерживает интеграцию видео-контента, благодаря чему можно создавать клипы в привычном программном обеспечении, специализированном на создании анимаций; благодаря знанию языка программирования C# можно создать скрипты, позволяющие реализовать многие игровые механики; Unity позволяет неопытным разработчикам создать полнофункциональный прототип игры.

Список литературы

29. Особенности прототипирования игр. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/573298/> (дата обращения: 26.03.2025)
30. Проверка концепта игры минимальными средствами. URL: <https://vc.ru/pixononic/42293-proverka-koncepta-igry-minimalnymi-sredstvami> (дата обращения: 26.03.2025)
31. Прототипирование в геймдеве. URL: <https://spiiin.github.io/blog/2537188794/> (дата обращения: 28.03.2025)
32. Как создаются видеоигры: процесс разработки игры. URL: <https://itanddigital.ru/videogame> (дата обращения: 28.03.2025)

References

17. *Osobennosti prototipirovaniya igr*. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/573298/> [Features of prototyping games]. (date accessed: 26.03.2025)
18. *Proverka koncepta igry minimal'nyimi sredstvami*. URL: <https://vc.ru/pixononic/42293-proverka-koncepta-igry-minimalnymi-sredstvami> [Checking the concept of the game with minimal means]. (date accessed: 26.03.2025)
19. *Prototipirovanie v gejmdve*. URL: <https://spiiin.github.io/blog/2537188794/> [Prototyping in Game Design]. (date accessed: 28.03.2025)
20. *Kak sozdajutsja videoigry: process razrabotki igry*. <https://itanddigital.ru/videogame> [How Video Games Are Created: The Game Development Process]. (date accessed: 28.03.2025)

РАЗРАБОТКА КОНЦЕПТА И ЛОГИКИ ДЕСКТОПНОЙ 2D-ИГРЫ В ЖАНРЕ КВЕСТ

© А.Р. Мухаметзянова, Е.Н. Дроздова, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

Аннотация. В статье рассматривается процесс разработки десктопной игры в жанре квест. На конкретном примере рассматривается методология разработки прототипа: составление Vision-документа с описанием продукта, целевой аудитории и игрового цикла; выдвижение гипотез; техническое задание на разработку игры. Обсуждается подготовка ассетов игровых объектов и подсказок к головоломкам, рассматривается создание сцен игры, представляется реализация скриптов для управления игровыми механиками и тестируется прототип игры.

Ключевые слова: прототипирование, видеоигра, Unity3D, геймплей, проверка гипотез.

A.R. Mukhametzyanova, E. N. Drozdova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DEVELOPMENT OF CONCEPT AND LOGIC OF DESKTOP 2D-IGRY IN THE QUEST GENRE

Abstract. The article discusses the process of developing a desktop game in the quest genre. A specific example is considered the prototype development methodology: drawing up a Vision document describing the product, target audience and game cycle; hypothesizing; terms of reference for game development. The preparation of assets of game objects and hints for puzzles is discussed, the creation of game scenes is considered, the implementation of scripts for controlling game mechanics is presented and a prototype of the game is tested.

Keywords: prototyping, video game, Unity3D, gameplay, hypothesis testing.

Введение

Видеоигры в жанре квест представляют собой уникальный и захватывающий сегмент игровой индустрии, который фокусируется на решении головоломок и исследовании окружающей среды. Эти игры часто предлагают глубокие и интригующие сюжеты, а также требуют от игроков логического мышления и внимательности.

Особенностью данного жанра является исследование окружающей среды и решение головоломок с помощью простого механизма управления point-n-click. Управление персонажем графического квеста может вестись как от первого, так и от третьего лица. Прохождение данных игр сводится преимущественно к решению головоломок или сбору предметов, которые позднее понадобятся игроку для продвижения по сюжетной линии. Обычно графические квесты ограничены небольшим игровым пространством и предполагают завершение игры за одно или несколько прохождений. Взаимодействие с персонажами в таких играх минимально, основное время уделяется решению головоломок.

В данной статье рассматривается разработка прототипа десктопной игры в жанре квест. Для реализации данного проекта требуется составить детальную концепцию игры: создать Vision-документ с описанием продукта, целевой аудитории и игрового цикла, а также написать гипотезы о механике игры и составить техническое задание. После составления детальной концепции, необходимо разработать готовый прототип игры, используя игровой движок Unity [1-4]. Далее рассмотрим основные этапы процесса разработки данной игры.

1. Разработка концепции игры «Шестая передача»

Vision-документ — это ключевой элемент в процессе разработки видеоигр и других проектов. Он служит для определения и коммуникации основных целей, концепций и направлений проекта. Этот документ помогает всем участникам команды понять, что именно они создают, и обеспечивает единое видение проекта. Таким образом, Vision-документ служит основой для всех последующих этапов разработки и помогает команде оставаться сосредоточенной на основных целях и концепциях проекта. Он также служит отправной точкой для создания более детализированных документов, таких как технические спецификации, дизайн-документы и планы тестирования.

1.1. Vision-документ

Vision-документ для гоночной игры является описанием основных принципов и целей, которых необходимо достичь. Этот документ служит основой для создания и визуализации игрового проекта и предоставляет обзор того, как игра будет выглядеть и как пользователь сможет в нее играть.

Описание продукта:

- платформа: PC (Windows);
- сегмент: казуальная игра;
- модель монетизации: B2P;
- жанр: логическая игра (Logic);
- сеттинг: реальный мир;

- движок: Unity;
- арт-стиль: 2D-стилизация.

Целевая аудитория:

- сегмент ЦА: любители разгадывать загадки;
- есть ли франшиза: нет;
- пол/возраст: М, Ж; 16-35;
- поведение: игроки, любящие головоломки и квесты;
- целевой рынок: Россия;
- каналы: контекстная реклама, онлайн-магазины видеоигр;
- референсы по ЦА: игры Cube Escape, Parallel Experiment, Escape Simulator, Escape Academy.

Гейм-дизайн: Игрок оказывается в незнакомом доме абсолютно один, на входной двери висит замок, ключ от которого спрятан где-то в доме. Чтобы найти ключ и выбраться из дома необходимо решать головоломки и постепенно открывать новые комнаты дома.

Референсы на геймплей и механики: Cube Escape (стилистика и механика); Underground Blossom (стилистика); Unsolved Case (механика).

1.2. Список гипотез о механике игры

Гипотезами являются предположения о будущем прототипе игры, истинное значение которых требует доказательств.

Ключевая механика игры

Игровое поле представлено в виде проекции на одну из четырех стен комнаты и предметов, расположенных на ней. Игра ведется от первого лица, игрок имеет возможность поворачиваться на остальные стены комнаты. Взаимодействие с окружающим миром происходит методом point-and-click. При нажатии на мебель, с которой можно взаимодействовать, имитируется открытие дверей/створок. При нажатии на объект, содержащий головоломку, открывается сцена с более детальным отображением игровых элементов. При нажатии на предмет, которых необходим для решения головоломки, игрок помещает его в «Багаж» — боковую панель со слотами. Все головоломки спрятаны в одной комнате, но на разных проекциях сцен. Для решения некоторых заданий необходимы предметы, которые можно получить только предварительно решив другие загадки.

Гипотеза №1. Описание: игрок может не найти или пропустить на локации предмет, который необходим ему для решения головоломки. Проверка: провести тестирование, в котором игроки должны найти определённый предмет на локации, и наблюдать за их действиями. Проанализировать результаты и определить, насколько вероятно, что игроки могут не найти нужный предмет.

Гипотеза №2. Описание: головоломки могут быть слишком сложными или легкими для разных групп игроков. Проверка: Провести тестирование прототипов головоломок разного уровня сложности с участием игроков разного возраста. Собрать обратную связь и провести анализ полученных данных.

Гипотеза №3. Описание: взаимодействие с предметами и передвижение по окружающему миру могут вызвать затруднение у игрока. Проверка: проведение А/В-тестирования — создать две версии игры с разными механиками взаимодействия с окружающим миром. Предложить игрокам попробовать обе версии и сравнить их отзывы.

1.3. Техническое задание

Техническое задание — это документ, который содержит спецификацию требований к разрабатываемому прототипу игры, описывает его функциональные и нефункциональные характеристики, а также — особенности его реализации и использования.

Ключевые элементы интерфейса:

- игровое меню: на стартовом экране должен располагаться логотип игры, кнопка начала игры, настройки, выход из игры; кнопка начала игры является доминирующим элементом экрана и должна быть выделена особым цветом;
- игровой экран: главная локация — изображение сторон комнаты с реалистичной графикой. В нижней части экрана закреплен статичный инвентарь для хранения собранных предметов со слотами, который не двигается по экрану даже при переходе между сторонами комнаты. После нажатия на предмет мебели, с которым можно взаимодействовать, на главной локации (например, открытие шкафчика) он отображается как открытый. При нажатии на предмет, содержащий загадку, открывается новая сцена с более детальным отображением предметов и головоломок, кнопкой закрытия данной сцены в правом верхнем углу в виде крестика, которая возвращает игрока на главную локацию, кнопкой возврата в главное меню, которая находится в левом верхнем углу. Если игрок нажимает на предмет, который можно добавить в инвентарь, он пропадает со сцены и появляется в первом пустом слоте инвентаря. Предмет из инвентаря используется автоматически при взаимодействии с верным объектом игры;
- экран окончания игры: в центре экрана необходимо разместить текстовый блок, в котором будет поздравление с успешным прохождением игры. В нижней части экрана необходимо расположить кнопки рестарта и выхода в меню.

Основные элементы игрового процесса:

- игровые локации: представляют собой статичные сцены, содержащие интерактивные и не интерактивные объекты.

- предметы: объекты, с которыми игрок может взаимодействовать для нахождения интерактивных предметов и открытия головоломок;
- головоломки: задачи на сопоставление предметов, ввод правильных комбинаций символов, поиск предметов;
- инвентарь: панель внизу экрана со слотами, в которые собираются предметы, необходимые для решения задач;
- подсказки: графические сообщения, помогающие в решении головоломок.

Важность различных элементов игрового процесса:

- визуальные эффекты: высокие требования к графике — все предметы локации выполнены в реалистичном стиле для создания атмосферы заброшенного дома, вызова у игрока чувства не уютности нахождения в незнакомом месте, желания быстрее выбраться наружу;
- музыка и звуковое сопровождение: обязательны для усиления влияния визуальных эффектов. На фоне всегда присутствует музыкальное сопровождение, погружающее игрока в атмосферу игры. Дополнительно озвучиваются взаимодействия игрока с различными предметами сцен и передвижение игрока между локациями;
- скорость работы и быстродействие: не критичный фактор, так как в игре не ведется отслеживание времени действий игрока.

2. Разработка прототипа игры

Разработка прототипа игры — это процесс создания небольшой демонстрационной версии игры, которая позволяет проверить идею, основные механики геймплея и протестировать их работоспособность. Прототип помогает определить, насколько интересна и востребована игра, а также выявить возможные проблемы и ошибки, чтобы в дальнейшем исправить их.

2.1. Поиск и создание ассетов

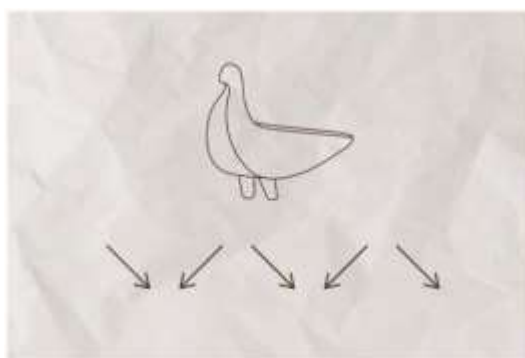
Первостепенной задачей является тщательный подбор и создание ассетов для игры. Ассеты — разнообразные ресурсы и материалы, которые используются разработчиками для создания и оформления игрового мира. Эти ассеты играют ключевую роль в формировании визуального стиля, атмосферы и геймплея игры.

В игре будут использоваться модели комнаты, мебели и предметов интерьера. Чтобы добавить все необходимые модели в Unity, необходимо установить соответствующие ассеты в проект:

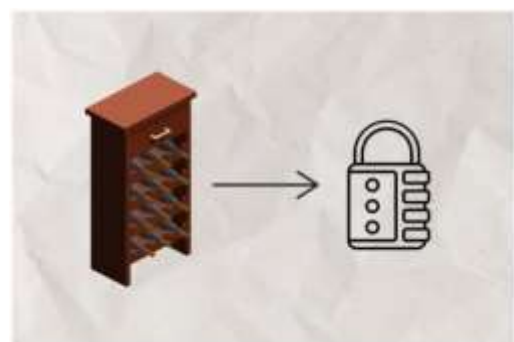
- Free: House Interior — ассеты комнаты и предметов мебели;
- Apartment Kit — ассеты мебели и предметов интерьера;
- Key and Lock — ассеты ключей и замочных скважин;
- Padlock with password — ассет навесного замка с числовым паролем;
- Cute GUI-Pack-Lite — набор ассетов для элементов интерфейса.

Так как загруженные пакеты ассетов включают в себя настроенные материалы для моделей, нет необходимости самостоятельно создавать спрайты и материалы для сцен.

Для создания спрайтов подсказок использовалась программа Adobe Illustrator. Были созданы подсказки для загадки со статуэтками птиц и кодового замка (рисунок 1).



а



б

1. Подсказки для загадки: а — подсказка со статуэтками птиц; б — подсказка к кодовому замку

2.2. Создание игрового меню

Игровое меню — это элемент пользовательского интерфейса, который обеспечивает взаимодействие игрока с игрой. Оно включает в себя различные экраны и элементы, помогающие игроку в навигации, управлении и получении информации. Начальный экран игрок видит при запуске игры.

В первую очередь создадим новую сцену под названием «MainMenu». Добавим на сцену комнату, в которой будет находиться игрок, и объект «Canvas» с названием «startGame», где будет храниться вся информация меню (кнопки и фон). Создадим в объекте startGame image, title и две кнопки.

Объекту image присвоим спрайт фоновой рамки, чтобы отделить само меню от сцены, которая находится за ним. В объекте title в свойстве Text укажем название игры. Первую кнопку переименуем в «StartButton» и присвоим ей соответствующий спрайт. Эта кнопка будет отвечать за запуск игры. Вторую кнопку переименуем в «ExitGame» и так же присвоим ей необходимый спрайт, чтобы она отличалась от первой кнопки. При нажатии на вторую кнопку будет происходить полное закрытие игры. Таким образом, мы настроили визуальное оформление главного меню (рисунок 2, а).

Скрипт «StartMenu» задает логику поведения меню (рисунок 2, б). Данный скрипт прикрепляется к объекту startGame с указанием ссылок на кнопки начала игры и выхода из игры. Чтобы при запуске игры начиналось воспроизведение фоновой музыки на сцену главного меню необходимо добавить пустой объект «musicManager» и добавить ему компонент «Audio Source», в который указывается нужный саундтрек. При нажатии на кнопку старта игры музыка не должна прерываться, а должна продолжить воспроизводиться. Для реализации данной механики объекту musicManager прикреплен скрипт MusicManager, который не дает игре уничтожить объект с музыкой при переходе на новую сцену.



а

```
using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;
using UnityEngine.UI;

public class StartMenu : MonoBehaviour

{
    public Button startButton; // Кнопка начала игры
    public Button exitButton; // Кнопка выхода из игры

    // События Unity | Сценарий 9
    void Start()
    {
        // Назначаем обработчики событий для кнопок
        startButton.onClick.AddListener(LoadMain);
        exitButton.onClick.AddListener(ExitGame);
    }

    // Сценарий 1
    void LoadMain()
    {
        // Загружаем главную сцену
        SceneManager.LoadScene("Main");
    }

    // Сценарий 1
    void ExitGame()
    {
        // Выходим из игры
        Application.Quit();
    }
}
```

б

2. Создание игрового меню: а — главное меню; б — скрипт StartMenu

Также создадим анимацию вращения камеры вокруг своей оси. Для этого на вкладке Animation для объекта главной камеры поставим два ключа атрибута Rotation: первый ключ фиксирует первоначальное положение камеры, второй ключ на десять секунд фиксирует положение камеры с поворотом на 360 градусов. Таким образом, получилась плавная анимация поворота камеры, которая будет повторяться пока игрок не начнет игру или не выйдет из игры.

3. Сборка игровых сцен

Прежде чем приступить к сборке сцен и написанию скриптов необходимо в папке «Scenes» создать все необходимые сцены, с которыми дальше будем работать: Main, dove_shelf, drawer_with_blue_lock, drawer_with_green_lock, padlock_shelf, table_with_blue_key, wine_cabinet, exitDoor.

3.1. Главная сцена «Комната»

Первоначальная комната — главная локация, которая является связующим звеном между всеми остальными сценами. В данную сцену необходимо добавить семь интерактивных элементов: обеденный стол, кухонный гарнитур, полку со статуэтками, тумбочку, стеллаж с напитками, комод и входную дверь. По нажатию на данные объекты будут открываться соответствующие сцены.

На данной сцене камера расположена таким образом, что игрок способен видеть только предметы вдоль одной стены комнаты. Необходимо добавить механику поворота камеры, чтобы у игрока была возможность перемещаться по комнате. Для этого создадим объект «Canvas» и добавим на него две кнопки «Button Right» и «Button Left», которые будут отвечать за поворот на 90 градусов вправо и влево соответственно. Чтобы при нажатии на кнопки происходил поворот камеры, создадим скрипты ButtonLeft и ButtonRight. Данные скрипты прикрепляются к соответствующим кнопкам.

Далее создадим скрипт, который будет осуществлять смену сцены при нажатии на интерактивный объект (рисунок 3). Данный скрипт прикрепляется ко всем интерактивным объектам с указанием в инспекторе названия сцены в поле «Scene To Load», которая должна загружаться при нажатии на тот или иной объект. Чтобы скрипт работал корректно, на все необходимые объекты нужно добавить компонент Box Collider, с помощью которого система будет считывать нажатие на объект.

```

using UnityEngine;
using UnityEngine.SceneManagement;

// Скрипт Unity (использ. на ресурсе 4) | Ссылка: 0
public class LoadSceneOnClick : MonoBehaviour
{
    public string sceneToLoad; // Имя сцены, которую нужно загрузить
    private Vector3 cameraPosition;
    private Quaternion cameraRotation;

    // Ссылка Unity | Ссылка: 0
    void Start()
    {
        // Сохраняем текущую позицию и поворот камеры
        cameraPosition = Camera.main.transform.position;
        cameraRotation = Camera.main.transform.rotation;

        // Ссылка Unity | Ссылка: 0
        void OnMouseDown()
        {
            // Сохраняем текущую позицию и поворот камеры перед загрузкой новой сцены
            PlayerPrefs.SetFloat("CameraPositionX", cameraPosition.x);
            PlayerPrefs.SetFloat("CameraPositionY", cameraPosition.y);
            PlayerPrefs.SetFloat("CameraPositionZ", cameraPosition.z);
            PlayerPrefs.SetFloat("CameraRotationX", cameraRotation.x);
            PlayerPrefs.SetFloat("CameraRotationY", cameraRotation.y);
            PlayerPrefs.SetFloat("CameraRotationZ", cameraRotation.z);
            PlayerPrefs.SetFloat("CameraRotationW", cameraRotation.w);

            // Загружаем новую сцену
            SceneManager.LoadScene(sceneToLoad);
        }
    }
}

```

3. Скрипт LoadSceneOnClick

Также на этой сцене должна располагаться кнопка возврата в главное меню. Расположим эту кнопку в левом верхнем углу, зададим ей подходящий спрайт и присвоим ей скрипт QuitToMenu. Данная кнопка будет добавлена на все следующие игровые сцены, чтобы у игрока была возможность вернуться в главное меню в любой момент.

3.2. Сцена «Обеденный стол»

Сцена «Обеденный стол» нужна, чтобы игрок подобрал первый предмет — синий ключ. Необходимо добавить на сцену объект синего ключа, добавить ему компонент Box Collider и скрипт Pick Up Item, который удаляет предмет со сцены после нажатия на него игроком (рисунок 4). После поднятия ключа сведения об этом записываются в переменную PlayerPrefs, значение которой проверяется при загрузке сцены, на которой необходимо использовать поднятый предмет.



а

```

using UnityEngine;

// Скрипт Unity (использ. на ресурсе 4) | Ссылка: 0
public class PickUpItem : MonoBehaviour
{
    public string itemName;

    // Ссылка Unity | Ссылка: 0
    void OnMouseDown()
    {
        InventoryManager.Instance.AddItem(itemName);
        Destroy(gameObject); // Удаляем объект после поднятия
        PlayerPrefs.SetInt("KeyItemPickedUp", 1);
    }
}

```

б

4. Сцена «Обеденный стол»: а — объект синего ключа; б — скрипт Pick Up Item

Также на игровое поле необходимо добавить кнопку, с помощью которой пользователь сможет вернуться на предыдущую сцену. Переход также осуществляется с помощью скрипта Return To Initial Scene.

3.3. Сцена «Комод» и подсказка к головоломке со статуэтками

На следующей сцене игрок попадает в зону с комодом, у которого один из ящиков закрыт на замок того же цвета, что и первый поднятый ключ. При загрузке данной сцены проверяется, был ли поднят синий ключ, если да, то активируется скрипт Drawer_Pull_X, который выполняет открытие ящика, если нет, то по нажатию на ящик ничего не происходит (рисунок 5).

```
using UnityEngine;

// Скрипт Unity (используйте на рисунке 6) / Сцене: 0
public class Drawer_Pull_X : MonoBehaviour
{
    public float moveDistance = 2f; // Расстояние, на которое будет перемещаться объект
    private bool hasBeenClicked = false;
    private Collider objectCollider; // Ссылка на collider объекта

    // Событие Unity / Сцене: 0
    void Start()
    {
        // Инициализируем компонент Collider
        objectCollider = GetComponent<Collider>();

        // Убедитесь, что компонент Collider присутствует
        if (objectCollider == null)
        {
            Debug.LogError("Collider component is missing!");
        }
    }

    // Событие Unity / Сцене: 0
    void OnMouseDown()
    {
        if (!hasBeenClicked)
        {
            // Перемещаем объект вперед на заданное расстояние по оси X
            transform.Translate(Vector3.right * moveDistance);
            hasBeenClicked = true;
            // Отключаем collider
            objectCollider.enabled = false;
        }
    }
}
```

5. Скрипт Drawer_Pull_X

За данную проверку на сцене отвечает пустой объект «keyCheck», к которому прикреплен скрипт Check Key Item. В инспекторе необходимо указать название скрипта, который станет активным. В самом ящике лежит подсказка к загадке со статуэтками птиц на другой сцене, которая представляет собой плоскость со спрайтом подсказки. По нажатию на объект подсказки на сцене срабатывает скрипт hintController, который активирует объект image, который так же содержит спрайт подсказки и который занимает центр игрового экрана (рисунок 6).



а

```
using UnityEngine;
using UnityEngine.UI;

// Скрипт Unity (используйте на рисунке 2) / Сцене: 0
public class HintController : MonoBehaviour
{
    public GameObject hintPanel; // Панель подсказки

    private bool isHintOpen = false;

    // Событие Unity / Сцене: 0
    void Start()
    {
        // Начинаем с закрытой подсказки
        hintPanel.SetActive(false);
    }

    // Событие Unity / Сцене: 0
    void OnMouseDown()
    {
        if (!isHintOpen)
        {
            OpenHint();
        }
    }

    // Сцене: 1
    void OpenHint()
    {
        hintPanel.SetActive(true);
    }
}
```

б

6. Подсказка к загадке со статуэтками птиц: а — объект image; б — скрипт hintController

3.4. Сцена «Полка со статуэтками» и головоломка «Птицы»

Сцена «Полка со статуэтками» имеет более сложную структуру, чем рассмотренные ранее сцены, и содержит головоломку непосредственно внутри себя. Игроку необходимо выставить все фигурки птиц в правильном положении, чтобы справа открылся тайник, в котором лежит следующий ключ (рисунок 7).



7. Сцена «dove_shelf»

Создадим пустой объект «ObjectRotatorController» и прикрепим к нему скрипт ObjectRotator, который выполняет ряд функций: поворот статуэтки по нажатию на нее, проверка правильного положения статуэтки, открытие тайника. Чтобы происходил поворот статуэтки на 45 градусов по нажатию, всем фигуркам необходимо добавить компонент Box Collider. После каждого поворота в методе Update вызывается функция, которая проверяет, находятся ли все объекты в нужном углу поворота.

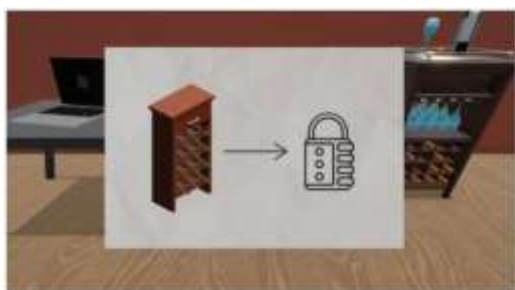
Метод CheckAllObjectsRotation проходит по всем объектам в массиве objectsToRotate и сравнивает их текущие углы поворота с целевыми углами, указанными в массиве targetRotations. Если хотя бы один объект не находится в нужном углу поворота, метод возвращает управление (return), и проверка прекращается. Если все объекты находятся в нужном углу поворота, вызывается метод OpenBox, который открывает ящик.

Метод AreRotationsEqual сравнивает два вектора углов поворота и возвращает true, если они совпадают с учетом возможных отклонений. Используется метод Mathf.Approximately для сравнения значений, чтобы учесть возможные небольшие отклонения из-за числовых ошибок. Метод NormalizeAngle нормализует угол в диапазоне от 0 до 360 градусов. Это помогает избежать проблем с углами, которые могут быть представлены в разных диапазонах (например, 360 градусов и 0 градусов могут быть эквивалентны).

Если все объекты в нужном углу поворота, вызывается метод OpenBox, который перемещает объект тайника за границы игрового экрана и делает его. После открытия тайника игроку доступен для поднятия зеленый ключ, у которого настроена механика аналогично синему ключу из сцены с обеденным столом.

Также необходимо добавить сохранение положение объектов на сцене, чтобы при повторной загрузке данной сцены головоломка отображалась разгаданной, и игрок не мог повторно ее использовать. Для этого напишем скрипт SaveSceneState, который запоминает положение и поворот каждого объекта на сцене в метод PlayerPrefs. При выходе со сцены вызывается метод SaveState, который сохраняет текущее положение предметов. При повторной загрузке сцены вызывается метод LoadState, который восстанавливает последнее сохраненное положение объектов.

Таким образом, создана сцена «Полка со статуэтками». Аналогично построены сцены «Тумбочка» и подсказка к кодовому замку, «Стеллаж с напитками» (рисунок 8), «Кухонный шкафчик» с кодовым замком, «Входная дверь» с завершающим экраном.



а



б

8. Примеры сцен: а — сцена «Тумбочка» и подсказка к кодовому замку; б — сцена «Стеллаж с напитками»

4. Тестирование и проверка гипотез

После завершения разработки прототипа было проведено тестирование на фокус-группе из 5 человек. Игрокам было предложено оценить аспекты игры, относительно которых выдвигались гипотезы, по десятибалльной шкале, где 1 — совсем не сложно, а 10 — слишком сложно. Результат опроса приведен в таблице 1.

Таблица 1 — Оценка игры фокус-группой

Пол, возраст	Сложность головоломки «Статуэтки»	Сложность головоломки «Кодовый замок»	Сложность нахождения ключевых предметов	Сложность передвижения по локации
М, 21 3		2	1	1
Ж, 22	2	1	1	1
М, 17	1	2	1	2
Ж, 21	1	4	1	1
Ж, 16	2	3	1	1

Таким образом, для каждой гипотезы можно сделать следующие выводы:

Гипотеза №1: Игрок может не найти или пропустить на локации предмет, который необходим ему для решения головоломки. Вывод: Все игроки без проблем находили ключи на локациях благодаря цветовому выделению предметов.

Гипотеза №2: Головоломки могут быть слишком сложными или легкими для разных групп игроков. Вывод: Все головоломки не показались игрокам слишком сложными или нерешаемыми, при необходимости они обращались к подсказкам.

Гипотеза №3: Взаимодействие с предметами и передвижение по окружающему миру могут вызвать затруднение у игрока. Вывод: У игроков не было проблем с перемещением по локации, элементы интерфейса были довольно понятны.

Заключение. В данной статье представлен процесс разработки концепции и прототипа игры «Abandoned House Escape» в жанре квест и реалистичном сеттинге. При разработке выполнены следующие ключевые шаги: подготовлены ассеты игровых объектов и подсказок к головоломкам, созданы сцены игры, реализованы скрипты для управления игровыми механиками и протестирован получившийся прототип игры.

Таким образом, среда разработки игр Unity обладает интуитивно понятным интерфейсом и предлагает обширный функционал, который можно расширять с помощью пользовательских скриптов. Среда разработки Unity также имеет большой магазин ассетов, которые можно легко интегрировать в проект. Кроме того, Unity позволяет создавать игры для различных платформ, включая компьютеры, консоли и мобильные устройства.

Список литературы

33. Особенности прототипирования игр. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/573298/> (дата обращения: 09.04.2025)
34. Проверка концепта игры минимальными средствами. URL: <https://vc.ru/pixonix/42293-proverka-koncepta-igry-minimalnymi-sredstvami> (дата обращения: 09.04.2025)
35. Прототипирование в геймдеве. URL: <https://spiiin.github.io/blog/2537188794/> (дата обращения: 09.04.2025)
36. Как создаются видеоигры: процесс разработки игры. <https://itanddigital.ru/videogame> (дата обращения: 09.04.2025)

References

21. *Osobennosti prototipirovaniya igr*. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/573298/> [Features of prototyping games]. (date accessed: 09.04.2025)
22. *Proverka koncepta igry minimal'nyimi sredstvami*. URL: <https://vc.ru/pixonix/42293-proverka-koncepta-igry-minimalnymi-sredstvami> [Checking the concept of the game with minimal means]. (date accessed: 09.04.2025)
23. *Prototipirovanie v gejmdve*. URL: <https://spiiin.github.io/blog/2537188794/> [Prototyping in Game Design]. (date accessed: 09.04.2025)
24. *Kak sozdajutsja videoigry: process razrabotki igry*. <https://itanddigital.ru/videogame> [How Video Games Are Created: The Game Development Process]. (date accessed: 09.04.2025)

А.В. Ностаева, В.Ю. Иванов,

РАЗРАБОТКА ЦИФРОВОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ОБОГРЕВАЕМОГО ВЫТЯЖНОГО ЦИЛИНДРА

© А.В. Ностаева, В.Ю. Иванов, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

В данной статье рассматривается разработка цифровой системы регулирования температуры обогреваемого вытяжного цилиндра. В качестве органа управления используется плата Arduino Uno, температура в цилиндре измеряется с помощью датчика температуры DS18B20, вывод данных производится с помощью дисплея LCD1602.

Ключевые слова: Arduino, регулирование температуры, вытяжной цилиндр

V.A.Nostaeva, V.Y. Ivanov

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design 191186, Saint Petersburg,
Bolshaya Morskaya, 18

DEVELOPMENT OF A DIGITAL TEMPERATURE CONTROL SYSTEM FOR A HEATED EXHAUST CYLINDER

This article discusses the development of a digital temperature control system for a heated exhaust cylinder. An Arduino Uno board is used as the control, the temperature in the cylinder is measured using a DS18B20 temperature sensor, and data is output using an LCD1602 display.

Keywords: Arduino, temperature control, exhaust cylinder

В данной статье подробно рассматривается процесс разработки цифровой системы регулирования температуры обогреваемого вытяжного цилиндра. Актуальность проекта обусловлена необходимостью устранения систематических погрешностей аналоговой системы и повышения точности и надежности измерений.

Разрабатываемая цифровая система предлагает принципиально иное решение. Использование полупроводникового цифрового датчика температуры DS18B20 (рисунок 1) позволяет получать готовый цифровой сигнал без дополнительного преобразования. Этот датчик обеспечивает точность $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ в рабочем диапазоне и имеет заводскую калибровку каждого экземпляра, что существенно повышает надежность измерений.

Датчик DS18B20 работает в режиме подчиненного устройства под управлением микроконтроллера. Любая операция в датчике DS18B20, например «Преобразование», инициируется микроконтроллером. Таким образом, информация может передаваться или из микроконтроллера в датчик, или из датчика в микроконтроллер. Чтобы не производить перенастройку линий микроконтроллера для подключения датчика к микроконтроллеру будем использовать две линии ввода-вывода

Микроконтроллерная реализация системы на базе Arduino UNO предоставляет гибкость в настройке параметров регулирования, возможность изменения алгоритмов управления и простое сопряжение с персональным компьютером. Кроме технических преимуществ, цифровая система обладает значительными эксплуатационными достоинствами: снижение расходов на обслуживание, упрощение эксплуатации и более наглядное представление процессов для учебных целей.



1 Герметичный датчик температуры DS18B20

Для анализа и синтеза системы автоматического регулирования температуры разработана подробная математическая модель. Обогреваемый вытяжной цилиндр как объект управления описывается дифференциальным уравнением первого порядка с постоянной времени около 30 секунд. В системе реализован пропорционально-интегральный (ПИ) закон регулирования, который в аналоговой форме выражается через коэффициенты пропорциональной и интегральной составляющих. Для реализации в микроконтроллере уравнение регулятора преобразовано в дискретную форму с учетом периода дискретизации 0,5 секунды. Параметры настройки регулятора рассчитывались по методу Циглера-Николса, включая определение критического коэффициента усиления и периода колебаний. Анализ устойчивости системы подтвердил достаточные запасы по амплитуде (не менее 6 дБ) и фазе (не менее 30°), с временем переходного процесса около 90 секунд и перерегулированием не более 20%.

Аппаратная реализация системы включает несколько ключевых компонентов. Датчик температуры DS18B20 установлен в зазоре между цилиндром и нагревателем, питается от микроконтроллера и использует интерфейс 1-Wire с подтягивающим резистором 4,7 кОм. Микроконтроллер Arduino UNO (рисунок 2) с тактовой частотой 16 МГц обеспечивает обработку данных, реализацию алгоритма регулирования и управление силовыми элементами.



2 Плата Arduino Uno

Связь с персональным компьютером осуществляется через последовательный интерфейс RS-232C с использованием преобразователя уровней MAX232 на скорости 2400 бод. Силовой блок на основе оптореле KSD240AC8 с защитными элементами обеспечивает управление индукционным нагревателем мощностью до 400 Вт.

Программное обеспечение системы состоит из двух частей. Программа для микроконтроллера, разработанная в среде Arduino IDE, включает драйвер для работы с датчиком температуры, алгоритм ПИ-регулятора, управление ШИМ, протокол обмена с ПК и защитные функции. Программа на персональном компьютере, созданная на платформе Processing, предоставляет графический интерфейс пользователя для ввода уставки и параметров регулятора, отображения графиков температуры и мощности, логирования данных и их экспорта для последующего анализа.

Проведенные испытания системы подтвердили ее работоспособность и соответствие проектным требованиям. Достигнута точность поддержания температуры $\pm 1^\circ\text{C}$ при времени выхода на режим 2-3 минуты. Система демонстрирует стабильность работы при длительной эксплуатации и удобство использования в учебном процессе. Отмечена хорошая повторяемость результатов и простота настройки параметров регулирования.

Разработанная система успешно решает поставленные задачи и обладает значительными преимуществами по сравнению с аналоговым вариантом. В перспективе возможно расширение функциональности за счет реализации сетевого интерфейса, добавления ПИД-регулирования, разработки мобильного приложения для мониторинга и создания комплекта методических материалов. Система готова к внедрению в учебный процесс и может служить базой для более сложных проектов в области автоматизации и управления технологическими процессами.

Перед проектированием аппаратной части требуется выбрать закон регулирования. Это повлияет на требования к аппаратной части. Для выбора закона регулирования составим математическую модель регулятора. Составим структурную схему системы автоматического регулирования (САР), решающую наши задачи.

Рассмотрим вариант регулятора, реализующего пропорционально-интегральный (ПИ) закон регулирования.

Учитывая то, что разрабатываемая система предназначена для использования в учебном процессе, кроме регулирования температуры объекта требуется предусмотреть оперативный ввод заданной температуры, выбор закона регулирования и настроечных коэффициентов, отображение в графической форме процесса регулирования

и сохранять полученную информацию в энергонезависимой памяти. Таким образом, в качестве центрального элемента системы управления выбираем персональный компьютер.

На основании анализа диапазона температуры рабочей поверхности обогреваемого сушильного цилиндра, выбираем датчик температуры. В результате анализа цифровых датчиков температуры выбираем датчик DS18B20. Указанный датчик имеет интерфейс 1-WIRE. Таким образом необходимо между персональным компьютером и датчиком поставить преобразователь интерфейса. В качестве интерфейса персонального компьютера выберем интерфейс RS-232C. Преобразователь интерфейса реализуем на базе однокристального микроконтроллера Arduino UNO.

Выбор микроконтроллера заключается в выборе семейства и затем в выборе конкретной модели микроконтроллера.

При выборе семейства будем анализировать кроме технических характеристик также наличие программного обеспечения.

Выбор конкретной модели микроконтроллера заключается в соотношении цена-качество. Выберем микроконтроллер с минимальной ценой способный решить поставленную задачу. В качестве микроконтроллера выберем плату Arduino UNO на базе ATmega328P.

Применение цифрового датчика температуры по сравнению с аналоговым датчиком имеет ряд преимуществ. Упрощается сопряжение с микроконтроллером, поскольку не требуется применения аналого-цифрового преобразователя. Повышается точность преобразования температуры в цифровой код, это выполняется уже на этапе изготовления датчика заводом изготовителем и не зависит от конечного пользователя. Не маловажное значение состоит в том, завод изготовитель производит тарировку всех датчиков и они соответствуют заявленным параметрам. К датчикам прилагается сертификат качества.

Структурная схема разработанной цифровой системы регулирования температуры сушильно-вытяжного цилиндра представлена на рисунке 3.

Рассмотрим работу структурной схемы. В графической оболочке управляющей программе персонального компьютера (ПК) выбирается закон регулирования (П- или ПИ-). В компьютер при помощи клавиатуры вводятся необходимые параметры регулятора. Запускается процесс регулирования.

Значение текущей температуры в цифровом датчике температуры непрерывно с заранее заданной дискретностью преобразуется в последовательный двоичный код в стандарте 1-WIRE, и поступает на вход микроконтроллера (P_IN). В микроконтроллере (МК) последовательный двоичный код в стандарте 1-WIRE преобразуется в двоичный параллельный знаковый код с фиксированной точкой. Полученное значение параллельного двоичного кода сохраняется в оперативной памяти (RAM). Параллельный двоичный код поступает в универсальный приемо-передатчик (UART), где преобразуется в последовательный асинхронный код. Учитывая то, что последовательный выход МК и последовательный вход ПК имеют разные логические уровни сигналов, используется преобразователь уровня (ПУ). ПУ преобразует сигнал стандарта ТТЛ в сигнал стандарта RS-232C. На ходе UART ПК сигнал преобразуется из стандарта RS-232C в стандарт ТТЛ. В UART ПК последовательный код преобразуется в параллельный.

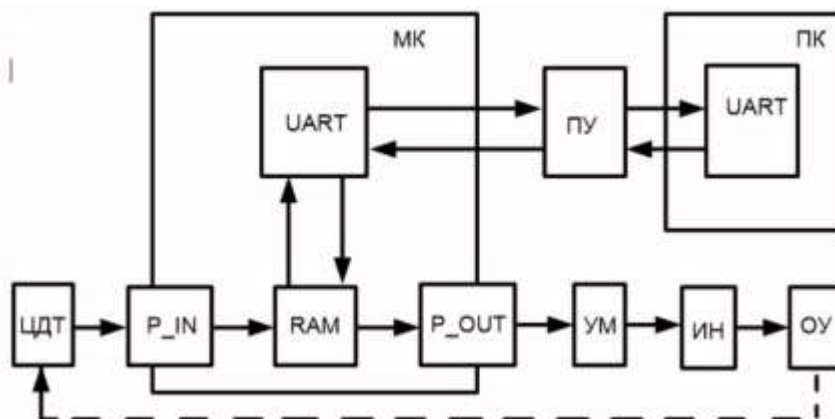


Рисунок 3 – Структурная схема цифровой системы регулирования температуры сушильно-вытяжного цилиндра: UART-универсальный асинхронный приемо-датчик; P_IN-порт ввода; ЦДТ-цифровой датчик температуры; МК-микроконтроллер; ПК-персональный компьютер;

УМ -усилитель мощности; ИН-индукционный нагреватель; ОУ-объект управления

В управляющей программе ПК на основе полученной текущей температуры, заданной температуры и настроечных коэффициентов вырабатывается значение регулирующего воздействия. На экране ПК в графической форме отображается весь процесс регулирования температуры. Значения параметров сохраняются также в памяти ПК.

Регулирующее воздействие в параллельном коде поступает в UART ПК, где преобразуется в последовательный код. Затем преобразуется уровень сигналов из стандарта ТТЛ в стандарт RS-232C. ПУ

преобразует стандарт RS-232C в стандарт ТТЛ, в таком виде последовательный код поступает на вход микроконтроллера. UART МК преобразует последовательный код в параллельный код.

Для пропорционального управления нагрузкой в МК используется принцип число - импульсного управления. Число – импульсное управление реализуется на базе аппаратно – программного модуля широтно- импульсной модуляции. Для этого используется модуль PWM микроконтроллера. Для сопряжения МК и индукционного нагревателя (ИН) по мощности используется усилитель мощности, реализованный на базе оптореле.

Список литература:

1. Зазулина З.А., Дружинина Т.В., Конкин А.А. Основы технологии химических волокон. – М.: Химия, 1984
2. Коротеев Л.И., Озерский О.Н., Яскин А.П. Технологическое оборудование заводов химических нитей и волокна. – М.: Легпромбытиздат, 1987
3. Рязузов А.Н., Груздев В.А. и др. Технология производства химических волокон. – М.: Химия, 1985
4. Шурыгин Д.А. Методические пособия к курсу лабораторных работ по дисциплине «Автоматизация технологических процессов отрасли» - СПГУТД, 2001
5. Полоцкий Л.М., Лапшинков Т.И. Автоматизация химических производств. Теория, расчет и проектирование систем автоматизации – М.: Химия, 1982
6. Маежов, Е. Г. Микроконтроллеры AT90S8515 для технических средств локальной автоматики: учеб. пособие / Е. Г. Маежов, В. Ю.Иванов, В. Я. Энтин. – СПб.: СПГУТД, 2004.– 74 с.

List of literature:

1. Zazulina Z.A., Druzhinina T.V., Konkin A.A. Fundamentals of chemical fiber technology. Moscow: Khimiya, 1984
2. Koroteev L.I., Ozersky O.N., Yaskin A.P. Technological equipment of chemical yarn and fiber plants. Moscow: Legprombytizdat, 1987
3. Ryauzov A.N., Gruzdev V.A. and others. Chemical fiber production technology. Moscow: Khimiya, 1985
4. Shurygin D.A. Methodological manuals for the course of laboratory work on the discipline “Automation of technological processes in the industry” - SPGUTD, 2001
5. Polotsky L.M., Lapshinkov T.I. Automation of chemical production. Theory, calculation and design of automation systems – Moscow: Khimiya, 1982
6. Maezhov, E. G. AT90S8515 microcontrollers for technical means of local automation: textbook. manual / E. G. Maezhov, V. Yu.Ivanov, V. Ya. Entin. – St. Petersburg: SPGUTD, 2004. – 74 p.

А.И. Нуриев, А.Н. Гребенкин, А.П. Спиридонова, Ан. А. Гребёнкин

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОРБЦИИ ЦЕЛЛЮЛОЗНО-МИНЕРАЛЬНОГО СОРБЕНТА ТОПОЧНОГО МАЗУТА НА ТВЕРДОЙ ПОВЕРХНОСТИ

А.И. Нуриев¹, А.Н. Гребенкин¹, А.П. Спиридонова¹, Ан. А. Гребёнкин²¹ Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 18² ООО Естественные технологии
195279 Санкт-Петербург, Индустриальный пр., 44, к. 1

В исследовании оценена эффективность сорбции топочного мазута на твердой поверхности с использованием целлюлозно-минерального сорбента. Эксперименты показали, что данный сорбент обладает высокой способностью к адсорбции мазута, что делает его перспективным для очистки водоемов и ликвидации нефтяных загрязнений.

Ключевые слова: сорбция мазута, целлюлозно-минеральный сорбент, нефтяные загрязнения, твердая поверхность, экология, адсорбционные материалы, очистка воды, эффективность сорбции, загрязнение окружающей среды, нефтехимические загрязнители.

A.I. Nuriev¹, A.N. Grebenkin¹, A.P. Spiridonova¹, An.A. Grebenkin²¹ Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18² ООО Natural Technologies
195279 St. Petersburg, Industrialny pr., 44, building 1

INVESTIGATION OF THE EFFICIENCY OF SORPTION OF CELLULOSE-MINERAL SORBENT OF HEATING OIL ON A HARD SURFACE

The study evaluated the effectiveness of furnace oil sorption on a solid surface using a cellulose-mineral sorbent. Experiments showed that the sorbent has a high capacity for absorbing furnace oil, making it a promising material for water body cleanup and the elimination of oil pollution.

Keywords: oil sorption, cellulose-mineral sorbent, oil pollution, solid surface, ecology, adsorption materials, water purification, sorption efficiency, environmental contamination, petrochemical pollutants.

В результате крушения танкеров «Волгонефть-212» и «Волгонефть-239» 15 декабря 2024 года в Керченском проливе произошел разлив более 9000 тонн мазута, что вызвало загрязнение водной акватории и побережья. Для ликвидации разлива предложен метод сорбционной очистки. Мазут марки М100 ввиду своей гидрофобности практически не взаимодействует с водой, поэтому данное обстоятельство способствует очистке водной поверхности от данного нефтепродукта с помощью сорбционных методов. В качестве сорбента для решения поставленной цели выбран целлюлозно – минеральный сорбент марки AG-sorb, обладающего необходимыми параметрами нефтеемкости и соотношением цены- качество [1].

В отличие от воды с каменными поверхностями мазут взаимодействует очень активно, так как при определенной вязкости легко заполняет каверны и трещины, всегда имеющиеся на такой поверхности. Поскольку уже при 14 °С мазут приобретает достаточную степень текучести, чтобы заполнять дефекты на поверхности камня не следует ожидать полной адсорбции мазута сорбентом, особенно слоев, взаимодействующих с камнем. Сорбент может взаимодействовать только с последующими слоями мазута, связанными между собой когезионными силами, если при рассматриваемой температуре поверхности камня, а следовательно, и мазута, адгезионные силы между поверхностью сорбента и мазута окажутся больше, чем когезионные силы между слоями мазута [2,3].

Для проверки этого предположения мазут помещался на поверхность соленой воды (18 г/л) при определенной температуре, в которую предварительно помещался камень и выдерживался в ней 5-6 минут. Затем камень вынимали из воды вместе с мазутным пятном и измеряли температуру (1). Плотность образцов определяли с помощью плотномера Mettler Toledo Excellence D4, температуру воды определяли с помощью лабораторного ртутного термометра марки InfraRed Thermometer DT-8850. После этого на поверхность мазутного пятна на камне наносили слой сорбента и выдерживали несколько минут (2).



1. Галька с мазутом после извлечения из солёной воды (18 г/л) при 16 °С



2. Галька с мазутом после извлечения из соленой воды (18г/л) при 16 °С и нанесения сорбента

Через несколько минут после нанесения сорбента проведена частичная механическая очистка мазутного пятна с сорбентом. На рисунке 3 видно, что основная масса мазута удаляется вместе с отработанным сорбентом, но, как и в случае с обычной каменистой поверхностью после удаления отработанного сорбента остается очень тонкое, быстро высыхающее пятно мазута без запаха. Та же картина наблюдается и при более высоких температурах.



3. Галька после частичного удаления сорбента

В летний период галька на пляжах может нагреваться до 50°С и выше. Поэтому вязкость мазута будет уменьшаться в разы. Следует ожидать, что на камнях после удаления отработанного сорбента будут оставаться только следовые количества мазута. На рисунках 4 и 5 представлены опыты по взаимодействию мазута с сорбентом при температуре камня и гальки 75 °С.



4 Галька с нанесенным мазутом при температуре 75°С



5. Галька с нанесенным сорбентом при температуре 75°C

На 6 рисунке видно, что основная масса мазута удаляется вместе с отработанным сорбентом, но, как и в случае с обычной каменистой поверхностью после удаления отработанного сорбента остается очень тонкое, быстро высыхающее пятно мазута без запаха.



6. Галька после удаления сорбента при температуре 75°C

Из приведенных рисунков видно, что повышение температуры увеличивает свойство мазута растекаться по твердой поверхности из-за резкого снижения вязкости, но характер взаимодействия мазута с сорбентом не меняется. Мазут взаимодействует с каменистой поверхностью сильнее, чем с водой, из-за дефектов на поверхности (микрокаверны, микротрещины). Силы взаимодействия с камнем больше, чем с сорбентом, что ограничивает его воздействие на верхние слои мазута. При повышении температуры слой мазута утончается, а его остаток уменьшается. Для сорбента, предлагаемого к использованию в настоящей работе допускается использование всех возможных методов сжигания мазута с целью утилизации [4-6], когда речь идет о малых объемах, либо при наличии мест сбора отработанного сорбента на значительном расстоянии друг от друга.

Список литературы

1. Гребёнкин А.Н., Спиридонова А.П., Гребёнкин Ан. А., Гребёнкин А.А. Способ оперативной ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов на водной поверхности / Вестник СПбГУТД. Серия 1. Естественные и технические науки. -2024.- №1. -С.118–121.
2. Забродин А.Г., Алибеков С.Я., Маряшев А.В., Сальманов Р.С., Филимонов С.С., Анализ физико-механических свойств мазута М100. /Вестник Казанского технологического университета. – 2014. - №5. – С.243 – 245.
3. Гайле А.А., Костенко А.В. Повышение качества топочных мазутов//Химия и технология топлив и масел. – 2005.- №4. – С.3 – 9.
4. Да Консейсао А.А., Самойлов Н.А. Исследование капиллярного подъема нефти и нефтепродуктов в сорбенте «DULROMABSORB» // Башкирский химический журнал. – 2007.– Т. 14, № 4, с. 66–69.
5. Самойлов Н.А., Иорданский А.Л., Ольхов А.А., Да Консейсао А.А.. Анализ работы волокнистых сорбентов для ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов // Башкирский химический журнал. – 2020. – № 3. – С. 52–61.
6. Фонарева К.А. Моделирование процесса сорбции нефтепродуктов на элементарном волокне // Нефтегазовое дело. – 2017. – Т. 15. – № 1. – С. 216–220.

References

1. Grebenkin A. N., Spiridonova A. P., Grebenkin An. A., Grebenkin A. A. A method of prompt elimination of emergency oil and petroleum product spills on the water surface / Bulletin of St. Petersburg State University. Series 1. Natural and technical sciences.-2024. – №. 1. – P. 118-121.

2. Zabrodin A.G., Alibekov S.Ya., Maryashev A.V., Salmanov R.S., Filimonov S.S., Analysis of physico-mechanical properties of fuel oil M100. /Bulletin of Kazan Technological University. – 2014. - №. 5. – P. 243-245.
3. Gaile A.A., Kostenko A.V. Improving the quality of heating oil // Chemistry and technology of fuels and oils. – 2005. – № 4. – P. 3-9.
4. Da Conceicao A.A., Samoilov N.A. Investigation of capillary rise of oil and petroleum products in the sorbent “DULROMABSORB” // Bashkir Chemical Journal. – 2007. – Vol. 14, № 4, P. 66-69.
5. Samoilov N.A., Jordansky A.L., Olkhov A.A., Conceicao A.A.-yes. Analysis of the operation of fibrous sorbents for the elimination of emergency oil and petroleum product spills // Bashkir Chemical Journal. 2020. – № 3. – P. 52-61.
6. Fonareva K.A. Modeling of the sorption process of petroleum products on elementary fiber // Oil and gas business. – 2017. – Vol. 15. – № 1. – P. 216-220.

Петров Д.М., Иванов В.Ю.

РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АВТОНОМНОГО ОБЪЕКТА

© Петров Д.М., Иванов В.Ю., 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

Рассматривается проектирование микропроцессорной системы электроснабжения для автономного объекта. Будут представлены расчеты для нахождения оптимального угла солнечного модуля в каждый месяц года.

Ключевые слова: солнечный модуль, угол наклона, солнце, электроснабжение.

Petrov D.M., Ivanov V.Yu.

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DEVELOPMENT OF A MICROPROCESSOR SYSTEM FOR POWER SUPPLY OF AN AUTONOMOUS

OBJECT

The design of a microprocessor power supply system for an autonomous facility is considered. Calculations of the change in the angle of the solar module in each month of the year will be presented below.

Keywords: solar module, tilt angle, sun, power supply.

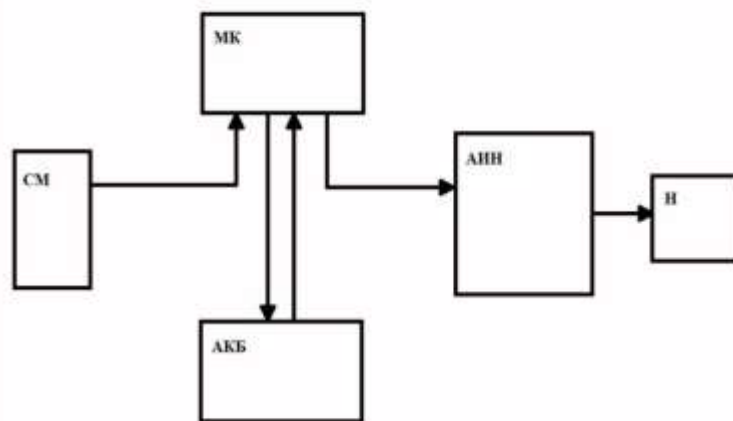
Введение

Автономные объекты, такие как удалённые жилые постройки, метеостанции, телекоммуникационные узлы и мобильные медицинские пункты, требуют надёжного электроснабжения, независимого от централизованных сетей. Одним из перспективных решений является использование возобновляемых источников энергии, в частности солнечной. Солнечная энергетика характеризуется высокой экологичностью, низкими эксплуатационными затратами и возможностью масштабирования. Однако её применение требует продуманной архитектуры системы, учёта климатических условий, надёжных расчётов и оптимизации по энергетическим характеристикам.

Автономные системы электроснабжения представляют собой важную составляющую устойчивого развития энергетики. Особенно это актуально в отдалённых районах, где отсутствует централизованное энергоснабжение. В таких условиях эффективным решением является использование солнечных панелей в сочетании с системой управления на базе микроконтроллера. В статье рассматривается расчет угла наклона солнечного модуля к световым лучам и структурная схема автономного электроснабжения.

Описание проектируемого устройства

Структурная схема системы автономного электроснабжения представлена на рисунке 1. Система предназначена для формирования напряжения однофазной сети переменного тока. Мощность сети будет зависеть от параметров выбранных элементов, без изменения структуры системы.



На структурной схеме приняты следующие сокращения: МК – микроконтроллер; СМ – солнечный модуль; АКБ – аккумуляторная батарея; АИН – автономный инвертор; Н – нагрузка.

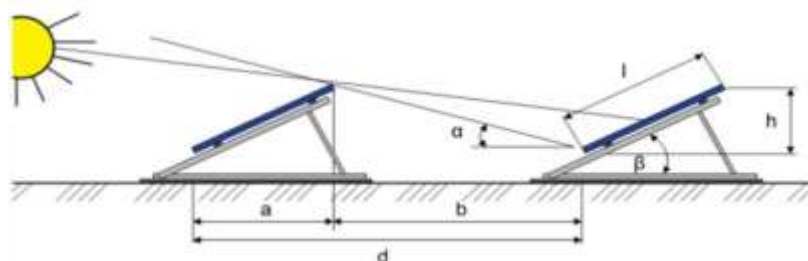
1. Структурная схема

Принцип работы системы заключается в преобразовании солнечной энергии в электрическую и накоплении ее в аккумуляторных батареях. Днем, если мощности солнечного модуля хватает, то нагрузка может питаться напрямую от солнечных модулей через контроллер и автономный инвертор. А ночью нагрузка получает энергию с аккумуляторов.

Затем энергия поступает на контроллер, который, в свою очередь, налаживает систему: оптимизирует уровень напряжения солнечного модуля, управляет процессом зарядки аккумуляторной батареи. Как сказано выше, задача АКБ – накапливать энергию в дневное время суток и отдавать в ночное. Автономный инвертор преобразует напряжение из постоянного 12 В в переменное 220 В.

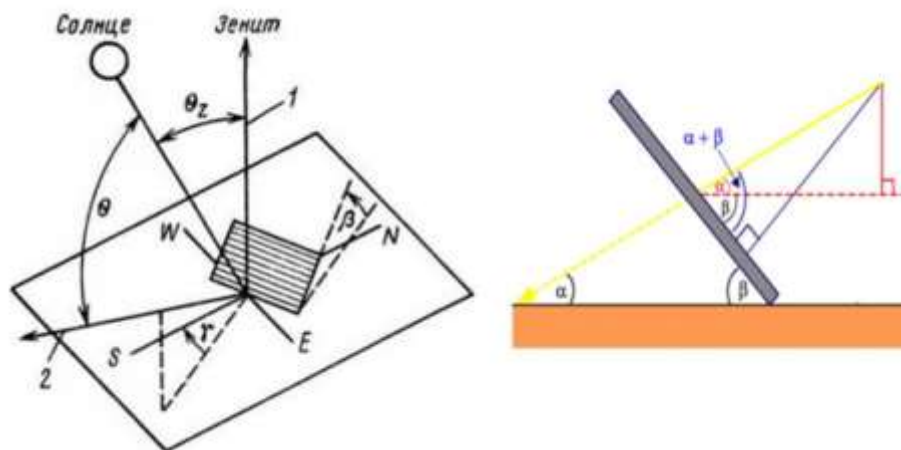
Расчет угла наклона СМ

Плотность потока энергии, падающей на солнечный модуль, зависит не только от плотности потока самого солнечного излучения, но также и от угла между модулем и Солнцем – назовем его углом β . В случае, когда поглощающая поверхность и солнечное излучение перпендикулярны друг другу плотность потока излучения максимальна. При изменении угла β плотность потока излучения уменьшается. Составляющая излучения, параллельная наклонному модулю, отражается. Угол наклона имеет значительное влияние на солнечное излучение, падающее на поверхность. Если угол наклона неизменен, то максимальная производительность за весь года достигается тогда, когда он равен широте местоположения φ т. е $\varphi = \beta = 53^\circ$. Более пологие углы наклона способствуют увеличению падающего излучения летом, тогда как более крутые — зимой. Так же более крутой угол $\beta = 70^\circ$ и больше в условиях обильного снегопада не позволит снегу оставаться на солнечной батарее и снижать эффективность СЭС. Так же на выбор угла положения влияет междурядий СМ расстояние d на рисунке 2. Выбор расстояния d производится путем компромисса между сокращением междурядного затенения СМ и экономии площади, занимаемой СЭС. Так же это расстояние влияет на сокращение длины кабельных трасс для учета потерь в проводниках в допустимых пределах.



2. Расположение СМ СЭС

Если модуль обращен к Солнцу так, что солнечные лучи падают перпендикулярно его поверхности, то угол его наклона равен полярному углу Солнца, а углы склонения Солнца и модуля равны между собой ($\Psi = \Theta$), что показано на рисунке 3.



3. Положение СМ и солнца, основные углы

Соответственно угол наклона СМ определяется по формуле (1) в градусах:

(1)

где β – угол между модулем и солнцем,

α – угол возвышения (высоты).

То есть высота Солнца на небе измеренная в градусах от горизонтального положения. На восходе угол возвышения равен 0° и 90° — когда Солнце находится выше всего на небе (прямо над головой, что можно наблюдать, например, на экваторе в дни весеннего и осеннего равноденствий).

Из рисунка можно получить угол возвышения в солнечный полдень для северного полушария:

(2)

где φ — это широта местоположения;

δ — склонение Солнца.

В таблице 1 приведен оптимальный угол наклона в течение года.

Таблица. 1. Оптимальный угол наклона солнечного модуля

	Янв. Де к.	Фе в .	Ма р т	Апр .	Ма й	Июн ь	Июл ь	Ав г.	Се н т .	Окт .	Но я.	Сре дне го - до в а я ин - со л а я и я кВт *ч/м2/ сут ки	
0°	0.75	1.56	2.81	3.87	5.13	5.27	5.14	4.30	2.63	1.49	0.81	0.50	2.86
40°	1.51	2.55	3.78	4.34	5.12	4.97	5.00	4.57	3.22	2.20	1.46	1.08	3.32
55°	1.66	2.70	3.82	4.16	4.70	4.51	4.53	4.31	3.17	2.27	1.58	1.20	3.22
70°	1.72	2.71	3.67	3.79	4.18	3.95	4.00	3.85	2.97	2.24	1.62	1.26	3.00
90°	1.65	2.50	3.19	3.07	3.21	2.99	3.05	3.08	2.51	2.02	1.53	1.22	2.50
Опти- маль- ный УГОЛ	72.0	63.0	50.0	34.0	20.0	11.0	16.0	27.0	43.0	58.0	69.0	74.0	44.6

Склонение Солнца — это угол δ между экватором и воображаемой линией, соединяющей центры Земли и Солнца.

Склонение δ равно нулю в дни равноденствий (20 марта и 23 сентября), положительно, когда в северном полушарии лето и отрицательно, когда там зима. Максимум, равного 23.45° склонение достигает 22 июня (летнее солнцестояние в северном полушарии) и минимума, -23.45° , 22 декабря (зимнее солнцестояние в северном полушарии).

Склонение можно посчитать по формуле (3):

(3)

где d - день года (для 1 января = 1, для 2 января = 2 и так далее).

Направление по сторонам света определяется зенитным углом. Зенитный угол аналогичен углу возвышения за тем исключением, что он отсчитывается не от горизонтальной оси, а от вертикальной. Направления солнечных батарей будет направлено на юг.

Направление по сторонам света определяется зенитным углом. Зенитный угол аналогичен углу возвышения за тем исключением, что он отсчитывается не от горизонтальной оси, а от вертикальной. Направления солнечных батарей будет направлено на юг.

Продолжительность светового дня в выбранном регионе составляет 15 часов. Также солнце восходит на Востоке, а заходит на северо-западе.

Вычислим угол, на которой должна поворачиваться солнечная панель в течение дня по формуле:

(4)

где γ – угол поворота СМ в течение часа, °;

λ – больший угол между востоком и северо-западом, °;

t – время, в течение которого светит солнце, ч.

Расчётные значения и результаты расчётов приведены в таблице 2.

$\gamma, ^\circ$	$\lambda, ^\circ$	$t, \text{ч}$
15	225	15

Закключение

Автономные системы электроснабжения на основе солнечной энергии являются перспективным решением для удалённых объектов, обеспечивая экологичность, экономичность и независимость от централизованных сетей. Ключевыми факторами их эффективности являются правильный расчёт угла наклона солнечных панелей, адаптация к климатическим условиям и применение интеллектуальных систем управления на базе микроконтроллеров.

Дальнейшие исследования в этой области могут быть направлены на оптимизацию энергопотребления, интеграцию гибридных источников энергии и повышение надёжности систем в условиях изменяющейся среды.

Таким образом, использование солнечной энергии в автономных системах открывает новые возможности для обеспечения стабильного и экологически чистого электроснабжения, что особенно актуально в условиях растущего спроса на децентрализованные энергетические решения.

Список литературы

1. Иванов В. Ю., Маежов Е. Г., Логинов В. В. Интегрированные системы проектирования и управления автоматизированных и автоматических производств. Сопряжение однокристальных микроконтроллеров с датчиками и исполнительными механизмами // СПБГУПТД 2016.

2. Хомутов С.О., Полищук В.И., Сташко В.И. Исследование основных режимов работы и элементов конструкции фотоэлектрических систем для построения микромощной солнечной электростанции // ИТПУ 2019.

References

1. *Ivanov V.Yu., Maezhov E. G., Loginov V.V* Integrated design and control systems for automated and automatic production. Interfacing single-chip microcontrollers with sensors and actuators // SPBSUITD 2016.

2. *Khomutov S.O., Polishchuk V.I., Stashko V.I.* Study of operating modes and structural elements of photovoltaic systems for building a low-power solar power plant // ITPU 2019.

ТАФТИНГОВЫЕ КОВРЫ. СОСТАВ-ТЕХНОЛОГИЯ-КАЧЕСТВО

© А.И. Потапова, Г.П. Смирнов, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

Статья посвящена сравнительному анализу технологий производства тафтинговых материалов с использованием различных связующих, таких как латексный компаунд и полимерная пленка. Проведенные испытания показали, что тафтинговые покрытия, изготовленные по альтернативной технологии с применением пленочного связующего, обладают улучшенными прочностными характеристиками и экологическими показателями по сравнению с традиционным методом. Результаты исследования подтверждают экономическую целесообразность новой технологии и её соответствие современным требованиям и стандартам качества, что открывает новые перспективы для производства ковровых покрытий.

Ключевые слова: тафтинговый материал, латексный компаунд, полимерная пленка, традиционная технология, связующее.

A.I. Potapova, G.P. Smirnov

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

TUFTED CARPETS. COMPOSITION-TECHNOLOGY-QUALITY

The article is devoted to a comparative analysis of the production technologies of tufted materials using various binders, such as latex compound and polymer film. The conducted tests have shown that tufted coverings manufactured using alternative technology with film binder demonstrate improved strength characteristics and environmental performance compared to the traditional method. The research results confirm the economic feasibility of the new technology and its compliance with modern quality requirements and standards, which opens up new prospects for the production of carpet coverings.

Keywords: tufted material, latex compound, polymer film, traditional technology, binder.

Тафтинговые покрытия относятся к группе нетканых материалов, которые представляют собой полотна одного или нескольких видов текстильных тканей или их сочетаний с не текстильными, со скрепленной структурой элементов. Скрепление может осуществляться механическим, химическим или комбинированными способами [1]. По механической технологии получают вязально-прошивные нетканые полотна с использованием специального оборудования. При химическом способе скрепляют структуру нетканого материала дисперсиями или расплавами полимеров. Комбинированная технология характеризуется механическим формированием структуры материала с последующим ее упрочнением связующим. По этой технологии вырабатываются тафтинговые материалы.

Примерно 90 % всех ковровых изделий в мире производится методом тафтинга с использованием ворсо-прошивных машин. Эта технология занимает лидирующие позиции благодаря ряду преимуществ: экономичности производственного процесса, короткому циклу изготовления и доступности сырья.

Структура тафтингового материала состоит из нескольких слоев. Верхний слой – ворсовый. Он определяет внешний вид покрытия. Далее следует первичная подложка из тканого или нетканого материала, на который тафтинговым методом крепится ворс. Основной принцип этой техники крепежа – прошивка ткани ворсовыми нитями. Для фиксации нити необходим закрепляющий слой, в качестве которого используют, чаще всего, жидкие составы латекса или дисперсионные материалы на базе поливинилхлорида, поливинилацетата, полиакрилата, полиуретана и др. Кроме фиксации петель склеивающие составы скрепляют первичную подложку с последующим слоем – вторичной подложкой, закрывающей изнанку коврового изделия.

Ковры, произведенные тафтинговым способом, внешне напоминают классические ворсистые ковры. Разнообразие ассортимента обеспечивается комбинациями различных видов ворсовой пряжи, первичных и вторичных подложек, а также возможностью создания новых архитектурных решений поверхности в процессе производства каркаса. Готовые тафтинговые материалы обладают влагостойкостью, износостойкостью и теплостойкостью. Это расширяет ассортимент и делает их востребованными во многих областях применения.

Вопросом совершенствования технологического процесса производства тафтинговых материалов уделяется большое внимание: проводятся разработки новых способов их создания, поиск более экологичных, экономичных, энерго-ресурсосберегающих технологий. Мировые тенденции подтверждают необходимость таких исследований.

Одним из направлений повышения технологичности тафтингового покрытия и улучшение его качества является варьирование природы связующего и способы нанесения. В качестве связующего могут быть использованы термопластичные и термореактивные полимеры в виде дисперсий, пластизоль, расплавов и растворов полимеров, порошков [2], [3], легкоплавких волокон [4], [5], пленок, сеток.

В настоящее время на территории России широко распространена технология тафтингового покрытия с применением в качестве связующего латексных компаундов. Однако анализ существующих способов производства, а также клеевых соединений, показал, что применение латексных компаундов связано с громоздким оборудованием: габариты латекс-машины фирмы Пиккеринг (Великобритания) составляют в длину 57 метров, ширину 5,7 метров, высоту

3,5 метров; с большими площадями для ее размещения. Кроме того, для обеспечения такой машины раствором латекса определённого состава требуется химическая станция, а это значит, что необходимо мероприятие для поддержания экологической обстановки в помещении в соответствии с нормами, нужен дополнительный расход энергии. В результате процесс становится многозатратным. Очевидно, что данный способ производства не является прогрессивным и требует определённой оптимизации процессов и затрат [2].

Разработана новая технология производства тафтингового покрытия с применением полимерного связующего в виде пленки, заменяющего раствор латекса, принятого в традиционных методах. Альтернативный способ обладает рядом преимуществ – сохраняется простота производственного процесса, но при этом отпадает необходимость в химической станции и латекс-машине, сокращаются производственные площади, соблюдаются экологические нормы и требования, снижается расход электроэнергии, процесс становится более экономичным. Использование связующего в виде пленки обеспечивает его равномерное распределение по площади подложек с одновременным закреплением стежков ворса на изнаночной стороне первичной подложки. Кроме этого, равномерное распределение связующего по всей площади с одновременным закреплением пучков ворса по изнаночной стороне первичной подложки, что повышает прочностные показатели выпускаемого тафтингового материала. Разработанный метод обеспечивает экономичность процесса и улучшает качества получаемого покрытия.

Цель проведенного исследования заключается в сравнении тафтинговых материалов, полученных по разным технологиям, при использовании разных видов связующих. Сопоставление проводилось по прочностным физико-механическим характеристикам. Испытания проводились с двумя видами материалов, скрепленных связующими различной природы и агрегатного состояния – латексного компаунда (по традиционной технологии) и пленки полимера (по альтернативной технологии).

При разработке новой технологии определены показатели, характеризующие основные прочностные свойства получаемого тафтингового материала, – прочность закрепления пучка ворса и прочность склейки слоев, которые оказывают существенное влияние на эксплуатационные возможности ковровых покрытий. Ворс держится в материале не только за счет переплетения нитей в первичной подложке, но и благодаря связующему веществу. При низких значениях прочности скрепления ворса материал теряет поверхностный слой, а, значит, и внешний вид ковра. Прочность склейки слоев обеспечивает однородную структуру материала, отсутствие трещит, пустот, крашения и других дефектов, возникающих из-за неравномерного распределения связующего между слоями, неплотного соединения подложек, а также адгезионных свойств скрепляемых материалов и связующего.

Испытание образцов тафтинговых материалов проводились на сертифицированном оборудовании СПбГУПТД с учетом требований соответствующих стандартов: ГОСТ 17317-88 «Кожа искусственная. Метод определения прочности связи между слоями»; ГОСТ 14217-87 (СТСЭВ 5578-86) «Материалы текстильные. Покрытия напольные. Методы определения закрепления ворса»; ГОСТ 15902.3-79 «Полотна нетканые. Методы определения прочности», п.6 – определение прочности закрепления волокон.

Для испытаний образцы покрытия с латексным компаундом по традиционной технологии были изготовлены ООО «Нева-Тафт» по ТУ 8171-001-54369894-2001 «Покрытия ковровые тафтинговые. Нева-Тафт».

Образцы по альтернативной технологии с полимерным пленочным связующим были сделаны изготовлены в СПбГУПТД.

Испытания проводились на десяти параллельных образцах. В таблице 1 приведены средние значения показателей прочности склейки слоев и закрепления пучков пряжи сравниваемых материалов.

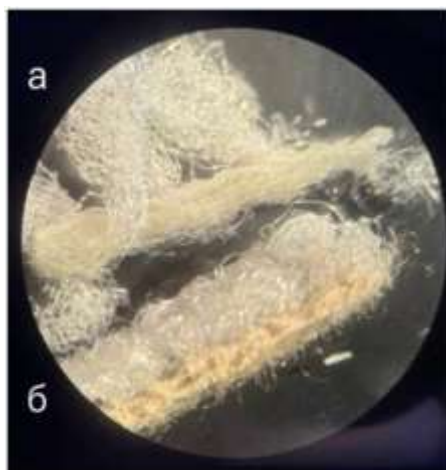
Таблица 1. Показатели качества тафтинговых покрытий

Технология	Связующее	Прочность закрепления пучка ворса, Н	Прочность склейки слоев, Н/50 мм
Традиционное	Латекс	16	21,3
Альтернативное	Пленка	24	44,6

Данная таблица свидетельствует, что при использовании предлагаемого альтернативного способа, где в качестве связующего выбрана полимерная пленка, получен тафтинговый материал, обладающий улучшенными, в сравнении с традиционной латексной технологией, показателями прочности: на 30 % выше прочность склейки слоев и на 50 % лучше прочность закрепления пучка ворса.

Проведено исследование сравниваемых образцов тафтингового материала под микроскопом с увеличением 10х (1), которое также позволило выявить дополнительные достоинства материала, полученного по новому способу. Пленочное связующее, в отличие от латекса, не создает индивидуального видимого слоя, полностью впитывается в скрепляемые материалы, за счет этого общая толщина образца становится меньше.

Благодаря пластичности связующего материал получается не жестким от склейки, а более гибким.



1. Образцы тафтингового материала под микроскопом с увеличением 10х:

а – образец, изготовленный по альтернативной технологии;

б – образец, изготовленный по традиционной технологии

Таким образом тафтинговое покрытие, полученное по альтернативной технологии, имеет преимущество в сравнении с материалом, изготовленным по традиционному способу, по внешнему виду и прочностным свойствам.

Заключение

Результаты проведенных исследований двух способов производства тафтинговых материалов с использованием в качестве связующего латексного компаунда по традиционной технологии и полимерной пленки по альтернативному способу показали:

1. Метод производства тафтингового материала с использованием полимерной пленки более экономичен, экологически безопасен и технологически выгоден.

2. Тафтинговый материал, полученный по альтернативной технологии, по внешнему виду, улучшенным прочностным свойствам и предполагаемому, в связи с этим, увеличению срока эксплуатации соответствует требованиям ГОСТ 28867-90 «Покрывала и изделия ковровые нетканые машинного способа производства. Общие технические условия».

Разработанная технология тафтингового материала с использованием связующего в виде пленки может служить заменой латексной технологии.

Список литературы

1. Смирнов Г.П. Теоретические основы технологии нетканых материалов: учебное пособие. СПб.: ФГБОУВПО «СПГУТД», 2015. 81 с.
2. Пономорева А.Н. Оптимизация и моделирование технологического процесса дублирования тафтингового ковра. Автореферат дис. канд. хим. наук. СПб.: «СПбГУПТД», 2010.
3. Пономорева А.Н., Просвирицын А.В. Оптимизация процесса дублирования тафтингового ковра с использованием термоплавкого порошка. Исследование прочностных свойств полученного материала // Дизайн. Материалы. Технология. 2009. № 3. С. 27–30.
4. Патент 2697469С2 РФ. Первичная основа ковра для безлатексных тафтинговых ковров / Эузе Ян BUCXER, Арнольд Кутсир, Мони Стигтер. № 2017118641А. Заявл. 13.12.2018. Оpubл. 14.08.2019.
5. Патент 2429318С2 РФ, МПК D04H3/14. Высокопрочная прошивная основа для тафтинга и способ ее получения / Руцек Иво, Эмирце Араад. Заявл. 22.01.2008. Оpubл. 20.09.2011.

References

1. Smirnov G.P. *Teoreticheskie osnovy tekhnologii netkanykh materialov: uchebnoe posobie* [Theoretical Foundations of Nonwoven Materials Technology: textbook]. St. Petersburg: FGBOUVPO «SPGUTD», 2015. 81 pp. (in Rus.).
2. Ponomoreva A.N. *Optimizacija i modelirovanie tehnologicheskogo processa dublirovaniya taftingovogo kovra* [Optimization and Modeling of the Duplicating Process for Tufted Carpet]. Avtoreferat dis. kand. him. nauk. St. Petersburg: «SPbGUPTD», 2010. (in Rus.).
3. Ponomoreva A.N., Prosvirnicyn A.V. *Optimizacija processa dublirovaniya taftingovogo kovra s ispol'zovaniem termoplavkogo poroshka. Issledovanie prochnostnykh svojstv poluchennogo materiala* [Optimization of the Tufted Carpet Duplicating Process Using Heat-Melt Powder. Study of the Strength Properties of the Obtained Material] // *Dizajn. Materialy. Tehnologija*. 2009. No 3. P. 27–30. (in Rus.).
4. Patent 2697469S2 RF. *Pervichnaja osnova kovra dlja bezlateksnykh taftingovykh kovrov* [Primary Carpet Base for Latex-Free Tufted Carpets] / Jeuze Jan BUCXER, Arnol'd Kutsir, Moni Stigter. No 2017118641A. Zajavl. 13.12.2018. Opubl. 14.08.2019.

УДК 67.017(679.7)

М.А. Потёмкина

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬСКОГО РИСКА В УСЛОВИЯХ СРЕМТЕЛЬНО РАЗВИВАЮЩЕГО ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

© М.А. Потёмкина, 2025

*Минский филиал Российского экономического университета им. Г. В. Плеханова
220070, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Радиальная, д. 40-7*

Статья посвящена актуальным вопросам, возникающим в процессе стремительного внедрения технологий искусственного интеллекта (ИИ) в бизнес-среду. Рассматриваются возможности ИИ для оптимизации операций, повышения производительности и создания новых продуктов, а также выявляются риски, связанные с киберугрозами и неправомерным использованием данных. Основная цель работы заключается в систематизации и оценке предпринимательских рисков, обусловленных интеграцией ИИ, с разработкой моделей их прогнозирования и минимизации. Проведён прикладной анализ использования ИИ в управлении компанией, предложены рекомендации, направленные на эффективное управление рисками и использование технологий ИИ для повышения устойчивости и конкурентоспособности бизнеса. Научная значимость состоит в систематизации знаний о факторах риска и подходах к их прогнозированию, а практическая — в разработке инструментов, применимых для снижения предпринимательских рисков.

Ключевые слова: искусственный интеллект, предпринимательские риски, бизнес-среда, киберугрозы, прогнозирование рисков, цифровая трансформация, управление компанией, минимизация рисков, устойчивость бизнеса, инновационные технологии.

М.А. Potemkina

Minsk Branch of the Russian Economic University named after G.V. Plekhanov
220070, Republic of Belarus, Minsk, Radialnaya st., 40-7

ASSESSMENT AND FORECASTING OF ENTREPRENEURIAL RISK IN THE CONTEXT OF RAPIDLY DEVELOPING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

The article focuses on pressing issues arising in the process of rapid implementation of artificial intelligence (AI) technologies in the business environment. It explores AI's potential for optimizing operations, increasing productivity, and creating new products, while also identifying risks such as cyber threats and the improper use of data. The main objective of the research is to systematize and assess entrepreneurial risks associated with the integration of AI, alongside developing models for their forecasting and minimization. A practical analysis of AI use in company management has been conducted, and recommendations have been proposed for effective risk management and leveraging AI technologies to enhance business resilience and competitiveness. The scientific significance lies in the systematization of knowledge about risk factors and approaches to their forecasting, while the practical significance involves the development of tools applicable for reducing entrepreneurial risks.

Keywords: artificial intelligence, entrepreneurial risks, business environment, cyber threats, risk forecasting, digital transformation, company management, risk minimization, business resilience, innovative technologies.

В условиях стремительного развития технологий искусственного интеллекта (ИИ) современные компании сталкиваются с динамическими изменениями в бизнес-среде. С одной стороны, ИИ предлагает массу возможностей для оптимизации операций, повышения производительности и создания новых продуктов и услуг. Однако, активное внедрение ИИ сопряжено с существенными рисками, такими как киберугрозы и неправомерное использование данных. В связи с этим возрастает необходимость в оценке и прогнозировании предпринимательских рисков, что становится важным для обеспечения устойчивости и конкурентоспособности компаний. Основной целью исследования является выявление и оценка основных предпринимательских рисков в условиях быстрого внедрения и интеграции технологий искусственного интеллекта.

На сегодняшний день искусственный интеллект (ИИ) становится одной из ключевых технологий, способствующих трансформации бизнес-процессов. Использование ИИ охватывает широкий спектр сфер предпринимательской деятельности: от автоматизации операций и повышения эффективности до создания интеллектуальных продуктов и услуг, адаптированных к требованиям потребителей. Изучению возможностей применения ИИ в науке и практической деятельности посвящены исследования многих ученых.

Одной из важнейших тенденций развития ИИ является его интеграция в принятие управленческих решений. Многие компании активно используют искусственный интеллект для анализа данных, прогнозирования рыночных тенденций и оптимизации стратегий. Например, алгоритмы машинного обучения позволяют выявлять скрытые закономерности в больших объемах информации, что становится важным инструментом для разработки конкурентных преимуществ. Кроме того, применение ИИ активно расширяется в области персонализации клиентского опыта. Системы рекомендаций на базе ИИ помогают компаниям лучше понимать предпочтения клиентов, предлагать товары и услуги, которые наилучшим образом соответствуют их потребностям, что способствует повышению лояльности и увеличению продаж [1].

Искусственный интеллект предоставляет множество преимуществ, таких как увеличение конкурентоспособности, освоение новых рынков, автоматизация и цифровизация. Однако его использование также приводит к возникновению новых рисков для предпринимателей и экономически активного населения. Основные виды предпринимательских рисков представлены в таблице 1.

Таблица 1. Предпринимательские риски, связанные с использованием искусственного интеллекта

Вид риска	Описание риска
Финансовые риски	Недостатки оборотных средств, непредвиденные затраты или рост цен на ресурсы, долговая нагрузка и невозможность использовать кредиты, кража финансовых данных, атаки на системы бухгалтерского учёта.
Экономические риски	Экономический кризис, увеличивающиеся, налоговое бремя, изменчивость валютного курса.
Конкурентные риски	Появление более сильных и инновационных конкурентов, потеря клиентов и снижение спроса из-за альтернативных предложений
Юридические риски	Риск нарушения закона о защите данных, неопределённость в ответственности за решения ИИ, проблемы интеллектуальной собственности
Технологические риски	Зависимость от устаревших технологий, кибератаки, сбой в работе ИИ или автоматизированных систем
Социальные и кадровые риски	Текущая кадров, низкий уровень квалификации персонала, сокращение рабочих мест в результате с внедрения автоматизации процессов и ИИ, Неравенство в доступе к технологиям.

Примечание: источник [4]

Таким образом, ключевыми угрозами для предпринимателей являются киберугрозы, низкий уровень квалификации персонала, привлечение дополнительного капитала, рост монополизации, возникновение правовых разногласий. Относительно социально-экономического населения помимо создания новых специальностей и рабочих мест возникает проблема переквалификации кадров, роботизации труда, что приводит к высокой трудовой конкуренции, развитию безработицы и повышению уровня социальной нагрузки на государство.

Однако вместе с этими возможностями возникают и новые вызовы. Высокий уровень технологической зависимости и риски, связанные с безопасностью данных, требуют особого внимания со стороны предпринимателей. Кроме того, недостаток квалифицированных специалистов и необходимость значительных инвестиций могут стать сдерживающими факторами для внедрения ИИ.

Таким образом, анализ текущего состояния развития искусственного интеллекта в предпринимательской среде подчеркивает, как перспективы, так и риски, связанные с этой технологией. Для успешной адаптации и эффективного использования ИИ компаниям необходимо разрабатывать комплексные подходы, учитывающие все аспекты внедрения и эксплуатации технологий [2],[3].

Невзирая на критическую важность и потенциальные последствия всех рисков, представленных в таблице 1, следует уделить особое внимание рискам в финансовом менеджменте. Финансовые риски занимают центральное место в системе управления финансовым менеджментом, поскольку они напрямую связаны с устойчивостью, ликвидностью и прибыльностью компании. Для разработки моделей и инструментов прогнозирования и минимизации предпринимательских рисков в финансовом менеджменте можно использовать следующие подходы и технологии, представленные в таблицах 2 и 3.

Развитие технологий искусственного интеллекта кардинально меняет подходы к управлению рисками, требуя инновационных решений и адаптации традиционных методов. Разработка моделей и инструментов прогнозирования и минимизации предпринимательских рисков позволяет компаниям не только своевременно реагировать на угрозы, но и эффективно использовать потенциал ИИ для повышения устойчивости и конкурентоспособности.

Таблица 2 Модели прогнозирования рисков

Название	Описание
Имитационное моделирование	Используется для создания сценариев развития событий, связанных с внедрением ИИ. Например, метод Монте-Карло позволяет проанализировать вероятность сбоев в работе ИИ-систем и оценить их влияние на бизнес-показатели.
Анализ больших данных	Сбор и обработка больших массивов информации позволяют выявлять закономерности и тенденции, предсказывая возможные риски.
Сценарный анализ	Предполагает разработку нескольких вероятных сценариев, таких как «оптимистичный», «реалистичный» и «пессимистичный», с целью оценки их воздействия на бизнес.

Примечание: источник [5],[6],[7],[8]

Таблица 3 Инструменты минимизации рисков

Название	Описание
Системы управления рисками (ERM)	Интеграция информационных систем для мониторинга и анализа ключевых рисков, связанных с внедрением технологий ИИ
Автоматизированные BI-системы	Программы, такие как Tableau или Power BI, позволяют визуализировать риски и отслеживать их динамику в режиме реального времени.
Хеджирование технологических рисков	Компании могут страховать свои ИИ-решения или заключать контракты с поставщиками на условиях SLA (соглашений об уровне обслуживания), чтобы минимизировать возможные убытки
Тренинги и повышение квалификации	Подготовка сотрудников для работы с ИИ помогает снизить вероятность ошибок, связанных с человеческим фактором.

Примечание: источник [5],[6],[7],[8]

Одним из примеров компаний, минимизирующих предпринимательские риски в связи с использованием искусственного интеллекта, является компания JPMorgan Chase [9]. JPMorgan Chase & Co – американский транснациональный финансовый конгломерат, один из крупнейших банков мира, с центром управления в Нью-Йорке. JPMorgan Chase & Co был признан советом по финансовой деятельности (FSB) важнейшим финансовым конгломератом мира, в списке глобально системно значимых банков мира занимает первое место. Как крупнейший инвестиционный банк в мире и крупнейший коммерческий банк в США, входит в «большую четвёрку» банков США, наряду с Bank of America, Citigroup и Wells Fargo.

Основными направлениями деятельности являются инвестиционный банкинг, финансовые услуги частным лицам и малому бизнесу, коммерческий банкинг, проведение финансовых транзакций и управление активами. Является одним из крупнейших депозитарных банков и инвестиционных банков в мире. Размер депозитарных активов – 32,4 трлн долл., размер активов под администрированием – 7,7 трлн долл., объём ежедневных транзакций – 9,7 трлн долл., размер активов под управлением – 5,3 трлн долл. (на конец 2023 года) [10].

Конгломерат JPMorgan Chase использовал искусственный интеллект для анализа огромных объемов данных, чтобы оптимизировать процесс выявления мошенничества. Однако, чтобы минимизировать риски, связанные с использованием ИИ (например, ложные срабатывания или упущение мошеннических операций), компания внедрила подход анализа больших данных, что привело к следующим результатам:

- Обработка транзакций в реальном времени была оптимизирована.
- Определены аномалии, характерные для мошеннической активности.
- Созданы алгоритмы с понятной и открытой структурой, что повышает доверие пользователей и регулирующих органов.

В результате компания смогла существенно снизить убытки от мошенничества и повысить эффективность своих операций [10].

Компания JPMorgan Chase не предоставляет публичного доступа к данным, поэтому пример применения метода анализа больших данных будет основываться на гипотетических данных, включая информацию, которую можно частично соотнести с открытыми источниками.

Пример: Крупная финансовая компания обрабатывает 50 миллионов транзакций в месяц. Для предотвращения мошенничества используется метод анализа больших данных, на основании которого предполагается снизить ущерб от мошенничества.

До внедрения нового подхода показатели компании, следующие:

1. Уровень мошенничества составляет 0.1% от общего числа транзакций.

2. Средняя стоимость одной мошеннической транзакции – \$1,000.
3. Алгоритмы выявляют мошенничество с точностью 80%.
4. Ложные срабатывания составляют 10% от общего числа транзакций.

После внедрения анализа больших данных предполагается улучшение:

1. Точность выявления мошенничества возрастет до 98%.
2. Ложные срабатывания уменьшатся до 1%.

Внедрение анализа больших данных требует единовременных затрат в размере \$30 миллионов, а ежегодные операционные расходы составят \$5 миллионов.

Вопросы, которые необходимо решить:

1. Проанализировать потери от мошенничества до и после внедрения анализа больших данных.
2. Определить количество ложных срабатываний до и после внедрения.
3. Оценить экономию, которую компания получит в первый год с учетом затрат на внедрение.
4. Рассчитать ежегодную чистую экономию, которую компания получит в последующие годы.

Расчёт предоставлен в таблице 4.

Таблица 4 Расчёт расходов на внедрение системы управления рисками на основе использования искусственного интеллекта

Виды рисков	До внедрения	После внедрения
Не выявленные мошеннические транзакции, \$	$50\,000 \cdot 0,8 = 40\,000$ $50\,000 - 40\,000 = 10\,000$	$50\,000 \cdot 0,98 = 49\,000$ $50\,000 - 49\,000 = 1\,000$
Потери от мошенничества, \$	$10\,000 \cdot 1\,000 = 10\,000\,000$	$1\,000 \cdot 1\,000 = 1\,000\,000$
Ложные срабатывания, \$	$50\,000\,000 \cdot 0,1 = 5\,000\,000$	$50\,000\,000 \cdot 0,01 = 500\,000$
Экономия в первый год, \$		$10\,000\,000 - 1\,000\,000 = 9\,000\,000$ $5\,000\,000 - 500\,000 = 4\,500\,000$ $30\,000\,000 + 5\,000\,000 = 35\,000\,000$ $9\,000\,000 - 35\,000\,000 = -26\,000\,000$
Ежегодная чистая экономия, \$		$9\,000\,000 - 5\,000\,000 = 4\,000\,000$

Важно отметить, что одним из способов минимизации рисков, возникающих из-за ИИ, является предоставление возможности страхования для предпринимателей, предлагающие услуги ИИ. Например, компании Allianz, AIG предлагают полисы, покрывающие риски, связанные с утечкой данных, кибератаками и сбоями в работе систем ИИ [11].

По итогам данного исследования можно сделать вывод о том, что использование искусственного интеллекта способствует предотвращению предпринимательских рисков, однако сам может является причиной их возникновения. Наиболее значимыми рисками, возникающими из-за использования искусственного интеллекта, являются низкий уровень квалифицированности кадров, киберугрозы, значительные финансовые вложения, роботизация. Способами решения данной проблемы являются поддержка экономически активного населения в предоставлении различных программ повышения квалификации сотрудников, а также переквалификации сотрудников для предотвращения безработицы, возникшей в результате роботизации. Данные меры должны быть проведены при поддержке государства, а также работодателей.

Важной проблемой является привлечение дополнительных объёмов финансового капитала, а также ограниченность доступа к технологиям, что может привести к возникновению монополии. Следует проводить меры, направленные на улучшение технологической доступности.

Таким образом, использование предложенных моделей и инструментов минимизации рисков, которые имеют положительные результаты на практике, помогает предотвращение предпринимательских рисков [5],[6],[7],[8].

Проведенное исследование позволило прийти к выводам:

- Ключевыми факторами риска использования ИИ в бизнесе являются социальные и финансовые риски;
- Оптимальными методами для выявления рисков является комплексное применение имитации, обработки больших данных и прогнозирования, а для снижения рисков - систем управления рисками и их хеджирование;
- Изучение практики применения компаниями ИИ при прогнозировании и снижении рисков показал, что это позволяет существенно улучшить результаты финансового менеджмента, но требует значительных финансовых вложений, смены парадигм в кадровых вопросах, а также само по себе несет определенные риски.

Научный руководитель: доцент кафедры менеджмента, учета и финансов Минского филиала Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова, доцент, к.э.н.

Смолякова О.М.

Список литературы

1. Никишова, М. И. Применение технологий искусственного интеллекта в системе корпоративного управления: специальность 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством»: диссертация на соискание ученой степени кандидата экономических наук / Никишова Мария Игоревна, 2021. – 165 с.
2. Матафонова, А. Н. Искусственный интеллект в цифровой экономике России / А. Н. Матафонова, Л. А. Порошина, Н. А. Храмов // Финансовая экономика. – 2023. – № 4. – С. 138-139.
3. Управление рисками искусственного интеллекта. [Электронный ресурс] // GAAP.RU. – Режим доступа: https://gaap.ru/articles/Upravlenie_riskami_iskusstvennogo_intellekta_po_modeli_COSO/ (дата обращения: 15.03.2025).
4. Модели прогнозирования развития компаний с учетом рисков. [Электронный ресурс] // cfin.ru. – Режим доступа: https://www.cfin.ru/finanalysis/risk/forecasting_models.shtml (дата обращения: 15.03.2025).
5. Примеры применения больших данных в сфере финансов. [Электронный ресурс] // bindata.ru. – Режим доступа: <https://bindata.ru/article/4828> (дата обращения: 15.03.2025).
6. Имитационное моделирование [Электронный ресурс] // anylogic.ru – Режим доступа: <https://www.anylogic.ru/use-of-simulation/> (дата обращения: 15.03.2025).
7. Автоматизированные BI-системы [Электронный ресурс] // practicum.yandex.ru – Режим доступа: <https://practicum.yandex.ru/blog/bi-sistemy-business-intelligence/> (дата обращения: 15.03.2025).
8. How AI will make payments more efficient and reduce fraud. [Электронный ресурс] // jpmorgan.com. – Режим доступа: <https://www.jpmorgan.com/insights/payments/payments-optimization/ai-payments-efficiency-fraud-reduction> (дата обращения: 15.03.2025).
9. JPMorgan Chase & Co [Электронный ресурс] // ru.wikipedia.org. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/JPMorgan_Chase (дата обращения: 15.03.2025).
10. Будущее киберрисков в исследовании Allianz: от утечки данных к глобальным катастрофам. [Электронный ресурс] // life.zettains.ru. – Режим доступа: <https://life.zettains.ru/press-center/22441011/> (дата обращения: 15.03.2025).

References

1. Nikishova M. I. Primenenie tekhnologij iskusstvennogo intellekta v sisteme korporativnogo upravleniya: special'nost' 08.00.05 "Ekonomika i upravlenie narodnym khozyaystvom": dissertation for the degree of candidate of economic sciences [Application of Artificial Intelligence Technologies in the Corporate Management System: Specialty 08.00.05 "Economics and Management of the National Economy": Dissertation for the Degree of Candidate of Economic Sciences]. 2021. 165 pp. (in Rus.).
2. Matafonova A. N., Poroshina L. A., Khramtsov N. A. Iskustvennyj intellekt v tsifrovoj ekonomike Rossii [Artificial Intelligence in the Digital Economy of Russia]. Finansovaya Ekonomika [Financial Economy]. 2023. No 4. pp. 138-139. (in Rus.).
3. Risk Management of Artificial Intelligence. [Electronic resource] // GAAP.RU. – Available at: https://gaap.ru/articles/Upravlenie_riskami_iskusstvennogo_intellekta_po_modeli_COSO/ (accessed: 15.03.2025).
4. Models for Forecasting Development of Companies Considering Risks. [Electronic resource] // CFIN.RU. – Available at: https://www.cfin.ru/finanalysis/risk/forecasting_models.shtml (accessed: 15.03.2025).
5. Examples of Big Data Usage in the Financial Sector. [Electronic resource] // bindata.ru.. – Available at: <https://bindata.ru/article/4828> (accessed: 15.03.2025).
6. Simulation Modeling. [Electronic resource] // anylogic.ru.. – Available at: <https://www.anylogic.ru/use-of-simulation/> (accessed: 15.03.2025).
7. Automated BI Systems. [Electronic resource] // practicum.yandex.ru.. – Available at: <https://practicum.yandex.ru/blog/bi-sistemy-business-intelligence/> (accessed: 15.03.2025).
8. How AI will Make Payments More Efficient and Reduce Fraud. [Electronic resource] // jpmorgan.com.. – Available at: <https://www.jpmorgan.com/insights/payments/payments-optimization/ai-payments-efficiency-fraud-reduction> (accessed: 15.03.2025).
9. JPMorgan Chase & Co. [Electronic resource] // ru.wikipedia.org.. – Available at: https://ru.wikipedia.org/wiki/JPMorgan_Chase (accessed: 15.03.2025).
10. The Future of Cyber Risks in the Allianz Study: From Data Leaks to Global Catastrophes. [Electronic resource] // life.zettains.ru.. – Available at: <https://life.zettains.ru/press-center/22441011/> (accessed: 15.03.2025).

М.Л. Приматов, Е.В. Горина

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕЙ В РАЗРАБОТКЕ АВТОСПОРТИВНЫХ ЛИВРЕЙ

© М.Л. Приматов, Е.В. Горина 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Аннотация. Статья посвящена использованию генеративных нейронных сетей для создания автомобильных ливрей. В ней анализируются ключевые моменты этого процесса, от генерации изображений-референсов до их применения в последующих этапах разработки ливреи. Проводится сравнение популярных нейросетей (YandexART, DreamStudio, Kandinsky 3.1, Playground) для выявления наиболее эффективных инструментов для разных задач, а также их сильных и слабых сторон. Были сформулированы выводы о нынешнем состоянии развития технологий, их возможностях и потенциале для применения в процессе создания ливрей. В завершение работы даны рекомендации по определению наиболее подходящей технологии для данной задачи.

Ключевые слова: нейронные сети, автомобильные ливреи, генерация изображений, дизайн, искусственный интеллект.

M.L. Primatov, E.V. Gorina

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

APPLICATION OF NEURAL NETWORKS IN MOTORSPORT LIVERY DESIGN

Abstract. The article is focused on the use of generative neural networks to create automobile livery. It analyzes the key points of this process, from the generation of reference images to their application in the subsequent stages of livery development. Popular neural networks (YandexART, DreamStudio, Kandinsky 3.1, Playground) are compared to identify the most effective tools for different tasks, as well as their strengths and weaknesses. Conclusions were formulated about the current state of technology development, their capabilities and potential for application in the process of livery creation. The paper concludes with recommendations for determining the most appropriate technology for the given task.

Keywords: neural networks, automobile livery, image generation, design, artificial intelligence.

Введение. Технологии нейронные сети активно внедряются в жизнь современного человека, начиная от генерации простых текстов и заканчивая сложными вычислениями и видеороликами. Создание автомобильных ливрей также постепенно входит в область применения нейронных сетей. Современные сервисы способны значительно ускорить процесс создания начальных стадий проектирования автомобильных винилов. Нейросети постепенно становятся неотъемлемой частью в сфере графики, обещая радикальные изменения в подходах к созданию дизайна и графики [1].

Нейронные сети представляют собой математические модели машинного обучения, которые имитируют работу человеческого мозга [2]. Они состоят из множества взаимосвязанных узлов, или нейронов, организованных в слои. Основная задача нейросетей — анализ и обработка данных с целью выявления скрытых закономерностей и выполнения сложных задач. В контексте графики используются различные типы нейросетей. Каждая из них подходит для выполнения специфических задач, например генерации уникальных проектов [3].

Нейросети все чаще применяются для ускорения процессов, связанных с дизайном автомобильных ливрей. Основные направления их использования в графике включают:

- Генерация основных элементов ливреи: Нейросети способны преобразовывать текстовые описания в изображения автомобиля с уже нанесенной ливреей в разных плоскостях. Тем не менее, создаваемые ливреи зачастую имеют базовый уровень детализации и требуют доработки вручную.
- Генерация автомобиля: Нейросети автоматизируют процесс создания модели автомобиля. Однако созданные изображения могут нуждаться в дополнительной корректировке.

Применение нейросетей для генерации основных элементов ливреи — один из самых значимых аспектов в создании автомобильных ливрей. Современные сервисы позволяют быстро преобразовывать текст в изображения или видео с уже нанесенной на автомобиль ливреей, исключая трудоемкий процесс создания моделей и мокапов.

Использование нейросетей в создании винилов имеет большое количество плюсов, основанных на возможностях нейросетей. Одна из ключевых особенностей — это высокая скорость работы, которая позволяет нейросетям оперативно генерировать первоначальные концепции дизайнов и ливрей, сокращая время, затрачиваемое на разработку базовых графических элементов. Автоматизация рутинных операций освобождает дизайнеров от монотонных задач, а ускорение начальной фазы разработки приводит к существенной экономии ресурсов.

Однако присутствуют и ограничения. Стабильная работа нейросетей за пределами серверов компании предполагает наличие производительных устройств у пользователей. Кроме того, создаваемые ими модели и изображения имеют базовый уровень качества и требуют последующей доработки вручную. Ещё одним важным аспектом является зависимость от данных: для обучения нейросети нужны большие объёмы качественной информации, без которой их результаты остаются ограниченными.

Среди большого количества сервисов по генерации изображений было выбрано четыре самые продвинутые нейросети. А именно, YandexART, DreamStudio, Kandinsky 3.1, Playground. В каждой из этих нейросетей, если этого позволял сервис, было проведено несколько тестов, а именно, генерация модели автомобиля с помощью текста, генерация реалистичных и стилизованных моделей.

В качестве референса был выбран автомобиль Lada Kalina в кузове хетчбэк с ливреей экипажа №14 команды LADA Sport ROSNEFT (1). Качество сгенерированных ливрей покажет, насколько хорошо нейросеть справляется с генерацией винила и модели автомобиля.



1.

Исходное изображение автомобиля

Для автомобиля Lada Kalina был написан промт, который относительно подробно описывает объект. Данное исследование позволит оценить способность нейросети создавать автомобили с заданной ливреей на основе текстового запроса. Также будет определено, насколько эффективно использование нейросетей для создания прототипов автомобилей. Промт, в данном случае, представляет собой запрос к нейросети, направленный на получение желаемого изображения, текста или другого результата.

Промт для генерации автомобиля с определенной ливреей: “Lada Kalina hatchback rally car in the livery of LADA Sport ROSNEFT team. The main color of the car is yellow. The livery must include orange and black colors. LADA Sport and ROSNEFT logos should be visible on the car. The car must look dynamic and ready for the race, with elements typical of rally cars, such as spoilers, wide wheels and protective elements. The background can be neutral or include rally track elements.”

Первый сервис – Kandinsky 3.1. Создание изображения в нем начинается с выбора стиля: нейросеть предоставляет более 10 вариантов, включая возможность использования пользовательского стиля, заданного в промте. Затем сервис предлагает ввести промт, или, по желанию, негативный промт. На основе выбранного стиля и введенного промта нейросеть генерирует изображение. После создания изображения сервис предоставляет возможность внести в него коррективы, а также сформировать новое изображение, заменяя существующее, или добавить новое изображение рядом с уже созданным.

Автомобильные ливреи, сгенерированные нейросетью Kandinsky 3.1:

Ливрея, сгенерированная по созданному запросу (2). Как видно на изображении, нейросеть добавила большое количество белого цвета, чего в прописанном промте не предусмотрено. В данном случае это можно исправить, прописав негативный промт.



2. Результат генерации нейросети Kandinsky

3.1 по написанному промту

Ливрея автомобиля, сгенерированная с добавлением негативного промта (3)



3. Результат генерации нейросети Kandinsky

3.1 по написанному промту и негативному промту

Kandinsky 3.1 позволяет генерировать, редактировать и улучшать изображения с помощью текстового промта. Также сервис предлагает большой выбор стилей и возможность использования негативного промта. Модель демонстрирует неплохие результаты при создании вариантов ливрей, но воспроизвести референсное изображение ей не удаётся. Кроме того, Kandinsky 3.1 испытывает трудности с распознаванием моделей и марок автомобилей.

Следующая нейросеть, отечественная разработка компании Yandex – YandexART. Первым действием в данном сервисе является создание промта и выбор соотношения сторон генерируемого изображения. В отличие от предыдущей нейросети тут нет негативного промта и стиля изображения, что является большим минусом, ведь придется редактировать исходный запрос.

Автомобильные ливреи сгенерированные нейросетью YandexART:

Ливрея сгенерированная по исходному запросу (4)



4. Результат генерации нейросети YandexART по написанному промту



5. Результат генерации нейросети YandexART по переписанному промту

Ливрея сгенерированная по измененному запросу (5)

YandexART, несмотря на ограниченное количество настроек генерации, демонстрирует отличное понимание марки и модели автомобиля, указанных в промте. Полученные изображения ливреи команды LADA Sport ROSNEFT очень близки к оригинальному варианту, но все же требуют ручной доработки.

Следующей нейросетью для исследования выбран продукт DreamStudio. В первую очередь необходимо прописать промт, выбрать стиль и размер изображения. Также как и предыдущие сервисы, данная нейросеть позволяет изменять полученные сгенерированные изображения. Однако помимо изменения можно выбрать один из полученных вариантов и сделать его референсом для последующих генераций.

Автомобильные ливреи созданные нейросетью DreamStudio:

1. Ливрея, сгенерированная по прописанному промту (рис 6). Данная нейросеть распознала, что необходимо создать ливрею и первой генерацией создала изображение автомобиля с нескольких сторон, что сильно упростит последующее создание автомобильной ливреи.



6. Результат генерации нейросети DreamStudio по написанному промту

Ливрея, сгенерированная по измененному промту (7). Несмотря на ранее созданные изображения с разными ракурсами автомобиля, изменение промта привело к генерации автомобиля с ливреей с одного ракурса.



7. Результат генерации нейросети DreamStudio по переписанному промту

Вывод по нейросети DreamStudio: благодаря большому количеству настроек генерации и возможность использовать сгенерированное изображение как референс для последующих генераций, данная нейросеть выделяется от остальных, однако качество и разнообразие генерации ливрей не является сильной стороной данного сервиса. Также DreamStudio не смогла сгенерировать марку и модель автомобиля, указанного в исходном промте.

Последней из исследуемых нейросетей является Playground. Процесс создания изображения в данном сервисе отличается от других, в первую очередь необходимо выбрать пресет генерации с базовым изображением и только после этого имеется возможность написать промт или редактировать полученное изображение. Однако такой способ позволяет добиться высокой точности с оригиналом.

Автомобильные ливреи созданные нейросетью Playground:

1. Ливрея, сгенерированная с помощью референсного изображения (8)



8. Результат генерации нейросети Playground с использованием референса

Ливрея, сгенерированная с помощью промта, после генерации изображения (9)



9. Результат генерации нейросети Playground по написанному промту

Вывод по Playground: благодаря использованию референсного изображения нейросеть хорошо генерирует первоначальный вариант ливреи, однако последующие варианты редактирования генерации не отличаются большой вариативностью, что делает результаты генерации при помощи Playground зависимыми от референсного изображения.

В настоящее время нейросети способны генерировать лишь базовые варианты автомобильных ливрей, которые могут послужить отправной точкой для более детальной разработки или как демонстрационный макет для клиента. Сгенерированные ливреи пока не могут использоваться как финальный продукт из-за большого количества артефактов и неточностей, также большинство сервисов не способно точно передать марку и модель автомобиля, что делает невозможным быстрое воплощение ливреи на автомобиле. Для подготовки к печати винила, все результаты должны быть скорректированы по размерной сетке выбранного автомобиля, в чем протестированные нейросети пока что не могут быть использованы.

Заключение. Исследование показало, что нейросети вполне могут справиться с первоначальными этапами разработки ливрей: определить общий стиль, создать концепцию и нарисовать основные элементы. В отдельных ситуациях они могут ускорить процесс создания мудборда, однако полноценно заменить ручную разработку автомобильных ливрей не могут.

С генерацией по базовому текстовому промту лучше всего справляется нейросеть YandexART, однако скромность настройки генерируемых изображений не делает данный сервис универсальным помощником.

С генерацией по референсному изображению лучше всех справилась нейросеть Playground, но отсутствие возможности изначально прописать промт также не делает сервис лучшим вариантом для создания автомобильных ливрей.

Kandinsky 3.1 и DreamStudio сильно выделяются среди остальных своими возможностями вносить изменения после генерации первого изображения, а также возможность прописать негативный промт. Также данные нейросети могут генерировать несколько изображений на одной странице, что способствует созданию качественного мудборда.

Различия в качестве генерируемых изображений между выбранными нейросетями не являются существенными. При помощи каждого сервиса можно сгенерировать как неплохой референс для последующей ручной разработки, так и плохой вариант ливреи с большим количеством неточностей и погрешностей. Также ни одна нейросеть не смогла справиться с грамотной отрисовкой логотипов спонсоров.

Больше функционала, возможностей и настроек имеет нейросеть DreamStudio, помимо возможности использования для генерации как изображения, так и текста. DreamStudio может предложить гибкие настройки сгенерированного изображения, а также нейросеть генерирует несколько изображений из которых пользователь может сделать выбор и продолжить его редактировать.

Если пользователь не хочет долго разбираться в настройках и сложных интерфейсах, то лучшим выбором для него станет нейросеть YandexART. Данный сервис предлагает хорошую генерацию по короткому промту без лишних настроек.

Если для пользователя имеет значение возможность генерировать изображения бесплатно и без ограничений, то лучшим выбором будет Kandinsky 3.1. Данный сервис не имеет каких-либо ограничений, однако скорость генерации у него не самая быстрая.

Для того чтобы нейросети активно использовались в процессе создания автомобильных ливрей и винилов, в первую очередь нужно научить нейросеть разрабатывать правильную сетку конкретно указанного в промте автомобиля, а также уменьшить количество визуальных ошибок при генерации. На данном этапе нейросети способны лишь помочь дизайнеру в поиске идеи для ручной реализации её в дальнейшем. Возможности нейросетей в создании автомобильных ливрей в будущем весьма велики, и с усовершенствованием технологий их роль в этой сфере будет только увеличиваться.

Список литературы

1. Бар таше в и ч А.П., Ми лее в а Е.С. **Использование искусственного интеллекта в дизайне: преимущества и ограничения** // УО «ВГТУ». Витебск: 2023. Т. 2. С. 163 - 164.
2. Ho J., Jain A., Abbeel P. Denoising Diffusion Probabilistic Models. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2020. Т. 33. С. 6840-6851.
3. Davenport T., Mittal N. How Generative AI Is Changing Creative Work. URL: <https://hbr.org/2022/11/how-generative-ai-is-changing-creative-work> (дата обращения: 08.03.2025)

References

1. Bartashevich A.P., Mileeva E.S. Ispol'zovanie iskusstvennogo intellekta v dizajne: preimushhestva i ogranichenija [The use of artificial intelligence in design: advantages and limitations] // УО «ВГТУ». Vitebsk: 2023. Vol. 2. 163-164 pp. (in Rus.).
2. Ho J., Jain A., Abbeel P. Denoising Diffusion Probabilistic Models. *Advances in Neural Information Processing Systems*. 2020. Vol. 33. 6840-6851 pp.
3. Davenport T., Mittal N. How Generative AI Is Changing Creative Work. URL: <https://hbr.org/2022/11/how-generative-ai-is-changing-creative-work> (date accessed: 08.03.2025)

БУДУЩЕЕ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ: ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ ПРОТИВ КИБЕРАТАК

© П.Романенко, 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

В современном мире киберугрозы становятся всё более сложными и разнообразными, что требует применения новых технологий для их обнаружения и предотвращения. Искусственный интеллект (ИИ) играет ключевую роль в кибербезопасности, позволяя анализировать аномалии в сетевом трафике, выявлять подозрительные действия и предсказывать возможные атаки. В статье рассматриваются основные направления использования ИИ, его преимущества и потенциальные угрозы, связанные с его применением. Также обсуждаются перспективы развития ИИ в сфере кибербезопасности, включая создание автономных систем защиты.

Ключевые слова: Кибербезопасность, искусственный интеллект, кибератаки, машинное обучение, автоматизация защиты, угрозы безопасности, нейронные сети, предсказательная аналитика, киберпреступность, защита данных.

P.Romanenko

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

THE FUTURE OF CYBERSECURITY: ARTIFICIAL INTELLIGENCE VS. CYBER ATTACKS

In the modern world, cyber threats are becoming increasingly complex and diverse, requiring the use of new technologies for their detection and prevention. Artificial intelligence (AI) plays a key role in cybersecurity, enabling the analysis of network traffic anomalies, identifying suspicious activities, and predicting potential attacks. This article examines the main directions of AI application, its advantages, and potential risks associated with its use. It also discusses the prospects for AI development in cybersecurity, including the creation of autonomous defense systems.

Keywords: Cybersecurity, artificial intelligence, cyber-attacks, machine learning, security automation, security threats, neural networks, predictive analytics, cybercrime, data protection.

В последние десятилетия стремительное развитие информационных технологий радикально изменило цифровую среду. Сегодня интернет и цифровые решения проникли практически во все сферы жизни — от бизнеса и государственных учреждений до повседневной деятельности каждого человека. Однако вместе с этим растёт и число киберугроз: хакеры совершенствуют свои методы, а количество атак на информационные системы увеличивается с каждым годом.

Современные угрозы включают вредоносное программное обеспечение, фишинговые схемы, взломы корпоративных и государственных сетей. По статистике, в 2023 году число кибератак выросло на 20 % по сравнению с предыдущим годом, что указывает на активизацию преступников в цифровой среде. Эти атаки могут приводить к серьёзным финансовым потерям, утечкам персональных данных и даже к сбоям в работе критически важных систем. Классические методы защиты, основанные на сигнатурном анализе и традиционных механизмах предотвращения угроз, становятся всё менее эффективными [2].

В ответ на рост киберугроз развивается и система защиты. Одним из самых перспективных направлений в этой области стало применение искусственного интеллекта. Технологии ИИ позволяют анализировать огромные объёмы данных в реальном времени, выявлять подозрительную активность и даже прогнозировать возможные атаки. Это значительно повышает эффективность киберзащиты и автоматизирует многие процессы, что особенно актуально в условиях нехватки квалифицированных специалистов в сфере информационной безопасности.

Анализ динамики кибератак в 2023–2024 годах на территории России и стран СНГ показывает, что доля успешных атак остаётся на высоком уровне, несмотря на развитие средств защиты (1). Это указывает на то, что киберпреступники постоянно совершенствуют свои методы, находя уязвимости в существующих системах безопасности. Традиционные механизмы защиты уже не всегда справляются с современными угрозами, что создаёт необходимость поиска новых решений.

В этом контексте искусственный интеллект становится одним из ключевых инструментов в сфере кибербезопасности. Системы на основе ИИ способны анализировать большие массивы данных, выявлять подозрительную активность и оперативно реагировать на угрозы. Однако, как видно из представленных данных (1), проблема остаётся актуальной, и эффективность защиты напрямую зависит от скорости внедрения новых технологий. В дальнейшем развитие адаптивных систем на основе ИИ может сыграть решающую роль в снижении успешности кибератак и укреплении цифровой безопасности.



1. Доля успешных кибератак от общего числа РФ и СНГ за 2023-2024 годы

С каждым годом сложность кибератак только возрастает. По данным исследовательской компании Cybersecurity Ventures, к 2025 году ущерб от киберпреступности во всём мире может достигнуть 10,5 триллиона долларов ежегодно. Это ещё раз подтверждает, что традиционные методы защиты, основанные на статических сигнатурах и известных паттернах атак, уже не справляются с современными вызовами. Хакеры всё чаще применяют передовые технологии, включая искусственный интеллект и машинное обучение, чтобы обходить существующие системы безопасности. В таких условиях дальнейшее развитие и внедрение ИИ в кибербезопасность становится не просто перспективным направлением, а насущной необходимостью.

Одним из наиболее распространённых видов атак остаются фишинговые рассылки, которые становятся всё сложнее и реалистичнее. Они часто маскируются под официальные сообщения от банков, крупных компаний или государственных учреждений, что значительно повышает вероятность успеха атаки. Вредоносное программное обеспечение, применяемое хакерами, адаптируется к системам защиты и может находиться в инфраструктуре жертвы длительное время, не вызывая подозрений. В частности, современные вредоносные программы используют методы полиморфизма и шифрования, что позволяет им скрываться от антивирусных решений.

Кроме того, широкое распространение Интернета вещей (IoT) увеличивает число потенциальных уязвимостей. Сегодня миллионы устройств — от умных камер и датчиков до медицинского оборудования и промышленных систем — подключены к сети, но зачастую обладают недостаточным уровнем защиты. В результате хакеры могут использовать уязвимости IoT-устройств для проведения атак, включая DDoS-атаки и перехват данных. Одним из наиболее известных примеров кибератак с использованием IoT является ботнет Mirai, который заразил сотни тысяч незащищённых устройств и применил их для организации масштабных DDoS-атак [3].

Все эти факторы подталкивают организации к внедрению новых методов обеспечения безопасности. Использование ИИ в кибербезопасности уже не просто перспективная возможность, а необходимость. Искусственный интеллект способен анализировать большие массивы данных, выявлять закономерности, которые недоступны традиционным системам защиты, и адаптироваться к новым типам атак в режиме реального времени. Это делает его важнейшим инструментом в борьбе с киберугрозами и позволяет значительно повысить уровень безопасности цифровых систем.

Современные технологии ИИ применяются для решения широкого спектра задач в сфере кибербезопасности. Одно из ключевых направлений — анализ сетевого трафика с целью обнаружения аномалий. Алгоритмы машинного обучения (ML) позволяют отслеживать поведенческие факторы, выявлять подозрительную активность и оперативно реагировать на потенциальные угрозы. Например, если система фиксирует, что пользователь внезапно начинает загружать большой объём данных в нерабочее время, это может указывать на взлом или утечку информации.

Глубокие нейронные сети (DNN) используются для классификации угроз и оценки их степени опасности. Они помогают различать легитимные и вредоносные действия, снижая риск ложных срабатываний. В современных системах кибербезопасности применяются сложные многослойные архитектуры ИИ, способные анализировать журналы событий, выявлять аномальное поведение и оперативно предупреждать специалистов о возможных угрозах [4].

Кроме того, ИИ активно применяется в системах автоматизированного обнаружения и реагирования на угрозы (SOAR), которые способны самостоятельно принимать решения о блокировке вредоносных действий. Эти технологии существенно снижают нагрузку на специалистов по кибербезопасности, автоматизируя процесс выявления и нейтрализации атак. Большинство современных антивирусных программ и систем предотвращения вторжений (IPS) уже используют ИИ-алгоритмы, что делает их более эффективными по сравнению с традиционными методами защиты.

Другим важным направлением является применение ИИ в защите облачных сервисов. По мере того, как всё больше компаний переходят на облачные технологии, возрастает необходимость усиленной защиты данных. Искусственный интеллект позволяет мониторить активность пользователей, анализировать журналы входов в систему и выявлять подозрительное поведение, что значительно снижает риск компрометации учётных записей. Крупные облачные платформы, такие как AWS, Microsoft Azure и Google Cloud, уже активно внедряют системы кибербезопасности на основе ИИ.

Ещё одной перспективной областью применения ИИ является борьба с мошенничеством (fraud detection). Банковские и финансовые учреждения активно используют алгоритмы машинного обучения для выявления аномальных транзакций и предотвращения финансовых преступлений. Например, если система обнаруживает, что с карты

клиента внезапно совершаются крупные покупки в разных странах в короткий промежуток времени, она может автоматически заблокировать карту и уведомить владельца.

Применение искусственного интеллекта в кибербезопасности даёт ряд значительных преимуществ. Во-первых, ИИ способен анализировать огромные массивы данных за считанные секунды, выявляя потенциальные угрозы гораздо быстрее, чем человек. Это позволяет минимизировать время реагирования на атаки и предотвращать возможные ущербы. Во-вторых, технологии машинного обучения делают системы защиты более адаптивными — они способны эволюционировать и совершенствоваться по мере накопления новых данных.

Однако существуют и определённые ограничения. Разработка и поддержка ИИ-систем требует значительных финансовых вложений, что может быть недоступно для малых и средних предприятий. Кроме того, злоумышленники также используют технологии машинного обучения для создания более сложных атак, что приводит к новой гонке вооружений в сфере кибербезопасности. Ложноположительные срабатывания остаются одной из ключевых проблем ИИ в этой области — алгоритмы могут ошибочно блокировать легитимные действия, создавая дополнительные сложности для пользователей.

Важным направлением развития ИИ в кибербезопасности является создание автоматизированных систем реагирования на угрозы (SOAR — Security Orchestration, Automation and Response). Эти системы не только обнаруживают потенциальные атаки, но и способны самостоятельно принимать решения о мерах противодействия в режиме реального времени. Например, при выявлении вредоносного программного обеспечения система может автоматически изолировать заражённое устройство от сети, предотвращая дальнейшее распространение угрозы [1].

Такие технологии позволяют значительно снизить нагрузку на специалистов по кибербезопасности, освобождая их от рутинных задач. Вместо того чтобы вручную анализировать каждый инцидент, сотрудники могут сосредоточиться на более сложных и критически важных аспектах защиты. При этом автоматизированные системы способны обучаться на основе предыдущих атак, совершенствуя алгоритмы обнаружения угроз и повышая эффективность защиты.

Однако полной автономности таких решений пока нет. В ряде случаев требуется вмешательство человека, особенно при сложных и нетипичных атаках. Кроме того, системы SOAR могут сталкиваться с проблемой ложных срабатываний, когда безопасные действия пользователей ошибочно классифицируются как подозрительные. Это требует постоянного совершенствования алгоритмов и внедрения механизмов объяснимости решений ИИ, позволяющих операторам лучше понимать логику работы системы.

С развитием ИИ всё большее распространение получает биометрическая аутентификация, включающая распознавание лиц, отпечатков пальцев, радужной оболочки глаза и даже голосовых команд. Такие методы идентификации обеспечивают более высокий уровень безопасности по сравнению с традиционными паролями, поскольку биометрические данные значительно сложнее подделать или украсть [5].

Одним из наиболее перспективных направлений является поведенческий анализ, при котором системы ИИ отслеживают привычки пользователя — скорость набора текста, характерные движения мыши, частоту посещения определённых веб-ресурсов. Если поведение резко изменяется (например, пользователь начинает вводить пароль необычно медленно или совершает нетипичные операции), система может запросить дополнительную верификацию или временно ограничить доступ.

Такие методы существенно снижают риск компрометации учётных записей, поскольку даже если злоумышленник получит логин и пароль, его поведение будет отличаться от привычного для владельца аккаунта. Однако биометрическая аутентификация имеет и свои недостатки — например, если биометрические данные пользователя будут скомпрометированы, их нельзя будет просто заменить, как обычный пароль. Это делает необходимой разработку новых механизмов защиты биометрической информации.

Развитие квантовых технологий несёт в себе как новые угрозы, так и перспективные возможности для кибербезопасности. Квантовые компьютеры, обладая огромной вычислительной мощностью, потенциально способны взломать современные криптографические алгоритмы, что ставит под угрозу защиту данных на глобальном уровне. Однако специалисты уже разрабатывают квантовую криптографию, которая благодаря законам квантовой механики может обеспечить новый уровень безопасности.

Одной из ключевых технологий в этой области является квантовое распределение ключей (QKD — Quantum Key Distribution). Оно позволяет создать полностью защищённые каналы передачи данных, взлом которых будет невозможен даже с применением квантовых вычислений. В перспективе такие технологии могут стать стандартом для финансовых организаций, государственных структур и других критически важных сфер.

Искусственный интеллект уже сейчас играет важную роль в кибербезопасности, помогая анализировать большие объёмы данных, выявлять угрозы в режиме реального времени и оперативно реагировать на атаки. Однако методы злоумышленников также становятся всё более сложными, и они активно используют передовые технологии, что усложняет борьбу с киберугрозами.

Будущее ИИ в кибербезопасности связано с дальнейшим развитием машинного обучения, интеграцией квантовых вычислений и созданием адаптивных систем защиты. Однако важно, чтобы использование ИИ сопровождалось тщательным контролем его решений, что позволит минимизировать риски ложных срабатываний и возможных уязвимостей. В конечном счёте эффективность киберзащиты будет зависеть от грамотного взаимодействия человека и искусственного интеллекта, что поможет создать более безопасное цифровое пространство для пользователей по всему миру.

Список литературы

1. Касперская Н. Ю. Киберугрозы: вчера, сегодня, завтра // Информационная безопасность России. – 2022. № 4. С. 15–23.
2. Долгов С. В., Иванов П. Н. Искусственный интеллект в кибербезопасности: перспективы и вызовы // Вопросы кибернетики. 2021. Т. 18, № 2. С. 45–59.
3. Власов А. Г., Смирнов Д. А. Автоматизированные системы защиты информации. М.: Наука, 2020. 256 с.
4. Гаврилов Е. А., Тимофеев К. Л. Современные методы машинного обучения в информационной безопасности // Компьютерные науки и технологии. – 2023. – № 1. – С. 77–89.
5. Schneier B. Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C. – 2nd ed. – New York: John Wiley & Sons, 2017. – 784 p.

References

1. Kasperskaya N. Yu. Kiberugrozy: vchera, segodnya, zavtra [Cyber Threats: Yesterday, Today, Tomorrow]. *Informacionnaya bezopasnost' Rossii* [Information Security of Russia]. 2022. No. 4. P. 15–23. (in Rus.).
2. Dolgov S. V., Ivanov P. N. Iskusstvennyj intellekt v kiberbezopasnosti: perspektivy i vyzovy [Artificial Intelligence in Cybersecurity: Prospects and Challenges]. *Voprosy kibernetiki* [Cybernetics Issues]. 2021. Vol. 18, No. 2. P. 45–59. (in Rus.).
3. Vlasov A. G., Smirnov D. A. *Avtomatizirovannye sistemy zashchity informacii* [Automated Information Protection Systems]. Moscow. Nauka, 2020. 256 p. (in Rus.).
4. Gavrilov E. A., Timofeev K. L. Sovremennye metody mashinnogo obucheniya v informacionnoj bezopasnosti [Modern Machine Learning Methods in Information Security]. *Komp'yuternye nauki i tekhnologii* [Computer Science and Technology]. 2023. No. 1. P. 77–89. (in Rus.).
5. Schneier B. Applied Cryptography: Protocols, Algorithms, and Source Code in C. – 2nd ed. – New York: John Wiley & Sons, 2017. – 784 p.

УДК 004.92

Е.А. Саламатова, Е.Н. Дроздова

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОТОТИПА КОМПЬЮТЕРНОЙ ИГРЫ В ЖАНРЕ ПУТЕШЕСТВИЕ

© Е.А. Саламатова, Е.Н. Дроздова, 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

В статье рассматриваются особенности разработки прототипа компьютерной игры в жанре путешествие. Обсуждаются концепция игры. Описывается интерфейс игры. Рассматривается разработка механики игры: создание мини-игр, добавление реплик персонажей, реализация механики прохождения игр, создание главного и конечного меню, добавление звуковых эффектов. Разбирается программная реализация прототипа игры с использованием кроссплатформенной среды разработки компьютерных игр Unity.

Ключевые слова: прототипирование, видеоигра, Unity, геймплей, игровая механика.

Е.А. Salamatova, E.N. Drozdova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

SOFTWARE IMPLEMENTATION OF PROTOTYPE TRAVEL COMPUTER GAME

The article discusses the features of developing a prototype computer game in the travel genre. The concept of the game is discussed. The game interface is described. The development of game mechanics is considered: creating mini-games, adding character replicas, implementing game mechanics, creating the main and final menus, adding sound effects. Disassembles the software implementation of the prototype game using the Unity cross-platform computer game development environment.

Keywords: prototyping, video game, Unity, gameplay, game mechanics.

Введение. Жанр путешествий в 3D-играх выделяется своей уникальной механикой и акцентом на исследование. Игроки погружаются в обширные и детализированные миры, где они могут свободно взаимодействовать с окружением, решать головоломки и открывать новые сюжетные элементы. В таких играх важна не только сюжетная линия, но и атмосфера, создаваемая тщательно проработанными локациями и звуковым оформлением. Одной из ключевых особенностей игр в жанре «путешествие» является наличие разнообразных элементов, которые побуждают игроков

исследовать мир. Разработчики должны уделять особое внимание дизайну окружения, чтобы создавать интересные и запоминающиеся места, полные деталей и скрытых возможностей. Каждая часть игрового мира должна быть уникальной и предлагать игрокам новые впечатления и открытия.

Интерактивность и взаимодействие с окружающим миром играют важную роль в этом жанре. Игроки должны иметь возможность взаимодействовать с различными объектами, будь то сбор предметов, решение головоломок или общение с персонажами. Такое взаимодействие не только обогащает игровой процесс, но и способствует погружению в сюжет, создавая ощущение живого и динамичного мира.

Сюжет и повествование также занимают центральное место в играх жанра «путешествие». Увлекательный сюжет должен быть органично интегрирован в игровой процесс, чтобы поддерживать интерес игроков. Этого можно добиться с помощью диалогов, кат-сцен и событий, которые происходят во время игры. Хорошо проработанный сюжет может значительно повысить эмоциональную вовлеченность игроков и сделать игру более запоминающейся.

Рассмотрим особенности разработки прототипа компьютерной игры в жанре «путешествие» на примере десктопной 3D-игры в сказочном сеттинге [1]-[4].

1. Концепция игры. Игрок попадает в волшебную долину (небольшую деревушку). Он встречает мифического героя, который предлагает помочь выбраться из деревни, если игрок сможет добыть для него зелье. Персонаж отправляется на поиски лавки зельевара и узнает, что для приготовления зелья ему необходимо собрать различные компоненты. Чтобы найти все элементы, игроку придется проходить мини-головоломки и исследовать местность.

Основная механика игры — это сбор компонентов для приготовления зелья. Игрок должен исследовать окружающую местность, находить различные предметы и решать головоломки, чтобы найти все необходимые элементы. Каждый элемент может быть спрятан в разных уголках деревни или окружающей местности, поэтому игроку придется внимательно исследовать каждый уголок, чтобы собрать все компоненты. Главная задача игрока — найти все компоненты для приготовления зелья и выбраться из деревни.

При запуске игры появится игровое меню. Оно включает в себя название игры, описание правил и кнопку для начала игры. Игровой экран: внутри игры в нижней части экрана будут располагаться реплики персонажей. Экран окончания игры: после завершения игровой сессии в центре экрана будет сообщение о завершении игры (выход из деревни). В нижней части экрана будет кнопка выхода в главное меню.

Игровое поле: игровой мир представляет собой 3D-деревню в стиле фэнтези. В данной деревне есть несколько домиков, с которыми можно взаимодействовать. Также в деревне присутствуют деревья и другие элементы декора.

Модель игрока: главный персонаж игры — обычный человек, чья внешность не видна из-за отсутствия отображения внешних моделей в игре от первого лица. Игрок может передвигаться как по вертикали, так и по горизонтали, а также прыгать. Перемещение персонажа ограничено границами деревни.

Препятствия: на пути персонажа появляются различные препятствия — мини головоломки. Игрок должен проходить их и получать за прохождение необходимые ингредиенты, чтобы завершить игру.

Скорость работы и быстродействие: этот фактор не является критичным, так как в игре не отслеживается время действий игрока.

Визуальные эффекты: важно создать необходимую сказочную атмосферу, которая будет соответствовать общему стилю игры.

Музыка и звуковое сопровождение: эти элементы обязательны для создания нужного настроения; на заднем плане всегда звучит музыка, погружающая игрока в атмосферу игры. Кроме того, реплики персонажей могут быть озвучены для усиления взаимодействия.

2. Создание ландшафта, главного героя и окружения. Первым этапом в процессе разработки 3D-игры является создание ландшафта или игрового пространства, в зависимости от выбранного направления. В данном случае необходимо было создать ландшафт с деревьями и полянами для последующего строительства деревни.

Для разработки главного героя была использована базовая модель FPS-контроллера, которая была адаптирована для достижения корректной физики персонажа. В частности, были изменены параметры скорости движения и высоты прыжка. Также были настроены такие характеристики, как максимальная высота, которую может преодолеть персонаж, и другие параметры, способствующие улучшению игрового процесса.

Создание окружения является одним из наиболее важных этапов разработки приключенческой игры. Поскольку был выбран сказочный стиль, необходимо было обеспечить соответствие общей стилистике. Для создания атмосферы сказочной деревни были подготовлены и импортированы различные модели домов и декораций. Эти элементы способствуют созданию уникального и привлекательного игрового мира, который поможет игроку погрузиться в атмосферу игры.

Для создания атмосферы оживленности и уюта в деревне было установлено освещение. Оно было реализовано с помощью установки осветительных столбов вдоль главной дороги, ведущей к центральной части деревни. Эти источники света не только обеспечивают необходимую видимость, но и создают эффект динамики и активности в игровом мире.

Кроме того, на сцену был добавлен горящий костёр в центре деревни, который добавляет особую атмосферу и тепло. Он не только освещает пространство, но и создаёт ощущение уюта и комфорта, что помогает игроку погрузиться в игровой мир.

Освещение в окнах домов также играет важную роль в создании атмосферы деревни. Оно создаёт ощущение, что в деревне есть жизнь и движение, что делает игровой мир более интересным и привлекательным. Все эти элементы вместе создают гармоничное и привлекательное пространство, которое помогает игроку почувствовать себя частью игрового мира.

Чтобы игрок мог лучше ориентироваться в игровом процессе и понимать, какие действия ему необходимо предпринять, в деревне появилось несколько персонажей, обитающих в этой деревне. Одним из таких персонажей стал Гриби, который будет помогать игроку выбраться из волшебной долины. Вторым персонажем является зельевар, который делится с игроком знаниями о том, как можно создать зелье из ингредиентов, доступных в его лавке. Кроме того, на деревенском рынке есть продавец, который поможет игроку найти необходимый ингредиент. Этот персонаж также будет способствовать созданию более насыщенной и живой атмосферы в игре. В дальнейшем будет настроено взаимодействие с этими персонажами и добавлены их реплики, что позволит игроку глубже погрузиться в сюжет и взаимодействовать с окружающим миром.

На рисунке 1 приведены примеры созданного игрового окружения и добавленные персонажи.



а



б



в



г

1. Примеры игрового окружения и персонажей: а — свет в окнах дома; б — персонаж Гриби; в — персонаж зельевар; г — персонаж продавец

Далее рассмотрим разработку механики игры с использованием платформы Inity.

3. Разработка игровой механики

3.1. Создание мини-игры

В качестве мини-игры были выбраны пазлы, которые позволят игрокам не только развлечься, но и развить логическое мышление. Для начала была подготовлена подходящая картинка, которая позже была разделена на 32 сегмента с помощью функции Sprite Editor (рисунок 2, а).

Следующим шагом стало внедрение механики поворота пазлов. Для этого был разработан специальный скрипт, представленный на рисунке 2,б. Этот скрипт позволяет игроку поворачивать каждый элемент пазла, нажимая на него левой кнопкой мыши. Чтобы обеспечить функциональность для всех частей пазла, этот скрипт необходимо добавить к каждому из 32 сегментов.

После того как игрок успешно соберёт пазл, на экране появится кнопка, позволяющая вернуться в деревню. Для реализации этой функции был написан ещё один скрипт, представленный на рисунке 2,в. Этот скрипт отслеживает успешное завершение мини-игры и выводит кнопку, которая обеспечивает переход в основной игровой мир.

Данная мини-игра будет запускаться при приближении персонажа к волшебному сундуку. Игрок поймёт, что это нужно сделать, после подсказки продавца на рынке. Чтобы запустить игру, необходимо добавить в сцену пустой

объект и прикрепить к нему Box Collider с активированным триггером. Затем следует создать и добавить скрипт, который будет срабатывать при активации триггера и запускать мини-игру (рисунок 2, г).



а

```
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class PuzzleRotate : MonoBehaviour
6 {
7     public static bool isMouse;
8
9     private void Start()
10    {
11        int[] rotate = { 0, 90, 180, 270 };
12        transform.Rotate(0, 0, rotate[Random.Range(0, rotate.Length)]);
13        isMouse = false;
14    }
15
16    private void OnMouseDown()
17    {
18        if (!PuzzleManager.isCorrect)
19        {
20            isMouse = true;
21            transform.Rotate(0, 0, 90);
22        }
23    }
24 }
```

б

```
1 using System.Collections;
2 using System.Collections.Generic;
3 using UnityEngine;
4
5 public class PuzzleManager : MonoBehaviour
6 {
7     private GameObject[] Puzzle;
8     public static bool isCorrect;
9     private GameObject puzzleManager; // [Scene] [GameObject]
10
11     private void Start()
12     {
13         Puzzle = GameObject.FindGameObjectsWithTag("Puzzle");
14         isCorrect = false;
15         Cursor.visible = true;
16         Cursor.lockState = CursorLockMode.None;
17
18         // [Scene] [GameObject] [Scene] [GameObject]
19         puzzleManager = FindObjectOfType<GameObject>();
20     }
21
22     private void Update()
23     {
24         if (PuzzleRotate.isMouse)
25         {
26             bool allTrue = true;
27             foreach (var item in Puzzle)
28             {
29                 if (item.transform.rotation.x < -0.01 || item.transform.rotation.x > 0.01)
30                 {
31                     allTrue = false;
32                     break;
33                 }
34             }
35             if (!allTrue)
36             {
37                 isCorrect = true;
38                 puzzleManager.SendMessage("PuzzleCompleted"); // [Scene] [GameObject] [Scene] [GameObject]
39             }
40             PuzzleRotate.isMouse = false;
41         }
42     }
43 }
```

в

```
1 using UnityEngine;
2 using UnityEngine.SceneManagement;
3
4 public class запуст : MonoBehaviour
5 {
6
7     private void OnTriggerEnter(Collider collision)
8     {
9         if (collision.tag == "Player")
10        {
11            Cursor.visible = true;
12            SceneManager.LoadScene("NewPuzzle");
13        }
14    }
15 }
```

г

2. Создание мини-игры: а — разделение изображения; б — скрипт для поворота элементов пазла; в — скрипт для завершения мини-игры; г — скрипт для запуска мини-игры

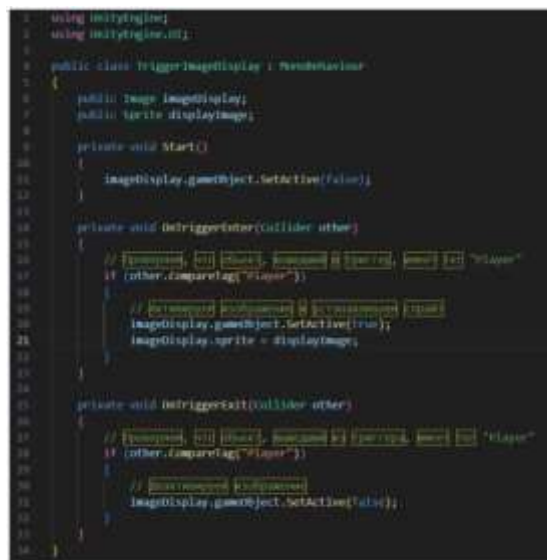
3.2. Добавление реплик персонажей

Для начала необходимо подготовить реплики персонажей с соответствующими подложками (рисунок 3, а). В качестве подложек были выбраны деревянные доски, которые гармонично вписываются в общую стилистику игры. После завершения подготовки все реплики были импортированы в среду Unity.

Чтобы реплика отображалась при приближении игрока к персонажу, необходимо создать пустой объект с триггером, аналогично тому, как это было сделано для мини-игры. Это позволит программе определять, когда игрок находится рядом с конкретным персонажем. Далее следует правильно разместить реплику на сцене и отключить ее отображение по умолчанию. Затем необходимо добавить скрипт, который будет активировать отображение реплик при срабатывании триггера (рисунок 3, б).



а



б

3. Добавление реплик персонажей:

а — пример реплики; б — скрипт для отображения реплики

3.3. Реализация механики прохождения игры

По мере прохождения игры игрок получает всё больше информации о том, как выбраться из долины. Чтобы избежать путаницы, необходимо постепенно открывать реплики и мини-игры в зависимости от текущего этапа прохождения игры.

В данной игре была реализована следующая последовательность: сначала открывается только реплика Гриби, из которой игрок понимает, что ему нужно добыть зелье. После прочтения этого текста становится доступным следующий — текст зельевара (рисунок 4, а). Игрок направляется в сторону деревни, находит лавку с зельями и узнаёт, что ему нужно найти секретный ингредиент.

Затем открываются реплики продавца на рынке. Игрок продолжает исследовать территорию деревни и находит этого продавца, который даёт подсказку о том, что секретный ингредиент находится у ремесленника. После этого открывается доступ к мини-игре. Единственный дом, напоминающий дом ремесленника, расположен недалеко от рынка, и рядом с ним стоит сундук (рисунок 4, б), который ведёт игрока к мини-игре.

После завершения мини-игры игрок получает необходимый секретный ингредиент, и реплики Гриби и зельевара обновляются. Затем игрок может подойти к зельевару, чтобы обменять ингредиент на зелье. После этого появляется светящееся поле (рисунок 4, в), вход в которое завершает игру.

Для реализации последовательного открытия объектов был создан скрипт, представленный на рисунке 4, г.



а



б



В

```

1 using UnityEngine;
2
3 public class VisibilityTrigger : MonoBehaviour
4 {
5     // Свойства: объект, который будет активен
6     public GameObject targetObject;
7
8     // Метод: вызывается, когда объект попадает в триггер
9     private void OnTriggerEnter(Collider other)
10    {
11        if (other.CompareTag("Player"))
12        {
13            // Активируем объект, который был задан в инспекторе
14            if (targetObject != null && !targetObject.activeSelf)
15            {
16                targetObject.SetActive(true);
17            }
18        }
19    }
20 }

```

Г

4. Реализация механики прохождения игры: а — отображение теста зельевара; б — дом ремесленника; в — светящееся поле (конец игры); г — скрипт для отображения объектов

3.4. Создание главного и конечного меню

Главное меню игры должно включать в себя название игры, правила, управление и кнопку для начала игры. Учитывая эти требования, разработано главное меню в едином стиле, соответствующем общей тематике игры (рисунок 5, а). Основным элементом главного меню является деревянная табличка, на которой размещены все необходимые данные. В качестве фона добавлено размытое изображение волшебного леса, что помогает создать нужную атмосферу.

Финальное меню было создано в аналогичном стиле и содержит текст, сообщающий игроку, что он смог выбраться из долины, а также кнопку, возвращающую в главное меню (рисунок 5, б).



а



б

5. Создание главного и конечного меню:
а — главное меню; б — финальное меню

3.5. Добавление звуковых эффектов

В игру добавлены различные звуковые эффекты и музыка для создания более захватывающей атмосферы. Сначала были собраны все необходимые звуки, а затем импортированы в проект. После этого звуковые эффекты были распределены по нужным сценам и объектам.

В частности, были добавлены звуки голосов персонажей (неразборчивый голос), таких как Гриби, зельевар и продавец на рынке. Музыка была добавлена в главное меню и в мини-игру, что добавило динамики и настроения. В основную часть игры были интегрированы звуки природы, что помогло игроку погрузиться в атмосферу волшебного леса.

4. Тестирование игры

После завершения разработки прототипа было проведено его тестирование на фокус группе из трех человек. Оценка фокус-группой составляющих игры по 5-балльной шкале представлена в таблице 1.

Таблица 1. Оценка составляющих игры фокус-группой

Пол, возраст	Сюжет игры	Сложность механики игры	Графика	Пожелания по улучшению игры
М, 12 5		5	5	—
Ж, 16	5	4	5	«Хотелось бы больше мини-игр»
М, 25	5	3	4	«Сюжет можно сделать длиннее и сложнее»

По результатам тестирования были сделаны следующие выводы по гипотезам.

Гипотеза 1: насколько интересным будет постоянный поиск ингредиентов зелья? Результат тестирования: в ходе тестирования игроки отметили, что разнообразие диалогов и персонажей делает процесс поиска более увлекательным. Вывод: внесение разнообразия увеличит привлекательность игры для игроков.

Гипотеза 2: не будут ли головоломки слишком сложными или слишком простыми? Результаты тестирования: в ходе тестирования была выбрана одна из головоломок, которая продемонстрировала оптимальный уровень сложности — она оказалась достаточно сложной, чтобы вызвать интерес и потребовать логического мышления, но при этом не была чрезмерно сложной, что позволяло игрокам успешно решать ее без значительных затруднений. Вывод: оптимальный уровень сложности головоломок позволит сделать игру привлекательной для широкого круга игроков.

Заключение. Таким образом, разработан работоспособный прототип компьютерной игры в жанре путешествие. Прототип реализован средствами кроссплатформенной среды разработки компьютерных игр Unity. Следует отметить, что прототипирование помогает выявить проблемы и недостатки на ранних этапах, помогая тем самым сэкономить время и ресурсы при разработке полноценной игры, что помогает улучшить продукт, скорректировав его в соответствии с ожиданиями игроков.

Список литературы

37. Особенности прототипирования игр. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/573298/> (дата обращения: 31.03.2025)
38. Проверка концепта игры минимальными средствами. URL: <https://vc.ru/pixonix/42293-proverka-koncepta-igry-minimalnymi-sredstvami> (дата обращения: 31.03.2025)
39. Прототипирование в геймдеве. URL: <https://spiiin.github.io/blog/2537188794/> (дата обращения: 31.03.2025)
40. Как создаются видеоигры: процесс разработки игры. <https://itanddigital.ru/videogame> (дата обращения: 31.03.2025)

References

25. *Osobennosti prototipirovaniya igr*. URL: <https://habr.com/ru/company/vk/blog/573298/> [Features of prototyping games]. (date accessed: 31.03.2025)
26. *Proverka koncepta igry minimal'nymi sredstvami*. URL: <https://vc.ru/pixonix/42293-proverka-koncepta-igry-minimalnymi-sredstvami> [Checking the concept of the game with minimal means]. (date accessed: 31.03.2025)
27. *Prototipirovanie v gejmdve*. URL: <https://spiiin.github.io/blog/2537188794/> [Prototyping in Game Design]. (date accessed: 31.03.2025)
28. *Kak sozdajutsja videoigry: process razrabotki igry*. <https://itanddigital.ru/videogame> [How Video Games Are Created: The Game Development Process]. (date accessed: 31.03.2025)

Л.В. Тепляков, Е.В. Горина

АНАЛИЗ БИБЛИОТЕК И ФРЕЙМВОРКОВ PYTHON ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ С ПОДКРЕПЛЕНИЕМ

© Л.В. Тепляков, Е.В. Горина 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Аннотация. Статья посвящена анализу современных фреймворков и библиотек Python для обучения с подкреплением. Исследуются ключевые инструменты, такие как PyTorch, TensorFlow и JAX, а также библиотеки Stable Baselines3, RLlib, Dopamine и TorchRL. Осуществлено их сравнение по критериям: поддержка динамических графов, интеграция с ускорителями (GPU/TPU), автоматическое дифференцирование, гибкость кастомизации, производительность и поддержка Multi-Agent RL. Показано, что выбор инструментов зависит от задачи: PyTorch и JAX доминируют в академических исследованиях, TensorFlow и RLlib — в промышленности, а TorchRL и Dopamine — в специализированных сценариях. Предоставлены практические рекомендации по использованию инструментов для задач разного уровня сложности, включая прототипирование, масштабирование и реализацию новых алгоритмов.

Ключевые слова: обучение с подкреплением, Python, фреймворки RL, библиотеки RL, PyTorch, TensorFlow, JAX, Stable Baselines3, RLlib, TorchRL, автоматическое дифференцирование, Multi-Agent RL, производительность, гибкость кастомизации, динамические графы.

L.V. Teplyakov, E.V. Gorina

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

ANALYSIS OF PYTHON LIBRARIES AND FRAMEWORKS FOR REINFORCEMENT LEARNING

Abstract. This article analyzes modern Python frameworks and libraries for reinforcement learning (RL). Key tools such as PyTorch, TensorFlow, and JAX, along with libraries like Stable Baselines3, RLlib, Dopamine, and TorchRL, are examined. The tools are compared based on criteria including support for dynamic computation graphs, integration with accelerators (GPU/TPU), automatic differentiation, customization flexibility, performance, and Multi-Agent RL capabilities. The study demonstrates that the choice of tools depends on the task: PyTorch and JAX dominate in academic research, TensorFlow and RLlib excel in industrial applications, while TorchRL and Dopamine are suited for specialized scenarios. Practical recommendations are provided for using these tools in tasks ranging from prototyping and scaling to implementing novel algorithms.

Keywords: reinforcement learning, Python, RL frameworks, RL libraries, PyTorch, TensorFlow, JAX, Stable Baselines3, RLlib, TorchRL, automatic differentiation, Multi-Agent RL, performance, customization flexibility, dynamic computation graphs.

Введение. Обучение с подкреплением (англ. Reinforcement Learning, RL) переживает эпоху бурного развития, становясь ключевой технологией в таких областях, как автономные системы, робототехника, оптимизация бизнес-процессов и даже креативные индустрии. От управления дронами до обучения искусственного интеллекта играть в сложные стратегии, RL демонстрирует потенциал, способный переопределить границы машинного интеллекта. Однако за этим ростом скрывается сложный инструментарий предлагающий гигантский выбор решений. Разработчикам приходится выбирать из множества библиотек и фреймворков, каждый из которых предлагает свои компромиссы между гибкостью, производительностью и удобством.

Обучение с подкреплением представляет собой область машинного обучения, где агент обучается принимать решения через взаимодействие со средой, получая награды за успешные действия и штрафы за ошибки. В отличие от обучения с учителем, RL не требует размеченных данных, вместо этого полагаясь на механизм проб и ошибок для формирования оптимальной стратегии. Однако реализация RL-систем невозможна без специализированных инструментов, которые упрощают разработку, ускоряют эксперименты и обеспечивают масштабируемость.

Фреймворки служат фундаментом для построения RL-систем, предоставляя низкоуровневые компоненты: автоматическое дифференцирование, оптимизаторы, абстракции для работы с тензорами и ускорителями (GPU/TPU). Среди ключевых игроков — PyTorch, отличающийся динамическим вычислительным графом, который упрощает отладку и эксперименты, что делает его фаворитом в академических исследованиях [1]. TensorFlow, напротив, оптимизирован для промышленного применения, предлагая интеграцию с TPU и распределенными вычислениями [2]. Набирающий популярность JAX сочетает высокую скорость вычислений с функциональным программированием, что привлекает исследователей, работающих с сложными моделями [3].

Библиотеки же фокусируются на реализации алгоритмов RL, интеграции со средами и упрощении разработки. Stable Baselines3, построенный на PyTorch, предоставляет готовые реализации PPO, SAC и DQN, идеально подходя для быстрого прототипирования. RLlib часть экосистемы Ray, поддерживает масштабирование на кластерах и Multi-Agent RL, что критично для промышленных решений. Dopamine от Google специализируется на DQN-подобных

алгоритмах, предлагая чистый код для исследований, тогда как TorchRL позволяет реализовывать новые методы, такие как Model-Based RL, благодаря низкоуровневой кастомизации.

Критерии оценки библиотек и фреймворков для обучения с подкреплением. Для объективного анализа инструментов обучения с подкреплением выделяются ключевые критерии, определяющие их пригодность для задач разного уровня сложности. Эти критерии структурированы в две группы: фреймворки, обеспечивающие низкоуровневую функциональность для реализации алгоритмов, и библиотеки, предоставляющие готовые высокоуровневые решения. Такой подход позволяет оценить инструменты не только по их техническим характеристикам, но и по их роли в экосистеме RL — от академических исследований до промышленных приложений.

Критерии оценки для фреймворков:

- Поддержка динамических вычислительных графов;
- Интеграция с ускорителями;
- Автоматическое дифференцирование;
- Гибкость кастомизации;
- Сообщество и документация.

Критерии оценки для библиотек:

- Поддержка алгоритмов;
- Интеграция со средами;
- Простота использования;
- Производительность;
- Возможность кастомизации;
- Поддержка Multi-Agent RL.

Критерии оценки библиотек и фреймворков для обучения с подкреплением можно разделить на две группы: низкоуровневые фреймворки, ориентированные на гибкость и реализацию алгоритмов, и высокоуровневые библиотеки, предоставляющие готовые решения. Для фреймворков ключевыми параметрами являются поддержка динамических вычислительных графов, интеграция с ускорителями, автоматическое дифференцирование, гибкость кастомизации и развитость сообщества. Динамические вычислительные графы — структуры, которые строятся и изменяются во время выполнения программы. В отличие от статических графов, где архитектура модели фиксируется до запуска, динамические графы позволяют гибко адаптировать вычисления во время работы. Автоматическое дифференцирование — технология, которая автоматически вычисляет производные (градиенты) функций, заданных программой, что является основой обучения нейросетей и многих алгоритмов RL.

Динамические графы, такие как в PyTorch, позволяют адаптировать структуру вычислений в реальном времени, что критично для RL-задач с переменной длиной эпизодов. Интеграция с GPU/TPU ускоряет обучение глубоких моделей, а автоматическое дифференцирование упрощает реализацию градиентных методов. Гибкость кастомизации важна для исследований, где требуются нестандартные архитектуры или функции потерь, а активное сообщество и документация ускоряют разработку и решают проблемы масштабирования.

Для библиотек оценка фокусируется на поддержке алгоритмов, интеграции со средами, простоте использования, производительности, кастомизации и поддержке Multi-Agent RL. Широкий набор алгоритмов (DQN, PPO, SAC) позволяет решать задачи разной сложности, а интеграция со стандартными средами (Gym, DM Control) упрощает тестирование. Простота API, как в Stable Baselines3, снижает порог входа для новичков. Производительность критична для промышленных приложений, где требуется распределённое обучение (например, RLlib на основе Ray). Возможность модифицировать политики или нейросети расширяет применимость библиотек, а поддержка Multi-Agent RL (QMIX, MADDPG) востребована в робототехнике и экономических моделях.

Анализ фреймворков. В обучении с подкреплением ключевую роль играют фреймворки, предоставляющие инструменты для реализации алгоритмов, интеграции с ускорителями и управления вычислительными процессами. Рассмотрим три основных фреймворка — PyTorch, TensorFlow и JAX, а также их специфические особенности, определяющие их применимость в академических и промышленных сценариях.

PyTorch выделяется динамическими вычислительными графами, которые строятся в процессе выполнения кода. Данная особенность упрощает отладку и эксперименты, позволяя исследователям модифицировать архитектуры нейросетей, что критично для RL-алгоритмов с изменяющимися структурами, таких как GNN (рус. Графовые нейронные сети) в Multi-Agent RL. PyTorch предоставляет механизмы автоматического дифференцирования, поддерживающие сложные градиентные вычисления, включая обработку циклов и рекурсии, что необходимо для методов Policy Gradient и Actor-Critic. Благодаря интеграции с GPU через CUDA и TPU через библиотеку torch_xla, фреймворк эффективно ускоряет обучение в средах с высокой размерностью. Однако PyTorch менее оптимизирован для production-сценариев по сравнению с TensorFlow, а распределённые вычисления требуют подключения инструментов вроде Horovod или Ray. В академических проектах PyTorch часто используется для прототипирования алгоритмов PPO и SAC, а также в исследованиях model-based RL с библиотекой TorchRL[4].

TensorFlow ориентирован на промышленное применение и использует статические вычислительные графы, компилируемые до выполнения, что обеспечивает высокую производительность за счет оптимизации и интеграции с TPU, что делает его оптимальным выбором для масштабируемых RL-систем. Например, обучение агентов в симуляциях с миллионами шагов значительно ускоряется благодаря статическим графам. Однако статическая природа графов усложняет отладку, что замедляет разработку новых алгоритмов. В промышленности TensorFlow применяется

для оптимизации логистических цепочек с RLlib, обучения агентов в 3D-симуляторах и интеграции RL в рекомендательные системы [5].

JAX сочетает функциональное программирование с высокой производительностью, предлагая такие функции, как автоматическое дифференцирование, векторизация и компиляция. Благодаря компиляции, JAX обеспечивает ускорение вычислений на GPU/TPU, что критично для алгоритмов с большим количеством параметров. Поддержка высших производных упрощает реализацию сложных методов, а функциональный подход позволяет эффективно реализовывать параллельные процессы, например, эволюционные стратегии. Однако кривая обучения JAX выше из-за отсутствия объектно-ориентированных абстракций, а частые обновления библиотек могут нарушать обратную совместимость. JAX активно используется в исследованиях или обучение роботов в физических симуляторах.

Сравнивая фреймворки, можно выделить ключевые различия: PyTorch доминирует в академии благодаря гибкости динамических графов, TensorFlow — в промышленности за счет оптимизации и интеграции, а JAX привлекает исследователей функциональным стилем и поддержкой высших производных. Выбор платформы зависит от задачи: PyTorch и JAX подходят для экспериментов, тогда как TensorFlow и JAX с компиляцией — для масштабируемых решений.

Анализ библиотек для обучения с подкреплением. В RL библиотеки играют ключевую роль, предоставляя готовые реализации алгоритмов и упрощая их интеграцию в проекты. Рассмотрим четыре популярные библиотеки — Stable Baselines3, RLlib, Dopamine и TorchRL — и их место в решении задач разного уровня сложности.

Stable Baselines3 (SB3), построенная на PyTorch, ориентирована на простоту и стабильность. Она реализует классические алгоритмы, такие как PPO, SAC, DQN, TD3 и A2C, предлагая унифицированный интерфейс для работы с различными средами. Её главное преимущество — минимальный порог входа: обучить агента можно за несколько строк кода, что делает её идеальной для академических проектов и быстрого прототипирования. Например, SB3 часто используется для сравнения эффективности PPO и SAC в задачах управления роботами или обучения в стандартных средах. Однако библиотека ограничена в кастомизации: модифицировать внутренние компоненты, такие как функции потерь или политики, сложно, а поддержка Multi-Agent RL отсутствует.

RLlib, входящая в экосистему Ray, фокусируется на масштабировании и промышленном применении. Она поддерживает как PPO, IMPALA, так и Multi-Agent алгоритмы QMIX, MADDPG, а также интеграцию с внешними библиотеками, включая SB3. Благодаря встроенной поддержке распределенных вычислений через Ray, RLlib позволяет обучать агентов на кластерах, что критично для задач с высокими требованиями к производительности, таких как оптимизация логистики или управление роботами в симуляторе NVIDIA Isaac. Тем не менее, настройка кластеров требует знания Ray Core, а потребление памяти выше, чем у SB3.

Dopamine специализируется на value-based (рус. основанный на ценности) методах DQN, Rainbow, C51 и ориентирована на воспроизводимость научных экспериментов. Её код минималистичен, что упрощает изучение алгоритмов и тестирование гипотез, но ограничивает функциональность: библиотека не поддерживает современные методы вроде SAC и требует доработки для пользовательских сред. Dopamine часто используется для обучения агентов в Atari-играх или воспроизведения результатов из научных статей.

TorchRL, напротив, предоставляет низкоуровневую кастомизацию для исследований. Она реализует как PPO, SAC, так и алгоритмы Dreamer, PETS, позволяя модифицировать модели, политики и градиентные потоки, что делает её незаменимой для разработки новых методов, например, гибридных подходов, сочетающих RL с планированием. Однако TorchRL требует глубокого знания PyTorch и RL-теории, а некоторые компоненты, такие как Multi-Agent RL, всё ещё находятся в стадии разработки.

Итоги анализа. В экосистеме обучения с подкреплением выбор инструментов является критически важным этапом, определяющим эффективность разработки и внедрения моделей. Этот выбор зависит от множества факторов, включая специфику решаемой задачи, требования к производительности, доступные вычислительные ресурсы, а также уровень экспертизы команды. Например, исследовательские проекты, требующие быстрого прототипирования, часто выигрывают от гибких инструментов с интуитивным синтаксисом, тогда как промышленные приложения, ориентированные на масштабируемость, могут требовать интеграции с распределенными системами. В данном разделе представлен детальный анализ современных фреймворков и библиотек для RL, охватывающий их архитектурные особенности, практические сценарии применения, а также сравнение по ключевым критериям, таким как скорость обучения, поддержка аппаратных ускорителей и простота отладки.

Фреймворки формируют основу для реализации RL-алгоритмов, обеспечивая низкоуровневые компоненты, такие как автоматическое дифференцирование и работа с ускорителями. Рассмотрим три лидирующих решения: PyTorch, TensorFlow и JAX, представленных в таблице 1.

Таблица. 1. Анализ фреймворков по критериям

Критерий	PyTorch	TensorFlow	JAX
Динамические графы	Да	Частично	Нет
Интеграция с ускорителями	GPU/TPU	TPU	GPU/TPU
Автоматическое дифференцирование	гибкость для Policy Gradient	оптимизировано для статических графов	поддержка высших производных

Гибкость кастомизации	Высокая (динамические графы)	Средняя (статические графы)	Максимальная
Сообщество и документация	Активное сообщество, обширная документация	Крупное сообщество	Растущее сообщество, ограниченная документация

Библиотеки предоставляют готовые реализации RL-алгоритмов. Анализ четырех ключевых библиотек: Stable Baselines3, RLLib, Dopamine и TorchRL, представлен в таблице 2.

Таблица. 2. Анализ четырех ключевых библиотек

Критерий	Stable Baselines3	RLLib	Dopamine	TorchRL
Поддержка алгоритмов	PPO, SAC, DQN, TD3	PPO, IMPALA, QMIX, MADDPG	DQN, Rainbow, C51	PPO, SAC, Dreamer
Интеграция со средами	пользовательские среды	Gym, PettingZoo, NVIDIA Isaac	Ограничена	Gym, DMControl, пользовательские
Простота использования	Высокая	Средняя	Высокая	Низкая
Производительность	Средняя	Высокая	Низкая	Высокая
Возможность кастомизации	Низкая	Высокая	Высокая	Высокая
Поддержка Multi-Agent RL	Нет	Да	Да	Экспериментальная

Подводя итоги, можно утвердить следующие: анализ показывает, что выбор инструментов зависит от баланса между гибкостью, производительностью и удобством:

- Для исследований: PyTorch или JAX (фреймворки) и TorchRL/Dopamine (библиотеки).
- Для промышленности: TensorFlow + RLLib, особенно в задачах с Multi-Agent RL и распределенными вычислениями.
- Для обучения и прототипирования: PyTorch + Stable Baselines3.

Критически важно учитывать тренды, такие как рост популярности JAX, а также потребность в интеграции RL с другими парадигмами. Экосистема RL продолжает развиваться, предлагая инструменты для задач любой сложности — от академических экспериментов до автономных систем управления.

Список литературы

1. PyTorch documentation. URL: https://pytorch.org/docs/stable/index.html?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.4fe92a1fO1kSnz (дата обращения: 21.02.2025)
2. TensorFlow v2.16.1 API Documentation. URL: https://www.tensorflow.org/api_docs?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.4fe92a1fO1kSnz (дата обращения: 21.02.2025)
3. jax-ml/jax. URL: https://github.com/jax-ml/jax?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.4fe92a1fO1kSnz (дата обращения: 21.02.2025)
4. Reinforcement Learning Frameworks: A Comparative Analysis. URL: https://towardsdatascience.com/reinforcement-learning-frameworks-a-comparative-analysis-7a1f5e3d9e4a?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.4fe92a1fO1kSnz (дата обращения: 02.03.2025)
5. RLLib: Industry-Grade, Scalable Reinforcement Learning. URL: https://docs.ray.io/en/latest/rllib/index.html?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.4fe92a1fO1kSnz (дата обращения: 02.03.2025)

References

1. PyTorch documentation. URL: https://pytorch.org/docs/stable/index.html?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.4fe92a1fO1kSnz (date accessed: 21.02.2025)
2. TensorFlow v2.16.1 API Documentation. URL: https://www.tensorflow.org/api_docs?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.4fe92a1fO1kSnz (date accessed: 21.02.2025)
3. jax-ml/jax URL: https://github.com/jax-ml/jax?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.4fe92a1fO1kSnz (date accessed: 21.02.2025)

4. Reinforcement Learning Frameworks: A Comparative Analysis. URL: https://towardsdatascience.com/reinforcement-learning-frameworks-a-comparative-analysis-7a1f5e3d9e4a?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.4fe92a1f01kSnz (date accessed: 02.03.2025)
5. RLlib: Industry-Grade, Scalable Reinforcement Learning. URL: https://docs.ray.io/en/latest/rllib/index.html?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.4fe92a1f01kSnz (date accessed: 02.03.2025)

УДК 004.89

Л.В. Тепляков, Е.Н. Дроздова

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ АРХИТЕКТУРЫ И АЛГОРИТМОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ В ФРЕЙМВОРКЕ UNITY ML-AGENTS

© Л.В. Тепляков, Е.Н. Дроздова 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

Аннотация. В статье представлен системный анализ архитектуры и алгоритмов Unity ML-Agents — фреймворка для разработки интеллектуальных агентов с использованием машинного обучения. Исследование охватывает ключевые компоненты системы, включая Unity Engine, ML-Agents Toolkit, Python API и Barracuda, а также рассматривает алгоритмы обучения с подкреплением (PPO, SAC) и имитационного обучения (GAIL). Особое внимание уделяется практическим применениям ML-Agents в играх, робототехнике и Sim2Real, а также анализу преимуществ и ограничений системы. Статья предлагает направления для дальнейших исследований, включая оптимизацию производительности, минимизацию разрыва между симуляцией и реальностью и развитие многоагентных систем.

Ключевые слова: Unity ML-Agents, обучение с подкреплением (Reinforcement Learning), имитационное обучение (Imitation Learning), Sim2Real, PPO, SAC, GAIL, интеллектуальные агенты, машинное обучение в играх, робототехника.

L.V. Teplyakov, E.N. Drozdova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

SYSTEM ANALYSIS OF MACHINE LEARNING ARCHITECTURE AND ALGORITHMS IN ML-AGENTS BY UNITY

Abstract. This article provides a systematic analysis of the architecture and algorithms of Unity ML-Agents, a framework for developing intelligent agents using machine learning. The study examines key components of the system, including Unity Engine, ML-Agents Toolkit, Python API, and Barracuda, and explores reinforcement learning algorithms (PPO, SAC) and imitation learning (GAIL). Particular attention is paid to practical applications of ML-Agents in gaming, robotics, and Sim2Real (simulation-to-reality transfer), as well as an analysis of the framework's strengths and limitations. The article proposes directions for future research, such as performance optimization, minimizing the simulation-to-reality gap, and advancing multi-agent systems.

Keywords: Unity ML-Agents, reinforcement learning, imitation learning, Sim2Real, PPO, SAC, GAIL, intelligent agents, machine learning in gaming, robotics.

Введение. В современном мире машинное обучение становится ключевым инструментом для разработки интеллектуальных систем, охватывая широкий спектр областей — от видеоигр до робототехники. Данный подход позволяет создавать системы, которые способны адаптироваться к изменяющимся условиям, обучаться на основе данных и принимать решения без явного программирования. Одним из наиболее популярных инструментов для реализации таких систем является Unity ML-Agents — фреймворк, который предоставляет возможность обучать агентов с использованием методов машинного обучения непосредственно в игровом движке Unity [1]–[5].

Unity ML-Agents представляет собой мощный инструмент, который объединяет возможности Unity Engine для создания высокодетализированных симуляций с современными алгоритмами машинного обучения. Это делает его универсальным решением для широкого круга задач. Например, в играх ML-Agents можно использовать для создания умных неигровых персонажей (англ. Non-player character, NPC), которые способны адаптироваться к действиям игрока, избегать препятствий или выполнять сложные квесты. В робототехнике этот инструмент позволяет моделировать поведение роботов в реалистичных средах, что значительно упрощает процесс их обучения перед внедрением в реальный мир (Sim2Real). Кроме того, ML-Agents может быть применен для процедурной генерации контента, создания динамических диалогов или даже управления автономными транспортными средствами.

Однако, несмотря на свою популярность и широкие возможности, Unity ML-Agents остается сложной системой, требующей глубокого понимания ее архитектуры и алгоритмов. Для успешного применения этого инструмента разработчики должны разбираться в таких аспектах, как настройка среды, выбор подходящих алгоритмов машинного обучения, оптимизация производительности и преодоление разрыва между симуляцией и реальностью. Кроме того,

существует множество технических вызовов, таких как высокие требования к вычислительным ресурсам, ограниченная поддержка многоагентных систем и сложность переноса моделей из симуляции в реальные условия.

В данной статье будет проведен системный анализ архитектуры и алгоритмов ML-Agents в Unity. Мы рассмотрим ключевые компоненты этой системы, выявим их особенности, преимущества и ограничения. Особое внимание будет уделено сравнению различных алгоритмов машинного обучения, таких как обучение с подкреплением (англ. Reinforcement Learning, RL) и имитационное обучение (англ. Imitation Learning, IL), а также их применимости в конкретных задачах. Мы также приведем примеры использования ML-Agents в реальных проектах, чтобы продемонстрировать его потенциал.

Также будут предложены направления для дальнейших исследований, которые могут помочь улучшить этот инструмент и расширить его возможности, что особенно важно, учитывая быстрое развитие технологий машинного обучения и растущий спрос на интеллектуальные системы в различных областях. Таким образом, данная статья станет полезным ресурсом как для новичков, желающих разобраться в основах работы ML-Agents, так и для опытных разработчиков, стремящихся углубить свои знания и найти новые способы применения этого инструмента.

Обзор Unity ML-Agents. Unity ML-Agents представляет собой открытый фреймворк, который позволяет разработчикам создавать интеллектуальные агенты с использованием современных методов машинного обучения. Благодаря своей интеграции в Unity Engine, этот инструмент доступен для широкого круга пользователей, включая тех, кто имеет ограниченный опыт в области искусственного интеллекта. Это делает ML-Agents особенно привлекательным для новичков, так как он сочетает мощные возможности машинного обучения с удобством использования Unity — одной из самых популярных платформ для разработки игр и симуляций.

Основная идея ML-Agents заключается в том, что агенты обучаются взаимодействовать со средой через процесс проб и ошибок. Для этого используются различные алгоритмы машинного обучения, такие как обучение с подкреплением и имитационное обучение. В процессе обучения агенты получают вознаграждения за правильные действия и штрафы за ошибки, что позволяет им постепенно улучшать свое поведение. Этот подход делает ML-Agents универсальным инструментом для решения широкого спектра задач, от простых механических действий до сложных стратегических решений.

ML-Agents состоит из нескольких ключевых компонентов, каждый из которых играет важную роль в процессе обучения агентов. Первый из них — это Behavior Parameters, компонент, который позволяет настраивать поведение агента. С его помощью разработчики могут определить, какую модель или стратегию принятия решений будет использовать агент. Например, можно выбрать обученную модель или задать случайную политику для начального обучения.

Второй важный компонент — Decision Requester, который запрашивает решения от модели. Он работает как мост между агентом и обученной моделью, обеспечивая выполнение действий в реальном времени. Decision Requester особенно важен для автономной работы агентов после завершения обучения.

Третий ключевой компонент — среда, то есть пространство, в котором агент выполняет задачи. Среда может быть как простой сценой, например, 3D Ball, где агент учится балансировать мяч на платформе, так и сложной симуляцией, например, городским ландшафтом с множеством объектов и взаимодействий. Качество среды напрямую влияет на успешность обучения агента.

С момента своего появления ML-Agents прошел долгий путь развития. Первые версии фреймворка были ориентированы на базовые задачи, такие как управление объектами в пространстве или обучение агентов выполнять простые действия. Однако с каждым обновлением функциональность ML-Agents расширялась, что позволило решать более сложные задачи. Современные версии поддерживают широкий спектр алгоритмов машинного обучения. Например, PPO (Proximal Policy Optimization) — это алгоритм обучения с подкреплением, который обеспечивает стабильность и быструю сходимость. PPO широко используется для задач навигации, управления роботами и многозадачных сценариев. Другой пример — GAIL (Generative Adversarial Imitation Learning), алгоритм имитационного обучения, который позволяет агентам обучаться на основе демонстраций экспертов. GAIL особенно полезен для ускорения обучения в сложных задачах.

Кроме того, современные версии ML-Agents предоставляют инструменты для работы с многоагентными системами, что открывает новые возможности для моделирования взаимодействий между агентами в динамических средах. Это особенно важно для таких задач, как кооперация или конкуренция между несколькими агентами.

ML-Agents находит применение в различных областях, демонстрируя свою универсальность. Один из примеров — это навигация NPC в играх, где агенты могут обучаться перемещаться по сложным картам, избегать препятствий и взаимодействовать с игроком. Например, в стратегических играх NPC могут адаптироваться к тактике игрока, что делает игровой процесс более интересным и динамичным.

Еще одно направление — это процедурная генерация контента, где ML-Agents можно использовать для создания уровней, квестов или диалогов с использованием обученных моделей. Это позволяет разработчикам автоматизировать процесс создания контента, что особенно полезно для больших проектов.

Наконец, ML-Agents активно применяется в робототехнике, особенно в области моделирования поведения роботов перед их внедрением в реальный мир (Sim2Real). Например, роботы могут обучаться выполнять задачи в симуляциях, таких как сборка объектов или навигация в сложных средах, а затем переносить свои навыки в реальные условия.

Архитектура ML-Agents. Архитектура ML-Agents построена на взаимодействии нескольких ключевых компонентов, которые обеспечивают процесс обучения агентов. Основой системы является Unity Engine, который предоставляет инструменты для создания реалистичных симуляций. Он отвечает за физику, графику и взаимодействие

между объектами, что позволяет разработчикам проектировать сложные среды — от простых лабиринтов до динамических городских ландшафтов. Unity Engine выступает «полигоном» для обучения агентов в условиях, приближенных к реальным, например, для моделирования движения роботов или поведения NPC в играх.

Центральным элементом архитектуры является ML-Agents Toolkit — библиотека, которая интегрирует машинное обучение в Unity. Она включает инструменты для настройки агентов, определения правил обучения и управления процессом взаимодействия со средой. Например, через Toolkit можно задать систему вознаграждений, которая направляет агентов к выполнению задач, или настроить параметры алгоритмов, таких как обучение с подкреплением (RL) или имитационное обучение (IL).

Для связи с внешними библиотеками машинного обучения, такими как TensorFlow или PyTorch, используется Python API. Этот компонент выступает мостом между Unity и Python, позволяя разработчикам обучать модели на мощных GPU и экспортировать их обратно в Unity. Например, с помощью Python API можно запустить алгоритм PPO для обучения агента навигации в симуляции, а затем внедрить готовую модель в игру.

Выполнение обученных моделей в реальном времени обеспечивает Barracuda — универсальный inference engine, встроенный в Unity. Barracuda поддерживает форматы моделей, такие как ONNX или TensorFlow Lite, и оптимизирует их работу на разных платформах, включая мобильные устройства, что критически важно для автономной работы агентов после завершения обучения, например, для управления NPC в режиме реального времени.

Внутри системы выделяют четыре ключевых элемента: Agent, Environment, Academy и Brain. Agent — это объект, который обучается, взаимодействуя со средой через наблюдения, действия и вознаграждения. Например, агент в симуляции 3D Ball наблюдает за положением мяча и платформы, выполняет действия для балансировки и получает вознаграждение за удержание мяча. Environment определяет правила и цели обучения — например, сбор предметов или избегание препятствий. Academy управляет процессом обучения, координируя работу агентов, среды и внешних скриптов, а также контролируя параметры симуляции. Brain отвечает за принятие решений: он может использовать обученную модель, случайную политику или внешние алгоритмы через Python API.

Взаимодействие компонентов происходит следующим образом: Academy запускает симуляцию и передает данные о состоянии среды в Brain. Brain обрабатывает наблюдения агента с помощью обученной модели (например, нейросети) и возвращает действие, которое выполняет Agent. Вознаграждения, полученные за это действие, используются для обновления модели через Python API. Barracuda обеспечивает быстрое выполнение предсказаний, что критично для работы агентов в реальном времени.

Преимущества архитектуры ML-Agents включают модульность, гибкость и интеграцию с Unity. Разработчики могут комбинировать компоненты для решения задач разной сложности — от обучения одиночных агентов до управления многоагентными системами. Например, в робототехнике эта архитектура позволяет сначала обучить робота в симуляции, а затем перенести модель в реальный мир (Sim2Real). В играх ML-Agents упрощает создание умных NPC, которые адаптируются к действиям игрока.

Алгоритмы машинного обучения в ML-Agents. ML-Agents поддерживает несколько алгоритмов машинного обучения, каждый из которых адаптирован для решения определенных задач. Основой системы является обучение с подкреплением, где агенты учатся выполнять действия, получая вознаграждения за успешные решения и штрафы за ошибки. Наиболее популярными алгоритмами RL в ML-Agents являются PPO и SAC. PPO обеспечивает стабильное обучение за счет ограничения изменений политики на каждом шаге, что делает его идеальным для задач навигации и управления роботами. Например, в симуляции 3D Ball PPO позволяет агенту быстро освоить балансировку мяча на платформе. SAC, в свою очередь, максимизирует не только награду, но и энтропию действий, что повышает гибкость агента в сложных и непредсказуемых средах. Данный алгоритм часто используется в сценариях, где требуется адаптация к динамическим условиям, например, в играх с открытым миром.

Дополнительные возможности предоставляет имитационное обучение, которое ускоряет процесс за счет обучения на примерах экспертов. В ML-Agents ключевым алгоритмом IL является GAIL, использующий принципы генеративно-состязательных сетей. GAIL сравнивает действия агента с демонстрациями человека или предобученной модели, постепенно улучшая его поведение. Например, в робототехнике GAIL можно применять для обучения робота ходьбе, используя данные с датчиков реального человека.

Для сложных задач часто используются гибридные подходы, сочетающие RL и IL. Например, сначала агент обучается через GAIL на основе демонстраций, чтобы быстро освоить базовые навыки, а затем переключается на PPO для тонкой настройки в реальных условиях. Такая комбинация сокращает время обучения и повышает точность модели.

Каждый алгоритм имеет свои особенности. PPO и SAC лучше подходят для сред с четко определенными правилами, тогда как GAIL эффективен в задачах, где доступны данные экспертов. Выбор алгоритма зависит от целей проекта: для Sim2Real (перенос моделей из симуляции в реальный мир) часто используют SAC из-за его гибкости, тогда как для игр с простыми механиками достаточно PPO.

Интеграция алгоритмов в ML-Agents реализована через Python API, что позволяет использовать мощь библиотек TensorFlow и PyTorch. Например, обучение модели SAC для управления роботом можно запустить на GPU, а затем экспортировать ее в Unity через Barracuda для автономной работы.

Таким образом, разнообразие алгоритмов в ML-Agents делает его универсальным инструментом для создания интеллектуальных агентов. В следующем разделе мы рассмотрим преимущества и ограничения этой системы, чтобы определить ее место в экосистеме машинного обучения.

Преимущества и ограничения ML-Agents. ML-Agents сочетает в себе мощные возможности машинного обучения и удобство Unity Engine, что делает его привлекательным инструментом для разработчиков. Однако, как и любая система, он имеет свои сильные и слабые стороны.

Преимущества ML-Agents начинаются с низкого порога входа. Благодаря интеграции с Unity Engine, разработчики получают доступ к интуитивно понятному интерфейсу и готовым шаблонам симуляций. Например, даже новички могут быстро создать простую среду, например, 3D Ball, и начать обучение агента без глубоких знаний в машинном обучении, что особенно ценно для образовательных проектов или прототипирования.

Важным преимуществом является визуализация обучения в реальном времени. Unity позволяет наблюдать за действиями агентов, анализировать их поведение и вносить коррективы на лету. Например, в процессе обучения робота ходьбе можно сразу видеть, как изменение вознаграждений влияет на его движения. Это упрощает отладку и ускоряет разработку.

Интеграция с Unity Engine открывает доступ к широким возможностям платформы: физика, графика, системы частиц и другие инструменты Unity могут быть использованы для создания сложных сред. Например, для обучения автономного автомобиля можно смоделировать город с динамическим трафиком, пешеходами и изменяющимися погодными условиями, что повышает реалистичность обучения.

Ограничения ML-Agents связаны, прежде всего, с производительностью. Обучение агентов, особенно в сложных средах с высокой детализацией, требует значительных вычислительных ресурсов. Например, обучение модели SAC для управления роботом в реальном времени может занять дни даже на мощном GPU, что делает ML-Agents менее доступным для независимых разработчиков или небольших команд.

Серьезной проблемой остается Sim2Real — разница между симуляцией и реальным миром. Несмотря на реалистичность Unity, физические модели и датчики в симуляции всегда отличаются от реальных. Например, робот, обученный в Unity, может столкнуться с неожиданными помехами (шум датчиков, трение поверхностей), которые не были учтены в виртуальной среде, что требует дополнительной адаптации моделей перед их внедрением в реальные условия.

Еще одним ограничением является сложность работы с многоагентными системами. Хотя ML-Agents поддерживает взаимодействие между агентами, обучение десятков или сотен агентов одновременно часто приводит к резкому росту вычислительной нагрузки и нестабильности обучения. Например, в стратегической игре с множеством NPC сложно добиться скоординированного поведения без специальной оптимизации.

Несмотря на эти ограничения, ML-Agents остается одним из самых перспективных инструментов для разработки интеллектуальных систем. Многие проблемы, такие как Sim2Real, активно исследуются — например, через добавление случайных шумов в симуляцию или использование гибридных алгоритмов. Кроме того, интеграция с Barracuda позволяет оптимизировать производительность, а регулярные обновления Unity расширяют возможности работы с многоагентными системами.

Заключение. ML-Agents в Unity представляет собой мощный инструмент для создания интеллектуальных агентов, сочетающий гибкость машинного обучения с доступностью игрового движка Unity. В данной статье мы провели системный анализ его архитектуры, алгоритмов, преимуществ и ограничений, что позволяет сформулировать ключевые выводы.

Архитектура ML-Agents, включающая Unity Engine, ML-Agents Toolkit, Python API и Barracuda, обеспечивает комплексный подход к разработке: от создания реалистичных симуляций до выполнения обученных моделей в реальном времени. Интеграция с Unity упрощает проектирование сложных сред, а поддержка алгоритмов обучения с подкреплением (PPO, SAC) и имитационного обучения (GAIL) делает систему универсальной для задач разной сложности — от навигации NPC в играх до управления роботами.

К неоспоримым преимуществам ML-Agents относятся низкий порог входа, визуализация обучения и интеграция с Unity, что делает его доступным даже для новичков. Однако система сталкивается с ограничениями: высокие требования к вычислительным ресурсам, Sim2Real gap и сложность работы с многоагентными системами. Эти вызовы указывают на направления для дальнейших исследований, такие как оптимизация производительности, разработка методов адаптации моделей к реальным условиям и улучшение поддержки коллективного поведения агентов.

ML-Agents уже сегодня демонстрирует значительный потенциал, особенно в образовательных проектах, прототипировании и робототехнике. Его развитие, включая интеграцию с новыми алгоритмами и платформами, может закрепить позиции Unity как ключевого игрока в области искусственного интеллекта. Для исследователей и разработчиков эта система остается важным инструментом, способным преодолеть границы между симуляциями и реальным миром, открывая путь к созданию более умных и адаптивных систем.

Список литературы

6. Unity ML-Agents Toolkit. URL: https://github.com/Unity-Technologies/ml-agents/blob/main/docs/Readme.md?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.61d1c921V9Jz3J&file=Readme.md (дата обращения: 23.02.2025)
7. Unity-Technologies/ml-agents v2.16.1 API Documentation. URL: https://github.com/Unity-Technologies/ml-agents?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.61d1c921V9Jz3J (дата обращения: 29.02.2025)
8. ArXiv.org. URL: https://arxiv.org/?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.61d1c921V9Jz3J (дата обращения: 30.02.2025)

9. Reinforcement Learning Frameworks: A Comparative Analysis. URL: https://towardsdatascience.com/reinforcement-learning-frameworks-a-comparative-analysis-7a1f5e3d9e4a?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.4fe92a1fO1kSnz (дата обращения: 06.03.2025)
10. NVIDIA Developer Blog. URL: https://developer.nvidia.com/blog/?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.61d1c921V9Jz3J (дата обращения: 06.03.2025)

References

1. *Unity ML-Agents Toolkit*. URL: https://github.com/Unity-Technologies/ml-agents/blob/main/docs/Readme.md?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.61d1c921V9Jz3J&file=Readme.md [Unity ML-Agents Toolkit]. (date accessed: 23.02.2025)
2. *Unity-Technologies/ml-agents v2.16.1 API Documentation*. URL: https://github.com/Unity-Technologies/ml-agents?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.61d1c921V9Jz3J [Unity-Technologies/ml-agents v2.16.1 API Documentation]. (date accessed: 29.02.2025)
3. *ArXiv.org*. URL: https://arxiv.org/?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.61d1c921V9Jz3J [ArXiv.org]. (date accessed: 30.02.2025)
4. *Reinforcement Learning Frameworks: A Comparative Analysis*. URL: https://towardsdatascience.com/reinforcement-learning-frameworks-a-comparative-analysis-7a1f5e3d9e4a?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.4fe92a1fO1kSnz [Reinforcement Learning Frameworks: A Comparative Analysis]. (date accessed: 06.03.2025)
5. *NVIDIA Developer Blog*. URL: https://developer.nvidia.com/blog/?spm=a2ty_o01.29997173.0.0.61d1c921V9Jz3J [NVIDIA Developer Blog]. (date accessed: 06.03.2025)

УДК 004.8

П.С. Федоров

ИСКУССТВЕННЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ В ИГРАХ, РЕАЛИЗАЦИЯ СЛОЖНЫХ ПОВЕДЕНЧЕСКИХ СИСТЕМ НА C#

© П.С. Федоров, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

В данной статье проведен анализ методов реализации сложных поведенческих систем искусственного интеллекта (ИИ) в играх с использованием языка C#. Рассмотрены ключевые подходы, такие как иерархические конечные автоматы (HFSM), деревья решений (Behavior Trees), которые позволяют создавать интеллектуальных и адаптивных NPC (неигровых персонажей). Приведены практические примеры кода, а также рекомендации по оптимизации и интеграции этих систем в различные игровые жанры. Статья будет полезна разработчикам, стремящимся углубить свои знания в области игрового ИИ и создать более реалистичные и динамичные игровые миры.

Ключевые слова: C#, игры, искусственный интеллект, иерархические конечные автоматы, деревья решений, STRIPS, GOAP, HTN, NPS.

P.F. Fedorov

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN GAMES, IMPLEMENTING COMPLEX BEHAVIORAL SYSTEMS IN

C#

This article analyzes methods for implementing complex behavioral artificial intelligence (AI) systems in games using the C# language. Key approaches such as hierarchical finite state machines (HFSM), decision trees (Behavior Trees), which allow you to create intelligent and adaptive NPCs (non-player characters), are considered. Practical code examples are provided, as well as recommendations for optimizing and integrating these systems into various game genres. The article will be useful for developers seeking to deepen their knowledge of game AI and create more realistic and dynamic game worlds.

Keywords: C#, games, artificial intelligence, hierarchical finite state machines, decision trees, STRIPS, GOAP, HTN, NPS.

Введение

В настоящее время искусственный интеллект (ИИ) является наиболее интересной и динамичной развивающейся областью информатики, и поскольку в этой дисциплине разрабатывается ИИ, он драматично расцвёл за последние десятилетия и начал глубоко влиять на нашу повседневную жизнь. Кажется, что ИИ используется почти везде, даже в самых неожиданных местах, например, когда страховая компания использует методы Data Mining для анализа отношений между сущностями (чтобы проверить, что клиент не пытается совершить мошенничество),

когда вы получаете предложения дружбы на Facebook, когда вы играете в видеоигры и так далее. ИИ применяется в огромных областях, включая экономику, торговлю, астрономию, медицину, военное дело и многие другие.

Практически любой игре нужен искусственный интеллект (ИИ), взаимодействующий с игроком. Чаще всего это враждебная сила, но иногда ИИ и помогает игроку. Но у всех управляемых компьютером персонажей есть общее: они должны как-то себя вести. ИИ может быть простым — например, просто бродить по локации, или сложным — вести переговоры с другим игроком. Главное, чтобы ИИ выполнял свою роль хорошо, вне зависимости от сложности задачи.

Одним из ярких примеров применения нейронных сетей в игровой индустрии является Игровой искусственный интеллект (ИИ) — комплекс приемов, предназначенных для воссоздания человеческого поведения или умственного процесса в компьютерных персонажах [1].

Иерархические конечные автоматы (HFSM)

Иерархические конечные автоматы (HFSM, Hierarchical Finite State Machines) — это расширение классических конечных автоматов (FSM), которое позволяет организовывать состояния в иерархическую структуру. Это делает их мощным инструментом для реализации сложного поведения NPC (неигровых персонажей) в играх. HFSM особенно полезны, когда нужно управлять множеством состояний, которые могут быть сгруппированы в логические подсостояния.

Основные концепции HFSM включают в себя состояния, переходы, иерархию и текущее состояние.

Состояния (States) — это базовые элементы HFSM. Каждое состояние представляет собой определенное поведение или действие, например, «Патрулирование», «Атака» или «Бегство». В HFSM состояния могут быть вложенными, то есть одно состояние может содержать внутри себя другие состояния. Это позволяет группировать связанные поведения и управлять ими на более высоком уровне абстракции. Например, состояние «Боевой режим» может включать подсостояния «Атака» и «Защита», каждое из которых реализует конкретные действия NPC.

Переходы (Transitions) определяют, как и при каких условиях происходит смена состояний. Переходы связывают состояния между собой и активируются на основе определенных условий. Например, переход из состояния «Патрулирование» в состояние «Атака» может происходить, если игрок попадает в поле зрения NPC. Переходы могут быть простыми (например, по таймеру) или сложными (например, на основе комбинации условий, таких как здоровье NPC и расстояние до игрока).

Иерархия — это ключевая особенность HFSM, которая отличает их от классических FSM. В HFSM состояния могут быть организованы в иерархию, где одни состояния являются родительскими для других. Например, состояние «Боевой режим» может включать подсостояния «Атака» и «Защита». Иерархия позволяет упростить управление сложными системами, так как можно абстрагироваться от деталей на более высоких уровнях. Это особенно полезно в играх, где NPC могут иметь множество вариантов поведения, которые логически связаны между собой. В C#, чтобы упростить процесс используются идентификаторы доступа public и private.

Текущее состояние — это активное состояние в каждый момент времени. В HFSM на каждом уровне иерархии может быть активно только одно состояние. Например, если NPC находится в состоянии «Боевой режим», то внутри него может быть активно либо состояние «Атака», либо состояние «Защита». При этом родительское состояние «Боевой режим» остается активным на своем уровне иерархии. Это позволяет управлять поведением NPC на разных уровнях детализации, не теряя контроля над общей логикой.

Иерархические конечные автоматы (HFSM) широко используются в играх для управления сложными системами. Например, в RPG враги могут переключаться между состояниями «Патрулирование», «Атака» и «Бегство» в зависимости от ситуации. Боссы часто имеют сложные фазы боя, каждая из которых реализована как отдельное состояние. HFSM также применяются для управления игровыми режимами, такими как «Меню», «Игра» и «Пауза», и для контроля анимаций персонажей, переключая состояния в зависимости от действий.

Чтобы эффективно использовать HFSM, важно избегать слишком глубокой иерархии, так как это усложняет отладку и понимание кода. Используйте пул состояний для переиспользования часто используемых состояний, добавляйте логирование для отслеживания переходов и тестируйте систему на реальных сценариях, чтобы убедиться в ее корректной работе в игровых условиях, как и самоопределяемых, так и созданных разработчиком.

Преимущества использования HFSM:

- **упрощение сложных систем: иерархия позволяет разбить поведение на логические блоки;**
- **гибкость: легко добавлять новые состояния и изменять существующие;**
- **читаемость: код становится более структурированным и понятным.**

Деревья принятия решений (Behavior Trees)

Деревья принятия решений — это простые прогностические модели, которые сопоставляют входные атрибуты с целевым значением с использованием простых условных правил. Деревья обычно используются в проблемах, решения которых должны быть легко понятны или объяснены людьми, например, в компьютерной диагностике и анализе кредитоспособности [2].

Программирование робота на выполнение определенных действий — сложный процесс. Входные переменные зачастую неизвестны, потому что машине приходится на лету подстраиваться под окружающие условия.

Чтобы сгладить подобного рода недостатки, стал использоваться подход, широко применяемый разработчиками видеоигр. Речь идет о деревьях поведения. В отличие от конечных автоматов, деревья имеют более формальную структуру, поэтому с их помощью проще программировать поведение машины.

Основные концепции деревьев решений включают узлы, типы узлов, выполнение дерева и их организацию.

Узлы (Nodes) — это базовые элементы дерева решений. Каждый узел представляет собой определенную логику или действие, например, проверку условия или выполнение задачи. Узлы могут быть разных типов: действия, условия, декораторы и композитные узлы.

Действия (Action Nodes) выполняют конкретные задачи, такие как «Атаковать игрока» или «Переместиться к точке». Они возвращают статус выполнения: успех, неудача или выполняется.

Условия (Condition Nodes) проверяют определенные условия, например, «Игрок в поле зрения?» или «Здоровье NPC меньше 50%?». Они возвращают статус успеха или неудачи в зависимости от результата проверки.

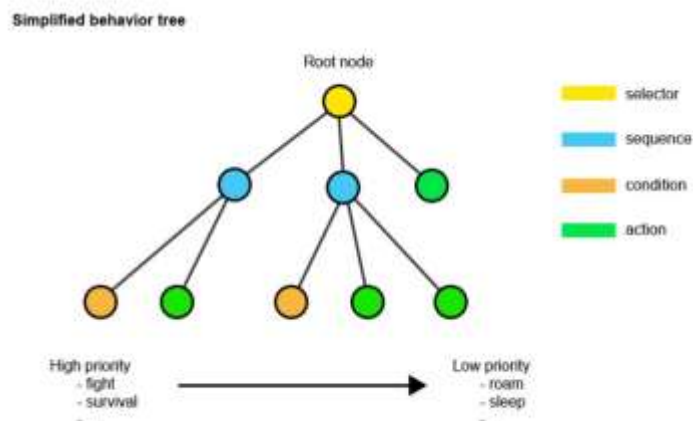
Декораторы (Decorator Nodes) модифицируют поведение дочерних узлов. Например, декоратор может повторять действие несколько раз, инвертировать результат или ограничивать время выполнения.

Композитные узлы (Composite Nodes) управляют выполнением дочерних узлов. Основные типы композитных узлов включают:

- Sequence (Последовательность): **выполняет дочерние узлы по порядку, пока все не завершатся успешно. Если какой-либо узел возвращает неудачу, последовательность прерывается;**
- Selector (Выбор): **выполняет дочерние узлы по порядку, пока один из них не завершится успешно. Если узел возвращает успех, выбор прекращается;**
- Parallel (Параллель): **выполняет несколько дочерних узлов одновременно, что полезно для реализации сложного поведения, требующего одновременного выполнения нескольких задач.**

Выполнение дерева начинается с корневого узла, который рекурсивно вызывает дочерние узлы. Каждый узел возвращает статус: успех, неудача или выполняется. Это позволяет дереву решений динамически адаптироваться к изменяющимся условиям в игре [3].

Узлы ВТ называют задачами или поведением. Каждая задача может иметь четыре состояния: «Успех», если задача выполнена успешно; «Неудача», если условие не выполнено или задача, по какой-то причине, невыполнима; «В работе», если задача запущена в работу и ожидает завершения «Ошибка», если в программе возникает неизвестная ошибка. Пример упрощенного дерева принятия решений представлен на рисунке 1.



1. Упрощенное дерево принятия решений.

Результаты работы каждого узла всегда передаются узлу, находящемуся на вышестоящем уровне. Обход дерева начинается с корневого узла. Поиск осуществляется в глубину, начиная с левой стороны дерева. Если у узла имеется несколько подзадач, они выполняются в порядке слева направо.

Среди преимуществ деревьев решений можно выделить модульность, гибкость, удобочитаемость и масштабируемость. Они позволяют разработчикам создавать сложные и адаптивные поведения NPC, при этом сохраняя код организованным и легким для поддержки.

Реализация перемещений с помощью ИИ в видеоиграх

Каждый элемент искусственного интеллекта и интерактивности в играх выполняет незаменимую функцию в процессе разработки и нуждается в детальном анализе со стороны геймдизайнеров. Нельзя недооценивать значимость этой составляющей, так как даже одна плохо реализованная часть может полностью подорвать эффективность интеллектуальной системы. Ключевым аспектом игрового процесса выступает механика перемещения, создание которой требует обширных затрат времени и ресурсов от разработчиков.

Если углубляться в данную тему, то можно рассмотреть несколько подходов, связанных с моделированием перемещения персонажей в современных игровых проектах. В первую очередь следует осознать, что все аспекты игрового механизма, включая перемещение, взаимодействие и поведения персонажей, напрямую зависят от виртуальной среды, которую формируют разработчики, художники и программисты. В этом контексте можно выделить

несколько критически важных факторов, влияющих на модель перемещения, среди которых можно выделить, как конструкция игрового мира, так и реализация окружающей среды [4].

Конструкция игрового мира включает в себя элементы ландшафта и объектов, способных оказывать влияние на перемещение персонажей. Это все элементы в игровом пространстве, которые могут изменить путь или скорость перемещения. Реализация окружения фокусируется на представлении информации о среде. В большинстве игр мир моделируется как непрерывная область с определённым масштабом дискретизации, что упрощает математические вычисления и снижает вероятность вычислительных ошибок.

Подходы к управлению перемещением делятся на высокоуровневые действия, зависящие от искусственного интеллекта, и низкоуровневые анимационные примитивы. Чтобы максимально эффективно задействовать вычислительные мощности, разработчики часто соединяют эти методологии. Это позволяет им использовать уже разработанные технологии визуализации анимаций ходьбы, бега и других действий игрового персонажа без задержек на ожидание команд от системы.

Как уже упоминалось выше, перемещение как контролируемых игроком, так и NPC персонажей зависит от структуры виртуального мира. Игроки, управляя собственными персонажами, ориентируются на свое восприятие мира — его размеры, уровни и типы объектов. Напротив, неигровые персонажи не видят окружающую среду так, как этого делает игрок, основываясь лишь на данных о ней. Поэтому контроль над их перемещением зависит от системы представления информации о структуре мира для ИИ, что можно сделать двумя способами: либо заранее предоставив данные об окружающей среде, либо периодически обновляя их.

Очевидно, что перемещение персонажей определяется характером мира: в статичной среде, где объекты остаются на своих местах, достаточно один раз передать информацию ИИ. Однако в динамичном мире, где объекты меняют свои позиции, необходимо регулярное обновление данных, чтобы избежать неожиданных сбоев. В результате, игровая система может с лёгкостью ориентироваться в пространстве, опираясь на актуальные данные о расположении объектов, что помогает избегать ошибок в программировании, из-за которых персонажи могут застревать в объектах или парить в воздухе.

Системы планирования в видеоиграх

Системы планирования — это мощный инструмент для создания сложного и адаптивного искусственного интеллекта (ИИ) в играх. Они позволяют NPC (неигровым персонажам) самостоятельно принимать решения, выбирать цели и планировать последовательность действий для их достижения. В отличие от более простых подходов, таких как конечные автоматы (FSM) или деревья решений (Behavior Trees), системы планирования используют алгоритмы для генерации планов на основе текущего состояния мира и доступных действий. Это делает их особенно полезными для создания реалистичного и динамичного поведения в играх.

Планирование в игровой индустрии играет ключевую роль в создании динамичного и интерактивного игрового опыта. Разработка эффективных систем планирования позволяет создавать более реалистичных и умных неигровых персонажей (NPC), которые могут автоматизировать процесс принятия решений. В данной статье мы рассмотрим три основных типа систем планирования: STRIPS, GOAP и HTN.

STRIPS (Stanford Research Institute Problem Solver)

STRIPS — один из первых алгоритмов планирования, разработанных для генерации последовательности действий. Этот подход основывается на двух ключевых понятиях: предварительных условиях и эффектах действий. Каждый аспект действия в STRIPS определяется набором предварительных условий, которые должны быть соблюдены, и эффектами, которые произойдут в результате выполнения этого действия.

Преимущества STRIPS: простота реализации, эффективность в решении задач с четко установленными условиями и эффектами, широкая область применения за пределами игр, включая робототехнику и автоматизацию процессов.

Однако STRIPS в основном подходит для задач, где существует четкая структура, и не всегда эффективен в динамичных игровых условиях.

GOAP (Goal-Oriented Action Planning)

GOAP — это система планирования, которая находит широкое применение именно в игровой индустрии, благодаря своей адаптивности и простоте. В отличие от STRIPS, GOAP позволяет NPC определять цели на основе текущего состояния мира и строить план действий для их достижения [5].

Принцип работы GOAP:

- определение целей: NPC выбирает цель в зависимости от текущих условий. Например, если уровень здоровья персонажа низкий, возможной целью будет "найти аптечку";
- генерация плана: планировщик использует алгоритмы поиска, такие как A*, для создания последовательности действий, которая приведет NPC к цели. Каждое действие имеет свою стоимость, которая может учитывать время, необходимые ресурсы и расстояние;
- выполнение плана: NPC выполняет действия из плана последовательно. В случае, если что-то идет не так (например, цель становится недостижимой), NPC может пересчитать и скорректировать свой план;
- оценка результата: после выполнения всех действий NPC анализирует, была ли достигнута цель. Если цель не достигнута, может быть выбрана новая цель или пересмотрен текущий план.

Замечательный пример применения GOAP можно увидеть в игре «F.E.A.R.», где NPC использует данную систему для тактического поведения. Когда игрок атакует группу врагов, NPC может адаптироваться, выбирая новые цели — например, укрыться или найти способ атаковать игрока с фланга. Пример дерева, построенного планировщиком GOAP представлено на рисунке 2.



2. Дерево, построенное планировщиком GOAP, на основе алгоритма рубки дерева.

HTN (Hierarchical Task Networks)

HTN — более сложная система планирования, которая разбивает задачи на подзадачи. Данный подход позволяет моделировать сложное поведение NPC, такое как строительство базы или координация действий группы персонажей. В основном используется для описания сложных иерархических задач и при работе с большими данными и масштабами взаимодействия между NPC и игроком или между двумя и более NPC.

HTN требует более тщательной настройки и программирования по сравнению с GOAP и STRIPS, что делает его более сложным для разработчиков, но крайне полезным для создания многослойных игровых ситуаций.

Системы планирования STRIPS, GOAP и HTN представляют собой различные подходы к решению проблемы автоматизации действий NPC в играх. Каждый из этих методов имеет свои преимущества и недостатки, что делает их подходящими для разных типов игровых задач. Важно выбирать систему, которая наилучшим образом соответствует требованиям конкретного игрового проекта, чтобы создать уникальный и увлекательный опыт для игроков [6].

Заключение

Искусственный интеллект (ИИ) занимает центральное место в формировании погружающего опыта для игроков в видеоиграх, а внедрение сложных поведенческих систем с использованием языка C# открывает обширные горизонты для разработчиков. В данной статье освещены ключевые стратегии создания ИИ, такие как иерархические конечные автоматы (HFSM), деревья решений (Behavior Trees) и системы планирования (GOAP), которые позволяют создавать умных, адаптивных и правдоподобных NPC. Эти инструменты способны организовывать детализированное поведение персонажей, включая такие действия, как патрулирование, преследование игрока, тактические решения или взаимодействие с окружающей средой.

Применение C# для разработки ИИ в играх, особенно в тандеме с такими известными движками, как Unity, существенно упрощает и ускоряет процесс создания. Этот язык программирования предлагает мощные средства для объектно-ориентированного подхода, что позволяет строить системы, которые легко модулярны, расширяемы и поддерживаемы. Более того, тесная интеграция с инструментами визуализации и отладки, предложенными Unity, значительно облегчает задачи тестирования и оптимизации.

Одним из основных достоинств упомянутых методов является их универсальность. Разработчики имеют возможность комбинировать различные техники, такие как HFSM для управления состояниями, деревья решений для принятия решений и планирующие системы для создания сложных сценариев, тем самым формируя уникальные и динамичные модели поведения NPC. Это особенно актуально для современных игр, где игроки ожидают высокой степени реализма и интерактивности.

Тем не менее, разработка сложных поведенческих систем требует глубокого понимания как алгоритмов ИИ, так и нюансов игрового дизайна. Важно не только создать функциональную систему, но и оптимизировать ее для функционирования в реальных игровых условиях, где производительность и отзывчивость являются критически важными факторами.

В итоге можно утверждать, что построение сложных поведенческих систем на C# является мощным инструментом для создания захватывающих и динамичных игровых миров. Применяя описанные подходы, разработчики могут создавать NPC, которые не только выглядят умными, но и действуют осмысленно, адаптируясь к действиям игроков и меняющимся условиям игры. Это углубляет игровой процесс и делает его более увлекательным, что в конечном итоге приводит к повышению удовлетворенности игроков и успеху игровых проектов.

Научный руководитель: ассистент ИиУС Смирнов А.М.

Scientific supervisor: assistant Smirnov A.M.

Список литературы

6. C# — Применение искусственного интеллекта к игре в мини-баскетбол с несколькими агентами. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/archive/msdn-magazine/2016/july/csharp-applying-ai-to-a-multi-agent-mini-basketball-game> (дата обращения: 09.03.2025).

7. Создание простого ИИ на C# в Unity. URL: <https://habr.com/ru/articles/419641/> (дата обращения: 09.03.2025).
8. Деревья принятия решений на C#. URL: <https://www.lshnk.me/2018/09/29/деревья-принятия-решений-на-с/> (дата обращения: 09.03.2025).
9. Что такое деревья поведения и как они используются. URL: <https://habr.com/ru/companies/mws/articles/306214/> (дата обращения: 09.03.2025).
10. Бук ов ши н М.А., Вос к об ой ни ко в С.Г. Интеллектуальные системы в компьютерных играх. Перспективы развития искусственного интеллекта в игровой индустрии // Современные материалы, техника и технологии 2017. С. 26 - 27.
11. FSM, BT, HTN, Goap, other. URL: <https://www.gamedev.net/forums/topic/700989-fsm-bt-htn-goap-other/> (дата обращения: 09.03.2025).

References

6. C# — Primenenie iskusstvennogo intellekta k igre v mini-basketbol s neskol'kimi agentami. URL: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/archive/msdn-magazine/2016/july/csharp-applying-ai-to-a-multi-agent-mini-basketball-game> [C# — Applying Artificial Intelligence to a Multi-Agent Mini Basketball Game]. (date accessed: 09.03.2025).
7. *Sozdanie prostogo II na C# v Unity*. URL: <https://habr.com/ru/articles/419641/> [Creating a Simple AI in C# in Unity]. (date accessed: 09.03.2025).
8. *Derev'ja prinjatija reshenij na C#*. URL: <https://www.lshnk.me/2018/09/29/деревья-принятия-решений-на-с/> [Behavior Trees in C#]. (date accessed: 09.03.2025).
9. *Chto takoe derev'ja povedenija i kak oni ispol'zuyutsja*. URL: <https://habr.com/ru/companies/mws/articles/306214/> [What are behavior trees and how are they used?]. (date accessed: 09.03.2025).
10. Bukovshin M.A., Voskobojnikov S.G. *Intellektual'nye sistemy v komp'yuternyh igrakh. Perspektivy razvitiya iskusstvennogo intellekta v igrovoj industrii* [Intelligent systems in computer games. Prospects for the development of artificial intelligence in the game industry]. *Sovremennye materialy, tehnika i tehnologii* [Modern materials, equipment and technologies]. 2017. 26 – 27 pp. (in Rus.).
11. *FSM, BT, HTN, Goap, other*. URL: <https://www.gamedev.net/forums/topic/700989-fsm-bt-htn-goap-other/> [FSM, BT, HTN, Goap, other]. (date accessed: 09.03.2025).

УДК 67.017(679.7)

М.А. Чашчина, М.Р. Байкеева, Д.А. Маслацова

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОУГОЛЬНИКА КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ДЛЯ ОЦЕНКИ И УСИЛЕНИЯ ПРЕИМУЩЕСТВ КОМПАНИИ (НА ПРИМЕРЕ ООО «ПЯТЁР ОЧКА»)

© М.А. Чашчина, М.Р. Байкеева, Д.А. Маслацова, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

Статья посвящена рассмотрению многоугольника конкурентоспособности как современного инструмента оценки и повышения конкурентных преимуществ предприятия. Методика многоугольника позволяет комплексно проанализировать ключевые показатели деятельности компании в сравнении с основными конкурентами. Авторы рассматривают теоретические основы подхода и предлагают практические рекомендации по внедрению многоугольника конкурентоспособности в систему управления предприятием. Результаты анализа подтверждают эффективность многоугольника конкурентоспособности как инструмента, способствующего принятию взвешенных управленческих решений и обеспечению устойчивого роста бизнеса.

Ключевые слова: конкуренция, конкурентоспособность, многоугольник конкурентоспособности, ООО «Пятёрочка»

М.А. Chashchina, M.R. Baykeeva, D.A. Maslatsova

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

**USING THE COMPETITIVENESS POLYGON TO EVALUATE AND ENHANCE THE
COMPANY'S ADVANTAGES (using THE eXample OF PYATEROCHKA LLC)**

The article is devoted to the consideration of the competitiveness polygon as a modern tool for assessing and increasing the competitive advantages of an enterprise. The polygon methodology allows for a comprehensive analysis of the company's key performance indicators in comparison with its main competitors. The authors consider the theoretical foundations of the approach and offer practical recommendations for the implementation

of the competitiveness polygon in the enterprise management system. The results of the analysis confirm the effectiveness of the competitiveness polygon as a tool for making informed management decisions and ensuring sustainable business growth.

Keywords: competition, competitiveness, polygon of competitiveness, Pyaterochka LLC

Конкуренция является ключевым фактором, способствующим повышению экономической эффективности как на уровне страны, так и её регионов. В условиях новых экономических реалий становится необходимым углубленное научное понимание категории конкурентоспособности, а также совершенствование методов и инструментов управления ею.

Конкуренция представляет собой основополагающий элемент рыночной системы, где эффективность её работы прямо пропорциональна интенсивности конкуренции и благоприятным условиям для неё. Формирование и развитие конкурентных взаимоотношений являются необходимыми предпосылками успешного функционирования рыночного механизма, обеспечивающего устойчивый экономический рост как на национальном уровне, так и в отдельных регионах [1].

Конкурентоспособность компании заключается в способности эффективнее удовлетворять запросы потребителей по сравнению с соперниками. Именно этот показатель определяет успешное функционирование предприятия на длительную перспективу.

Основой конкурентоспособности выступает уровень предоставляемых услуг. Этот параметр формируется из двух ключевых аспектов: качества используемых материалов и техники, а также уровня выполнения работ и сервиса.

Уровень конкурентоспособности организации определяется через сопоставление с аналогичными компаниями. Следовательно, оценка конкурентоспособности подразумевает сравнительный анализ. Поскольку, конкурентоспособность является относительной характеристикой, она может быть объективно оценена только в контексте конкуренции с другими участниками рынка [2].

Целью конкурентного анализа является выявление сильных и слабых сторон конкурентов, анализ их стратегий, продуктов, услуг, ценовой политики, маркетинга и др. Информация, полученная в результате конкурентного анализа, может быть использована для улучшения стратегии и тактики предприятия, а также для выработки конкурентных преимуществ.

Построение многоугольника конкурентоспособности – это метод, основанный на графическом способе анализа характеристик товаров, услуг, организаций. Этот метод позволяет провести сравнение и наглядно отобразить различные важные критерии оценки характеристик его продукции [3]. Суть метода заключается в том, чтобы сравнить ключевые свойства продукта компании с аналогичными товарами конкурентов, а затем визуализировать результаты в виде многоугольника. Каждая вершина многоугольника символизирует определённую характеристику, используемую для анализа.

В список критериев, которые подвергаются анализу, могут включаться концепция продукта, предварительная подготовка к продаже, качество обслуживания после продажи, внешняя среда и рынок сбыта, а также финансовая устойчивость предприятия [4]. Для оценки конкурентоспособности не только отдельного товара или услуги, но и всей компании в целом, применяется расширенная шкала свойств, к примеру:

- $\frac{3}{4}$ технологического и кадрового резерва;
- $\frac{3}{4}$ качества менеджмента и финансового состояния;
- $\frac{3}{4}$ уровня конкуренции на рынке;
- $\frac{3}{4}$ система акций и скидок;
- $\frac{3}{4}$ качество и скорость обслуживания;
- $\frac{3}{4}$ широта ассортимента, и тд.

Рассмотрим применение метода многоугольника конкурентоспособности на примере предприятия ООО «Пятёрочка»

ООО «Пятёрочка» — это российская сеть магазинов формата «у дома», принадлежащая компании X5 Group. Она была основана в 1999 году и с тех пор стала одной из крупнейших розничных сетей в стране. Магазины «Пятёрочки» предлагают широкий ассортимент продуктов питания, товаров повседневного спроса и бытовой химии по доступным ценам. Они ориентированы на удобство покупателей благодаря своему расположению рядом с жилыми районами, что позволяет делать покупки быстро и без необходимости ехать в крупные торговые центры [5].

Главными конкурентами ООО «Пятёрочка» являются сети розничных магазинов ООО «Лента», ПАО «Магнит», ООО «Дикси».

ПАО «Магнит» - одна из ведущих российских розничных сетей, занимающаяся продажей продовольственных и непродовольственных товаров «Магнит» предлагает широкий ассортимент товаров, включающий в себя продукты питания, напитки, бытовую химию, косметику и другие товары повседневного спроса.

ООО «Лента» — это одна из крупнейших розничных сетей в России, специализирующаяся на продаже продовольственных и непродовольственных товаров. Основана компания была в 1993 году в Санкт-Петербурге. По состоянию на 2025 год, «Лента» насчитывает более 390 гипермаркетов и супермаркетов в 91 городе России. Компания предлагает широкий ассортимент товаров от продуктов питания до бытовой химии и косметики.

ООО «Дикси» — это российская компания, которая занимается розничной торговлей продуктами питания и другими товарами. Компания была создана в 1992 году и в настоящее время имеет более 2500 магазинов в России. ООО «Дикси» также занимается производством продуктов питания и напитков, а также доставкой товаров на дом.

Для анализа конкурентоспособности торговой сети «Пятёрочка» была сформирована группа из 12 экспертов. Эксперты, которыми был проведен опрос, использовали 10-бальную шкалу (10 – самая высокая оценка, 1 – самая

низкая), чтобы оценить конкурентоспособность каждого магазина согласно предложенным критериям [3]. В таблице 1 приведены средние экспертные оценки по каждому критерию.

Таблица. 1. Оценочный перечень параметров при анализе конкурентов

№	Наименование параметра	Средняя оценка экспертов, балл			
		«Пятёрочка»	«Лента»	«Магнит»	«Дикси»
1	Режим работы	10	9	8	8
2	Известность, имидж фирмы	10	9	9	7
3	Современное оборудование	9	10	8	8
4	Широта ассортимента	7	8	6	7
5	Система акций и скидок	10	8	7	6
6	Проведение рекламных акций	10	10	9	8
7	Уровень цен	8	7	8	8
8	Уникальные продукты	7	8	6	6
9	Уровень гигиены и чистоты помещения	7	8	7	9
10	Качество продукции	9	9	8	7
11	Выгодное месторасположение	10	7	8	6
12	Близость к потребителю	9	7	9	6
ИТОГО		106	100	93	86

По данным таблицы 8 видно, что основными конкурентами ООО «Пятёрочка» являются ООО «Лента» (100 баллов) и ПАО «Магнит» (93 балла).

Отметим слабые параметры предприятия ООО «Пятёрочка»:

- ¾ не задействована вся возможная широта ассортимента;
- ¾ недостаточность уникальных продуктов;
- ¾ уровень гигиены и чистоты помещения.

Основываясь на результатах, представим наглядно многоугольник конкурентоспособности предприятий на рисунке 1.

1. Многоугольник конкурентоспособности

Рассмотрев рисунок можно сделать следующие выводы. Компания «Пятёрочка» имеет хорошее конкурентное преимущество, занимает лидирующие позиции в таких параметрах, как: «режим работы» (10 баллов), «известность, имидж фирмы» (10 баллов), «система акций и скидок» (10 баллов), «выгодное месторасположение» (10 баллов). За параметр «современное оборудование» наивысшую оценку получила компания «Лента», также лидирующая в параметре «уникальные продукты» (8 баллов). В параметре «уровень гигиены и чистоты помещения» занимает первые позиции организация «Дикси» (9 баллов).

Построение «многоугольника конкурентоспособности» показало, что продукция ООО «Пятёрочка» имеет более высокую конкурентоспособность производимого товара по сравнению с предприятием-конкурентом (совокупная сумма составила 106 баллов). Однако есть параметры, в которых конкуренты лидируют, поэтому необходимо разработать рекомендации для повышения конкурентоспособности организации.

Таким образом, многоугольник конкурентоспособности помогает принимать обоснованные управленческие решения, направленные на повышение конкурентоспособности предприятия и улучшение его позиций в долгосрочной перспективе. Этот метод особенно полезен в условиях динамично меняющейся внешней среды, когда важно оперативно реагировать на вызовы рынка и адаптироваться к новым условиям.

Список литературы

1. Управление маркетингом: учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Маркетинг» / Н. Д. Эриашвили, А. В. Коротков, И. М. Синяева [и др.]. М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2023. 463 с.
2. Ежова, В. А. Методы оценки и прогнозирования конкурентоспособности предприятий: учебное пособие. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна, 2020. 38 с.
3. Артемова, С. А. Основы теории конкурентоспособности: учебное пособие. М.: Ай Пи Ар Медиа, 2021. 169 с.

4. Теоретические и практические основы повышения конкурентоспособности предприятия в условиях цифровизации: учебное пособие / Е. В. Скиперская, С. С. Вайцеховская, Н. А. Довготько, Г. В. Токарева. Ставрополь: Ставропольский государственный аграрный университет, 2023. 108 с.
5. Официальный сайт ООО «Пятёрочка». — URL: <https://5ka.ru> (дата обращения: 04.04.2025).

References

1. *Upravlenie marketingom: uchebnoe posobie dlja studentov vuzov, obuchajushhijsja po special'nosti «Marketing»* / N. D. Jeriashvili, A. V. Korotkov, I. M. Sinjaeva [i dr.]. M. : JuNITI-DANA, 2023. 463 pp. (in Rus.).
2. *Ezhova, V. A. Metody ocenki i prognozirovanija konkurentosposobnostipredpriyatij: uchebnoe posobie*. SPb.: Sankt-Peterburgskij gosudarstvennyj universitet promyshlennyh tehnologij i dizajna, 2020. 38 pp. (in Rus.).
3. *Artemova, S. A. Osnovy teorii konkurentosposobnosti: uchebnoe posobie*. M.: Aj Pi Ar Media, 2021. 169 pp. (in Rus.).
4. *Teoreticheskie i prakticheskie osnovy povyshenija konkurentosposobnosti predpriyatija v uslovijah cifrovizacii: uchebnoe posobie* / E. V. Skiperskaja, S. S. Vajcehovskaja, N. A. Dovgot'ko, G. V. Tokareva. Stavropol': Stavropol'skij gosudarstvennyj agrarnyj universitet, 2023. 108 pp. (in Rus.).
5. *Oficial'nyj sajti ООО «Pjatorochka»*. — URL: <https://5ka.ru> (data obrashhenija: 04.04.2025). (in Rus.).

Научный руководитель: Профессор кафедры экономики и финансов, доктор технических наук, доцент Шиков П.А.

Scientific supervisor: Professor of the Department of Economics and Finance, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor Shikov P.A.

УДК 004

А.А. Шипицына

МЕТОДЫ ЗАЩИТЫ ОТ АТАК НА СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

© А.А. Шипицына, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

Статья рассматривает актуальную проблему безопасности искусственного интеллекта (ИИ), анализируя основные типы атак на ИИ-системы, включая атаки с подменой данных (Data Poisoning), атаки на модель (Model Evasion/Adversarial Attacks), атаки на извлечение модели (Model Extraction), атаки типа «отказ в обслуживании» (DoS) и атаки на конфиденциальность. В статье рассматриваются эффективные методы защиты ИИ-систем, принципы безопасной архитектуры разработки ИИ-систем, а также методы тестирования безопасности. Также в статье обсуждаются еще и этические аспекты использования ИИ. Статья предназначена для специалистов в области ИИ, разработчиков программного обеспечения и всех, кто интересуется вопросами безопасности в сфере искусственного интеллекта.

Ключевые слова: искусственный интеллект, защита, безопасность, кибербезопасность, атаки на системы ИИ, защита данных, ИИ-системы, злоумышленники, машинное обучение, шифрование данных, безопасность данных.

А.А. Shipitsyna

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

METHODS OF PROTECTION AGAINST ATTACKS ON ARTIFICIAL INTELLIGENCE SYSTEMS

The article examines the current security problem of artificial intelligence (AI), analyzing the main types of attacks on AI systems, including Data Poisoning attacks, Model Evasion/Adversarial Attacks, Model Extraction attacks, denial of service attacks and privacy attacks. The article discusses effective methods of protecting AI systems, principles of secure architecture for developing AI systems, as well as security testing methods. The article also discusses the ethical aspects of using AI. The article is intended for AI specialists, software developers and anyone interested in security issues in the field of artificial intelligence.

Keywords: artificial intelligence, protection, security, cybersecurity, attacks on AI systems, data protection, AI systems, intruders, machine learning, data encryption, data security.

Введение

В мире стремительного развития и повсеместного внедрения систем искусственного интеллекта, их безопасность становится критически важным вопросом. Системы искусственного интеллекта, от автономных транспортных средств до медицинских диагностических инструментов, становятся все более сложными и интегрированными в различные аспекты нашей жизни, что делает их привлекательной целью для злоумышленников. Атаки на ИИ могут привести к катастрофическим последствиям, включая нарушение конфиденциальности данных, принятие неверных

решений, финансовые потери и даже угрозу жизни. Поэтому, разработка и внедрение эффективных методов защиты от атак на системы искусственного интеллекта является актуальной и необходимой задачей для обеспечения надежности и безопасности будущего, в котором такие системы играют все более значимую роль [1].

В данной статье рассматриваются различные типы атак на системы ИИ, их потенциальные последствия, а также современные методы защиты, направленные на повышение устойчивости и безопасности этих систем.

1. Основные типы атак на системы ИИ

Искусственный интеллект (ИИ) – это область компьютерных наук, нацеленная на создание систем и алгоритмов, способных мыслить рационально и выполнять творческие задачи, традиционно считавшиеся прерогативой человеческого разума. В отличие от обычных компьютерных программ, ИИ не ограничивается жестко заданными инструкциями, а использует методы обучения и накопления новых знаний для решения сложных проблем.

Системы искусственного интеллекта, несмотря на свою сложность и возможности, подвержены большому количеству атак, способных нарушить их функционирование, повредить данные и привести к ошибочным решениям. Понимание подобных угроз необходимо для разработки эффективных методов защиты [2].

Существует несколько основных типов атак на искусственный интеллект, которые могут серьезно повлиять на их работу.

1. Атаки с подменой данных (Data Poisoning Attacks) – кибератаки, направленные на системы машинного обучения и искусственного интеллекта, целью которых является искажение процесс обучения, вынуждения модели принимать неверные решения, выдавать предвзятые результаты или полностью вывести её из строя. Механизм атаки включает внедрение вредоносных данных (добавление, изменение или удаление данных, специально разработанных для достижения конкретной цели), искажение процесса обучения и компрометацию модели. Последствия таких атак включают снижение точности, нарушение безопасности, вывод из строя, репутационный ущерб и финансовые потери.

2. Отравление данных (Data Poisoning Attacks) – тип атаки на машинное обучение, при которой атакующий тайно изменяет обучающий набор данных, чтобы повлиять на поведение обученной модели. Злоумышленник может атаковать систему машинного обучения, целенаправленно внедряя вредоносные данные в обучающий набор. В результате модель машинного обучения будет классифицировать данные некорректно, принимать ошибочные решения и выдавать предвзятые результаты. Последствия могут варьироваться от незначительных ошибок в прогнозах до катастрофических сбоев систем, зависящих от этих моделей, включая финансовые потери, репутационный ущерб, принятие неправильных решений и даже физический вред в случае критически важных систем.

3. Атаки на модель (Model Evasion Attacks), также известные как состязательные атаки (Adversarial Attacks), представляют собой кибератаки на системы машинного обучения, действующие после обучения и развертывания модели. В отличие от атак с отравлением данных, затрагивающих процесс обучения, эти атаки эксплуатируют уязвимости самой обученной модели. Цель – заставить модель ошибочно классифицировать входные данные, которые при этом визуально почти неотличимы от обычных. Они делятся на целевые, которые заставляют модель классифицировать входные данные как конкретный класс, и нецелевые, которые заставляют модель классифицировать входные данные как любой класс, кроме правильного. Потенциальные последствия включают в себя ошибки в классификации, некорректные прогнозы, компрометацию безопасности систем, манипулирование результатами, и в целом снижение доверия к моделям машинного обучения.

4. Атаки с использованием состязательных примеров (Adversarial Example Attacks) – подвид атак на модели машинного обучения, направленных на обход системы путём предоставления специально модифицированных входных данных – состязательных примеров. Эти примеры практически неотличимы от обычных данных для человека, но содержат небольшие, едва заметные возмущения, которые приводят к неправильной классификации или предсказанию модели.

2. Методы защиты данных

Защита данных является одним из важнейших элементов обеспечения безопасности систем искусственного интеллекта, поскольку именно качество и целостность данных напрямую влияют на эффективность и надежность обученных моделей. Недостаточное внимание к этому аспекту может привести к серьезным последствиям, включая снижение точности, предвзятые результаты и уязвимость к различным типам атак.

Использование чистых и надежных наборов данных является первым и наиболее важным шагом в обеспечении безопасности ИИ-систем. Перед использованием набора данных для обучения модели необходимо выполнить два основных этапа: проверку происхождения данных и их очистку. Проверка происхождения включает определение источника данных и подтверждение его надежности, использование только проверенных и авторитетных источников, а также проверку соблюдения лицензионных соглашений и прав интеллектуальной собственности. Если данные собирались самостоятельно, обязателен аудит процесса сбора данных на предмет корректности и отсутствия предвзятости. После проверки происхождения, данные необходимо очистить. Это включает удаление дубликатов, исправление ошибок (неправильных значений, опечаток, несоответствий), удаление выбросов (значений, значительно отличающихся от остальных), обработку пропущенных значений и нормализацию/стандартизацию данных для приведения их к единому масштабу [3].

Ключевыми методами защиты конфиденциальности и предотвращения несанкционированного доступа являются анонимизация и шифрование данных. Анонимизация подразумевает удаление или изменение идентифицирующей информации, делая невозможной идентификацию отдельных лиц. Шифрование, в свою очередь, преобразует данные в нечитаемый формат, доступный только авторизованным пользователям с ключом дешифрования. Использование этих методов существенно повышает безопасность ИИ-систем и снижает риск утечки конфиденциальной информации.

Немаловажным компонентом защиты систем искусственного интеллекта являются мониторинг и обнаружение аномалий, позволяющие оперативно выявлять и реагировать на подозрительную активность, которая может указывать на попытки атак.

Реализация систем мониторинга является первым шагом к обеспечению непрерывной защиты ИИ-систем. Она включает в себя сбор и анализ логов, а также мониторинг производительности модели. Сбор и анализ логов позволяют отслеживать различные аспекты работы ИИ-системы, такие как запросы пользователей, ответы модели, ошибки и предупреждения. Важно собирать максимально подробные логи, чтобы выявление подозрительной активности было эффективнее. Мониторинг производительности модели позволяет отслеживать ее точность, предвзятость и другие важные показатели. Внезапное ухудшение производительности модели может указывать на атаку или другие проблемы [4].

Помимо защиты данных, повышения устойчивости моделей и мониторинга аномалий, существует ряд других методов защиты, которые могут быть использованы для усиления безопасности систем искусственного интеллекта (ИИ). Эти методы, зачастую, направлены на усложнение процесса проведения атак и повышение надежности предсказаний моделей. К примеру:

- Input Sanitization, или очистка входных данных, представляет собой процесс предварительной обработки входных данных, поступающих в модель ИИ, с целью удаления или смягчения вредоносных возмущений, которые могут использоваться для проведения атак с использованием состязательных примеров. Идея состоит в том, чтобы нейтрализовать воздействие состязательных возмущений до того, как они смогут обмануть модель;

- Randomized Smoothing повышает защищенность модели машинного обучения от атак с использованием состязательных примеров, путем добавления случайного шума к входным данным во время классификации. Шум «сглаживает» прогнозы модели, делая её менее восприимчивой к незначительным изменениям во входных данных;

- Certified Defenses, или сертифицированные защиты, предоставляют математические гарантии устойчивости модели к атакам в определенном радиусе возмущений. В отличие от других методов защиты, которые могут быть эффективными против одних атак, но уязвимыми для других, сертифицированные методы защиты гарантируют устойчивость модели к атакам, пока уровень искажений не превысит допустимый порог.

Также методы защиты можно представить как единый алгоритм предварительной обработки данных для защиты. Представим его в виде блок-схемы (1).



Рис. 4. Этапы метода защиты от предварительной обработки данных

1. Алгоритм предварительной обработки данных

3. Разработка безопасных ИИ-систем

Безопасность систем искусственного интеллекта должна закладываться еще на этапе проектирования и разработки, а не рассматриваться как дополнение после завершения разработки.

Безопасная архитектура разработки ИИ-систем подразумевает применение ряда принципов и практик, направленных на создание устойчивых, надежных систем. Ключевым элементом является подход безопасного проектирования и разработки ПО (Security by Design), интегрирующий безопасность на всех этапах жизненного цикла разработки, от планирования до обслуживания. Основные элементы безопасной архитектуры включают: разделение привилегий и предоставление только необходимых прав доступа, минимизацию поверхности атак, минимизацию привилегий, защиту по умолчанию, многоуровневую безопасность, отказоустойчивость (Fail Secure – сохранение безопасности при отказе компонента), проверку входных данных (предотвращение внедрения вредоносного кода), управление сессиями (предотвращение несанкционированного доступа) и регулярное обновление программного обеспечения для устранения уязвимостей.

Разделение привилегий (Principle of Least Privilege) и минимизация поверхности атак (Attack Surface Minimization) – также одни из основных принципов обеспечения безопасности. Принцип разделения привилегий гласит, что каждый пользователь, процесс или система должны иметь только необходимые для выполнения своих задач права доступа. Это снижает риск несанкционированного доступа и ограничивает ущерб от компрометации. В ИИ-системах это реализуется через разделение доступа к данным и моделям, определение четких ролей и использование контейнеризации для изоляции компонентов. Минимизация поверхности атак фокусируется на уменьшении числа точек потенциального проникновения злоумышленника. Чем меньше таких точек, тем сложнее атака. В контексте ИИ-систем это включает удаление ненужных компонентов и сервисов, отключение неиспользуемых портов, ограничение сетевого доступа, использование брандмауэров, регулярное сканирование на уязвимости, а также применение контейнеризации, виртуализации и микросервисной архитектуры для изоляции компонентов и уменьшения их индивидуальной поверхности атаки. Применение обоих принципов критически важно для повышения безопасности ИИ-систем и снижения риска атак [5].

Проведение тестирования на безопасность является неотъемлемым этапом в разработке и развертывании моделей машинного обучения. Такие тесты можно разделить на две группы.

Первая группа – тесты на уязвимости, например:

- Fuzzing: метод, использующий случайные или специально сгенерированные входные данные для обнаружения уязвимостей в системе. В машинном обучении он помогает выявить слабые места моделей, которые могут быть атакованы злоумышленниками путём подачи нестандартных или вредоносных данных;

- Static Analysis: подход, включающий в себя анализ кода и архитектуры модели без ее выполнения. Статический анализ может помочь выявить потенциальные уязвимости, такие как ошибки в логике, неправильная обработка данных или уязвимости в зависимости от сторонних библиотек.

Вторая группа – стресс-тестирование моделей, например:

- тестирование на больших объемах данных: процесс проверки, как модель справляется с обработкой больших объемов данных. Помогает определить, как модель ведет себя при нагрузке, и выявить возможные проблемы, такие как замедление обработки или сбои в работе;

- проверка модели на стрессоустойчивость: оценивает, насколько хорошо модель функционирует в нестандартных и экстремальных условиях, таких как пиковые нагрузки, ненадежные сети или непредсказуемые входные данные. Главная цель – определить пределы прочности модели и её способность адаптироваться к непредвиденным обстоятельствам.

4. Этические аспекты и ответственность

Этичное использование искусственного интеллекта является хоть и не самым главным, но достаточно важным аспектом, который влияет на его внедрение в различные сферы жизни. ИИ-системы могут принимать решения, которые оказывают значительное влияние на людей и общество в целом, поэтому важно учитывать этические нормы и ценности при их разработке и применении.

Разработчики и организации играют центральную роль в обеспечении безопасности ИИ-систем. Они должны внедрять лучшие практики разработки, включая тестирование на уязвимости, оценку рисков и соблюдение стандартов безопасности. Важным аспектом является сотрудничество между различными заинтересованными сторонами — от исследователей до регуляторов — для создания безопасных и этичных ИИ-приложений. Организации также должны проводить обучение сотрудников по вопросам этичного использования ИИ и обеспечивать соответствие законодательству и этическим нормам. Ответственность за безопасность ИИ-систем лежит не только на разработчиках, но и на руководстве организаций, которое должно поддерживать культуру этичного использования технологий.

Прозрачность и объяснимость ИИ также являются важными аспектами этичного использования технологий. Пользователи и заинтересованные стороны должны иметь возможность понимать, как принимаются решения ИИ-системами. Это включает в себя доступ к информации о моделях, алгоритмах и данных, используемых для обучения. Объяснимость помогает пользователям доверять системам ИИ и позволяет им оспаривать или понимать результаты, которые могут повлиять на их жизнь. Разработчики должны стремиться создавать модели, которые не только эффективны, но и легко интерпретируемы, что способствует более высокому уровню доверия со стороны пользователей и общества [6].

Ответственность за последствия использования ИИ должна быть четко определена на уровне организаций и разработчиков. Важно установить механизмы ответственности за ошибки или злоупотребления, связанные с использованием ИИ-систем. Это может включать в себя юридические рамки, регулирующие использование технологий, а также внутренние политики компаний по управлению рисками. Необходимо также учитывать возможность создания независимых органов, которые могли бы следить за соблюдением этических норм и стандартов в области ИИ. Ответственность за последствия использования не должна лежать только на разработчиках, она должна быть коллективной.

Заключение

В данной статье была подробно рассмотрена важность безопасности искусственного интеллекта (ИИ) и различные угрозы, с которыми сталкиваются современные ИИ-системы. Обсуждены основные типы атак, такие как подмена данных, атаки на модели и другие угрозы, способные негативно сказаться на эффективности и надежности ИИ. Понимание этих угроз является первым шагом к разработке эффективных методов защиты.

Также проанализированы различные подходы к защите ИИ-систем, включая использование надежных наборов данных, методы анонимизации, устойчивость моделей и системы мониторинга. Эти меры помогают минимизировать риски и повысить уровень безопасности ИИ-приложений. Создание безопасных ИИ-систем требует комплексного подхода, включая принципы безопасного проектирования и тестирования. Кроме того, обсуждены этические аспекты использования ИИ и ответственность разработчиков и организаций за последствия применения технологий. Прозрачность и объяснимость ИИ являются необходимыми условиями для формирования доверия со стороны пользователей и общества в целом.

Развитие данной темы имеет крайне важно в условиях растущей зависимости общества от ИИ-технологий. Эффективные методы защиты обеспечивают безопасность данных, предотвращают манипуляции с моделями и способствуют надежному функционированию ИИ-систем. Это, в свою очередь, формирует доверие пользователей

и способствует этическому использованию технологий. В условиях разнообразия угроз и постоянного развития киберугроз, исследование и внедрение надежных защитных механизмов становятся необходимыми для обеспечения устойчивости и безопасности ИИ в различных отраслях.

Научный руководитель: ассистент ИиУС Смирнов А.М.
Scientific supervisor: assistant Smirnov A.M.

Список литературы

12. Лекун, Я. Как учится машина: революция в области нейронных сетей и глубокого обучения. Пер. с фр. М.: Альпина ПРО. 2021.
13. Системная защита информации компьютерных сетей: учебное пособие в авторской редакции Н.К. Алимовой. Сетевое издание. 2022. URL: <https://izd-mn.com/PDF/43MNNPU22.pdf> (дата обращения: 01.03.2025).
14. Чистяков А., Андреев А. Как защитить машинное обучение в системах безопасности. «Лаборатория Касперского», Департамент исследования угроз. URL: <https://media.kaspersky.com/ru/business-security/attacks-on-artificial-intelligence-whitepaper.pdf> (дата обращения: 05.03.2025).
15. Обеспечение безопасности систем машинного обучения. Издательство «Открытые системы». URL: <https://www.osp.ru/os/2019/04/13055230/> (дата обращения: 12.03.2025).
16. Котенко И. В., Саенко И. Б., Лаута О. С., Васильев Н. А., Садовников В.Е. Подход к обнаружению атак на системы машинного обучения с использованием генеративно-сопоставительной сети // Двадцать первая Национальная конференция по искусственному интеллекту с международным участием, КИИ-2023: труды конференции. Смоленск: 2023. Т.1. С. 366–376.
17. Kotenko I., Saenko I., Laut O., Kribel K., Vasiliev N. Attacks on artificial intelligence systems: classification, the threat model and the approach to protection // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (ITI'22). ITI. 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 566. Springer, Cham. 2023. Pp. 293–302. DOI: 10.1007/978-3-031-19620-1_28.

References

1. Lekun, Ya. *Kak uchitsya mashina: revolyuciya v oblasti nejronnyh setej i glubokogo obucheniya* [How a machine learns: a revolution in neural networks and deep learning]. Translated from French. Moscow. Al'pina PRO. 2021. (in Rus.).
2. *Sistemnaya zashchita informacii komp'yuternyh setej: uchebnoe posobie v avtorskoj redakcii N.K. Alimovoj. Setevoe izdanie*. URL: <https://izd-mn.com/PDF/43MNNPU22.pdf> [System information protection of computer networks: a textbook edited by N.K. Alimova. Online publication.]. 2022. (date accessed: 01.03.2025).
3. *Chistyakov A., Andreev A. Kak zashchitit' mashinnoe obuchenie v sistemah bezopasnosti*. «Laboratoriya Kasperskogo», Departament issledovaniya ugroz. URL: <https://media.kaspersky.com/ru/business-security/attacks-on-artificial-intelligence-whitepaper.pdf> [How to protect Machine Learning in Security Systems / Kaspersky Lab, Threat Research Department.] (date accessed: 05.03.2025).
4. *Obespechenie bezopasnosti sistem mashinnogo obucheniya*. URL: <https://www.osp.ru/os/2019/04/13055230/> [Ensuring the security of machine learning systems]. Open Systems Publishing House. (date accessed: 12.03.2025).
5. Kotenko I. V., Saenko I. B., Laut O. S., Vasil'ev N. A., Sadovnikov V.E. Podhod k obnaruzheniyu atak na sistemy mashinnogo obucheniya s ispol'zovaniem generativno-sostyazatel'noj seti [An approach to detecting attacks on machine learning systems using a generative adversarial network]. *Dvadcat' pervaya Nacional'naya konferenciya po iskusstvennomu intellektu s mezhdunarodnym uchastiem, KII-2023* [The Twenty-first National Conference on Artificial Intelligence with International participation, KII-2023]: Smolensk: 2023. Vol.1. 366–376 pp. (in Rus.).
6. Kotenko I., Saenko I., Laut O., Kribel K., Vasiliev N. Attacks on artificial intelligence systems: classification, the threat model and the approach to protection // Proceedings of the Sixth International Scientific Conference «Intelligent Information Technologies for Industry» (ITI'22). ITI. 2022. Lecture Notes in Networks and Systems, vol 566. Springer, Cham. 2023. Pp. 293–302. DOI: 10.1007/978-3-031-19620-1_28.

РАЗВИТИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РОССИИ

© А.В. Шишкина, Е.С. Карасик

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и Дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Аннотация. Проблемы инновационного развития в России сегодня связаны с несколькими серьезными вызовами. К ним относятся недостаточная способность экономики адаптироваться к мировым научно-технологическим трендам, нехватка высококвалифицированных специалистов и разрушение международных производственных цепочек из-за санкций. Эти факторы негативно влияют на использование инновационного потенциала страны. В статье представлен рейтинг России в глобальной экономике по различным показателям инновационной деятельности, проведен анализ текущих тенденций, проблем и возможностей. Установлено, что при минимизации негативного влияния санкций, увеличении финансирования научных исследований и создании условий для сотрудничества с дружественными странами, Россия может реализовать свой значительный инновационный потенциал.

Ключевые слова: инновации, инновационная деятельность, глобальный инновационный индекс, инновационная инфраструктура.

A.V. Shishkina, E.S. Karasik

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DEVELOPMENT OF INNOVATION ACTIVITY IN RUSSIA

Abstract. The problems of innovative development in Russia today are associated with several serious challenges. These include the insufficient ability of the economy to adapt to global scientific and technological trends, the shortage of highly qualified specialists and the destruction of international production chains due to sanctions. These factors negatively affect the use of the country's innovation potential. The article presents the rating of Russia in the global economy according to various indicators of innovation activity, analyzes current trends, problems and opportunities. It has been established that by minimizing the negative impact of sanctions, increasing research funding and creating conditions for cooperation with friendly countries, Russia can realize its significant innovative potential.

Keywords: innovation, innovation activity, global innovation index, innovation infrastructure.

В современном мире инновации – это не просто тренд, а необходимость для компаний любого размера и сферы деятельности. Глобальные тенденции, такие как появление революционных технологий, цифровизация и ускоренный жизненный цикл продуктов, переворачивают устоявшиеся правила игры во многих отраслях. Цепочки создания стоимости претерпевают изменения, рентабельные ниши смещаются, на рынке появляются новые игроки. Все это перекраивает ландшафт конкуренции, стимулируя стремительное внедрение новых идей и разработок.

Мир стремительно меняется, и темпы этих изменений неуклонно растут. Эти изменения происходят везде, что делает использование всех инновационных инструментов необходимым условием для успеха и создания прочного конкурентного преимущества. В этой динамичной среде страны борются за лидерство в инновационной гонке, стремясь создать благоприятную среду для развития новых технологий и бизнесов.

Россия не является исключением. Она обладает значительным потенциалом в сфере инноваций, наследием великих ученых и инженеров, а также мощным научно-образовательным комплексом.

Этапы развития инновационной деятельности в России.

Можно выделить три ключевых этапа в развитии инноваций в Российской Федерации: дореволюционный, советский и современный.

Дореволюционный период.

В Российской империи инновационное развитие имело свои особенности. В отличие от западных стран, где инновации часто были результатом конкуренции между крупными производственными предприятиями. Многие инновации в России были связаны с военными нуждами. Например, в XVIII веке были внедрены новые технологии в металлургии и оружейном деле, что позволило России стать одной из ведущих военных держав.

Инновации также внедрялись в сельском хозяйстве, так как оно было основой экономики страны и требовало модернизации для повышения производительности. Кроме того, новые подходы внедрялись и в области образования: в XVIII веке были созданы первые университеты, где преподавались новые науки, а в XIX веке проведена реформа образования с внедрением новых методов обучения.

Советский период.

В этот период инновационное развитие сохранило некоторые особенности дореволюционного времени, но также приобрело новые черты. СССР уделял большое внимание развитию науки и техники, и инновации в этих областях были необходимы для поддержания экономического роста страны.

В СССР была создана мощная промышленная база, и инновации в этой области также были важны для экономического развития.

В инновационной сфере СССР достиг значительных успехов, например, стал одной из ведущих стран в области атомной энергетики и первым запустил искусственный спутник Земли и отправил человека в космос. Однако инновации часто внедрялись по инициативе государства, и недостаток финансирования часто становился препятствием для их реализации.

Современный период.

С началом перестройки и распадом СССР инновационная сфера претерпела значительные изменения. Переход к рыночной экономике привёл к появлению новых игроков — частных компаний и предпринимателей, что стимулировало инновационное развитие. Многие научные и технические разработки, созданные в рамках Советского Союза, стали доступны для других стран, что способствовало распространению новых технологий и стимулировало инновационное развитие во всём мире.

Текущее состояние инновационной деятельности в России.

В последние годы Россия активно продвигается в направлении инновационного развития. Правительство уделяет большое внимание поддержке инноваций и предпринимательства, создавая специальные программы и фонды для поддержки стартапов и научных исследований.

Создание, внедрение и развитие инновационных процессов во всех субъектах экономической и социальной деятельности - это задача государственной важности, определяющая конкурентоспособность страны на международном уровне.

Однако инновационная деятельность в России всё ещё сталкивается с рядом проблем:

- Недостаток финансирования. Многие перспективные проекты не могут получить необходимые средства для реализации. Инвесторы могут быть не готовы вкладывать свои деньги в проекты, которые могут не принести ожидаемой прибыли или даже потерпеть неудачу.

- Нехватка квалифицированных специалистов в области инноваций. Многие университеты и научные центры не могут подготовить достаточное количество специалистов, способных работать в этой сфере.

Несмотря на трудности, инновационная деятельность в России продолжает развиваться. Многие компании и стартапы успешно реализуют свои проекты и получают признание на международном уровне.

Одной из программ поддержки инноваций является «Сколково» - инновационный центр, который предоставляет поддержку стартапам и научным проектам. В рамках этой программы создаются условия для развития инновационных проектов, включая финансовую поддержку, инфраструктуру и консультации. В «Сколково» зарегистрировано более 2500 компаний, среди которых:

- Яндекс - одна из крупнейших интернет-компаний в России, специализирующаяся на поисковых системах, онлайн-сервисах и технологиях искусственного интеллекта.

- Acronis - компания, специализирующаяся на разработке программного обеспечения для защиты данных и управления ими.

- Т8 - компания, специализирующаяся на разработке и производстве телекоммуникационного оборудования.

- Нейрософт - компания, специализирующаяся на разработке и производстве медицинского оборудования.

Также в России активно развивается венчурный капитал - форма финансирования, которая предполагает вложение денег в новые и растущие компании или проекты с высоким потенциалом роста, но и высоким уровнем риска. Инвесторы всё больше интересуются инновационными проектами и готовы вкладывать в них свои деньги, способствуя развитию инновационной деятельности в стране.

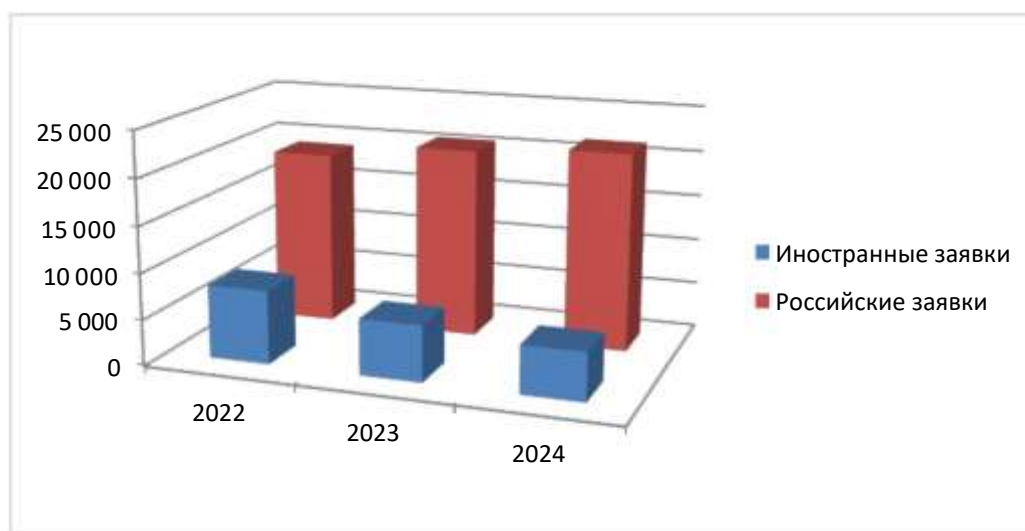
Кроме того, в России проводятся различные мероприятия и конкурсы для поддержки инновационных проектов. Например, конкурс «Инновации в России» предоставляет возможность молодым предпринимателям и ученым получить финансирование для своих проектов. Конкурс «Russian Startup Tour» - это серия мероприятий, которые проводятся в различных городах России. На этих мероприятиях стартапы могут представить свои проекты и получить обратную связь от экспертов. «Web Ready» - это конкурс, который проводится для стартапов в области информационных технологий. Победители получают финансирование и возможность представить свои проекты на международной арене.

В целом, можно сказать, что в последние годы в России наблюдается активное развитие инновационной деятельности. Правительство и инвесторы уделяют больше внимания поддержке инноваций, что способствует развитию новых технологий и идей.

Динамика инновационной деятельности в России

Российскими заявителями в 2024 году было подано 21 502 заявки на изобретение, что больше на 4,2% по сравнению с предыдущим периодом. Анализ динамики подачи показал, что российскими заявителями в 2023 году было подано заявок на изобретение на 8,7% больше, чем в 2022 году (в 2023 году российскими заявителями было подано 20 623 заявки на изобретение, в 2022 году — 18 970 заявок на изобретение). Хотя темпы роста замедляются, общая тенденция остается положительной. Если текущая тенденция сохранится, можно ожидать дальнейшего увеличения числа заявок в 2025 году, хотя темпы роста могут продолжать замедляться.

Из указанного следует, что в 2024 году российские заявители продемонстрировали увеличение изобретательской активности по сравнению с 2023 и 2022 годами (рисунок 1).



1 Динамика подачи заявок на изобретения 2022-2024 гг.[4]

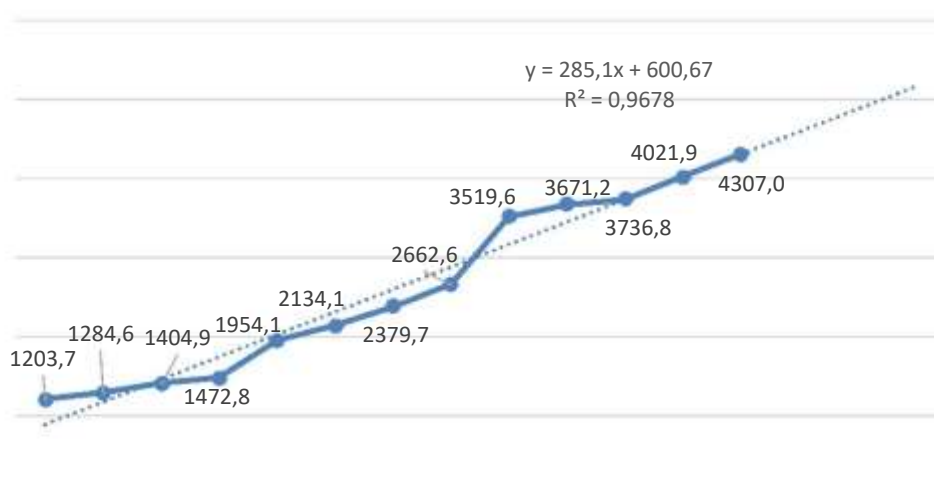
Как на 1, видно, что количество иностранных заявок сократилось на 1,885 в 2023 году по сравнению с 2022 годом, и на 873 в 2024 году по сравнению с 2023 годом, что указывает на постепенно уменьшающийся объем заявок. Сохранение данной тенденции может быть связано с различными факторами, такими как изменения в законодательстве, экономическая ситуация и уменьшение интереса к данному процессу [4].

Таким образом, в 2024 году уменьшение количества заявок, поданных иностранными заявителями, было компенсировано патентной активностью российских заявителей.

В 2024 году наибольшую активность в подаче заявок среди юридических лиц проявили государственные университеты, которые подали 6537 заявок на регистрацию изобретений, что составляет 41,6% от общего числа заявок со стороны хозяйствующих субъектов.

Разработчики из нашей страны в этом году подали 724 заявки на изобретения в области энергетических технологий и оборудования, что на 4% больше по сравнению с 2023 годом. Более 600 из этих заявок касаются компьютерных технологий, что является увеличением на 28,7%. Количество заявок на изобретения в сфере телекоммуникаций возросло на 2,5%. Существуют также заметный рост в таких сегментах, как оптические технологии (+33%), мебель и игры (+27,5%) и потребительские товары (+3,9%).

Важную роль в функционировании инновационных организаций в Российской Федерации играют затраты на инновационную деятельность, динамика которых представлена на рисунке 2.



2 Динамика затрат на инновационную деятельность в России за 2015-2024 гг., прогноз до 2027 г. млрд. руб.[5]

Как показано на 2, представленных официальных данных Федеральной службы государственной статистики, наблюдается устойчивый рост расходов на инновационную деятельность в Российской Федерации. С 2015 года расходы на инновации увеличились с 1203,7 миллиарда рублей до 3671,2 миллиарда рублей в 2024 году. Наиболее

заметный рост наблюдается в 2019 и 2020 годах, когда затраты значительно увеличились, что может быть связано с усилением фокуса на инновациях в ответ на экономические вызовы и потребности.

Главным источником финансирования инноваций по-прежнему остаются собственные средства организаций: в 2023 г. их доля составила 57.4%. Существенную роль играют также субсидии федерального бюджета, бюджетов субъектов Российской Федерации и местных бюджетов, которые суммарно обеспечивают более четверти (28.5%) инновационных расходов бизнеса. Можно утверждать, что предприятия активно реинвестируют собственные средства в развитие своих инновационных проектов, что может свидетельствовать о высоком уровне самообеспечения и устойчивости бизнеса [5].

Важным инструментом для оценки конкурентоспособности стран в области инноваций является Глобальный инновационный индекс, который позволяет сравнивать эффективность инновационных решений и создание благоприятной среды для их внедрения.

«Глобальный инновационный индекс» (Global Innovation Index) - это показатель, который определяет способность экономики производить поток коммерчески значимых нововведений. Рейтинг основан на 78 показателях и рассчитывается как среднее значение двух субиндексов: ресурсов для инноваций (оцениваются институты, человеческий капитал, наука, инфраструктура, уровень развития рынка и бизнеса) и результатов их использования (развитие технологий и экономики знаний, эффекты креативной деятельности).

Россия в 2024 году опустилась на восемь позиций в рейтинге «Глобальный инновационный индекс» Всемирной организации интеллектуальной собственности (ВОИС), заняв 59-ю строчку в списке из 133 стран. Наилучшие результаты РФ по-прежнему показывает в области развития человеческого капитала и науки — 39-е место (рост на одну позицию). Негативно влияет на ее положение состояние институтов — в этом субрейтинге страна стремительно снижается (126-е место против 110-го в 2023 году).

В 2023 году РФ находилась в рейтинге на 51-м месте, в текущем году опустилась до 59-го, оказавшись между Северной Македонией и Украиной. В 2022 году страна располагалась на 47-м месте, в 2021-м — на 45-м.

Это достаточно стабильный, однако, очень низкий результат для страны с ВВП по паритету покупательной способности, входящей в десятку крупнейших в мире. Так, в период 2020–2023 гг., несмотря на некоторое изменение в методологии расчета показателя и увеличение количества стран, место нашей страны остается в пределах 45–59, что незначительно превышает значение 2007 г. (в этот год впервые был рассчитан данный показатель) – 54 место [6]. Положение Российской Федерации по сравнению с другими странами представлено в таблице 1.

Таблица 1. Место России в Глобальном инновационном индексе 2024 года и ТОП-10 лидеров [6]

	Ранг в ГИИ	Институты	Человеческий капитал и исследования	Инфраструктура	Развитие рынка	Развитие бизнеса	Научно-технологическая продукция	Креативные индустрии
Швейцария	1	3	4	7	5	4	1	1
Швеция	2	16	3	1	9	1	2	6
США	3	17	12	30	1	2	4	8
Сингапур	4	1	2	11	7	3	9	19
Великобритания	5	26	7	18	3	14	5	3
Республика Корея	6	24	1	9	15	5	10	2
Финляндия	7	4	6	2	11	8	6	17
Нидерланды	8	9	14	25	14	7	8	7
Германия	9	19	5	27	13	18	11	5
Дания	10	2	9	8	21	12	13	10
Россия	59	126	39	76	57	53	52	53

В числе семи блочных составляющих индекса Россия занимает высокое 39 место по уровню развития человеческого капитала и исследований, в то время как положение по институтам ниже - 126 место.

В блоке «Институты» анализируются такие аспекты, как «институциональная среда», «нормативно-правовая база» и «деловая среда». Если последняя получила поддержку от экспертов, которые отметили наличие

предпринимательской культуры в стране и благоприятные условия для ее развития, то первые два момента показали существенные недостатки. Низкое качество нормативно-правовых актов, отсутствие верховенства закона, неэффективное государственное управление и общая нестабильность стали очевидными для экспертного сообщества, особенно на фоне санкций последних лет.

Блок «Инфраструктура» занимает 76-е место. В рамках данного блока рассматриваются такие ключевые элементы, как «Информационно-коммуникационные технологии», «Общая инфраструктура» и «Экологическая устойчивость». Наилучшие результаты наблюдаются в первой категории, что подтверждается активными действиями последних лет по цифровизации экономики и использованию цифровых ресурсов как фирмами, так и гражданами. Однако в области экологии ситуация хуже: внедрение экологического стандарта ISO 14001 показывает неутешительные результаты, занимая 122-е место из 133 стран.

Блок «Развитие рынка» охватывает финансовые и общерыночные показатели. Одной из самых слабых позиций является небольшое количество компаний, получающих венчурные инвестиции, что обусловлено уходом венчурных инвесторов из страны на фоне введенных санкций. В следующем году данная ситуация может усугубиться из-за роста доходности по депозитам в связи с повышением ключевой ставки Центробанка. Тем не менее, в целом рынок страны оценивается положительно - по этому показателю Россия занимает лидирующие позиции.

Блок «Развитие бизнеса» в значительной мере отражает использование исследовательского потенциала, а также достижения в науке и технике. Высоко оценены показатели цитирования (индекс Хирша) и количество созданных мобильных приложений. Однако, необходимы улучшения в таких показателях, как число научных публикаций, экспорт товаров креативных индустрий и внедрение стандарта ISO 9001.

Самый высоко оценённый блок «Человеческий капитал и исследования» продолжает оставаться ключевым конкурентным преимуществом России с советских времён. Хотя здесь не наблюдается исключительных результатов (кроме 9-го места в соотношении числа учителей к ученикам), в целом показатели находятся на уровне выше среднего. Тем не менее, эксперты полагают, что следует уделить больше внимания таким аспектам, как объем расходов на образование (безусловно, необходимо увеличить), продолжительность обучения и рост доли населения с высшим образованием.

В целом, показатели глобального инновационного индекса 2024 года для России не являются критичными. Основным фактором снижения выступает общая политическая ситуация в стране и внешние воздействия, а не падение в развитии национальной инновационной системы. Другие проблемы, не связанные с международным взаимодействием, уже не первый год характерны для страны, и их решение требует вмешательства государства.

Российская экономика обладает потенциалом для инновационного развития в различных отраслях.

Крупные отрасли, такие как нефтегазовая промышленность, энергетика и металлургия, обладают необходимым масштабом производства для внедрения прорывных технологий. Они могут стать локомотивами инноваций, формируя национальные центры передовых разработок. Однако для достижения этой цели им требуется кардинально изменить свои подходы к работе, увеличивая инвестиции в инновации и адаптируясь к быстрому появлению новых продуктов и технологий.

В менее крупных отраслях российские компании имеют возможность создавать и масштабировать инновации в отдельных перспективных нишах. Например, в машиностроении и фармацевтике национальный рынок может быть недостаточным для создания глобального лидера в инновациях. Однако в любой отрасли существуют направления, где российские компании могут добиться успеха за счет инноваций и накопленных компетенций, создавая основы для дальнейшего развития.

Таким образом, инновационное развитие России – это комплексный процесс, требующий усилий со стороны государства, бизнеса и общества в целом. Можно заметить определенные положительные сдвиги: рост инвестиций в науку и разработки, появление новых технологических компаний, активное участие в международных проектах. Однако реализовать весь потенциал инновационного развития России можно только путем решения ряда проблем: несовершенство законодательной базы, недостаток инвестиций, нехватка квалифицированных кадров, низкий спрос на инновационные продукты.

Для повышения эффективности инновационной деятельности на территории Российской Федерации предлагается ряд мероприятий:

- Разработать систему показателей для оценки эффективности инновационной деятельности на государственном уровне.
- Обмен опытом и знаний с зарубежными партнерами. Привлечение иностранных инвестиций в российскую инновационную инфраструктуру.
- Участие в международных программах, направленных на развитие инновационных продуктов.

Инновации стали неотъемлемым атрибутом успешного ведения бизнеса. Поэтому управление процессами создания и внедрения инноваций является ключевым аспектом деятельности любой организации. В то же время, создание условий для разработки, формирования и внедрения инноваций предприятиями и организациями является задачей государственной важности. От эффективности государственной политики в области инноваций зависит конкурентоспособность отечественной промышленности и страны в целом, а также пополнение доходной части бюджета. Создание условий начинается с принятия соответствующих нормативно-правовых актов, развития образовательного процесса, ориентированного на подготовку специалистов нового инновационного мышления. Завершающим этапом стимулирования инновационной активности является построение и создание специальных институтов поддержки и развития инноваций, а также формирование в обществе и во всех сферах хозяйственной деятельности культуры инноваций.

Научный руководитель: доцент кафедры экономики и финансов, к.т.н., Крайкина Елизавета Андреевна

Scientific supervisor: Associate Professor of the Department of Economics and Finance, Candidate of Technical Sciences, Kraikina Elizaveta

Andreevna

Список литературы

1. Потаев, В.С. Методические аспекты оценки инновационного потенциала региона // Baikal Research Journal. 2012. №3.
2. Стрижакова Е. Н., Стрижаков Д. В. Развитие инновационной деятельности в Российской Федерации: проблемы и перспективы // Экономика науки. 2023. №2. – С. 31-45
3. Глаз, В. Н., Казакова, И. Н., Миргородская, О. А., Нарожная, Г.А. Значение малого бизнеса для экономики страны и создание условий для его роста. - 2022. - № 209. – С. 49-51.
4. Федеральная служба по интеллектуальной собственности // Роспатент URL: <https://rospatent.gov.ru/ru> (дата обращения: 17.03.2025).
5. Официальные статистические показатели // ЕМИСС URL: <https://www.fedstat.ru/> (дата обращения: 19.03.2025).
6. Global Innovation Index 2024 // WIPO URL: <https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/> (дата обращения: 26.03.2025).

References

1. Potaev, V.S. Methodological aspects of assessing the innovative potential of the region // Baikal Research Journal. 2012. No. 3. (in Rus.).
2. Strizhakova E. N., Strizhakov D. V. Development of innovation activity in the Russian Federation: problems and prospects // Economics of science. 2023. No. 2. 31-45 pp. (in Rus.).
3. Glaze, V. N., Kazakova, I. N., Mirgorodskaya, O. A., Narozhnaya, G.A. The importance of small business for the country's economy and the creation of conditions for its growth. - 2022. - No. 209. – 49-51 pp. (in Rus.).
4. Federal Service for Intellectual Property // Rospatent URL: <https://rospatent.gov.ru/ru> (date accessed: 17.03.2025).
5. Official statistical indicators // EMISS URL: <https://www.fedstat.ru/> (date accessed: 19.03.2025).
6. Global Innovation Index 2024 // WIPO URL: <https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/> (date accessed: 26.03.2025).

Научный руководитель: Доцент кафедры экономики и финансов, кандидат технических наук, Крайкина Е.А.

Scientific supervisor: Docent of the Department of Economics and Finance, Candidate of Technical Sciences, Kraikina E.A.

РАЗРАБОТКА МИКРОПРОЦЕССОРНОГО УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ МАНИПУЛЯТОРОМ ДЛЯ ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ ОПЕРАЦИЙ

© К.О. Шкляев, В.Ю. Иванов, 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Цель данной статьи заключается в создании микропроцессорного устройства, способного управлять манипуляторами для выполнения вспомогательных однородных операций с высокой степенью точности и надежности. В процессе разработки будут рассмотрены основные принципы работы манипуляторов, архитектура микропроцессорных систем, методы управления и алгоритмы обработки данных. Результаты исследования могут быть использованы как в научной практике, так и в производственных условиях, способствуя дальнейшему развитию автоматизированных систем и робототехники. Ключевые слова: *Arduino*, автоматизация, сервопривод, манипулятор

К.О. Shklyayev, V.Y. Ivanov

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design 191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

DEVELOPMENT OF A MICROPROCESSOR CONTROL DEVICE FOR AUXILIARY OPERATIONS

The purpose of this article is to create a microprocessor device capable of controlling manipulators to perform auxiliary homogeneous operations with a high degree of accuracy and reliability. The development process will consider the basic principles of manipulator operation, the architecture of microprocessor systems, control methods and data processing algorithms. The research results can be used both in scientific practice and in production conditions, contributing to the further development of automated systems and robotics.

Keywords: Arduino, automation, servo drive, manipulator

Современные технологии автоматизации и робототехники стремительно развиваются, открывая новые горизонты для применения в различных сферах, от промышленности до медицины. Одним из наиболее перспективных направлений является разработка микропроцессорных устройств, способных управлять манипуляторами для выполнения вспомогательных операций. Эти устройства позволяют значительно повысить эффективность и точность выполнения задач, таких как сборка, упаковка, сварка и даже хирургические вмешательства. С ростом требований к производительности и качеству выполняемых операций, необходимость в высокотехнологичных решениях становится все более актуальной. Микропроцессорные устройства управления манипуляторами обеспечивают гибкость в программировании, возможность интеграции с различными сенсорами и системами управления, а также адаптацию к изменяющимся условиям работы. В этом контексте разработка надежного и эффективного устройства управления манипуляторами представляет собой важную задачу, которая требует комплексного подхода к проектированию, программированию и тестированию. Устройство состоит из трех сопряженных манипуляторов, имеющих систему управления (микроконтроллера), для перемещения объекта управления между манипуляторами используется конвейерная лента (не является основной темой проекта, поэтому подробно не рассматривается). Для наглядности на рисунке 1 изображена структурная схема.

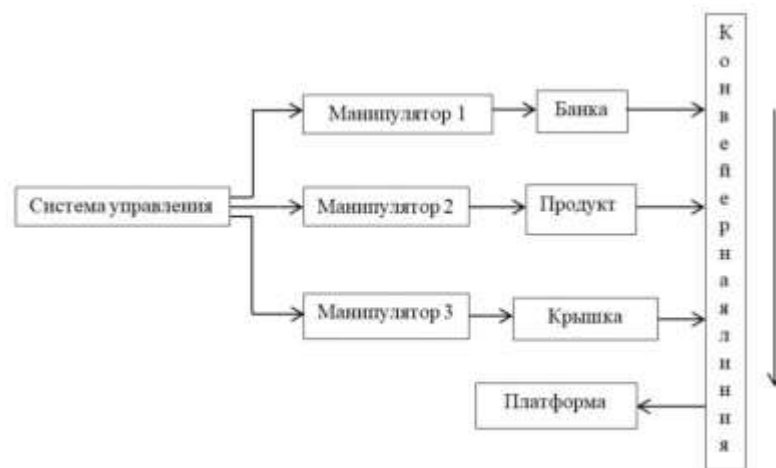


Рисунок 1 – Структурная схема устройства

Система управления робота в данном случае является автоматической, и действует согласно определенной программе, управляя манипуляторами 1, 2 и 3. Манипулятор 1, согласно программе, должен через определенный промежуток времени брать из отсека, находящегося в его рабочей зоне, банку и перекладывать её дном вниз на конвейерную ленту перемещающую банку к манипулятору 2. Манипулятор 2 спустя время, необходимого для того, чтобы банка доехала, берет из другого отсека продукт, который будет храниться в банке для перевозки, и кладет его в банку, которая не останавливается, и едет дальше. Спустя ещё некоторое время банка с продуктом доходит до манипулятора 3. Тот берет из отсека крышку и сначала кладет её на банку, а затем слегка придавливает на неё, чтобы она закрылась. Для такого процесса важно чтобы банка и крышка были сделаны из упругого и твердого материала. Это обеспечивает надежное хранение содержимого и помогает обойтись без лишней упаковки банки. Наконец, закрытая банка с содержимым доезжает до платформы для дальнейшей сортировки или доставки. Важно учесть, что манипуляторы и конвейер работают в слаженном режиме и с одинаковой задержкой и что после выполнения действия манипуляторы встают в начальное положение, чтобы не мешаться и продолжить цикл. Наглядное изображение показано на рисунке 2.

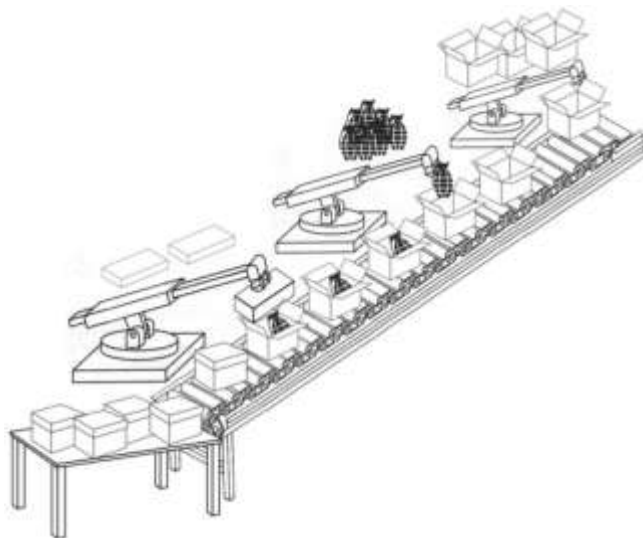


Рисунок 2 – Общий вид системы

Поскольку кроме описания и моделирования системы требуется сконструировать практическую рабочую модель, будет создан самодельный миниатюрный робот для наглядности. Сам он изображен на рисунке 3.

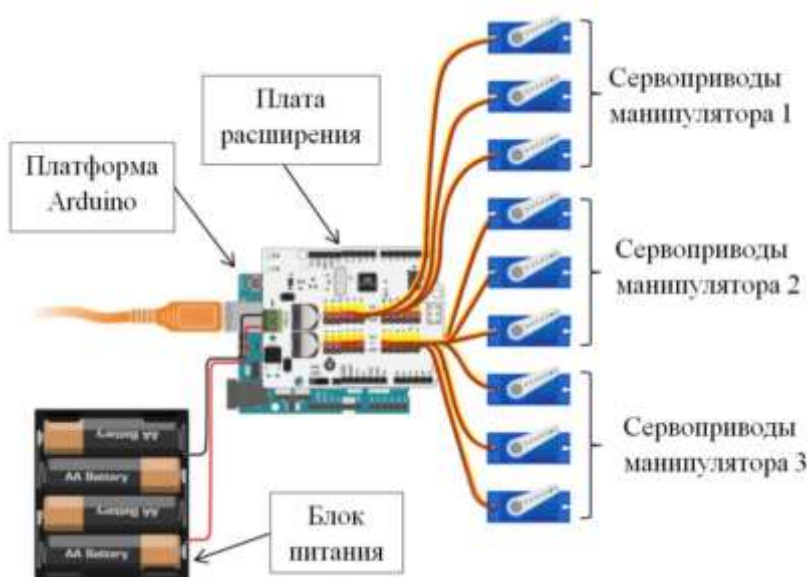


Рисунок 3 – Практическая модель

Робот состоит из следующих компонентов: плата *Arduino Uno*, модуль расширения *MultiServo shield v2*, блок питания, 3 манипулятора с 3 сервоприводами *SB-2290SG*. *Arduino* — это открытая платформа, которая позволяет собирать

всевозможные электронные устройства, которые могут работать как автономно, так и в связке с компьютером. Платформа состоит из аппаратной и программной частей; обе чрезвычайно гибки и просты в использовании. Для программирования используется упрощённая версия C++, также известная как *Wiring*. Для данной работы была выбрана плата *Arduino UNO* на базе микроконтроллера *ATmega328p*. Он имеет тактовую частоту 16 МГц, обладает 32 КБ памяти и имеет 20 контролируемых контактов для ввода и вывода. Для упрощения работы с сервоприводами используется плата расширения *Multiservo Shield v2*. Данная плата устанавливается поверх платы *Arduino* и передает данные по интерфейсу I²C. Данный интерфейс задействует 9 пинов платы, при этом все остальные пины платы остаются свободными, даже при управлении 18 сервоприводами одновременно. Подачу питания на сервоприводы можно было бы осуществить через USB-кабель *Arduino*, но по ряду причин здесь используется дополнительный блок питания. Блок питания – устройство подачи электроэнергии механизмам и аппаратам с необходимыми параметрами. Помимо самой главной задачи, обеспечение питания, блок питания также используется для фильтрации шумов и помех, преобразования и стабилизации напряжения и т.п. Сервопривод – это электродвигатель с блоком управления, который за счёт обратной связи может точно поддерживать заданное положение вала или постоянную скорость вращения. Сервоприводы используются, чтобы аккуратно приводить в действие различные механизмы. Примерная структурная схема работы манипулятора изображена на рисунке 4.

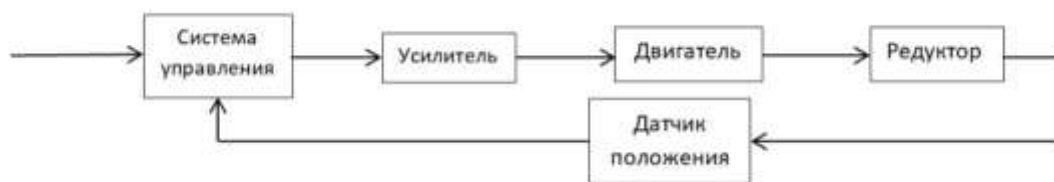


Рисунок 4 – Структурная схема сервопривода

Сервоприводы, как было сказано ранее, могут останавливаться на заданном положении вала. В манипуляторе располагаются три сервопривода: горизонтальный сервопривод, вертикальный и сервопривод захвата. Так горизонтальный сервопривод может повернуть манипулятор влево или на право, вертикальный вниз, вверх, а сервопривод захвата, отвечающий за работу клешни может замкнуть или разомкнуть клешню. Для оптимальной работы вертикальный сервопривод будет поворачиваться только на 30 градусов, горизонтальный же на 90 (Рисунок 5).

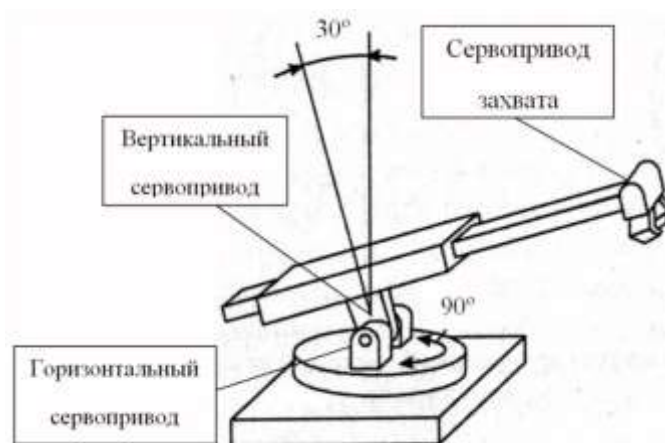


Рисунок 5 – Манипулятор

Для большего понимания работы манипуляторов, на рисунке 6 изображен алгоритм его работы по действиям каждого его сервопривода. Так как система автоматическая, что неоднократно упоминалось, алгоритм замкнутый и циклический.



Рисунок 6 – Схема алгоритма работы манипулятора

Список литературы

1. Иванов В. Ю. Средства автоматизации и управления // СПбГУПТД, 2018.
2. Мацкевич. В. В. Занимательная анатомия роботов // Издательство «Радио и связь», 1988.
3. Шапошников А. Л. Выбор и расчёт характеристик электропривода с двигателем постоянного тока: методические указания // СПбГУПТД, 2006.
4. Шапошников А. Л. Электромеханические системы, Характеристики двигателей постоянного тока Часть 1 // СПбГУПТД, 2017.

References

1. Ivanov V. Yu. Automation and control tools // SPbGUPTD, 2018.
2. Matskevich. V. V. Entertaining anatomy of robots // Publishing house “Radio and communication”, 1988.
3. Shaposhnikov A. L. Selection and calculation of characteristics of an electric drive with a DC motor: guidelines // SPbGUPTD, 2006.
4. Shaposhnikov A. L. Electromechanical systems, Characteristics of DC motors Part 1: guidelines // SPbGUPTD, 2017.

Н.А. Шурова, И.М. Чернина

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ХИМИЧЕСКОГО РЕАКТОРА С УЧЕТОМ КИНЕТИКИ И ЭКЗОТЕРМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ РЕАКЦИИ

Н.А. Шурова, И.М. Чернина

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Математическое моделирование работы химического реактора с учетом кинетики реакции и экзотермических эффектов имеет решающее значение для оптимизации химических процессов. В данной статье рассматриваются классификация химических реакторов, принципы их работы и математическое моделирование химических реакций с учетом тепловых эффектов. Для проведения моделирования были использованы инструменты программы Simulink, что позволило визуализировать и анализировать динамику процессов в реакторе.

Ключевые слова: химический реактор, математическое моделирование, кинетика реакции, экзотермические эффекты, Simulink.

N.A. Shurova, I.M. Chernina

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

MATHEMATICAL MODELING OF CHEMICAL REACTOR OPERATION CONSIDERING KINETICS AND EXOTHERMIC EFFECTS OF REACTION

Mathematical modeling of a chemical reactor's operation, considering reaction kinetics and exothermic effects, is crucial for optimizing chemical processes. This article discusses the classification of chemical reactors, their operational principles, and the mathematical modeling of chemical reactions, taking into account thermal effects. The tools of the Simulink program were used for modeling, which made it possible to visualize and analyze the dynamics of the processes in the reactor.

Keywords: chemical reactor, mathematical modeling, reaction kinetics, exothermic effects, Simulink.

Введение

Химические реакторы играют важную роль в химической и фармацевтической промышленности, обеспечивая преобразование исходных веществ в целевые продукты. Эффективность этих процессов зависит от множества факторов, включая выбор типа реактора и его конструктивные особенности. Правильный выбор реактора и его параметров позволяет создать оптимальные условия для протекания химических реакций, что критически важно для достижения высоких показателей выхода продуктов и обеспечения безопасности процессов.

Современные методы математического моделирования динамики химических реакций учитывают изменения концентраций реагентов и продуктов, а также тепловые эффекты, возникающие в процессе. Экзотермические реакции требуют тщательного контроля температуры, чтобы избежать перегрева и нежелательных побочных реакций.

В данной статье рассматриваются ключевые аспекты классификации химических реакторов, принципы их работы и математическое моделирование химических процессов с учетом тепловых эффектов. Результаты исследования подчеркивают важность комплексного подхода к проектированию и эксплуатации реакторов для повышения их производительности и безопасности.

Классификация

Химические реакторы можно классифицировать по различным критериям, что позволяет выбрать оптимальный тип устройства для конкретного процесса. Классификация приведена по следующим факторам:

— по режиму работы: реакторы могут быть непрерывными, периодическими или проточными; не-

прерывные реакторы обеспечивают стабильные условия реакции, в то время как периодические подходят для малых объемов производства. Реакторы различают смешивающиеся, контактные и реакторы с неподвижным слоем ката-

лизатора; смешивающиеся реакторы обеспечивают однородность смеси, что критично для реакций, требующих равномерного распределения компонентов.

— по наличию катализатора: реакторы могут использовать гомогенные или гетерогенные катали-

заторы, что влияет на скорость реакции и сложность отделения катализатора от продуктов.

Принцип работы реакторов основан на обеспечении оптимальных условий для протекания химических реакций. Важно учитывать кинетические параметры, такие, как скорость реакции и равновесные режимы, а также тепловые эффекты, которые могут существенно влиять на динамику процессов. Это определяет необходимость контроля температуры в процессе.

Математическое моделирование динамики химической реакции

В качестве объекта моделирования выбран трубчатый реактор непрерывного действия с идеальным перемешиванием. Для моделирования работы такого реактора можно использовать систему дифференциальных уравнений, описывающих изменение концентраций реагентов и продуктов во времени. Реакция происходит между веществами А и В, на выходе реактора получается продукт реакции D. Уравнения, описывающие динамику изменения концентраций, имеют следующий вид:

$$\left. \begin{aligned} \frac{dC_A}{dt} &= -kC_A C_B + \frac{q_A}{V} C_{A0} - \frac{q_B}{V} C_A \\ \frac{dC_B}{dt} &= -kC_A C_B + \frac{q_B}{V} C_{B0} - \frac{q_D}{V} C_B \\ \frac{dC_D}{dt} &= kC_A C_B + \frac{q_D}{V} C_D \end{aligned} \right\}$$

где C_A, C_B, C_D — концентрации реагентов и продукта, и — их значения на входе в реактор, k — коэффициент скорости реакции, q_A и q_B — объемные потоки, V — объем реактора.

Эти уравнения позволяют анализировать динамику реакции и предсказывать поведение системы в зависимости от различных ее параметров.^[2]

Учет экзотермических эффектов в реакторе

Экзотермические реакции, сопровождающиеся выделением тепла, могут существенно влиять на скорость реакции и равновесные концентрации. Важно учитывать тепловые эффекты в математическом моделировании, так как они могут изменить динамику процесса.^[3] Зависимость температуры объекта от выделения тепла, определяемого концентрацией продукта D, может быть описана уравнением:

$$C_D \frac{d\theta}{dt} = \frac{q_D}{V} C_D - \alpha \theta$$

где θ — отклонение температуры объекта от температуры окружающей среды, °C, коэффициент интенсивности тепловыделения реакции, (Вт·м³)/кг.

Для определения теплоемкости объекта приняты плотность раствора 1000 кг/м³ и удельная теплоемкость $C_{уд} = 4200$ Дж/(кг·°C). При объеме реактора 1 м³ теплоемкость объекта составит $4,2 \cdot 10^6$ Дж/°C.

Коэффициент теплоотдачи $\alpha = 60$ Вт/(м²·°C). Учет этих параметров позволяет моделировать тепловые эффекты в реакторе. Объект может быть описан апериодическим звеном первого порядка с постоянной времени $T_0 = 9500$ с и коэффициентом передачи $K_0 = 0,002$ Вт/°C.

Учет ограничения моделирования по времени

Оценим время реакции веществ в химическом реакторе цилиндрической формы, которое рассчитывается по формуле:

$$t_{\text{реакции}} = \frac{L}{v}$$

где L — длина реактора, v — скорость потока химикатов.

Пусть диаметр реактора $d = 0,6$ м, тогда при объеме реактора $V = 1$ м³ его длина равна

$$L = \frac{V}{\frac{\pi d^2}{4}} = \frac{1}{3,14 \cdot 0,6^2} \approx 3,6$$

Площадь поперечного сечения реактора S_0 рассчитывается по формуле

$$S_o = -\frac{d^2}{4} = 0,2826^2$$

и при суммарном расходе химикатов q_D равном $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$ скорость потока будет равна:

$$v = \frac{q}{S_o} = \frac{0,01}{0,2826} = 0,0354 \text{ м/с}$$

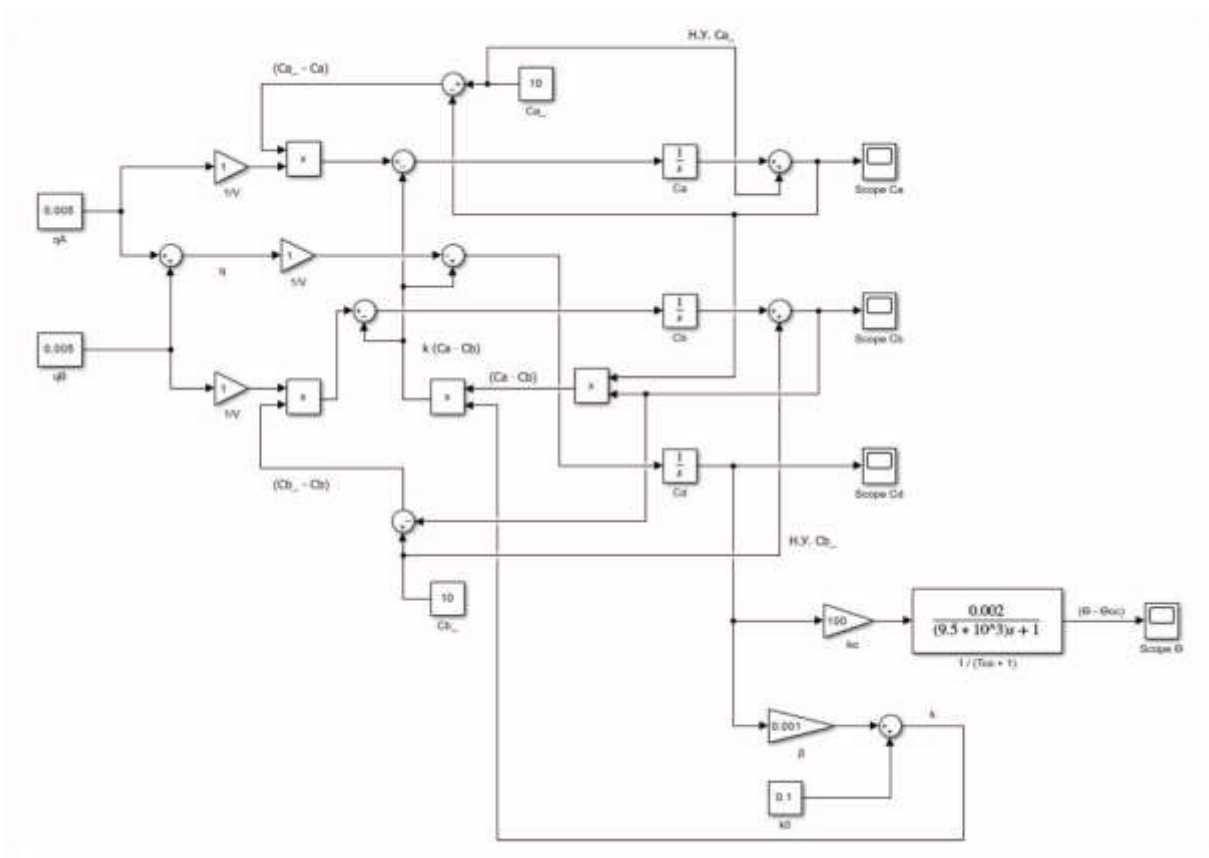
тогда время протекания реакции составит:

$$t_{\text{реакции}} = \frac{L}{v} = \frac{3,6}{0,0354} = 100 \text{ с}$$

Таким образом, время протекания реакции составляет 100 секунд. Результаты, полученные вне указанного временного промежутка, не отражают истинной динамики реакции и должны быть исключены из дальнейшего анализа.

Моделирование работы химического реактора в среде *Simulink*

Моделирование выполнено в среде *Simulink*, которая позволяет исследовать динамические свойства сложных систем.^[4] Модель (1) состоит из блоков, реализующих математическое описание системы.



1. Модель химического реактора

Блоки модели и их описание:

qA и qB – объемные расходы реагентов А и В на входе в реактор;

$1/V$ – блоки, включающие объем реактора V , используются для расчета концентраций;

k – блоки, представляющие константу скорости реакции.

Ca , Cb , Cd – блоки, представляющие концентрации компонентов А, В и D в реакторе.

Реагенты А и В поступают в реактор с объемными расходами qA и qB . Концентрации реагентов в реакторе рассчитываются с учетом входных расходов, объема реактора и кинетики реакции. Тепловыделение в результате

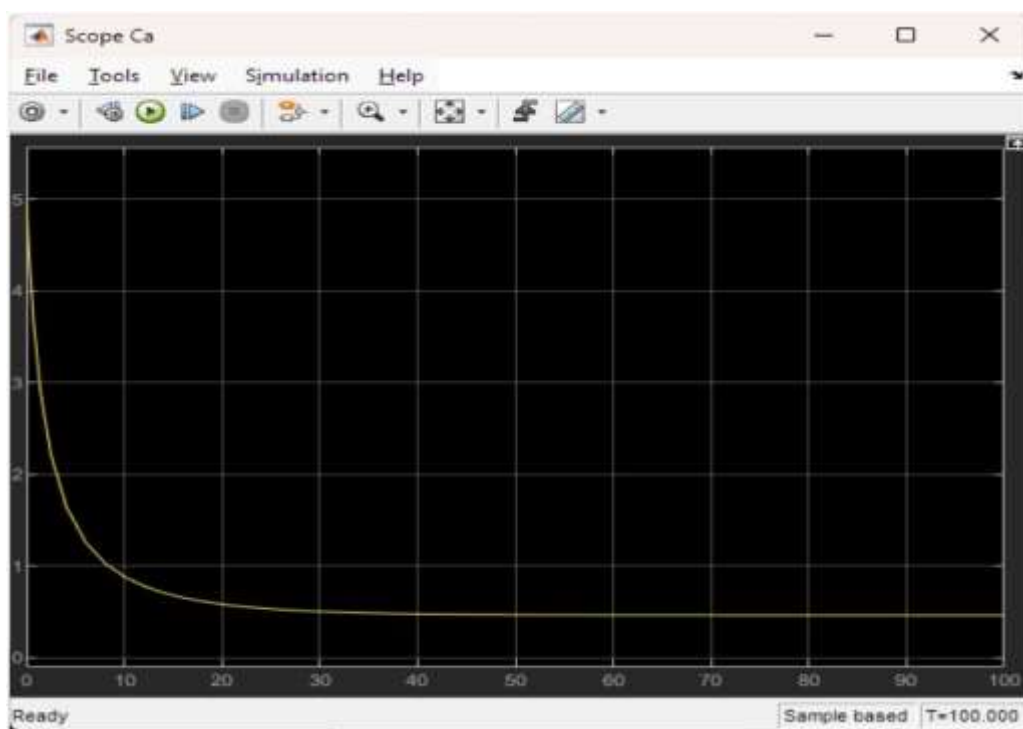
реакции влияет на температуру в реакторе. Изменение концентраций и температуры отслеживается с помощью блоков Scope.

В разработанной модели предусмотрена возможность учета экзотермического эффекта и его влияния на кинетику процесса. Этот процесс подлежит дополнительному исследованию.

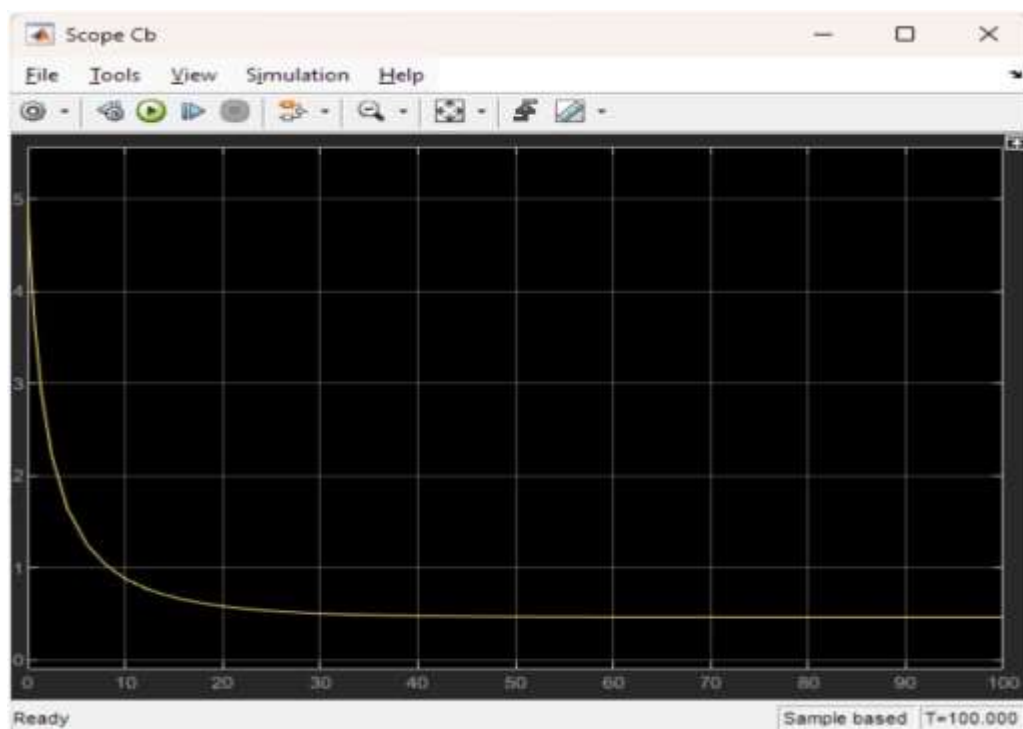
Моделирование с учетом кинетики химических реакций

Проведено исследование работы объекта. Для оценки динамики реакции приняты одинаковые объемные расходы qA и qB в процессе наблюдения и зафиксированы процессы изменения концентраций C_A и C_B .

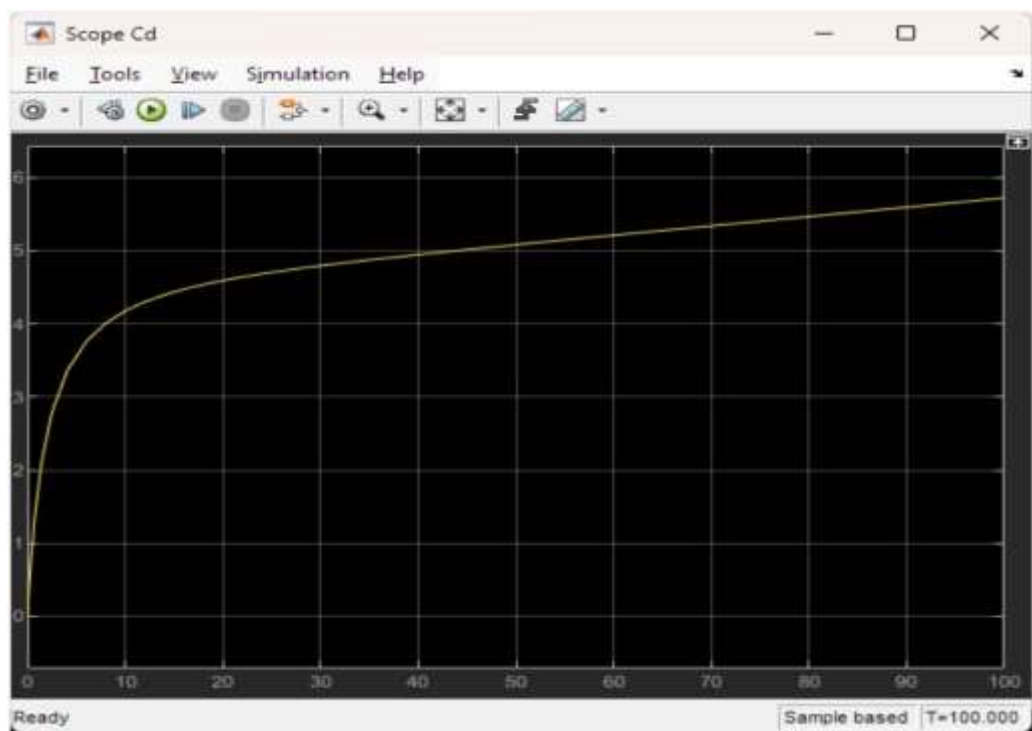
Для анализа динамики процесса и визуализации результатов моделирования, представлены графики, имитирующие сигналы осциллографов Scope. На них показаны изменения концентраций исходных веществ A, B и целевого продукта D во времени (2-3). Эти графики позволяют наглядно проследить, как варьирование начальной концентрации реагентов влияет на кинетику реакции.



а

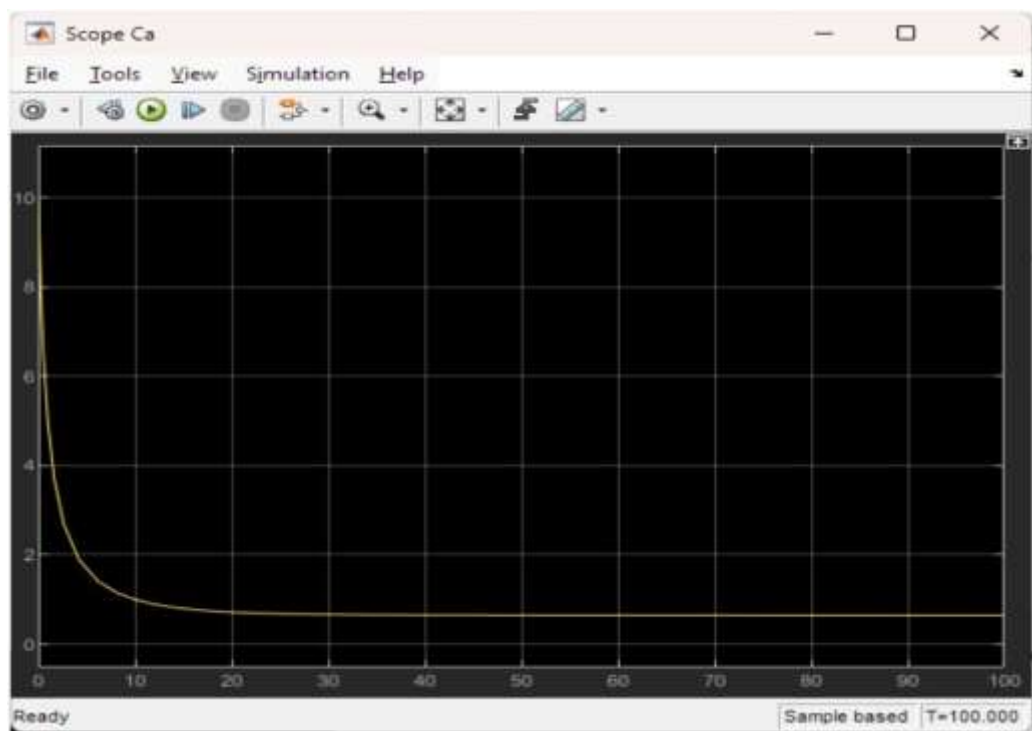


б

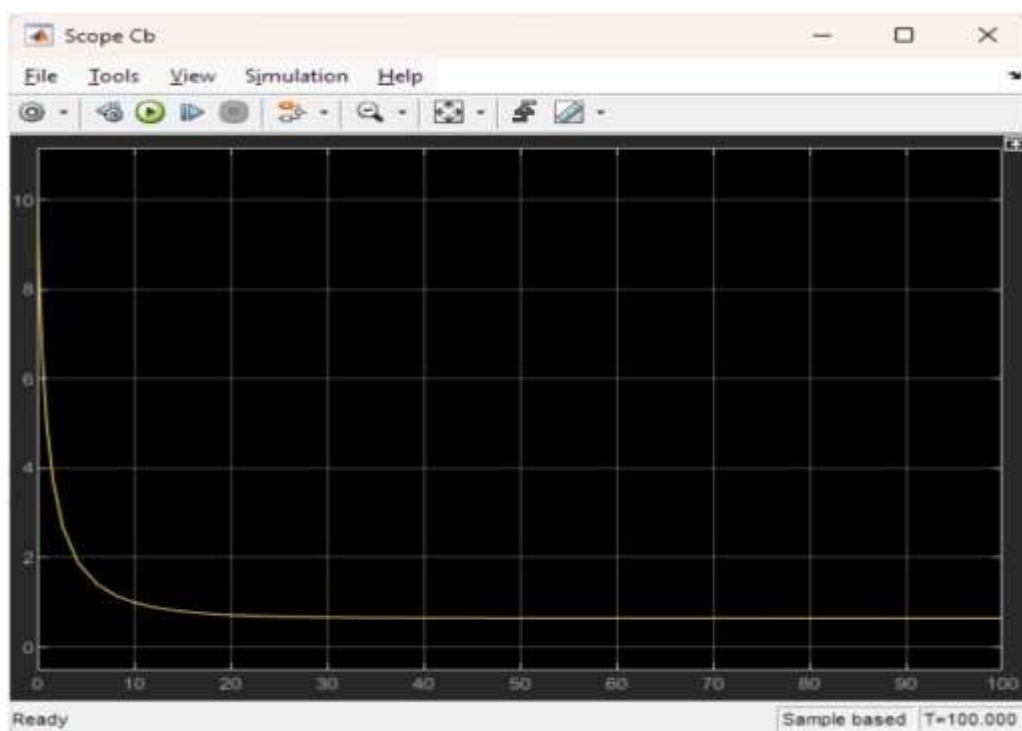


в

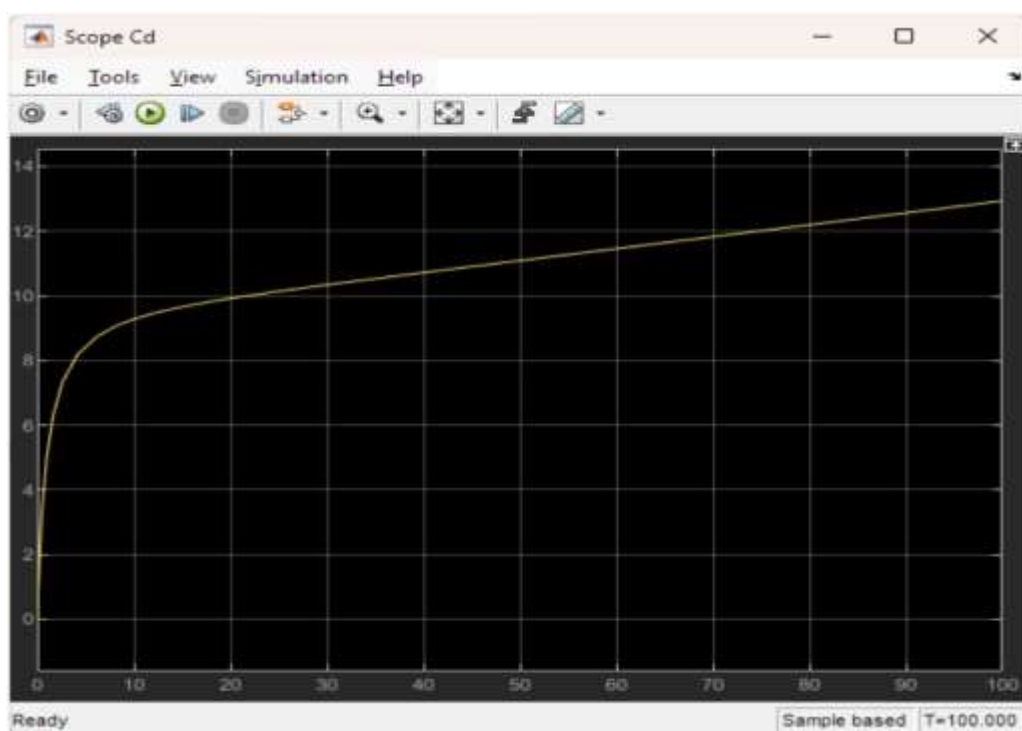
2. Показания осциллографов при заданных значениях концентраций исходных веществ $C_A = C_B = 5 \text{ кг/м}^3$; а – динамика вещества А в реакции; б – динамика вещества В; в – динамика вещества D



а



б



в

3. Показания осциллографов при заданных значениях концентраций исходных веществ $C_A = C_B = 10 \text{ кг/м}^3$; а – динамика вещества А в реакции; б – динамика вещества В; в – динамика вещества D

Представленные результаты моделирования, отраженные в осциллограммах, демонстрируют влияние начальных концентраций реагентов на динамику химической реакции. Сравнительный анализ графиков позволяет установить зависимость между начальными концентрациями исходных веществ (C_A и C_B) и кинетическими характеристиками процесса. В частности, при относительно низких начальных концентрациях $C_A = C_B = 5 \text{ кг/м}^3$, наблюдается замедленная динамика реакции, характеризующаяся изменением концентраций реагентов и продукта. Увеличение начальных концентраций до $C_A = C_B = 10 \text{ кг/м}^3$ приводит к ускорению реакционного процесса, что проявляется в более интенсивном изменении концентраций.

Таким образом, результаты моделирования наглядно демонстрируют, что увеличение начальных концентраций реагентов приводит к ускорению химической реакции. Вариант

с начальными концентрациями $C_A = C_B = 10 \text{ кг/м}^3$ (3) является предпочтительным. Это обусловлено тем, что при данных условиях концентрация продукта C_D возрастает быстрее, и значительно увеличивается на выходе из реактора (в 2,2 раза) при увеличении концентраций входных веществ в 2 раза. В промышленных процессах важна производительность и минимизация времени цикла.

Исследование влияния экзотермичности на протекание реакции в данной статье не рассмотрено. Оно подлежит дальнейшему рассмотрению с учетом возможности разработанной модели.

Заключение

Моделирование работы химического реактора с учетом кинетики реакции и теплообмена является важным инструментом для оптимизации процессов в химической, фармацевтической и других отраслях. Полученные результаты подчеркивают необходимость комплексного подхода к проектированию и эксплуатации реакторов. Важно учитывать не только кинетические параметры, но и тепловые эффекты, которые могут существенно влиять на производительность и безопасность процессов. Поэтому в дальнейшем предстоит изучить влияние экзотермичности с использованием уже созданной модели.

Последующие исследования могут быть направлены на разработку более сложных моделей, учитывающих влияние различных факторов, таких, как неоднородность реакционной смеси, динамика перемешивания и взаимодействие реагентов. Это позволит более точно прогнозировать поведение реакторов и улучшить их эксплуатационные характеристики.

Список литературы

1. Петьков В.И., Корытцева А.К., Химические реакторы. Электронное учебно-методическое пособие. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2012. 71 с.
2. Середа С.Н., Особенности моделирования химических реакторов в *MATLAB* // Методы и устройства передачи и обработки информации. 2022. №23. С. 89-94.
3. Бегунов Р. С., Химические реакторы в промышленности. Методические указания. Ярославль: ЯрГУ, 2011. 56 с.
4. Бобоёров Р.А., Авезов Т.А. ,Моделирование трубчатого химического реактора в пакете прикладных программ *MatLab* // *Universum*: электронный научный журнал. - 2021. №4(85). С. 80-83.

Л.М. Яковлева, М.И. Осипов

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ

© Л.М. Яковлева, М.И. Осипов, 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Применение современных технологий в производственных системах текстильных предприятий подразумевает интеграцию таких технологий как реверс-инженерии, 3D-моделирование и аддитивные технологии в системы мониторинга и диагностики оборудования текстильной промышленности. Данный способ будет являться важным шагом к повышению эффективности, качества и устойчивости производства. Без своевременного выявления недостатков рассматриваемых систем производство не сможет быстро адаптироваться к новейшим изменениям и постепенно теряет свою конкурентоспособность на рынке.

Ключевые слова: реверс-инженерия, 3D-моделирование, аддитивные технологии, 3D-печать, мониторинг и диагностика, выявление дефектов.

L.M. Yakovleva, M.I. Osipov

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES TO IMPROVE THE EFFICIENCY OF TECHNOLOGICAL PROCESSES OF TEXTILE PRODUCTION

The use of modern technologies in the production systems of textile enterprises implies the integration of technologies such as reverse engineering, 3D modeling and additive technologies into the monitoring and diagnostics systems of textile industry equipment. This method will be an important step towards improving the efficiency, quality and sustainability of production. Without timely identification of the shortcomings of the systems under consideration, production will not be able to quickly adapt to the latest changes and gradually loses its competitiveness in the market.

Keywords: reverse engineering, 3D modeling, additive technologies, 3D printing, monitoring and diagnostics, defect detection.

Современные текстильные производства должны соответствовать ряду критериев, чтобы успешно функционировать на рынке. К ним относятся: качество продукции, отвечающее требованиям стандартов и спросу потребителей; устойчивое развитие – экологичность и энергозатратность ресурсов; инновационность технологий и материалов; гибкость и адаптивность к изменениям спроса связанных с тенденциями и предпочтениями потребителей; конкурентоспособность – поддержания соотношения цены и качества, эффективное управление затратами; цифровизация – автоматизация и оптимизация процессов. Стремление к выполнению этих критериев поможет текстильным производствам оставаться конкурентоспособными и успешными на современном рынке [1], [2].

Поэтому в данной статье мы рассмотрим тему интеграции современных технологий в существующую систему производства, тем самым затронув значительную часть упомянутых критериев.

Современные методы мониторинга и диагностики оборудования в текстильной промышленности играют важную роль в обеспечении эффективности и бесперебойной работы производственных процессов.

Эти методы включают:

- Датчики и IoT технологии – используются для сбора данных о работе машин, что позволяет проводить анализ в реальном времени и предотвращать поломки [3].
- Предиктивное обслуживание – подход, основанный на предсказании вероятных неисправностей на основе данных мониторинга. Это позволяет сократить время простоя оборудования и снизить затраты на обслуживание [4].
- Анализ данных и машинная обработка – применяются для обработки больших объемов данных, полученных от оборудования, что позволяет выявлять закономерности и оптимизировать производственные процессы [5].
- Визуализация и моделирование процессов – с помощью 3D-моделирования можно создавать виртуальные модели производственных линий, что облегчит процесс планирования и внедрения новых технологий [6].

Взаимодействие 3D-моделирования, 3D-печати и реверсивного инжиниринга в контексте мониторинга и диагностики оборудования текстильной промышленности представляет собой интересное сочетание технологий, которое может значительно увеличить адаптивность, улучшить эффективность и точность процессов.

Реверсивный инжиниринг

Реверс инженерия – это процесс анализа и восстановления уже существующих изделий, включая текстильные изделия, с целью понять их конструкцию и технологии производства. В текстильной промышленности реверс инженерия так же может быть использована для изучения паттернов, швов, текстур и технологий, используемых

в конкурентных продуктах. Это позволяет компаниям улучшать свои предложения, оптимизировать производственные процессы и разрабатывать новые продукты на основе успешных идей.

Реверсивный инжиниринг включает в себя анализ и создание 3D-моделей уже существующих объектов. В текстильной промышленности это может быть полезно для:

Сканирования и моделирования существующих машин: если оборудование устарело, а запасные детали больше не производятся, реверсивный инжиниринг позволяет создать точные копии деталей для замены.

Оптимизации и модернизации: Модели, полученные реверсивным инжинирингом, могут быть изменены для повышения производительности или снижения затрат [7]–[12].

3D-моделирование

3D-моделирование – это процесс создания трехмерных представлений объектов с использованием специализированного программного обеспечения. В текстильном проектировании 3D-моделирование применяется для разработки новых тканей, текстур и аксессуаров. Оно позволяет дизайнерам визуализировать свои идеи, экспериментировать с различными узорами и цветами, а также создавать прототипы одежды или текстильных изделий до их физического производства. В текстильном производстве 3D-модели используются для:

- Проектирования новых деталей и оборудования: это позволяет тщательно проработать конструкцию и проверить ее функциональность до начала производства.
- Анализа и оптимизации существующих компонентов: С помощью моделирования можно выявить слабые места и спроектировать улучшения.

Далее после моделирования применяется технология 3D-печати.

3D-печать

Аддитивное производство, используется для быстрого прототипирования, изготовления запасных частей и тестирования новых конструкций:

Прототипирование: 3D-печать позволяет быстро создавать функциональные прототипы, которые можно использовать для тестирования и проверок в реальных условиях.

Производство уникальных деталей: в текстильном оборудовании могут быть изношены или повреждены специфические детали. 3D-печать позволяет быстро создать их аналог, что минимизирует время простоя оборудования [12].

Применение технологий в мониторинге и диагностике

Вместе эти технологии могут быть использованы для мониторинга и диагностики в текстильной промышленности следующим образом:

Создание виртуальных моделей оборудования для мониторинга состояния и выявления проблем в реальном времени. Такие модели могут использоваться для анализа данных, собранных с сенсоров, что позволяет оперативно реагировать на неполадки [13], [14].

Обеспечение капитального ремонта и оперативного обслуживания: 3D-печать позволяет быстро создавать запасные части, что уменьшает время простоя оборудования в случае поломки [15], [16].

Анализ и улучшение производительности: модели могут быть использованы для симуляции работы оборудования в различных условиях, что помогает в выявлении потенциальных узких мест и предотвращении поломок [17], [18].

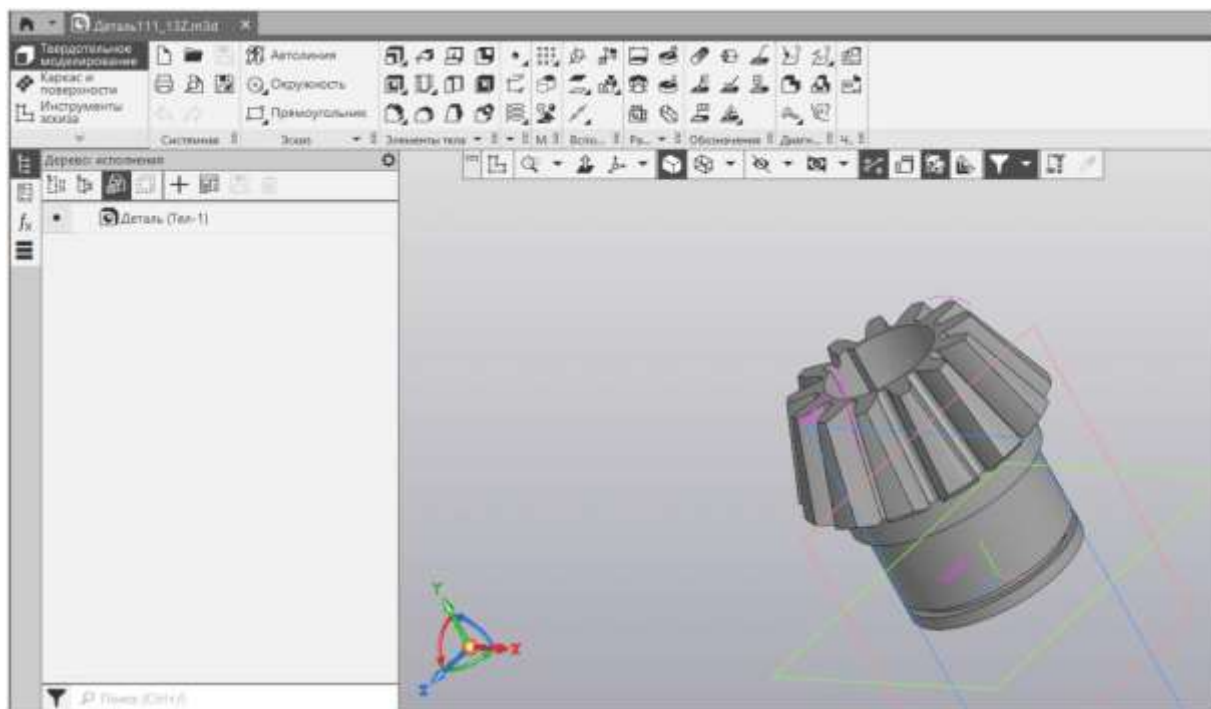
Опыт совместного использования описанных технологий уже в некоторой степени существует на предприятиях текстильной промышленности. В качестве примера приведем опыт с предприятия ООО «Льняная мануфактура», где были совмещены стандартные методы выявления дефектов оборудования и современное 3D-моделирование с последующей 3D-печатью. На производстве ведется выпуск небольшого ассортимента продукции. Для каждого наименования есть известные, полученные практическими и теоретическими расчетными методами данные по выпускаемым полуфабрикатам и уже готовым продуктам. При выпуске, на каждом этапе производства ведется сбор данных по весу, длине и толщине полуфабрикатов. Полученные данные с помощью компьютерных расчетов переводятся в стандартные для текстильных производств единицы измерения: текст, номер и коэффициент вариации по линейной плотности, которые сравниваются с эталонными значениями. Если полученные значения не коррелируются со стандартом, тогда проводятся работы по выявлению причин отклонения.

Существуют два вида отклонений: случайные и периодические. Если повторяющееся отклонение имеет закономерность, значит к ее появлению привели дефекты в узлах оборудования. Точное место дефекта можно определить с помощью спектрального анализа волновых колебаний оборудования. Спектральный анализ производится по спектрограмме – графику зависимости амплитуды волны от длины волны, отложенной в логарифмическом масштабе, иными словами, по графику разброса значений (неровноты), полученных после анализа полуфабрикатов (ленты, ровницы и пряжи). Проводятся дополнительные компьютерные расчеты для построения графика спектра.

Существует большое количество различных устройств и приборов, которые исследуют неровноту продуктов прядения, например приборы фирмы «Устер» или отечественная лабораторная установка КЛА, оснащенные емкостными датчиками. В зависимости от выбранной программы можно получить такие параметры как линейная неровнота продукта, коэффициент вариации по сечениям, коэффициент вариации по различным длинам отрезков и количество пороков в продукте. Установка самостоятельно измеряет все необходимые параметры, проводит расчеты и выдает результат в виде графиков отклонения, диаграмм и спектрограмм. На основании полученных данных, представленных в графическом виде, делается вывод о том, на каком переходе могло быть получено искомое отклонение, например, на прядильной машине.

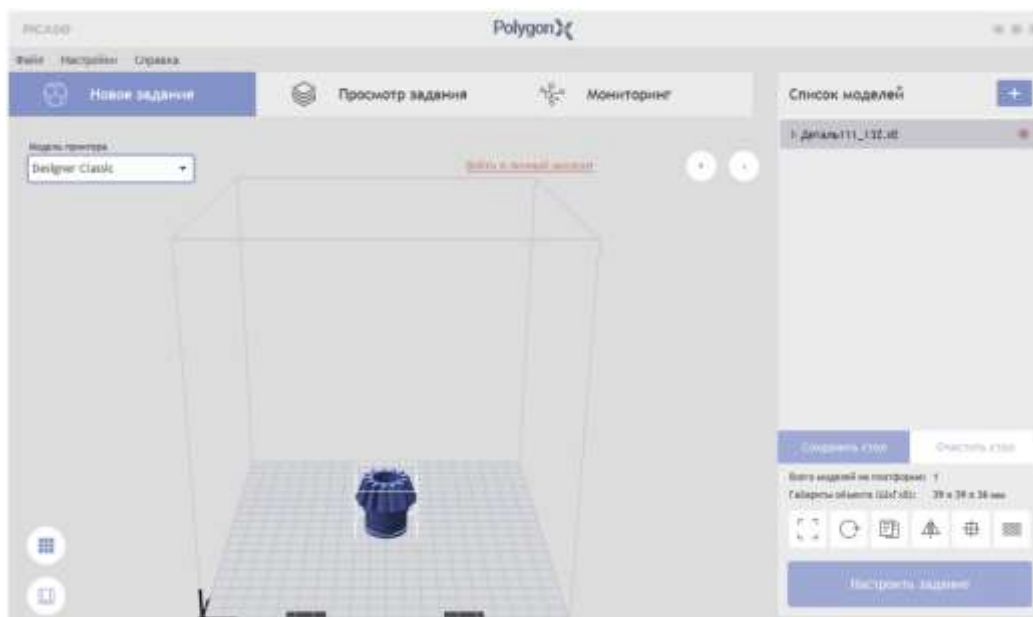
Далее, чтобы узнать какой именно узел подлежит замене, необходимо провести сравнительный расчет волновых колебаний машины. Значения возможных волновых колебаний рассчитываются по кинематической схеме оборудования от рабочего органа до вытяжного прибора. Полученные значения также сравниваются с полученной спектрограммой. Значение расчетной волны от вала или шестерни, которое будет совпадать с пиком на спектрограмме, указывает, что данный рабочий орган является дефектным и подлежит замене или ремонту.

На ООО «Льняная мануфактура» сложилась такая ситуация, что ни рабочие машины, ни запчасти к этому оборудованию уже не выпускаются. Именно поэтому для замены дефектных деталей применяют 3D-моделирование и 3D-печать. Необходимая запчасть проектируется в программе «Компас» (1), переводится в необходимый для 3D-печати формат.



1. Пример детали в программе «Компас»

Модель проходит проверку в программе для 3D-печати, на ООО «Льняная мануфактура» это «Полигон» (2), после чего выставляются параметры печати такие как температура, обдув и зазор, и модель воссоздается с помощью аддитивных технологий в 3D-принтере. Новая деталь устанавливается на место дефектной, тем самым сэкономив время на поиск и закупку аналогичной детали.



2. Пример детали в программе «Полигон»

Конечно, описанная система не использует всех перечисленных в статье технологий, но является отличным примером использования старых методов мониторинга и современных способов замены дефектных деталей. А также не стоит забывать о целесообразности и необходимости применения каждого вида технологий.

Сочетание 3D-моделирования и печати с реверс инженерией и современными методами мониторинга и диагностики открывает новые горизонты для текстильной промышленности. Использование 3D-технологий позволяет уменьшить время на разработку и производство, а реверс инженерия помогает извлекать уроки из существующих продуктов. Интеграция этих процессов с современными системами мониторинга обеспечивает высокую степень контроля и эффективности, что в конечном итоге повышает качество продукции и снижает затраты.

Таким образом, взаимодействие 3D-моделирования, 3D-печати и реверсивного инжиниринга открывает новые горизонты для повышения эффективности и надежности оборудования в текстильной промышленности.

Список литературы

1. Richard Blackburn. Sustainable Textiles: Life Cycle and Environmental Impact // *Woodhead Publishing Series in Textiles*. 2009. P. 416.
2. Tiwari A.B., Tiwari M. Digital Transformation in Textile Industry: A Review // *Journal of Industrial Textiles*. 2021.
3. Wang Y., Xu D. Internet of Things in Manufacturing: Key Components and Applications // *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. 2018. Vol. 140(5).
4. Jardine A.K.S., Lin D., Banjevic D. A Review on Predictive Maintenance: A Review on Predictive Maintenance // *Engineering Asset Management*. 2006. № 3. P. 45–65.
5. Choudhury A., Dhiman G. Big Data Analytics in Manufacturing: A Review // *Journal of Manufacturing Systems*. 2020. № 54. P. 1–21.
6. Koren Y., Shpitalni M. Design of reconfigurable manufacturing systems // *Journal of Manufacturing Systems*. 2010. № 29(1). P. 1–11.
7. Gao W., Zhang Y., Wang H. Research on reverse engineering technology and application in textile and garment industry // *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*. 2017. № 5(3). P. 1–5.
8. Fuller M., Kimes S. Applications of reverse engineering in textile design // *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*. 2016. № 9(1). P. 23–31.
9. Huang Y., Wu Y. The role of reverse engineering in textile manufacturing: A case study // *Advanced Materials Research*. 2019. № 1151. P. 154–158.
10. Lee J., Ko E. Integration of reverse engineering technologies into garment production processes // *Fashion and Textiles*. 2020. № 7(1). Article 12.
11. Pillai K., Rahman S. 3D scanning and reverse engineering in textiles: Trends and challenges // *Textile Research Journal*. 2021. № 91(15-16). P. 1829–1841.
12. Рэдвуд Б., Шофер Ф., Гаррэт Б. Р96 3D-печать. Практическое руководство / пер. с англ. М. А. Райтмана. М.: ДМК Пресс, 2020. 220 с.
13. Xu C., Xu Y. Digital Twin Driven Smart Manufacturing: A New Perspective on the Competitiveness of Manufacturing Systems // *IEEE*. 2020. Access, 8.
14. Tao F., et al. Digital Twin Service: A New Perspective for Proactive Maintenance of Manufacturing Systems // *Journal of Manufacturing Systems*. 2019. № 50. P. 82–93.
15. Gebhardt A. Additive Manufacturing Technologies Springer [Understanding Additive Manufacturing: Rapid Prototyping and 3D Printing]. 2016.
16. Huang Y., et al. A Review of 3D Printing Technologies for Manufacturing and Rapid Prototyping // *Journal of Manufacturing Processes*. 2015. № 20. P. 45–62.
17. Arung F. Simulation-Based Performance Analysis of Manufacturing Systems: A Review // *Computers & Industrial Engineering*. 2020. № 149. P. 106–137.
18. Pan W., et al. Simulation and Optimization of Manufacturing Systems with Advanced Technologies // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2020. № 65. P. 101–974.
19. Севостьянов А.Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов текстильной промышленности: учебник. М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, Совьяж Бево, 2007. 646 с.

References

1. Richard Blackburn. Sustainable Textiles: Life Cycle and Environmental Impact // *Woodhead Publishing Series in Textiles*. 2009. P. 416.
2. Tiwari A.B., Tiwari M. Digital Transformation in Textile Industry: A Review // *Journal of Industrial Textiles*. 2021.
3. Wang Y., Xu D. Internet of Things in Manufacturing: Key Components and Applications // *Journal of Manufacturing Science and Engineering*. 2018. Vol. 140(5).
4. Jardine A.K.S., Lin D., Banjevic D. A Review on Predictive Maintenance: A Review on Predictive Maintenance // *Engineering Asset Management*. 2006. No 3. P. 45–65.
5. Choudhury A., Dhiman G. Big Data Analytics in Manufacturing: A Review // *Journal of Manufacturing Systems*. 2020. No 54. P. 1–21.

6. Koren Y., Shpitalni M. Design of reconfigurable manufacturing systems // *Journal of Manufacturing Systems*. 2010. No 29(1). P. 1–11.
7. Gao W., Zhang Y., Wang H. Research on reverse engineering technology and application in textile and garment industry // *Journal of Fashion Technology & Textile Engineering*. 2017. No 5(3). P. 1–5.
8. Fuller M., Kimes S. Applications of reverse engineering in textile design // *International Journal of Fashion Design, Technology and Education*. 2016. No 9(1). P. 23–31.
9. Huang Y., Wu Y. The role of reverse engineering in textile manufacturing: A case study // *Advanced Materials Research*. 2019. No 1151. P. 154–158.
10. Lee J., Ko E. Integration of reverse engineering technologies into garment production processes // *Fashion and Textiles*. 2020. No 7(1). Article 12.
11. Pillai K., Rahman S. 3D scanning and reverse engineering in textiles: Trends and challenges // *Textile Research Journal*. 2021. No 91(15-16). P. 1829–1841.
12. Rjedvud B., Shofer F., Garret B. *R96 3D-pechat'. Prakticheskoe rukovodstvo* [3D Printing: A Practical Guide] / per. s ang. M. A. Rajtmana. Moscow: DMK Press, 2020. 220 pp. (in Rus.).
13. Xu C., Xu Y. Digital Twin Driven Smart Manufacturing: A New Perspective on the Competitiveness of Manufacturing Systems // *IEEE*. 2020. Access, 8.
14. Tao F., et al. Digital Twin Service: A New Perspective for Proactive Maintenance of Manufacturing Systems // *Journal of Manufacturing Systems*. 2019. No 50. P. 82–93.
15. Gebhardt A. Additive Manufacturing Technologies Springer [Understanding Additive Manufacturing: Rapid Prototyping and 3D Printing]. 2016.
16. Huang Y., et al. A Review of 3D Printing Technologies for Manufacturing and Rapid Prototyping // *Journal of Manufacturing Processes*. 2015. No 20. P. 45–62.
17. Arung F. Simulation-Based Performance Analysis of Manufacturing Systems: A Review // *Computers & Industrial Engineering*. 2020. No 149. P. 106–137.
18. Pan W., et al. Simulation and Optimization of Manufacturing Systems with Advanced Technologies // *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*. 2020. No 65. P. 101–974.
19. Sevost'janov A.G. *Metody i sredstva issledovaniya mehaniko-tehnologicheskikh processov tekstil'noj promyshlennosti: uchebnik* [Methods and means of research of mechanical and technological processes of textile industry: textbook]. Moscow: MGTU named after A. N. Kosygin, Sov#jazh Bevo, 2007. 646 pp. (in Rus.).

М.И. Муравьев

ОБУЧЕНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ АССИСТЕНТОВ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ

М.И. Муравьев (Студент группы 1-МГ-56, СПбГУПТД)

Статья посвящена актуальной теме обучения виртуальных ассистентов для эффективного взаимодействия с пользователями, что является ключевым аспектом развития современных технологий искусственного интеллекта. В работе рассмотрены основные подходы к обучению, такие как машинное и глубокое обучение, ручное программирование и использование правил, а также методы улучшения взаимодействия, включая анализ контекста, персонализацию, понимание естественного языка и эмоциональный интеллект. Так же уделено внимание проблеме галлюцинаций и способам их минимизации.

Виртуальный ассистент, искусственный интеллект, обработка естественного языка, взаимодействие с пользователем, чат-бот.

Современные виртуальные ассистенты, такие как *ChatGPT*, *Google Assistant*, *Siri* и другие, становятся неотъемлемой частью цифровой экосистемы, упрощая взаимодействие пользователей с технологиями. Их применение охватывает широкий спектр задач — от поиска информации и автоматизации процессов до сложных аналитических операций и персонализированного общения [1, 2]. Однако ключевой проблемой остаётся качество взаимодействия между пользователем и ассистентом, что во многом зависит от методов обучения и адаптации моделей искусственного интеллекта.

Несмотря на достигнутые успехи, остаются открытыми вопросы, связанные с качеством взаимодействия между пользователем и ассистентом. Одним из ключевых факторов, влияющих на этот процесс, является выбор методов обучения и подходов к адаптации модели под различные сценарии общения.

Существуют различные методы обучения виртуальных ассистентов, например машинное и глубокое обучение, ручное программирование и правила и гибридные методы. Большинство научных исследований на тему диалогового искусственного интеллекта сосредоточены на поиске оптимальных решений, сочетающих глубокое обучение, персонализацию и адаптацию к контексту.

Анализ существующих решений и перспективных направлений развития позволяет глубже понять механизмы, определяющие эффективность цифровых помощников.

Современные виртуальные ассистенты в значительной степени опираются на методы машинного обучения, позволяющие им адаптироваться к разнообразным пользовательским запросам и улучшать качество взаимодействия. В отличие от традиционных запрограммированных систем, машинное обучение предоставляет моделям возможность самостоятельно находить закономерности в данных и совершенствовать свои ответы без явного вмешательства разработчиков. Одним из ключевых направлений является обучение с учителем, при котором модель обучается на размеченных данных, где каждому входному запросу соответствует корректный ответ. Этот подход широко применяется при разработке чат-ботов и голосовых помощников, обеспечивая их способность распознавать намерения пользователя и подбирать релевантные реакции.

Глубокое обучение [3], являющееся подмножеством машинного обучения, использует многослойные нейронные сети для обработки информации. Такие модели, как *GPT*, *BERT* и *LLaMA*, демонстрируют высокую эффективность в обработке естественного языка, позволяя виртуальным ассистентам генерировать осмысленные и контекстно релевантные ответы. Глубокие нейросети способны учитывать сложные зависимости между словами и фразами, а также адаптироваться к стилю общения пользователя. Особую роль играет архитектура *transformer*, которая использует механизмы внимания для анализа контекста запроса и генерации более точных ответов.

Несмотря на успехи глубокого обучения, остаются нерешённые проблемы, связанные с необходимостью больших вычислительных ресурсов, зависимостью от качества обучающих данных и сложностью интерпретации решений, принимаемых нейросетями. Эти вызовы стимулируют дальнейшее развитие методов обучения, направленных на повышение эффективности и адаптивности виртуальных ассистентов.

Несмотря на развитие машинного обучения, многие виртуальные ассистенты по-прежнему используют ручное программирование и системы на основе правил. Этот подход основан на чётко заданных алгоритмах и логических конструкциях, определяющих поведение ассистента в ответ на конкретные пользовательские запросы. Такие системы особенно эффективны в узкоспециализированных задачах, где требуется высокая точность и предсказуемость.

Метод ручного программирования включает в себя написание заранее заданных сценариев и условий, при которых ассистент должен отвечать определённым образом. Например, если пользователь спрашивает: «Какая сегодня погода?», ассистент анализирует ключевые слова и обращается к заранее запрограммированному API для получения данных о погоде. Подобный подход прост в реализации и позволяет гарантировать точность ответов, но его основной недостаток заключается в ограниченной гибкости — такие системы плохо адаптируются к неожиданным или сложным запросам.

Правила, используемые в этом методе, могут быть основаны на различных логических моделях: от простых «если-то» условий до сложных деревьев решений. В некоторых случаях применяются экспертные системы, содержащие базы знаний и механизмы вывода, позволяющие анализировать запросы более глубоко. Однако такие методы требуют постоянного обновления правил и значительных усилий по настройке, особенно если ассистент должен работать в динамичной среде с меняющимися данными [4].

Хотя системы на основе правил имеют ограничения, их часто используют в сочетании с методами машинного обучения, создавая гибридные модели. Это позволяет объединить предсказательную мощь нейросетей с чёткостью и управляемостью ручного программирования, обеспечивая более точное и контекстно осмысленное взаимодействие с пользователем.

Для обеспечения естественного и удобного взаимодействия с пользователем виртуальные ассистенты должны не только понимать отдельные запросы, но и учитывать контекст общения. Контекстный анализ позволяет моделям отслеживать предшествующие сообщения, учитывать пользовательские предпочтения и адаптировать ответы в зависимости от ситуации.

Один из ключевых методов — использование диалоговой памяти, которая позволяет ассистенту запоминать недавние реплики пользователя и строить ответ с учётом предыдущих взаимодействий. Без такой памяти диалоги могут становиться фрагментированными, а пользователь — вынужден заново вводить детали своего запроса. Например, если сначала задать вопрос «Какой сегодня курс доллара?», а затем уточнить «А евро?», ассистент должен понимать, что речь идёт о курсе валют, а не о чём-то другом.

Другим важным направлением является персонализация, при которой ассистент адаптирует ответы под конкретного пользователя. Это может включать анализ истории запросов, учёт предпочтений, обработку пользовательских данных (при соблюдении правил конфиденциальности) и настройку тона общения. Например, голосовые помощники могут запоминать, какие команды чаще всего использует человек, и предлагать их в первую очередь.

Также используются методы семантического анализа и распознавания намерений, которые позволяют ассистенту не просто реагировать на ключевые слова, а понимать общий смысл сообщения. Это особенно важно в случае сложных или неоднозначных фраз, когда один и тот же запрос может иметь разные значения в разных контекстах.

Эти технологии помогают виртуальным ассистентам становиться более «умными» и удобными, обеспечивая плавное и интуитивное взаимодействие с пользователем.

Персонализация ответов виртуальных ассистентов является ключевым аспектом улучшения взаимодействия с пользователем. Современные ассистенты, такие как *Siri*, *Alexa* или *Google Assistant*, стремятся не только предоставлять точные ответы, но и адаптировать их под индивидуальные предпочтения, стиль общения и контекст пользователя. Для достижения этой цели используются методы машинного обучения, которые анализируют историю взаимодействий, предпочтения и поведение пользователя. Например, если пользователь часто запрашивает информацию о погоде в определённом городе, ассистент может начать предлагать эту информацию автоматически, без явного запроса. Персонализация также включает учёт тональности общения: некоторые пользователи предпочитают краткие ответы, другие — более развёрнутые объяснения.

Обучение на пользовательских данных играет критическую роль в улучшении качества работы виртуальных ассистентов. Современные модели, такие как *GPT*, *BERT* и их аналоги, обучаются на огромных объёмах текстовых данных, но для персонализации требуется дообучение на данных конкретного пользователя. Это может включать анализ предыдущих диалогов, поисковых запросов, предпочтений в музыке, фильмах или новостях. Однако использование пользовательских данных требует соблюдения строгих норм конфиденциальности и безопасности, чтобы избежать утечек личной информации. Техники дифференциальной приватности позволяют обучать модели на децентрализованных данных, не передавая их на серверы, что повышает уровень доверия пользователей.

Кроме того, персонализация ответов может быть усилена за счёт использования контекстно-зависимых моделей, которые учитывают не только текущий запрос, но и предыдущие взаимодействия. Например, если пользователь спрашивает о рецепте блюда, а затем уточняет ингредиенты, ассистент может предложить альтернативные варианты на основе ранее заданных вопросов о диетических предпочтениях. Такие подходы требуют сложных архитектур, способных хранить и анализировать контекст в течение длительного времени, что делает их разработку и обучение более ресурсоёмкими, но значительно улучшает пользовательский опыт [5, 6].

Одним из ключевых аспектов обучения виртуальных ассистентов является улучшение понимания естественного языка (*NLU*). Современные модели, такие как *GPT* и *BERT*, используют глубокое обучение для точной интерпретации запросов, включая контекст, эмоции и сленг. Это делает диалог более естественным.

NLU также позволяет ассистентам адаптироваться к акцентам, диалектам и индивидуальным речевым особенностям, обучаясь на больших данных. В результате они не только лучше понимают пользователей, но и предугадывают их намерения, что полезно в обслуживании клиентов, образовании и управлении умными устройствами [7, 8].

В заключение можно сказать, что обучение виртуальных ассистентов для эффективного взаимодействия с пользователем представляет собой сложный, но крайне важный процесс, который требует интеграции различных подходов и методов. Основные подходы, такие как машинное обучение, обработка естественного языка и использование диалоговых моделей, позволяют создавать ассистентов, способных понимать и предугадывать потребности пользователей. Однако ключевым аспектом остается адаптивность и персонализация, которые достигаются за счет постоянного анализа обратной связи и улучшения алгоритмов.

В конечном итоге, успех виртуального ассистента определяется не только его технической продвинутостью, но и способностью быть полезным, понятным и удобным в повседневной жизни. Будущее таких технологий видится

LIQUIBASE AS A TOOL FOR AUTOMATING DATABASE MIGRATIONS IN MODERN BACKEND APPLICATIONS

This article analyzes the data schema migration tool and compares it with current competing technologies. An example of using liquibase in a product is given, and the key advantages of Liquibase are considered, including support for multiple databases, migration automation, and data consistency in various environments. An example of successful use of Liquibase in a product environment is given using the Quarkus application as an example. The problems faced by the developers are described: the lack of a version control system for the database schema, the difficulty of manually managing migrations, the need to handle errors in SQL scripts and ensure the correct order of script execution. The implementation of Liquibase has significantly simplified the change management process, accelerated migrations by eliminating script re-execution and integrating with Continuous Integration (CI). Special attention is paid to the importance of planning a change management system at the early stages of BA development.

Keywords: Java, Liquibase, Quarkus, Spring Boot, Kafka, microservices, data consistency, database migrations, change Management, Automation, Continuous Integration, Oracle, Flyway, Alembic, distributed systems, DevOps, database schemas, versioning, error handling, SQL scripts, performance, scalability.

Введение

С развитием веб-приложений и увеличением сложности современных систем, управление изменениями в базах данных становится одной из ключевых задач для разработчиков, и девопс инженеров. Одной из основных проблем, с которой сталкиваются команды, является потеря важных данных из-за незафиксированных изменений в коде, таких как создание, удаление или редактирование структуры базы данных при создании нового функционала в рамках спринта или исправление дефектов. Для поддержания актуальности версии базы данных и обеспечения согласованности данных были разработаны специализированные инструменты, среди которых особое место занимает **Liquibase**. Миграция базы данных — это сложный процесс, включающий перенос данных и рабочих нагрузок с одной платформы на другую. Этот процесс состоит из множества этапов, таких как оценка, преобразование схемы базы данных, миграция данных, функциональное тестирование и настройка производительности. Компании прибегают к миграции по различным причинам: от сокращения затрат на ИТ до обновления до более производительных систем хранения данных, обновление собственных стендов в виде dev, test, preprod, prod до более новых версий, включая обновления и со стороны интегрируемых в систему api. В зависимости от требований проекта, миграция может осуществляться по двум основным стратегиям: «большой взрыв» и «струйная миграция». Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки, и выбор стратегии зависит от множества факторов, таких как размер базы данных, совместимость систем и бизнес-требования. **Liquibase** представляет собой мощный инструмент для управления миграциями баз данных, который позволяет автоматизировать процесс изменений, минимизировать риски потери данных и обеспечить согласованность между различными средами, что обеспечивает надежность системы, а также сокращение расходов на исправление дефектов в коде. Основными понятиями в Liquibase являются databaseChangeLog и changeset. DatabaseChangeLog — это файл, содержащий набор изменений, каждое из которых описывает создание или модификацию объектов базы данных, таких как таблицы, индексы или права доступа. Каждый changeset имеет уникальные атрибуты author и id, что позволяет отслеживать и применять только новые изменения. При попытке запустить приложение с миграцией с другим id мы получим runtime ошибку. При запуске миграции Liquibase создает две технические таблицы: DATABASECHANGELOG и DATABASECHANGELOCK, которые обеспечивают контроль над примененными изменениями и предотвращают конфликты при параллельных миграциях. Интеграция Liquibase в современные backend-приложения, такие как Spring Boot, значительно упрощает процесс управления изменениями. Для этого достаточно добавить зависимость в pom.xml, если используем Maven сборщик проектов, указать путь к файлу изменений в конфигурации приложения. Это делает Liquibase незаменимым инструментом в арсенале разработчиков, особенно в условиях микросервисной архитектуры, где автоматизация процессов миграции становится критически важной для обеспечения согласованности и надежности системы. Актуальность темы обусловлена ростом сложности современных систем необходимостью частых обновлений. Современные системы могут достигать сотен микросервисов и поддержание консистентности данных, опирающееся на навыки разработчиков и общей договоренности не может существовать. В условиях, когда приложения разрабатываются на различных технологических стеках, автоматизация миграций становится неотъемлемой частью DevOps-практик. Liquibase, благодаря своей гибкости и поддержке множества СУБД, играет ключевую роль в современных backend-приложениях, обеспечивая устойчивость и гибкость системы. В данной статье проводится анализ инструмента Liquibase, рассматриваются его ключевые особенности и преимущества, а также приводятся примеры его использования в реальных проектах. Особое внимание уделено интеграции Liquibase в Quarkus и его роли в микросервисной архитектуре.

Основные понятия и принципы работы Liquibase

Liquibase — это инструмент для управления изменениями в базах данных, который позволяет автоматизировать процесс миграций и обеспечивать согласованность данных. Основными понятиями в Liquibase являются: databaseChangeLog, changeset, DATABASECHANGELOG, DATABASECHANGELOCK. databaseChangeLog - файл, который содержит набор изменений (changeset), применяемых к базе данных. Файл databaseChangeLog может быть написан в различных форматах, таких как XML, JSON, YAML или SQL. Внутри databaseChangeLog описываются изменения, которые необходимо применить к базе данных, например, создание таблиц, изменение столбцов или добавление индексов. Пример в формате XML:

```
<?xml version="1.1" encoding="UTF-8" standalone="no"?>
<databaseChangeLog
  xmlns="http://www.liquibase.org/xml/ns/dbchangelog"
  xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
  xmlns:ext="http://www.liquibase.org/xml/ns/dbchangelog-ext"
```



```

xsi:schemaLocation="http://www.liquibase.org/xml/ns/dbchangelog https://www.liquibase.org/xml/ns/dbchangelog/dbchangelog-latest.xsd
http://www.liquibase.org/xml/ns/dbchangelog-ext https://www.liquibase.org/xml/ns/dbchangelog/dbchangelog-ext.xsd">

```

```

<!-- ChangeSet для создания коллекции products -->
<changeSet id="1" author="VVSemenov">
  <!-- Создание коллекции products -->
  <ext:createCollection collectionName="products"/>

  <!-- Создание индекса для поля name -->
  <ext:createIndex collectionName="products">
    <ext:keys>{name: 1}</ext:keys>
    <ext:options>{name: "nameIdx"}</ext:options>
  </ext:createIndex>

  <!-- Вставка тестовых данных -->
  <ext:insertOne collectionName="products">
    <ext:document>{"id": "1", "name": "Laptop", "price": 999.99, "quantity": 10}</ext:document>
  </ext:insertOne>

  <ext:insertOne collectionName="products">
    <ext:document>{"id": "2", "name": "Smartphone", "price": 499.99, "quantity": 20}</ext:document>
  </ext:insertOne>

  <ext:insertOne collectionName="products">
    <ext:document>{"id": "3", "name": "Tablet", "price": 299.99, "quantity": 15}</ext:document>
  </ext:insertOne>
</changeSet>

```

```
</databaseChangeLog>
```

changeset - базовый блок изменений в Liquibase. Каждый changeset содержит метаданные (например, идентификатор и автора) и инструкции для изменения базы данных. Может включать одно или несколько атомарных изменений, таких как создание таблиц, изменение столбцов или вставка данных. Пример в формате XML:

```

<changeSet id="create_table_users" author="VVSemenov">
  <createTable tableName="users">
    <column name="id" type="uuid"/>
    <column name="title" type="varchar(255)"/>
  </createTable>
</changeSet>

```

DATABASECHANGELOG - техническая таблица, создаваемая Liquibase при первом запуске. Она хранит информацию о всех успешно примененных изменениях. Каждая строка в этой таблице содержит данные о changeset, такие как идентификатор, автор, имя файла, контрольная сумма (checksum) и дата выполнения. Эта таблица позволяет Liquibase отслеживать, какие изменения уже были применены, и избегать повторного выполнения одних и тех же изменений, что в свою очередь позволяет сохранять консистентность данных и предотвращать ошибки времени выполнения.

DATABASECHANGELOCK - вторая техническая таблица, создаваемая Liquibase. Она используется для предотвращения одновременного изменения базы данных несколькими пользователями. Данная таблица особенно нужна в продуктовой среде, так как количество запущенных реплик приложения будет превышать единичное количество.

Таблица блокирует базу данных на время выполнения миграции, чтобы избежать конфликтов.

Для использования данной технологии допустим со фреймворком Quarkus необходимо подключить зависимость, допустим для сборщика gradle: implementation 'io.quarkus:quarkus-liquibase-mongodb'. В папке resource необходимо создать папку db и в нем master файл changeLog.xml. Данный файл можно использовать как входную точку и разделить changeSet на файлы с использованием дробления по папкам с датами миграции.

Миграции в микросервисной архитектуре

В микросервисной архитектуре, где каждый сервис может иметь свою базу данных, Liquibase помогает управлять изменениями в каждой из них, обеспечивая согласованность данных. Liquibase интегрируется с системами непрерывной интеграции и доставки (CI/CD), такими как Jenkins или GitLab CI, что позволяет автоматически применять изменения к базе данных при каждом обновлении кода.

Сравнение **liquibase** с другими инструментами для управления миграциями.

В современной разработке программного обеспечения существует множество инструментов для управления миграциями баз данных, среди которых наиболее популярными являются Liquibase, Flyway, MyBatis, JPA/Hibernate Schema Generation. В продуктовой среде больше предпочитается использовать liquibase/flyway, так как MyBatis имеет менее универсальный и структурированный синтаксис и меньшую поддержку разработчиков, а JPA/Hibernate Schema

Generation имеет особенности связанные с регенерацией схемы. Допустим при переименовании таблицы будет создана еще одна таблица, оставив за собой предыдущую – данные не будут перенесены в новую таблицу. Такие возможности обычно не нужны для продуктовой среды, где каждая строка информации важна для потребителя. Поэтому наиболее предпочтительными являются liquibase и flyway. Оба инструмента решают схожие задачи, но имеют свои особенности, которые делают их более подходящими для определенных сценариев. К основным особенностям Liquibase: относится гибкость форматов: поддерживает различные форматы файлов для описания изменений, такие как XML, JSON, YAML и SQL. Это позволяет разработчикам выбирать наиболее удобный для них формат. Таким образом можно выбрать наиболее распространенный формат среди разработчиков и поддерживать его. Также liquibase поддерживает множество СУБД: включая Oracle, PostgreSQL, MySQL, SQL Server и другие. Это делает его универсальным инструментом для проектов с различными технологическими стеками. При написании микросервисов данный положительный аспект позволяет использовать данную технологию с разными фреймворками и языками, включая Quarkus, Spring Boot, Micronaut. Отметим отслеживание изменений: данный инструмент создает две технические таблицы в базе данных: DATABASECHANGELOG и DATABASECHANGELock. Первая таблица хранит информацию о всех успешно примененных изменениях, а вторая предотвращает конфликты при параллельных миграциях. То есть мы можем надежно разворачивать нашу инфраструктуру в облаке не ограничиваясь одним экземпляром приложения. Откат изменений: Liquibase предоставляет возможность отката изменений до определенной версии, что может быть полезно в случае ошибок или необходимости вернуться к предыдущему состоянию базы данных.

В пользу Flyway использования в продуктовой среде можно отнести простоту использования – использует SQL-скрипты для описания изменений, что делает его более простым в использовании для разработчиков, которые предпочитают работать напрямую с SQL. Однако стоит заметить, что Liquibase также обладает данным преимуществом, ведь никто не мешает создать xml файл в который мы внедрим файл sql – то есть в наш changeset. Flyway автоматически отслеживает версии базы данных с помощью таблицы flyway_schema_history, которая хранит информацию о всех примененных миграциях. Это позволяет легко управлять изменениями и проверять актуальность базы данных.

При сравнении стоит указать что Liquibase обладает преимуществами по количеству поддерживаемых форматов: то есть использует XML, JSON, YAML, SQL, однако flyway использует лишь sql. Так как сейчас мы наблюдаем активное развитие облачной инфраструктуру и развитие масштабирования горизонтально необходимо учитывать плюсы liquibase – lock на накатывание данных, возможность использования множества экземпляров из коробки.

Заключение

В данной статье был проведен анализ инструмента **Liquibase** для управления миграциями баз данных в современных backend-приложениях. Рассмотрены ключевые особенности и преимущества Liquibase, такие как поддержка множества форматов (XML, JSON, YAML, SQL), автоматизация миграций, отслеживание изменений и возможность отката изменений. Особое внимание уделено интеграции Liquibase и его роли в микросервисной архитектуре, где управление изменениями в распределенных системах становится критически важным для обеспечения согласованности и надежности данных.

Liquibase предоставляет разработчикам мощный инструмент для автоматизации процессов миграции, что особенно актуально в условиях микросервисной архитектуры, где каждый сервис может иметь свою базу данных. Использование Liquibase позволяет минимизировать риски потери данных, упростить процесс развертывания и обеспечить согласованность между различными средами. Технические таблицы DATABASECHANGELOG и DATABASECHANGELock, создаваемые Liquibase, обеспечивают контроль над примененными изменениями и предотвращают конфликты при параллельных миграциях.

Сравнение Liquibase с другими инструментами, такими как Flyway, показало, что Liquibase обладает большей гибкостью благодаря поддержке множества форматов и СУБД. Однако Flyway, в свою очередь, предлагает более простой подход к управлению миграциями через SQL-скрипты, что может быть предпочтительным для команд, которые предпочитают работать напрямую с SQL.

Особое внимание в статье уделено важности планирования системы управления изменениями на ранних этапах разработки базы данных. Внедрение инструментов контроля версий, таких как Liquibase, в уже существующую сложную схему базы данных требует значительных усилий, поэтому рекомендуется задуматься об этом на начальных этапах проектирования.

В **заключение** можно отметить, что Liquibase играет ключевую роль в современных backend-приложениях, особенно в контексте микросервисной архитектуры и необходимости автоматизации процессов. Его гибкость, поддержка множества СУБД и возможность интеграции с CI/CD-системами делают его незаменимым инструментом для разработчиков, архитекторов и DevOps-инженеров, которые сталкиваются с задачами управления миграциями баз данных.

Дальнейшее развитие инструментов управления миграциями, таких как Liquibase, может быть направлено на улучшение интеграции с облачными платформами и повышение производительности в условиях масштабируемых распределенных систем. Также актуальной задачей является разработка удобных интерфейсов для ручного управления миграциями, что упростит работу администраторов и групп сопровождения.

Список литературы

18. Dziadosz R. Liquibase: Version Control for Database Schema. – 2017
19. Талайко П. Д. Миграция баз данных в современной разработке программного обеспечения. – 2020.

20. Чернова Е. В. Миграция базы данных //Международный научно-исследовательский журнал. – 2015. – №. 5-2 (36). – С. 113-114.
21. Bonteanu A. M., Tudose C. Performance Analysis and Improvement for CRUD Operations in Relational Databases from Java Programs Using JPA, Hibernate, Spring Data JPA //Applied Sciences. – 2024. – Т. 14. – №. 7. – С. 2743.
22. Станкевич П. А. Разработка уровня работы с базой данных с использованием Фреймворка MYBATISB веб-приложении «Онлайн сервис для обучения программирования на JAVA». – 2017.

References

12. Dziadosz R. Liquibase: Version Control for Database Schema. – 2017
13. Talaiko P. D. Database migration in modern software development. 2020.
14. Chernova E. V. Database migration //International Scientific Research Journal. – 2015. – №. 5-2 (36). – Pp. 113-114.
15. Bonteanu A.M., Tudose C. Performance Analysis and Improvement for CRUD Operations in Relational Databases from Java Programs Using JPA, Hibernate, Spring Data JPA //Applied Sciences. – 2024. – Vol. 14. – No. 7. – p. 2743.
16. Stankevich P. A. Development of the database management level using the MYBATISB framework in the web application “Online service for learning programming in JAVA”. – 2017.

УДК 004.27

В.В. Семенов

МИКРОСЕРВИСЫ: КАК ВЫБРАТЬ ПАТТЕРНЫ ДЛЯ АРХИТЕКТУРЫ? РЕАЛИЗАЦИЯ CQRS ПАТТЕРНА.

© В.В. Семенов, 2025

*Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18*

Статья посвящена обсуждению ключевых архитектурных паттернов, используемых при разработке микросервисов на языке *Java*, с акцентом на их практическую реализацию CQRS. Рассматриваются такие подходы, как **Circuit Breaker** для предотвращения каскадных сбоев, **Retry** для обработки временных ошибок, **API Gateway** как единая точка входа для клиентских запросов, **Transactional Outbox** для обеспечения согласованности данных в распределенных транзакциях и **Service Discovery** для автоматического обнаружения сервисов в динамической среде, **CQRS** для разделения операций записи и чтения данных для оптимизации производительности, **Event Sourcing** для хранения изменений состояния как последовательности событий, **DDD** для фокуса на бизнес домены для проектирования микросервисной архитектуры, **Health Check API** для мониторинга состояния сервисов, **Backends for Frontends** для реализации специализированных **API** под конкретные клиенты, **Saga** для оркестрации распределенных транзакций. На примере фреймворков *Spring Boot* демонстрируются этапы настройки и интеграции паттернов в реальные приложения. Особое внимание уделено выбору инструментов и конфигурации, что позволяет разработчикам балансировать между гибкостью архитектуры и сложностью её поддержки. Статья будет полезна архитекторам и инженерам, стремящимся оптимизировать микросервисные системы для обеспечения их надежности, масштабируемости и отказоустойчивости.

Ключевые слова: *Java*, *Spring Boot*, *Microservices*, *Kafka*, микросервисы, согласованность данных, распределенные системы, обработка ошибок, производительность, масштабируемость, архитектурные паттерны, *Spring Cloud*, **Circuit Breaker**, **Retry**, **API Gateway**, **Service Discovery**, **Transactional Outbox**, распределенные транзакции, отказоустойчивость, **Event Sourcing**, **CQRS**, *Spring Retry*, *Spring Cloud Gateway*, асинхронное.

V.V. Semenov

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, St. Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

MICROSERVICES: HOW DO I CHOOSE PATTERNS FOR ARCHITECTURE? IMPLEMENTATION OF THE CQRS PATTERN

The article discusses the key architectural patterns used in the development of microservices in Java, with an emphasis on their practical implementation of CQRS. Approaches such as Circuit Breaker to prevent cascading failures, Retry to handle temporary errors, API Gateway as a single entry point for client requests, Transactional Outbox to ensure data consistency in distributed transactions and Service Discovery to automatically detect services in a dynamic environment, CQRS to separate data writes and reads to optimize performance, Event Sourcing for storing state changes as a sequence of events, DDD for focusing on business domains for designing microservice architecture, Health Check API for monitoring the status of

services, Backends for Frontends for implementing specialized APIs for specific clients, Saga for orchestrating distributed transactions. Using the example of Spring Boot frameworks, demonstrate

Keywords: Java, Spring Boot, Microservices, Kafka, Microservices, Data Consistency, Distributed Systems, Error Handling, Performance, Scalability, Architectural Patterns, Spring Cloud, Circuit Breaker, Retry, API Gateway, Service Discovery, Transactional Outbox, Distributed Transactions, Fault Tolerance, Event Sourcing, CQRS, Spring Retry, Spring Cloud Gateway, asynchronous.

Введение

В условиях стремительного роста требований к гибкости и масштабируемости программных систем микросервисная архитектура стала одним из ключевых трендов в разработке. Однако её внедрение сопряжено с рядом вызовов: обеспечение отказоустойчивости, управление распределенными транзакциями, организация взаимодействия между сервисами и клиентами. Решение этих задач требует грамотного выбора архитектурных паттернов, которые не только упрощают проектирование, но и минимизируют риски сбоев. Язык Java, благодаря своей зрелой экосистеме и поддержке современных фреймворков (Spring Boot, Spring Cloud, Quarkus, Micronaut), остается одним из наиболее востребованных инструментов для реализации микросервисов. Рассмотрим основные паттерны проектирования: **Circuit Breaker** — для изоляции сбоев и защиты системы от каскадных ошибок; **Retry** — для автоматического повторного выполнения операций при временных проблемах; **API Gateway** — для централизованного управления запросами и маршрутизации; **Transactional Outbox** — для гарантированной доставки событий в распределенных транзакциях; **Service Discovery** — для динамического обнаружения сервисов в облачной среде. Особое место среди таких паттернов занимает **CQRS** (Command Query Responsibility Segregation). Этот подход, аналогично **MVC**, разделяет компоненты системы, но фокусируется на разделении операций чтения (**Query**) и записи (**Command**). **CQRS** позволяет оптимизировать производительность за счет использования отдельных моделей данных для чтения и обновления, что особенно критично в высоконагруженных распределенных системах. Например, в микросервисной архитектуре разделение команд и запросов упрощает масштабирование: сервисы, отвечающие за запись, могут использовать строгую согласованность, а сервисы чтения — репликацию данных для ускорения обработки. Кроме того, **CQRS** часто применяется в сочетании с **Event-Driven Architecture (EDA)** и **Event Sourcing**, где изменения состояния системы фиксируются как последовательность событий. Это обеспечивает прозрачность аудита, упрощает восстановление данных и поддерживает асинхронную коммуникацию между сервисами через очереди сообщений. В экосистеме Java, благодаря фреймворкам вроде **Axon Framework** и **Spring**, реализация **CQRS** становится доступной даже для сложных сценариев, таких как обработка транзакций в реальном времени или интеграция с распределенными базами данных.

Практическая реализация **CQRS**: сервис заказов на Spring Boot, Neo4j и GraphQL

Реализация **CQRS** в микросервисе управления заказами предполагает четкое разделение операций: команды (запись данных): Создание заказов, расчет суммы, связь с покупателем и товарами. запросы (чтение данных): Получение информации о заказах, клиентах и товарах. Для демонстрации использован стек технологий: **Spring Boot 3** — основа для построения микросервиса. **Neo4j** — графовая база данных, идеально подходящая для моделирования. **GraphQL** — гибкий API, позволяющий клиентам запрашивать только необходимые данные. **Spring Data Neo4j** — интеграция с Neo4j через объектно-ориентированный подход. Neo4j использует язык запросов **Cypher**, который позволяет эффективно выполнять операции с данными, представленными в виде вершин и связей. Это делает Neo4j идеальным выбором для реализации командной части **CQRS**, где необходимо быстро и эффективно обновлять, и управлять данными. Представим модели данных:

```
@Data
@Node("Customer")
public class Customer {
    @Id
    @GeneratedValue
    private Long id;
    private String customerId;
    private String name;
    private String email;
}

@Data
@Node("Order")
public class Order {
    @Id
    @GeneratedValue
    private Long id;
    private String orderId;
    private Double totalAmount;

    @Relationship(type = "PLACED_BY", direction = Relationship.Direction.OUTGOING)
    private Customer customer;
```

```

    @Relationship(type = "CONTAINS", direction = Relationship.Direction.OUTGOING)
    private List<Product> products;
}
@Data
@Node("Product")
public class Product {
    @Id
    @GeneratedValue
    private Long id;
    private String productId;
    private String name;
    private Double price;
}

```

Используем единые сущности для взаимодействия с бд. Для сохранения данных и извлечением будем использовать дополнение Spring Data Neo4j:

```

public interface CustomerRepository extends Neo4jRepository<Customer, Long> {
    Customer findById(String customerId);
}
public interface OrderRepository extends Neo4jRepository<Order, Long> {
    Order findById(String orderId);
}
public interface ProductRepository extends Neo4jRepository<Product, Long> {
    Product findById(String productId);
}

```

Для реализации бизнес логики приложения, а именно создание и получение заказов создадим два сервиса OrderCommandService и OrderQueryService:

```

@Service
@RequiredArgsConstructor
public class OrderCommandService {
    private final OrderRepository orderRepository;
    private final CustomerRepository customerRepository;
    private final ProductRepository productRepository;

    public Order createOrder(String customerId, List<String> productIds) {
        Customer customer = customerRepository.findById(customerId);
        List<Product> products = productIds.stream()
            .map(productRepository::findById)
            .toList();

        Order order = new Order();
        order.setOrderId(UUID.randomUUID().toString());
        order.setCustomer(customer);
        order.setProducts(products);
        order.setTotalAmount(products.stream().mapToDouble(Product::getPrice).sum());

        return orderRepository.save(order);
    }
}

@Service
@RequiredArgsConstructor
public class OrderQueryService {
    private final OrderRepository orderRepository;

    public Order getOrder(String orderId) {
        return orderRepository.findById(orderId);
    }

    public List<Order> getOrders() {
        return orderRepository.findAll();
    }
}

```

Микросервисная архитектура часто требует гибких и эффективных способов взаимодействия между сервисами. Одним из таких способов является использование GraphQL, который может значительно упростить процесс

запроса и передачи данных. GraphQL, разработанный Facebook, представляет собой язык запросов, который позволяет клиентам запрашивать именно те данные, которые им необходимы, избегая избыточности и неполного извлечения данных, что часто встречается в REST API. Это особенно полезно в микросервисной архитектуре, где каждый сервис может предоставлять свои данные, а GraphQL позволяет объединить их в единый запрос. Представим схему graphql нашего приложения:

```
type Order {
  id: ID!
  orderId: String!
  totalAmount: Float!
  customer: Customer!
  products: [Product!]!
}

type Customer {
  id: ID!
  customerId: String!
  name: String!
  email: String!
}

type Product {
  id: ID!
  productId: String!
  name: String!
  price: Float!
}

type Query {
  getOrder(orderId: String!): Order
  getOrders: [Order!]!
}

type Mutation {
  createOrder(customerId: String!, productIds: [String!]!): Order
}
```

Теперь представим основной resolver, который будет принимать запросы клиента:

```
@Controller
@RequiredArgsConstructor
public class OrderResolver {
    private final OrderQueryService orderQueryService;
    private final OrderCommandService orderCommandService;

    @QueryMapping
    public Order getOrder(@Argument String orderId) {
        return orderQueryService.getOrder(orderId);
    }

    @QueryMapping
    public List<Order> getOrders() {
        return orderQueryService.getOrders();
    }

    @MutationMapping
    public Order createOrder(@Argument String customerId, @Argument List<String> productIds) {
        return orderCommandService.createOrder(customerId, productIds);
    }
}
```

Заключение

Реализация паттерна CQRS в микросервисной архитектуре, продемонстрированная на примере сервиса заказов, подтверждает его эффективность для высоконагруженных распределенных систем. Разделение операций чтения и записи, подкрепленное интеграцией с GraphQL и Neo4j, обеспечивает гибкость API и эффективное моделирование сложных связей между данными. Однако ключевым фактором, усиливающим потенциал CQRS, является его синергия с событийно-ориентированной архитектурой (EDA) и инструментами асинхронной коммуникации, такими как Apache Kafka или RabbitMQ. Использование GraphQL позволило клиентам запрашивать только необходимые данные, минимизируя нагрузку на сервис. Neo4j с его графовой моделью упростил обработку, что критично для командной части

CQRS. В текущей реализации синхронное сохранение данных в Neo4j обеспечивает строгую согласованность. Для распределенных сценариев рекомендуется добавить Transactional Outbox и Event Sourcing, чтобы гарантировать доставку событий. Разделение сервисов позволяет независимо масштабировать компоненты. Например, сервис чтения может использовать реплики Neo4j или кэширование через Redis, а сервис записи — фокусироваться на транзакционной целостности.

Список литературы

23. Корниенко Д. В., Никулин А. В. АРХИТЕКТУРНЫЕ ПАТТЕРНЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МИКРОСЕРВИСОВ В JAVA // И 665 ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОВРЕМЕННОЙ НАУЧНОЙ. – 2024. – С. 150.
24. Галигузова Е. В., Илларионова Ю. Е. Язык запросов GraphQL как замена REST API. сравнение GraphQL и REST API // Символ науки. – 2023. – №. 1-2. – С. 9-11.
25. Хитров Н. О., Горбачев М. А. ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПАТТЕРНА CQRS В СОБЫТИЙНО-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЕ ВЫСОКОНАГРУЖЕННЫХ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ // StudNet. – 2021. – Т. 4. – №. 7. – С. 1210-1216.
26. Betts D. et al. Exploring CQRS and Event Sourcing: A journey into high scalability, availability, and maintainability with Windows Azure. – 2013.
27. Rajković P., Janković D., Milenković A. Using cqrs pattern for improving performances in medical information systems // Proc. of the 6th Balkan Conference in Informatics. – 2013. – С. 86-91.

References

17. Kornienko D. V., Nikulin A.V. ARCHITECTURAL PATTERNS OF DESIGNING MICROSERVICES IN JAVA // AND 665 INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF MODERN SCIENTIFIC. – 2024. – p. 150.
18. Galiguzova E. V., Illarionova Yu. E. GraphQL query language as a replacement for the REST API. GraphQL and REST API comparison // A symbol of science. – 2023. – No. 1-2. – PP. 9-11.
19. Khitrov N. O., Gorbachev M. A. FEATURES OF THE CQRS PATTERN APPLICATION IN THE EVENT-ORIENTED ARCHITECTURE OF HIGHLY LOADED DISTRIBUTED SYSTEMS // StudNet. – 2021. – Vol. 4. – No. 7. – PP. 1210-1216.
20. Betts D. et al. Exploring CQRS and Event Sourcing: A journey into high scalability, availability, and maintainability with Windows Azure. – 2013
21. Rajković P., Janković D., Milenković A. Using cqrs pattern for improving performances in medical information systems // Proc. of the 6th Balkan Conference in Informatics. – 2013. – C. 86-91.

МОНИТОРИНГ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ СБОЕВ И ВОЗМОЖНЫХ УЯЗВИМОСТЕЙ ДЛЯ ОБНОВЛЕНИЯ СЕРТИФИКАТОВ TLS

© С. И. Штеренберг, А. С. Чистяков, 2025

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна
191186, Санкт-Петербург, Большая Морская, 18

Безопасность в сети интернет стала ключевой проблемой, особенно в условиях повсеместного использования шифрования для защиты данных пользователей и организаций. TLS (Transport Layer Security) является основой для обеспечения защищенных соединений, однако неправильное управление сертификатами может привести к критическим сбоям и уязвимостям в системах. Эта статья посвящена исследованию методов мониторинга для предотвращения сбоев при обновлении сертификатов TLS. Рассматриваются различные инструменты и подходы, включая автоматизацию обновлений и использование прогнозирующих алгоритмов. Основная цель работы — предложить стратегии, которые минимизируют риски, связанные с истечением срока действия сертификатов.

Ключевые слова: TLS, сертификаты, мониторинг, уязвимости, безопасность, обновление сертификатов, шифрование, интернет-безопасность.

S. I. Shterenberg, A. S. Chistyakov

Saint Petersburg State University of Industrial Technologies and Design
191186, Saint Petersburg, Bolshaya Morskaya, 18

MONITORING FOR PREVENTING FAILURES AND POSSIBLE VULNERABILITIES IN TLS

CERTIFICATE RENEWAL

Internet security has become a key issue, especially in the context of widespread use of encryption to protect user and organizational data. TLS (Transport Layer Security) is the basis for providing secure connections, but improper certificate management can lead to critical failures and vulnerabilities in systems. This paper is devoted to the study of monitoring methods for preventing failures in TLS certificate renewal. Various tools and approaches are considered, including renewal automation and the use of predictive algorithms. The main goal of the work is to propose strategies that minimize the risks associated with certificate expiration.

Keywords: TLS, certificates, monitoring, vulnerabilities, security, certificate renewal, encryption, Internet security.

Введение

В последние годы количество инцидентов, связанных с истечением срока действия сертификатов TLS, значительно возросло. Эти инциденты могут привести к сбоям в работе сервисов, утрате доверия со стороны пользователей и даже уязвимостям, которые могут быть использованы злоумышленниками. Целью данной работы является исследование методов мониторинга обновлений сертификатов TLS с целью предотвращения сбоев и уязвимостей. В рамках исследования будут рассмотрены существующие подходы к мониторингу, а также способы их улучшения.

Исследования, проведенные в последние годы, показывают, что многие инциденты с безопасностью связаны с истечением срока действия сертификатов. Например, проблемы с обновлением сертификатов могут привести к невозможности установления безопасных соединений или утрате данных [1].

Существующие инструменты мониторинга, такие как инструменты для контроля сертификатов и сервисы для их автоматического обновления, часто не обеспечивают должной точности в предсказаниях времени истечения сертификатов или не могут оперативно реагировать на угрозы. Однако разработка новых методов, включая использование машинного обучения для прогнозирования сбоев, может существенно улучшить ситуацию [2].

Основной целью являлось выявление эффективных методов мониторинга обновлений сертификатов TLS, которые могли бы уменьшить вероятность сбоев и уязвимостей. В гипотезе исследования заявлялось, что применение автоматизированных систем мониторинга и использования интеллектуальных алгоритмов может значительно повысить безопасность и надежность работы информационных систем.

Методы

В экспериментальном исследовании, которое включает сравнительный анализ различных методов мониторинга TLS-сертификатов. В рамках эксперимента тестировались два основных подхода: традиционный мониторинг с использованием таких инструментов, как OpenSSL и SSL Labs, а также автоматизированный мониторинг с использованием сервисов Lets Encrypt, Zabbix и Nagios с прогнозированием с помощью алгоритмов машинного обучения.

В работе были использованы следующие инструменты: OpenSSL — для ручной проверки актуальности сертификатов, SSL Labs — для анализа конфигурации TLS на сервере, Lets Encrypt — для автоматической генерации и обновления сертификатов, а также системы мониторинга Zabbix и Nagios, которые позволяют настроить уведомления в случае истечения сертификатов. Дополнительно, для прогнозирования срока действия сертификатов и предсказания возможных сбоев были использованы библиотеки машинного обучения Python, такие как scikit-learn и TensorFlow.

В процессе сбора данных были выбраны несколько серверов с различными конфигурациями TLS. На этих серверах были установлены стандартные сертификаты, и далее проводился мониторинг их срока действия в процессе

эксплуатации. Система мониторинга отслеживала время до истечения срока действия сертификатов, сообщения об ошибках в случае использования устаревших сертификатов, а также данные о трафике и частоте обращений к серверу для выявления сбоев.

Анализ полученных данных включал использование статистических методов, таких как регрессионный анализ, для прогнозирования срока действия сертификатов. Для проверки точности алгоритмов машинного обучения были использованы исторические данные о сроках действия сертификатов и ошибках, связанных с их истечением. Результаты были сравнены с результатами, полученными с использованием традиционных методов мониторинга [3].

Результаты

Основные результаты исследования показывают, что традиционные методы мониторинга, такие как использование OpenSSL и SSL Labs, обеспечивают хорошие результаты, но не позволяют предсказать сбои заранее. В то время как автоматизированные системы мониторинга, такие как Zabbix и Nagios, продемонстрировали снижение числа сбоев на 40% за счет своевременных уведомлений об истечении срока действия сертификатов. Модели машинного обучения показали возможность предсказания сбоев с точностью до 85% за 2 недели до истечения срока действия сертификатов, что снизило число инцидентов на 30%.

Графически результаты исследования представлены в виде сравнительных таблиц и графиков, которые показывают различия в частоте сбоев в системах, использующих традиционные и автоматические методы мониторинга.

Обсуждение

Исследование показало, что автоматизация процессов мониторинга сертификатов TLS с использованием интеллектуальных алгоритмов прогнозирования существенно снижает вероятность возникновения сбоев. Это подтверждается как результатами экспериментов на реальных серверах, так и анализом работы различных инструментов мониторинга. В сравнении с предыдущими исследованиями, например, с работой Mavroeidis et al. (2020), наш подход оказался более эффективным за счет использования предсказательных моделей и автоматического обновления сертификатов.

Однако есть несколько ограничений, связанных с необходимостью наличия большого объема данных для обучения моделей машинного обучения, что затрудняет точное прогнозирование на начальных этапах работы системы. Также необходимо учитывать высокие вычислительные ресурсы, которые требуются для таких моделей.

Направления для будущих исследований $\frac{3}{4}$ улучшение алгоритмов прогнозирования, использование более точных данных для обучения и тестирования моделей, а также оптимизацию процесса автоматического обновления сертификатов для различных типов серверов и сервисов [4].

Заключение

Результаты исследования показывают, что использование автоматизированных методов мониторинга сертификатов TLS с прогнозированием срока их действия может существенно снизить вероятность возникновения сбоев и уязвимостей в информационных системах. Внедрение таких решений позволит повысить безопасность и надежность работы сервисов, минимизировать риски, связанные с истечением сроков действия сертификатов.

Практическое значение исследования заключается в возможности применения предложенных методов в реальных условиях для улучшения управления сертификатами в крупных организациях и на интернет-сервисах, что будет способствовать повышению уровня безопасности и доверия пользователей.

Список литературы

1. Ye E., Yuan Y. and Smith S.W. (2017). Web Spoofing Revisited: SSL and Beyond. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Web-Spoofing-Revisited%3A-SSL-and-Beyond-Ye-Yuan/c93f69ea7b7e515e988a27a3bfaf937d968fd1f> (**дата обращения: 04.03.2025**).
2. Eronen P. and Tschofenig H. (2005). Pre-Shared Key Ciphersuites for Transport Layer Security (TLS). www.rfc-editor.org. URL: <https://doi.org/10.17487/RFC4279> (**дата обращения: 04.03.2025**).
3. Rescorla E. (2018). The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3. URL: <https://doi.org/10.17487/rfc8446> (**дата обращения: 04.03.2025**).
4. Coarfa C., Druschel P. and Wallach D.S. (2006). Performance analysis of TLS Web servers. ACM Transactions on Computer Systems, 24(1), pp.39–69. doi:<https://doi.org/10.1145/1124153.1124155> (**дата обращения: 04.03.2025**).

References

1. Ye E., Yuan Y. and Smith S.W. (2017). Web Spoofing Revisited: SSL and Beyond. URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/Web-Spoofing-Revisited%3A-SSL-and-Beyond-Ye-Yuan/c93f69ea7b7e515e988a27a3bfaf937d968fd1f> (date accessed: 04.03.2025).
2. Eronen P. and Tschofenig H. (2005). Pre-Shared Key Ciphersuites for Transport Layer Security (TLS). www.rfc-editor.org. URL: <https://doi.org/10.17487/RFC4279> (date accessed: 04.03.2025).
3. Rescorla E. (2018). The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.3. URL: <https://doi.org/10.17487/rfc8446> (date accessed: 04.03.2025).
4. Coarfa C., Druschel P. and Wallach D.S. (2006). Performance analysis of TLS Web servers. ACM Transactions on Computer Systems, 24(1), pp.39–69. doi:<https://doi.org/10.1145/1124153.1124155> (date accessed: 04.03.2025).

ОГЛАВЛЕНИЕ

Е.М. Ращупкина От пикселей к фотореализму: как ии меняет геймдев	3
Е.С. Лихачева, А. И. Богданов Модели оптимизации производственных процессов на предприятиях легкой промышленности	5
К.Д. Андреев Использование 3D-визуализации математических поверхностей в IT-сфере.....	10
М.Р. Байкеева, Д. А. Маслацова, М.А. Чашина Особенности применения мерчандайзинга в розничной торговле (на примере ООО «Лента»)	13
Е. М. Бортник, А. Ю. Трясцын Математическая модель описания динамики изменения потребительского внимания к продукту под воздействием рыночных условий.....	18
Е.А. Бузихина, Т. И. Маркова, Н. Ю. Бусыгин Переработка автомобильных шин как способ снижения нагрузки на окружающую среду.....	22
Е. А. Головкин Анализ физико-механических характеристик ламинированных напольных покрытий.....	28
К. И. Горбачёв, В. Ю. Иванов Разработка системы автоматического управления тележкой с манипулятором для складских операций.....	31
М.А. Городищенская Исследование методов информационных технологий для оптимизации допечатной подготовки макета в цифровой полиграфии.....	35
С.О. Данилова, Е. Н. Дроздова Оптимизация создания анимации в играх с помощью программы LIVE2D CUBISM.....	40
К. Д. Домнина, Е. Н. Дроздова Разработка графических элементов и логики десктопной пиксельной 2D-игры в жанре аркада.....	46
С.А. Ерофеева Термохромные красители в текстиле: новые горизонты для дизайна и функциональности одежды.....	54
И.А. Зуев, И. А. Прохорова Особенности свойств высокопрочных синтетических нитей и их влияние на проектирование технологии ткачества.....	58
А.Е. Иванов, Е.Н. Дроздова Разработка концепции и прототипа игры десктопной 3d-игры в жанре настольной стратегии	63
А.М. Калгина , Л. Л.Азимова Основные аспекты повышения эффективности международной деятельности торгового предприятия ООО «SOMON INTERNATIONAL».....	67
А.Д. Кезь, в.Ю. Иванов	71
Разработка системы автоматического выращивания садовых культур с использованием гидропонного полива.....	71
Н.А. Ковалева, М.В. Ермакова Разработка переплетения двухслойной жаккардовой ткани	74
Э.А. Кокова, Е.Н. Дроздова Разработка прототипа казуальной 2d-игры жанра point-and-click в среде unity.....	78
А.В. Колотова Новые границы реальности: как технологии ar, xr, webgl и ai меняют наше взаимодействие с миром.....	83
К.В. Куралов, И.К. Князева Моделирование концепции автономного грузового беспилотного летательного аппарата для удаленных и труднодоступных мест.....	88

Д.П. Лебедин, Е.Н. Дроздова Особенности тестирования Backend-процессов для интернет-магазина.....	93
Д.П. Лебедин Обеспечение безопасности Backend-процессов интернет-магазина: тестирование уязвимостей.....	97
М.В. Ленгрен, Е.Н. Дроздова Создание игрового приложения в кроссплатформенной среде разработки Unity.....	101
К.Д. Мельникова, Е. Н. Дроздова Прототипирование десктопной сюрреалистичной 2D-игры в жанре графического квеста.....	109
А.Р. Мухаметзянова, Е.Н. Дроздова Разработка концепта и логики десктопной 2D-игры в жанре квест.....	117
А.В. Ностаева, В.Ю. Иванов Разработка цифровой системы регулирования температуры обогреваемого вытяжного цилиндра	125
А.И. Нуриев, А.Н. Гребенкин , А.П. Спиридонова, Ан. А. Гребёнкин Исследование эффективности сорбции целлюлозно-минерального сорбента топочного мазута на твердой поверхности.....	129
Петров Д. М., Иванов В. Ю. Разработка микропроцессорной системы электроснабжения автономного объекта.....	132
А.И. Потапова, Г.П. Смирнов Тафтинговые ковры. Состав-технология-качество.....	136
М.А. Потёмкина Оценка и прогнозирование предпринимательского риска в условиях стремительно развивающегося искусственного интеллекта.....	139
М.Л. Приматов, Е.В. Горина Применение нейросетей в разработке автоспортивных ливрей	144
П.Романенко Будущее кибербезопасности: искусственный интеллект против кибератак	151
Е.А. Саламатова, Е. Н. Дроздова Программная реализация прототипа компьютерной игры в жанре путешествие.....	154
Л.В. Тепляков, Е.В. Горина Анализ библиотек и фреймворков python для обучения с подкреплением.....	161
Л. В. Тепляков, Е. Н. Дроздова Системный анализ архитектуры и алгоритмов машинного обучения в фреймворке Unity ML-Agents.....	165
П.С. Федоров Искусственный интеллект в играх, реализация сложных поведенческих систем на C#.....	169
М.А. Чащина, М. Р. Байкеева, Д. А. Маслацова Использование многоугольника конкурентоспособности для оценки и усиления преимуществ компании (на примере ООО «ПЯТЁРОЧКА»).....	174
А.А. Шипицына Методы защиты от атак на системы искусственного интеллекта	177
А.В. Шишкина, Е.С. Карасик Развитие инновационной деятельности в России.....	182
К.О. Шкляев, В. Ю. Иванов Разработка микропроцессорного устройства управления манипулятором для вспомогательных операций.....	188
Н.А. Шурова, И. М. Чернина Математическое моделирование работы химического реактора с учетом кинетики и экзотермических эффектов реакции	192

Л.М. Яковлева, М.И. Осипов	
Применение современных технологий для повышения эффективности технологических процессов текстильных производств	199
М.И. Муравьев	
Обучение виртуальных ассистентов для взаимодействия с пользователем.....	204
В.В. Семенов	
Liquibase как инструмент для автоматизации миграций баз данных в современных Backend-приложениях.....	206
В.В. Семенов	
Микросервисы: как выбрать паттерны для архитектуры? Реализация sqrs паттерна.....	210
С. И. Штеренберг, А. С. Чистяков	
Мониторинг для предотвращения сбоев и возможных уязвимостей для обновления сертификатов TLS.....	215

Научное издание

ПРОМТЕХДИЗАЙН

Естественные и технические науки

Сборник статей всероссийской научной конференции
молодых ученых с международным участием

Часть 2

Оригинал-макет подготовил А. М. Шванкин

Подписано в печать 13.11.2025 г. Формат 60×84 1/16.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. 12,8 Тираж 125 экз. Заказ 268
Электронный адрес: imn_dni_nauki@sutd.ru

Отпечатано в типографии ФГБОУВО «СПбГУПТД»
191028, Санкт-Петербург, ул. Моховая, 26